

Commission of the European Communities

# AGRICULTURE



## C.E.C. PROGRAMME ON INTEGRATED AND BIOLOGICAL CONTROL

FINAL REPORT 1979/1983

EUR 8689

# AGRICULTURE

## C.E.C. PROGRAMME ON INTEGRATED AND BIOLOGICAL CONTROL

R. Cavalloro, A. Piavaux

FINAL REPORT 1979/1983

*Brussels*

Directorate-General for Agriculture  
Directorate-General for Science, Research and Development

1984

EUR 8689



**Published by the  
COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES  
Directorate-General  
Information, Market and Innovation  
Bâtiment Jean Monnet  
LUXEMBOURG**

Neither the Commission of the European Communities nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use which might be made of the following information.

Cataloguing data can be found at the end of this publication.

Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 1984

© ECSC - EEC - EAEC, Brussels-Luxembourg, 1984

*Printed in Italy*

# Contents

## Introduction

## Common Activities

## Part 1 Integrated and Biological Control in Fruits

### Part 1.a Biological control in apple orchards

#### F-0700

Granulosis Virus Production and Experimentation on the Codling Moth (*Cydia pomonella* L.) in France. Integrated Control against Orchard Tortricids

H. Audemard, A. Burgerjon ..... 5

#### GR-0710

Research on the Application of Biological Control Methods against *Carpocapsa (Laspeyresia pomonella* L.)

C. Yamvrias ..... 17

The Parasites of Codling Moth in Greece

L.C. Argyriou ..... 22

#### D-0720

Microbiological Control of *Adoxophyes orana* and *Laspeyresia pomonella* with Baculovirus in the Framework of Integrated Plant Protection

E. Dickler ..... 23

#### D-0721

Biological Methods for the Control and Prognosis of Tortricids in Orchards where an Integrated Pest Control Programme is Carried out

G. Neuffer ..... 37

#### UK-0770

Research on the Production and Application of the Granulosis Virus of Codling Moth, *Cydia pomonella*, in the United Kingdom (1979 - 1983)

C.C. Payne, M.G. Richards, N.E. Crook,  
D.M. Glen, J.E. Cranham ..... 53

#### NL-0790

The Control of the Summer Fruit Tortrix Moth (*Adoxophyes orana*) with a Nuclear Polyhedrosis Virus in Orchards

D. Peters, J. Wiebenga, H.J. Van Maanen,  
G. Vanwetswinkel, L.H.M. Blommers ..... 69

### Part 1.b Integrated control on citrus groves

#### F-0701

Towards the Development of an Integrated Control in Citrus Fruit Groves. Studies Carried out in France on the Diaspinae Scale-Insects

C. Benassy ..... 81

Summary of the Studies and Works Carried out in the Framework of the Programme on Integrated Control in Citrus Fruit Groves against Aleyrodes and Lecaninae and Pseudococcinae Scale-Insects

J.C. Onillon, A. Panis, P. Brun ..... 89



<b>GR-0715</b>	Integrated Control on Citrus Mealybug <i>Planococcus citri</i> Risso	
	V.Z. Alexandrakis .....	103
<b>I-0730</b>	Integrated Pest Control in Lemon Groves in Sicily : Five Years of Demonstrative Tests and Present Feasibilities of Transferring Results	
	A. Nucifora .....	129
<b>I-0731</b>	Results of Five Years of Integrated Control in Sardinia Orange Groves	
	R. Prota, S. Ortu, G. Delrio .....	147

## Part 1.c Integrated control in olive groves

<b>F-0702</b>	Integrated Production and Biological Control in Olive Growing	
	Y. Arambourg, J.P. Marro, A. Panis, R. Pralavorio.....	167
<b>GR-0711</b>	Present Status of Parasite Complex in Olive Groves in Greece	
	L.C. Argyriou .....	177
	The Native Complex and an Introduced Coccinellid Predator against <i>Saissetia oleae</i> Oliv. (Hom., Coccidae) in an Integrated Control System for Olive Culture in Greece	
	P. Katsoyannos .....	181
<b>GR-0712</b>	Experimental Releases of <i>Trichogramma</i> spp. against <i>Prays oleae</i> Bern. in Greece during 1982-1983	
	Helen G. Stavraki, P.A. Mourikis .....	193
<b>GR-0713</b>	Research on the Viral Infections of <i>Dacus oleae</i> (Gmel.)	
	M. Anagnou-Veroniki, M. Bergoin, J.C. Veyrunes .....	201
<b>GR-0714</b>	Evaluation of Odor and Color Traps for <i>Dacus oleae</i> . Lure Combinations	
	A.P. Economopoulos, A. Papadopoulos, Ch. Polakis, P. Economopoulos, J. Karydis, G. Kouveliotis, I. Hila .....	209
<b>I-0732</b>	Biological and Integrated Control in Olive Groves	
	R. Zocchi .....	225

## Part 2 Integrated and Biological Control in Vegetables

### Part 2.a Integrated control of cabbage pests

<b>F-0703</b>	Studies for the Elaboration of an Integrated Protection of Cauliflower in the Southeast of France	
	R. Bues, H.S. Poitout .....	249
<b>D-0722</b>	Development of an Integrated System for the Control of Chewing and Sucking Insects in Cabbage Crops	
	G. Crüger, M. Hommes .....	263

<b>B-0750</b>	Methods for the Monitoring and Integrated Control of Cabbage Root Fly, <i>Delia radicum (brassicae)</i> (L.)	
	C. Pelerents, M. Van Keymeulen .....	273

<b>UK-0771</b>	Development of Methods for Monitoring and Forecasting the Incidence of <i>Delia radicum (brassicae)</i> Populations on Brassicas	
	S. Finch, Rosemary H. Collier .....	287

<b>NL-0791</b>	Development and Application of Sampling Methods of Pests in Brassica Crops	
	J. Theunissen .....	303

## Part 2.b Integrated control of carrot pests

<b>DK-0760</b>	Large Scale Production of <i>Agrotis segetum</i> Granulosis Virus	
	B. Bolet .....	311

<b>NL-0792</b>	Resistance of Carrot to the Carrot Fly, <i>Psila rosae</i>	
	J.H. Visser, O.M.B. de Ponti .....	325

## Part 3 Integrated and Biological Control in Cereals

<b>F-0704</b>	Biological Control of Cereal Aphids with Entomophthorales	
	B. Papierok, P. Silvie, J.P. Latge, C.A. Dedryver, J.M. Rabasse, G. Remaudiere .....	339

<b>F-0705</b>	Five Years Trapping of Cereals Aphids with Suction Trap, in France	
	A. Mouchart .....	353

<b>F-0706</b>	Cereals Disease Due to <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> . Problems Arising from the Development of a Biological Control Method Based on the Use of an Hypoaggressive Strain of the Pest	
	P. Lucas, J.M. Lemaire, G. Doussinault .....	367

<b>I-0733</b>	Attempts to Control <i>Fusarium culmorum</i> Foot-Rot on Wheat by Non Pathogenic <i>Fusarium</i> Isolates	
	V. Piglionica, C. Cariddi .....	379

<b>B-0751</b>	Reduction of Insecticides against Cereals Aphids by Improving Observation and Prognosis Methods	
	G. Latteur, J. Nicolas .....	391

<b>B-0752</b>	Research on the Feasibility of Producing in Vitro an Entomophthorale Bio-preparation Based on Conidia or Mycelium to Control Cereal Aphids	
	G. Latteur, J. Destain, J. Godefroid .....	407



**UK-0772**

EURAPHID - A Scientific Organization for Environmental Strategy and  
Pest Control by Continuous Synoptic Monitoring of Aerial Insect  
Populations throughout Europe

L.R. Taylor ..... 417

**IR-0780**

The Effect of Pesticides on Some of the Fauna of Cereal Fields

A.M. Feeney ..... 433

**Coordinated Activities**

**Part 4 Exchange of Scientists, Meetings, Publications**

**Part 4.a Exchange of Scientists**

Exchange of Scientists sponsored by the Programme Committee ..... 445

**Part 4.b Meetings of Experts**

List of the Meetings held in the framework of the "Integrated and  
Biological Control" Programme ..... 463

**Part 4.c Publications**

List of Publications carried out in the framework of the "Integrated and  
Biological Control" Programme ..... 467

## Introduction

The Commission of the European Communities, implementing a decision of the Council of October 30, 1978 (78/902/CEC), set up a research programme in the field of plant protection for a five year period (1979-1983).

The main objective was a joint study of the possibility of rationalising phytosanitary measures with the aim of reducing the use of pesticide products which are dangerous to the environment because of their persistence, toxicity and lack of selectivity. This led to the need to find alternative control methods, which are essentially biological in character and integrate natural mortality factors.

The programme called "Integrated and biological control" concerned the defence of crops of common interest such as fruits (apples, citrus fruits and olives), vegetables (cabbages and carrots) and cereals. It was carried out through joint work on a contractual basis, and by concerted actions including meetings of experts, exchange of researchers and study visits.

The results obtained during the first three years of the programme have been presented in an interim report (Progress report 1979/1981 — EUR 8273).

Meanwhile, following the signing of the Treaty of Rome by Greece (January 1, 1981), six Greek research institutes have joined in the work of close collaboration which already existed between the nine other Member Countries. One of these institutes thus extended its work, studying the preparation and application of bio-pesticides on a viral basis for the protection of apple orchards; the five others have joined their French and Italian colleagues working on the integrated control in citrus orchards and olive groves.

Joint research has also tackled the problem of the biological control of cereal diseases. A French and an Italian institute have studied the effects of the use of attenuated hypoaggressive strains of soilborne pathogens of wheat.

Finally, it should be noted that a contract (NL-0792) was concluded at the end of 1981 on the request of the contractor because of budgetary problems which were difficult to deal with, and due to the difficulties in obtaining results which could be exploited in a short term.

Thus, this publication presents the results of five years of joint research between the Member of the European Communities, during which it has become clear that appreciable progress has been made. Thanks to this joint effort, one may hope that the establishment of integrated crop protection taking into account all the factors of the ecosystem is no longer an utopia.

The report also includes information on concerted actions, from which one can see the remarkable work carried out by the many experts' meeting on specific subjects, the exchange of research scientists between the different Member States, and the number of scientific publications produced with a wide participation by eminent researchers.

It should be stressed that the Commission of the European Communities, conscious of the value and interest in this research for the Common Agricultural Policy, has already decided to continue the programme.

One of the aims of a new Council decision of the December 12, 1983 (83/641/CEC) is to allow new actions in the field of "Integrated plant protection" during the period 1984-1988.

We wish this programme every success and we would like to thank warmly in the name of the Commission, the Coordinator of the Programme presented here, Dr. R. JORDENS, as well as the Members of the Programme Committee "Integrated and biological control", all the researchers who have devoted themselves in a praiseworthy spirit of collaboration to the work, and all the people who, near or far, have contributed in a true effort of cooperation to the success of this programme.

R. Cavalloro, A. Piavaux



# **Common Activities**

## **Part 1**

### **Integrated and Biological Control in Fruits**





Part 1.a

# **Biological Control in Apple orchards**

F - 0700  
GR - 0710  
D - 0720  
D - 0721  
UK - 0770  
NL - 0790



## Granulosis Virus Production and Experimentation on the Codling Moth (*Cydia pomonella* L.) in France. Integrated Control against Orchard Tortricids

H. Audemard, A. Burgerjon

INRA - Avignon Research Centre - Zoology Station, Montfavet (France)

### Summary

A total of  $10 \cdot 10^{14}$  A.V.P. (active virus particles, measured by bio-test) has been produced in Montfavet for field studies in 1982 and 1983. Different formulations and dosages were compared in an experimental orchard with an american and a german suspension. No significative differences were obtained at an application rate of 0,5 to  $10 \cdot 10^{14}$  P.V.A./ha. The codling moth was succesfully controlled by 3 to 6 treatments of the granulosis virus formulations in five commercial apple orchards, in the sunny low Rhône valley. Industrial or local mass production is at present of an urgent need in order to introduce this method in integrated control program in different regions where the codling moth is the key pest. Promising results were obtained for controlling Pandemis heparana by fenoxycarb, an experimental insect growth regulator.

### PRODUCTION ET APPLICATION DE VIRUS DE LA GRANULOSE DU CARPOCAPSE (*Cydia pomonella* L.) EN FRANCE. LUTTE CONTRE LES TORDEUSES DES VERGERS

### Résumé

Le rapport relate spécialement les travaux de 1982-83. Des préparations expérimentales de virus de la granuloze du Carpocapse de formulation nouvelle représentant un équivalent de  $10 \cdot 10^{14}$  particules de virus actives (P.V.A.), ont été produites à Montfavet selon une technologie améliorée. Dans les essais de comparaison en verger, aucune différence significative n'est apparue entre les formulations MONTFAVET, DARMSTADT 83 et SAN 406 I, les doses efficaces se situant de 0,5 à  $10 \cdot 10^{14}$  P.V.A./ha pour 1 traitement. L'efficacité des préparations de virus de la granuloze pour la lutte contre le Carpocapse a été démontrée dans 5 essais, conduits en vergers de pommiers et de poiriers de la vallée du Rhône, comportant 3 à 6 traitements. L'utilisation de cette méthode de lutte en verger nécessite : le développement d'une production artisanale ou industrielle de préparations, la mise au point de stratégies de lutte adaptées à chaque région, l'expérimentation de programmes de lutte intégrée efficaces et cohérents. Dans la lutte contre Pandemis heparana, des résultats prometteurs ont été obtenus avec le régulateur de croissance des insectes fenoxycarb.

## 1. INTRODUCTION

L'étude des complexes de Tordeuses en verger de Pomacées dans la région d'Avignon a mis en évidence la présence possible de près d'une vingtaine d'espèces (7). Cependant, d'une manière générale en France, 5 d'entre elles seulement sont des ennemis-clés pour la mise en place de programmes de lutte intégrée, ce sont : le Carpopapse (Cydia pomonella L.) et, plus localement les Tordeuses de la pelure Adoxophyes orana F.R., Pandemis heparana D. et S., Argyrotaenia pulchellana Hw., Archips podana Scop.. Il convient de souligner que dans un verger donné, une seule espèce de Tordeuse de la pelure est dominante (3).

Durant la période 1979-1981, deux fabrications de préparations expérimentales de virus de la granuloze ont été réalisées à La Minière, représentant un équivalent de  $8,5 \cdot 10^{14}$  particules de virus actives (P.V.A.)/ha.

Les 4 essais de lutte contre le Carpopapse conduits en vergers de pommiers dans la vallée du Rhône en 1980-1981 avec ces préparations et avec la préparation expérimentale SAN 406 I, fournie par l'industrie américaine, ont montré : un bon impact du virus sur la dynamique de la population, une insuffisance dans la protection des fruits sur lesquels subsistent des traces d'attaques. L'adjonction aux préparations de protecteurs contre le rayonnement solaire, à des doses économiquement valables, n'a pas apporté d'amélioration.

Une méthode rapide de titrage biologique des particules de virus actives des préparations a été mise au point. Elle a permis de voir a posteriori que les doses utilisées dans les essais en vergers commerciaux étaient souvent très inférieures à la dose prévue de  $10^{14}$  P.V.A./ha pour 1 traitement. Cela pourrait expliquer en partie le manque de rémanence des préparations.

Ces résultats ayant été publiés par la C.E.E. (4), nous nous attacherons dans cette communication à relater nos travaux de 1982 et 1983.

## 2. PRODUCTION DE PREPARATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOZE ET ESSAIS DE LUTTE CONTRE LE CARPOCAPSE EN VERGER DE POMMIERS ET DE POIRIERS

### 2.1. Production de préparations expérimentales de virus de la granuloze du Carpopapse (V.G.C.)

La technologie de fabrication des préparations de virus a été modifiée profondément en vue de : diminuer le coût de production, appréhender les problèmes qui se posent pour le fonctionnement d'une unité de production relativement importante, palier l'absence de préparation industrielle. C'est ainsi qu'ont été produites des préparations expérimentales de formulation nouvelle (MONTFAVET, 82-83) représentant un équivalent de  $10 \cdot 10^{14}$  P.V.A./ha.

Cette formulation (pâte humide) a été expérimentée dans 2 essais de comparaison de produits et dans des essais de lutte contre le Carpopapse sur 4 vergers de pommiers et de poiriers d'une superficie totale de 2,9 ha (tableaux I et II).

Les résultats de ces essais (cf. 2.3, 2.4) montrent l'efficacité de cette formulation obtenue de manière économique. Cependant, des recherches doivent être développées pour :

- rendre le procédé de fabrication plus fiable, en évitant notamment les déchets dus aux contaminations du milieu nutritif et des chenilles par divers microorganismes.

- réaliser une présentation sous forme de poudre sèche afin de faciliter le stockage, l'expédition et l'utilisation.

TABLEAU I  
 TITRAGE DES PREPARATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOSE DU CARPOCAPSE (Cydia pomonella L.) ET DOSES UTILISEES  
 DANS LES ESSAIS DE COMPARAISON DE FORMULATIONS 1982-1983

Préparations	Présentations	Titre		Doses utilisées		Adjuvant pour 1 ha (3)
		en granules ml	en P.V.A. (1)	pour 1000 l (2)	pour 1 ha en P.V.A.	
SAN 406 I MONTFAVET 82 MONTFAVET 82	suspension pâte pâte		25.10 <sup>10</sup> /ml	29 ml	1,7 10 <sup>14</sup>	} 2,5 kg lait écrémé poudre 5 kg appétant
			10.10 <sup>10</sup> /g	83,3 g	2.10 <sup>14</sup>	
			10.10 <sup>10</sup> /g	82,3 g	2.10 <sup>14</sup>	
DARMSTADT 83 MONTFAVET 83 A MONTFAVET 83 B MONTFAVET 83 B	suspension pâte pâte pâte	25.10 <sup>10</sup>	25.10 <sup>10</sup> /ml	33 ml	2.10 <sup>14</sup>	2,5 kg lait écrémé en poudre
			2.10 <sup>10</sup> /g	250 g	1,2.10 <sup>14</sup>	
			1,3 10 <sup>10</sup> /g	350 g	0,8.10 <sup>14</sup>	
			1,3 10 <sup>10</sup> /g	500 g	1,6.10 <sup>14</sup>	

(1) P.V.A. = Particules de virus actives

(2) Quantité de préparation

(3) Espacement des traitements 14 jours (8 en 1982 ; 7 en 1983)

TABLEAU II  
 ESSAIS DE LUTTE CONTRE LE CARPOCAPSE (*Cydia pomonella* L.) AVEC DES PREPARATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOSE  
 DANS DES VERGERS COMMERCIAUX : DOSES UTILISEES, NOMBRES DE TRAITEMENTS

Localisation (1) des vergers/ superficie ha	Préparations V.G.C.		Doses P.V.A./ha	Nombre traitements	Généralions traitées
	Formulation	Quantité (2)			
1982 AVIGNON (A 2) 0,5 AVIGNON (A 3) 1	SAN 406 I	0,350 kg/ha	0,8 10 <sup>14</sup>	5	1 <sup>e</sup> + 2 <sup>e</sup>
			4		
1983 St MARCEL LES VALENCE (Gotheron) 0,5 LES VIGNERES (M 14) 1,4 AVIGNON (A 2) 0,5 MONTFAVET (P 2) 0,5	MONTFAVET 83 A	3 kg/ha	0,3 10 <sup>14</sup>	3	1
			0,3 10 <sup>14</sup>	3	1
			0,5 10 <sup>14</sup> (2 trait.)	6 (3)	1 + 2
			10 <sup>14</sup> (4 trait.)		
			0,5 10 <sup>14</sup> (2 trait.)	5	1 + 2

(1) Verger de pommiers, sauf MONTFAVET P 2 = Poiriers  
 (2) Avec 2,5 kg/ha lait écrémé en poudre  
 (3) 1 traitement lessivé par la pluie



## 2.2. Titrage biologique des préparations

La standardisation d'une production de virus nécessite un titrage biologique (5). En 1983, nous avons simplifié la méthode utilisée (4) : les dilutions de V.G.C. ne sont plus pulvérisées sur le milieu nutritif mais incorporées dans ce dernier avant sa solidification, selon la méthode de PAYNE et al (6).

La préparation de V.G.C. fabriquée en 1981 par HUBER à Darmstadt et titrant  $24.10^{10}$  granules/ml nous a servi de préparation de référence. Sa conservation à  $-18^{\circ}$  C ne semble pas avoir diminué sa virulence initiale. Le titre de la préparation MONTFAVET 1982 a été de  $10^{14}$  granules/kg, ce qui représente la dose utilisée par traitement pour 1 hectare (tableau II). EN 1983, en raison du titre moins élevé des préparations expérimentales, la dose utilisée a été portée à 3 kg/ha et même 6 kg dans l'essai de comparaison (tableaux I et II). La plus grande "dilution" des granules par rapport à la charge inerte n'a pas modifié les résultats (tableau III).

La charge inerte de la formulation MONTFAVET 83 B du type "stimulant alimentaire", de même que "l'appétant" (poudre de pelure et zone centrale de pommes) ajouté à la préparation MONTFAVET 82, n'ont apparemment pas modifié l'activité. On peut envisager, selon une hypothèse parfois émise, que la poudre de lait écrémé à la dose utilisée (2,5 kg/ha) exerce aussi un rôle protecteur vis-à-vis du rayonnement solaire et un effet gustatif.

## 2.3. Essais de comparaison de formulations de V.G.C. en verger 1982-1983

Les essais sont réalisés dans un verger expérimental de pommiers de 0,5 ha, de variété starking delicious, localisé à l'INRA de Montfavet, selon la méthode d'essai n° 18 de la Commission des essais biologiques de la Société française de Phytologie et de Phytopharmacie (4). La population naturelle de Carpocapse a été renforcée seulement en 1982, par des lâchers d'adultes issus de notre élevage permanent.

Les traitements sont effectués durant toute la période d'éclosion des oeufs, le risque étant établi d'après les données du piégeage sexuel. Les traitements sont effectués par pulvérisation à la lance tous les 14 jours sur la base de 2000 litres/ha en 1982 et 2400 en 1983.

Nous avons comparé, sur 5 répétitions de 5 arbres (tableau I) : 1982 ; témoin non traité, préparation de virus MONTFAVET 82, même préparation avec un "appétant", préparation SAN 406 I et diflubenzuron à la dose de 120 g/ha de matière active (espacement des traitements pour ce produit 3 semaines).

1983 ; témoin non traité, préparation de virus MONTFAVET 83 A, MONTFAVET 83 B, MONTFAVET 83 B à dose double, DARMSTADT 83.

Les résultats sont appréciés sur les 3 arbres centraux de chaque répétition par examen hebdomadaire des fruits tombés à terre et des fruits récoltés. Afin de simplifier la présentation des résultats, les fruits atteints par le Carpocapse (non commercialisables et tombés à terre) sont regroupés sous l'appellation "fruits attaqués". Par ailleurs, les larves du dernier stade sont estimées à partir des notations sur les fruits et dénombrées par examen hebdomadaire de bandes-pièges.

Les résultats sont résumés dans le tableau III. Ils ont fait l'objet d'une analyse statistique (variance, test F, comparaison des moyennes par la méthode des ranges de DUNCAN) sur les pourcentages, après transformation angulaire. Aucune différence significative (au seuil  $P = 0,05$ ) n'apparaît entre les formulations pour des doses variant de 0,8 à  $2.10^{14}$  P.V.A./ha.

La protection des fruits par les traitements avec les préparations de VGC est insuffisante. Cela s'explique par : le développement des attaques

TABLEAU III  
 RESULTATS DES ESSAIS DE COMPARAISON DE FORMULATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOSE DU CARPOCAPSE  
 (*Cydia pomonella* L.) EN VERGER DE POMMIERS

Nature des traitements	Nombre de fruits produits /15 arbres	Pourcentages (1)				Pourcentages efficacité		
		Fruits attequés	Larves dernier stade		Fruits attequés	Population larves		
			Fruits	Bandes-pièges		Fruits	Bandes-pièges	
1982 Témoins VGC MONTFAVET 82 MONTFAVET 82 + "appétant" SAN 406 I Diflubenzuron	4007	72,5 a	60,3 a	30,4 a	49	93	95	
	3822	36,8 b	4,2 b	1,4 b	49	94	90	
	4335	36,7 b	3,5 b	2,9 b	50	95	94	
	4546	36,6 b	2,9 b	1,9 b	96	98	91	
	4170	2,9 c	1,1 c	2,7 b				
1983 Témoins VGC MONTFAVET 83 B Dose double MONTFAVET B DARMSTADT 83 MONTFAVET A	2861	80,6 a	65,7 a	52,1 a	49	91	83	
	2981	41,5 b	5,6 b	8,9 b	52	93	82	
	2821	38,3 b	4,8 b	9,6 b	54	93	86	
	2886	37,2 b	4,5 b	7,1 b	60	93	95	
	3241	32,2 b	4,3 b	2,5 b				

(1) Pourcentages par rapport à la totalité des fruits produits

(2) Les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux aux seuils  $P = 0,05$

résultant du nombre important d'arbres non traités, la forte population (72,5 et 80,2 % d'attaques sur le témoin) et parce que la mortalité des larves n'intervient qu'après un certain délai. Cela souligne la nécessité d'une stratégie de lutte appropriée en verger commercial (cf. 2.4). Par contre, malgré les conditions climatiques apparemment plus défavorables que celles de la Suisse et de l'Allemagne, l'action sur la dynamique de la population est excellente et équivalente à celle procurée par les traitements avec le diflubenzuron.

## 2.4. Essais de lutte contre le Carpocapse dans des vergers commerciaux

### 2.4.1. Méthodologie des essais

Les essais 1982-1983 ont pour but d'assurer la protection de la récolte de vergers commerciaux, localisés dans la vallée du Rhône et d'une superficie de 0,5 à 1,4 ha, des attaques de Carpocapse (5 essais sur pommiers + 1 sur poirier) (tableau II). Afin de diminuer les traces d'attaques sur les fruits, la lutte avec les préparations de V.G.C. est dirigée contre la 1ère génération de Carpocapse, la poursuite des traitements contre la 2ème génération dépendant de l'évolution du risque.

Les traitements, espacés de 10-12 jours, sont effectués par les arboriculteurs avec leurs appareils aéro-convecteurs sur la base de 1200 litres/ha de bouillie, les doses variant de 0,3 à 0,8  $10^{14}$  P.V.A./ha (tableau II) ; parfois en mélange avec des fongicides.

La surveillance du Carpocapse et le contrôle des résultats comportent : le piégeage sexuel des adultes avec capsule de phéromone, le contrôle visuel de 4000 fruits en fin de 1ère génération et à la récolte afin de noter les attaques (fruits non commercialisables), l'observation de la dynamique de la population par examen hebdomadaire de 40 bandes-pièges par verger (2).

### 2.4.2. Résultats

Ils sont résumés dans le tableau IV. La récolte a été convenablement protégée dans 5 essais sur 6, les attaques n'excédant pas 1,8 %. Il semble donc qu'une dose de 0,5  $10^{14}$  P.V.A./ha environ par traitement et un espacement de 10-12 jours entre les applications soit suffisants pour obtenir une bonne efficacité.

Les 5,2 % de fruits attaqués sur poiriers en 1982 à Montfavet peuvent s'expliquer par l'importance de la population initiale et par l'arrêt trop précoce de la lutte par rapport à la période de récolte.

Le nombre de traitements de V.G.C. a varié de 3 à 6 (tableau II). Il faut souligner que lorsque la population de larves hivernantes était importante, la lutte a dû être poursuivie ou reprise contre la 2ème génération, bien que la réduction de la population de 1ère génération provoquée par les traitements ait été très marquée. Une brusque immigration de papillons de Carpocapse nous a obligés à appliquer un diflubenzuron en août 1982 dans le verger d'Avignon A 2. Lorsque la lutte est limitée à la 1ère génération, il est normal que la population progresse au cours de la 2ème, la même observation peut être faite dans le cas d'une lutte chimique.

### 2.4.3. Evolution des autres ravageurs

Une régulation naturelle de tous les ravageurs autres que Dysaphis plantaginea est intervenue dans les vergers d'Avignon A 2, A 3, qui bénéficient d'une lutte intégrée depuis de nombreuses années et se trouvent dans des conditions écologiques favorables. Cette observation concerne aussi Pandemis heparana (tableau V), qui ne peut plus dans ce cas être

TABLEAU IV  
 RESULTATS DES ESSAIS DE LUTTE CONTRE LE CARPOCAPSE (*Cydia pomonella* L.) EN VERGERS COMMERCIAUX  
 DE POMMIERS AVEC DES PREPARATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOSE

Année/ verger	Fruits attequés /4000 examinés		Dynamique population (40 bandes-pièges) (1)					Multiplication population		
	1ère généra- tion (%)	Récolte (%)	Larves hivernantes avant l'essai	1ère géné- ration	2ème géné- ration	Larves hivernantes après l'essai	Hiver/ 1ère géné- ration	1ère/2ème génération	Année	
1982 AVIGNON A 3	0,4	1,3	20	5 2N + 3L	90 L	93	0,25	18	4,7	
	0,2	2,2	316	6 4N + 2L	387 1N + 386L	388	0,02	64,5	1,2	
1983 AVIGNON A 2 LES VIGNERES MONTFAVET poiriers P 2 (3) GOTHERON	1,4	1,8	388	9 4N + 5L	210 7N + 203L	208	0,02	23,3	0,5	
	0,15	0,15	-	0	17 L	17				
	0,6	5,2	-	1 N	39 1N + 38L	38		39		
	0,9	1,8	-	19 9N + 10L	52	62		2,7		

(1) N = Nympe ; L = Larve

(2) 1 traitement au diflubenzuron/2ème génération

(3) 80 % de fruits attequés en 1982 en l'absence de lutte

TABLEAU V  
 EVOLUTION DE LA POPULATION DE LA TORDEUSE DE LA PELURE Pandemis heparana SANS LUTTE CHIMIQUE  
 DANS UN VERGER DE POMMIERS D'AVIGNON CONDUIT EN LUTTE INTEGREE - (1)

Années	% fruits attaqués /4000 examinés		Nombres adultes capturés au piège à phéromone				Total année
	Juillet	Septembre	1er vol		2ème vol		
			Début (2)	Ensemble			
1979	0,97	3,7	244	300	181	481	
1980		0,5	52	70	93	163	
1981	0,22	0,48	66	99	89	188	
1982	0,35	0,78	43	74	169	243	
1983	1	1,3	96	126	180	306	

(1) 1 à 2 pyrimicarbe par an ; 1979 - 1980 = diflubenzuron contre Carpocapse - 1981, 1982, 1983 = virus de la granulose  
 (2) Captures cumulées jusqu'aux 1ère éclosions larvaires. Seuil de tolérance économique habituel 50

considéré comme un ennemi-clé. Par contre à Les Vignères, dans une zone de monoculture de pommiers, D. plantaginea, Panonychus ulmi Koch, Pandemis heparana, Zeuzera pyrina L. et Synanthedon vespiformis Borkh. ont dû être combattus.

### 3. ESSAIS DE LUTTE CONTRE Pandemis heparana EN VERGER DE POMMIERS

Un seuil de tolérance basé sur les captures au piège sexuel a été mis au point pour Pandemis heparana. La stratégie de lutte périflorale limite efficacement la population de ce ravageur avec des pyréthrinoïdes ou méthomyl. Ces résultats ont été utilisés pour raisonner la lutte (1).

Trois essais de lutte contre Pandemis heparana avec le régulateur de croissance des insectes (R.C.I.) fenoxycarb ont été réalisés en 1982-1983 dans 3 vergers de pommiers très infestés (tableau VI). L'action a été excellente, les attaques sur fruits à la récolte se situant entre 0 et 0,3 %. Ce résultat est tout à fait comparable à celui obtenu dans le verger voisin B bénéficiant d'une lutte chimique périflorale. Deux traitements doivent être appliqués au printemps sur les larves du dernier stade de la génération hivernante. Pour en fixer la date avec la précision souhaitable, une méthode basée sur les "degrés-jours" est en cours d'étude. Les essais vont être étendus à Argyrotaenia pulchellana Hw.

### 4. CONCLUSIONS

L'efficacité des préparations de virus de la granulose pour la lutte contre le Carpocapse des pommes, notamment celles produites à Montfavet, a été démontrée en verger commercial dans la vallée du Rhône dans des conditions climatiques apparemment défavorables pour le virus.

Mais l'insertion de cette méthode de lutte spécifique contre le Carpocapse dans les programmes de Protection intégrée nécessite des recherches complémentaires dans 2 domaines :

- la mise au point de technologies de production de virus fiables conduisant à une fabrication industrielle ou artisanale de préparations homologuées. Si ce préalable n'est pas levé, les travaux de ces 5 années, soutenus par la C.E.E., conserveront un caractère académique.

- la définition de stratégies de lutte contre le Carpocapse, adaptées à chaque condition régionale, permettant de minimiser le nombre de traitements et de maintenir les traces d'attaques sur les fruits à un niveau économiquement tolérable.

Les programmes de Protection intégrée des vergers de pommiers et de poiriers ne seront proposés aux arboriculteurs que s'ils sont efficaces et cohérents, notamment en ce qui concerne la compatibilité entre les méthodes de lutte chimique et biologique. Une expérimentation multi-site, durant plusieurs années successives, de tels programmes faisant appel à tous les procédés de lutte spécifiques et sélectifs disponibles s'impose. Les effets positifs (enrichissement en auxiliaires) et négatifs (pullulations de ravageurs) sur la biocénose devront être établis.

Les résultats prometteurs obtenus avec les régulateurs de croissance des insectes dans la lutte contre les Tordeuses de la pelure demandent à être confortés. Les programmes de Protection intégrée devront être complétés par l'insertion de méthodes de lutte sélectives contre d'autres ravageurs tels que les lépidoptères xylophages.

Le transfert des acquis de la recherche à l'arboriculteur ne pourra valablement intervenir qu'à l'issue de ces études.



TABLEAU VI  
 ESSAIS DE LUTTE CONTRE LA TORDEUSE DE LA PELURE Pandemis heparana  
 AVEC LE REGULATEUR DE CROISSANCE DES INSECTES FENOXYCARB

Année référence verger /traitements appliqués	% fruits attaqués /4000 examinés		2ème vol année précédente	Nombres adultes capturés au piège sexuel à phéromone			Total année
	Juillet	Septembre		1er vol		2ème vol	
				Début (1)	Ensemble		
1982 A : 2 fenoxycarb B : 2 methomyl (stades D et G)	0,03	0,2		20	123 (2)	46	169
	0,2	0,6	160	55	138 (2)	39	177
1983 C : 2 fenoxycarb D : 2 fenoxycarb B : 1 deltamethrine 1 methomyl (Stades D et G)	0	0		10	29	50	79
	0	0,25	194	26	43	73	116
	0,08	0,75	39	11	47	154	201

(1) Captures cumulées jusqu'aux 1ères éclosions larvaires. Seuil de tolérance économique 50  
 (2) Immigration de papillons en fin de vol provenant de vergers voisins attaqués

## REFERENCES

1. A.C.T.A. (1983). Tordeuses de la pelure - II Pandemis. Fiche phyto-parasitaire n° 183, A.C.T.A. Paris.
2. AUDEMARD H. (1977). Dynamique des populations de Carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) en verger de pommiers. Bull. Ecol., t. 8, 2, 141-150.
3. AUDEMARD H., MARTOURET D., GUILBOT R. (1982). Quelques aspects des recherches sur les Tordeuses de la pelure en verger de pomacées. INRA-CTIFL 2ème colloque sur les recherches fruitières. Bordeaux, 209-219.
4. AUDEMARD H., BURGERJON A., MARTOURET D. (1983). Production et utilisation de virus en lutte intégrée contre les Tordeuses des vergers : résultats des recherches 1979-1981 : in C.E.C. Programme on integrated and biological control. Progress Report 1979-1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, C.E.C. (EUR 8273), 5-13.
5. DULMAGE H., BURGERJON A. (1977). Industrial and International standardization of microbial pesticides II Insect viruses. Entomophaga, 22 (2), 131-139.
6. PAYNE C., GLEN D.M., CRANHAM J.E. (1983). Research (1979-81) in the United Kingdom on production and application of the granulosis virus of codling moth Cydia pomonella in C.E.C. Programme on integrated and biological control. Progress Report 1979-1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, C.E.C. (EUR 8273), 34-40.
7. SAUPHANOR B. (1981). Possibilités d'emploi des phéromones sexuelles de synthèse pour la conception de la lutte intégrée contre le complexe des Lépidoptères en verger. Thèse Doc. 3ème cycle, Univ. Paris Sud (Orsay), 215 p.

## Publications - Contract No. F-0700

- AUDEMARD H., FERRON P. (1980) Codling moth control with *Beauveria bassiana* in orchards. Bull. IOBC/WPRS, III (6), 55-57
- AUDEMARD H., BEAUVAIS Françoise, SAUPHANOR B. (1980) Controlling Codling moth by communication disruption with a synthetic sexpheromone: trials of 1978 and 1979. Bull. IOBC/WPRS, III (6), 83-85
- AUDEMARD H. (1980) Possibilités d'aménagement de la lutte contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de poiriers. Bull. IOBC/WPRS, III (7), 29-31
- SAUPHANOR B., AUDEMARD H. (1980) Analyse comparée des populations de Lépidoptères en verger de pommiers par piégeage avec les phéromones sexuelles de synthèse. C.R. Réunion sur les phéromones sexuelles et les médiateurs chimiques chez les insectes: utilisation en lutte intégrée. Colmar, 25-27 November 1980, publ. INRA, Versailles, pp. 139-145
- SAUPHANOR B. (1980) Possibilités d'emploi des phéromones sexuelles de synthèse pour la conception de la lutte intégrée contre le complexe des Lépidoptères en verger. Thèse Doc. 3ème cycle. Univ. Paris sud (Orsay), 215 p.
- GUENNELON Gilberte, AUDEMARD H., FREMOND J.C., EL IDRISSE AMMARI M.A. (1981) Progrès réalisés dans l'élevage du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) sur milieu artificiel. Agronomie, 1 (1), 59-64
- SAUPHANOR B. (1981) Possibilités d'aménagement de la lutte chimique contre la Tordeuse de la pelure *Pandemis heparana* Den & Schiff., à l'aide du piégeage sexuel. Phytatrie Phytopharmacie, 30, 149-163
- SAUPHANOR B. (1981) Précisions sur le cycle de *Acleris rhombana* Den. & Schiff., dans le Midi de la France, Bull. Soc. Entomol. Fr., 86, 204-207
- AUDEMARD H., MARTOURET D., GUILBOT R. (1982) Quelques aspects des recherches sur les Tordeuses de la pelure en verger de pomacées. 2ème Colloque sur les recherches fruitières. Bordeaux, 209-219. Pub. INRA-CTIFL
- LEBLON Catherine (1982) Essais d'utilisation d'un biopesticide à base du virus de la granuloze dans un programme de lutte intégrée contre le Carpocapse (*Cydia pomonella* L.). Rapp. D.E.A. (diplôme études approfondies parasitologie Pathologie comparée). Université des Sc. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 4 oct. 1982, 26 p.
- AUDEMARD H., BURGERJON A., MARTOURET D. (1983) Virus production and utilization in integrated control against orchard Tortricids: Results of 1979-1981 researches in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979-1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 5-13
- SAUPHANOR B., AUDEMARD H. (1983) Analyse comparée des populations de Lépidoptères en vergers de Pomacées par piégeage avec des phéromones sexuelles de synthèse. Agronomie, 3 (10), 947-955

## Research on the Application of Biological Control Methods against *Carpocapsa* (*Laspeyresia pomonella* L.)

C. Yamvrias

Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

### Summary

In 1982 and 1983, field trials to control codling moth (*Laspeyresia pomonella*) were carried out by using Granulosis virus in an apple orchard. This experimental orchard of 50 large apple trees in full production was divided in two plots : plot A (the half of the trees) being used for the virus application and plot B for insecticides.

Treatments with *L. pomonella* Granulosis virus (LpGV) were repeated every 8 to 10 days in order to maintain a good deposit of virus on the trees. During 1982 period as well as of that of 1983, 13 treatments were conducted in the plot A to prevent codling moth damage on apples. Results were evaluated by the codling moth damage on the fruit at harvest time. In 1982 all harvested fruits (2087 kgs from plot A and 3.342 kgs from plot B) were examined, while in 1983 the examination was made in a large sample (850 kgs) of apples from each plot. Classification of damaged by codling moth fruits, has been done according to Dr Glen's system (Categories : 1,2,3 and 4) ; in a category 0 we classified intact apples. By this examination results were as follows : In 1982 8,5% of harvested apples were damaged by codling moth in plot A while 0,06% in plot B. In 1983 percentage was respectively : 2,7% for the plot A and 2,1 for the plot B. Considering unmarketable fruits those classified to the categories 3 and 4 we have from our experiments : in 1982 5,6% of the harvested fruits from plot A (LpGV) belonging to those two categories, while in 1983 only 0,8%.

### RECHERCHES SUR L' APPLICATION DES METHODES DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LE CARPOCAPSE (*LASPEYRESIA POMONELLA* L.)

#### Résumé

Pendant 1982 et 1983, des essais dans la nature ont été effectués en utilisant des virus de la granuloze pour lutter contre le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella*) dans un verger de pommiers. Ce verger expérimental de 50 arbres en pleine production, a été divisé en deux lots : lot A (la moitié des arbres), pour l'application des virus et lot B, des insecticides. Les traitements avec les virus de la granuloze de *L. pomonella* (LpGV) ont été répétés tous les 8 à 10 jours afin de maintenir un bon dépôt des virus sur les arbres. Pendant la période 1982 ainsi qu'en 1983, ont été effectués 13 traitements dans le lot A, pour prévenir les dommages faits sur les pommes par le Carpopapse. L'évaluation des résultats a été faite par les dommages sur la récolte. En 1982 tous les fruits récoltés (2.087kgs, pour le lot A et 3.342kgs pour le lot B) ont été examinés tandis qu'en 1983 l'examen a été fait dans un large échantillon (850kgs) des pommes de chaque lot. Une classification des fruits endommagés par le Carpopapse a été effectuée selon le système du Dr Glen (Catégories: 1,2,3,4) ; dans une catégorie 0 on a classifié les pommes intactes. Par cet examen on a eu les résul-

tats suivants: en 1983 8,5% des pommes récoltées ont été endommagées par le Carpocapse dans le lot A, tandis que 0,06% dans le lot B. En 1983 le pourcentage a été respectivement: 2,7% pour le lot A et 2,1 % pour le lot B. En considérant comme des fruits sans valeur commerciale ceux classifiés dans les catégories 3 et 4 on a par nos expérimentations : 5,6% des fruits récoltés du lot A (Lp GV) appartenant à ces deux catégories en 1982, tandis qu'en 1983 ce pourcentage a été seulement 0,8%.

## 1. INTRODUCTION

In a area of Corinthos district, in Peloponnesus, where apple trees are cultivated, trials were carried out in 1982 and 1983 in controlling codling moth (Laspeyresia pomonella) by the use of Granulosis virus (Lp GV).

L. pomonella is a serious pest for apple trees and pear trees in Greece. Growers to control this insect pest they use different high toxicity insecticides.

In the area where experiments were made, Codling moth presents three generations per year. Treatments against this pest, with insecticides start at the end of May, beginning of June and during the whole period until the mid of September, 4-6 applications are performed.

The possibility to use in practice, a microbial insecticide such as the granulosis virus (Lp GV) offers to the growers an excellent agent of controlling this pest with all the advantages of a such a method.

## 2. MATERIAL AND METHODS

In 1982 the virus used had been prepared by SANDOZ in USA, while in 1983 virus were prepared by Dr HUBER in the Institute of Biological Control at Darmstadt (W. Germany). The content of Active Ingredient was for both years 82 and 83,  $5 \times 10^{11}$  virus granules per ml. The recommended rate to use was 300-350 ml. per ha. The virus material was stored in deepfreeze at  $-30^{\circ}\text{C}$ .

To realize those trials we used a small apple orchard with 50 large apple trees 20 years old in full production. The half of those trees (plot A) was used for the virus trial while the other half (plot B) was treated by insecticides to control Laspeyresia pomonella attacks. The apple trees were of the Delicious variety. For the two year periods 82 and 83 the same orchard was used.

By using pheromone traps we followed Codling moth populations. For our application tests of LpGV a high pressure sprayer was used. Since the virus has to be ingested, care was taken to get complete coverage of the trees.

As wetting agent and sticker and to protect also LpGV from the sun light UV effect, we added 1% powdered skim milk to the spray. The dose of virus for our tests was 0,15% or 15 gr per 100 litres of water.

Treatments were repeated every 8 to 10 days in order to maintain a good deposit of virus on the trees throughout the whole period of Codling moth action ; in total we did 13 treatments with virus in each period of 1982 and 1983.

The great number of treatments is necessary because the proper additives have not been developed yet, which will protect the virus from the sun light UV effect and other undesirable factors ; this is an industry affair when experimental results pass to them.

In the following Tables treatment dates for both experimental plots (A: with virus, B: with chemicals) are shown, as well as the used chemicals in plot B, for both periods 1982 and 1983.

Table 1.- Treatments with LpGV and chemicals in the two experimental plots during 1982 period.

Treatm.			
No.	Date	Plot A-Description	Plot B-Description
1	22.5.82	LpGV,Captan + Mitex	Thiodan + Captan + Mitex
2	4.6.82	LpGV,Captan + Mition C	Decis + Captan + Mition C
3	14.6.82	LpGV,Captan	Decis + Captan
4	21.6.82	LpGV,Pirimor	-----
5	28.6.82	LpGV	-----
6	10.7.82	LpGV,Plictran	Decis + Plictran
7	17.7.82	LpGV	-----
8	26.7.82	LpGV	-----
9	4.8.82	LpGV	Decis + Plictran
10	14.8.82	LpGV,Plictran	-----
11	23.8.82	LpGV	-----
12	1.9.82	LpGV,Omite 57E	-----
13	9.9.82	LpGV	Decis + Plictran

Table 2.- Treatments with LpGV and chemicals in the two experimental plots during 1983 period.

Treatm.			
No.	Date	Plot A-Description	Plot B-Description
1	12.5.83	LpGV,Mitex + Rimidin	Thiodan + Mitex + Rimidin
2	24.5.83	LpGV	-----
3	2.6.83	LpGV	phosmet (Imidan)
4	11.6.83	LpGV	-----
5	19.6.83	LpGV	-----
6	29.6.83	LpGV	-----
7	8.7.83	LpGV	phosmet (Imidan)*
8	18.7.83	LpGV	phosmet (Imidan)
9	26.7.83	LpGV,Omite 57E	Omite 57E
10	2.8.83	LpGV,Plictran	Plictran
11	13.8.83	LpGV	-----
12	19.8.83	LpGV	Pyrethroid (Cybolt)
13	30.8.83	LpGV,Peropal	Peropal

\* a second treatment with phosmet in a short period of 10 days was necessary because of a heavy rainfall on 9.7.83.

In both plots acaricids were used because of the serious attacks by Tetranychus sp., especially late in the season.

In the Tables are not mentioned treatments with fungicides made early in the season and before sprays with virus started.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The efficacy of virus application was compared with the results taken from the other half of the orchard in which the trees were treated by chemical insecticides (pyrethroids or phosmet).

Results were evaluated by the Codling moth damage on the apples at harvest time. All harvested fruits (1982) or a large sample (1983) were examined for Codling moth damage and stings. We classified damage according to Dr Glen's system adopted by other workers in the E.C. group of experts on "use of viruses and other specific techniques against orchard tortricids." By this system we have 4 Categories of damage or stings:

Category 1. Minute stings which do not down-grade fruit.

Damage by early 1st instar larvae: width 1-2 mm, with skin still intact, except for a small entry hole, depth 1mm or less.

Category 2. Larger stings: width 1-4 mm and depth 1-3 mm. Flesh beneath the skin is brownish and corky. Damage by late 1st or early 2nd instar larvae. Fruit down-graded to E.C. class 2.

Category 3. Stings with a width greater than 4mm and depth of browned tissue 1,5-5mm. There may also be a tunnel below the sting. Frass often visible. Damage by late 2nd or early 3rd instar larvae. Fruit unmarketable.

Category 4. Unmarketable deep damage. A tunnel reaching to the seeds. Damage by 3rd to 5th instar larvae.

In a Category 0 we included non damaged fruit.

Codling moth larvae die from viral infection usually after entering the fruit in the 1st instar, so they do not produce economic damage.

Damage fruit examination was made in the Laboratory and suspected stings being caused by Codling moth larvae, were examined under a binocular microscope. All damaged apples were cut to examine the depth of the tunnel.

In the following Tables the results of our experiments are summarized.

Table 3.- Classification of harvested apples according to damage being caused by L. pomonella or other factors in 1982.

Category	Plot A - IpGV			Plot B - Chemicals		
	Number of fruit	Weight in kgs.	% of total harvest	Number of fruit	Weight in kgs.	% of total harvest
0		1.785,0	85,5		3.192,0	95,51
1	69	10,5	0,5	---	---	---
2	283	49,5	2,4	---	---	---
3	244	43,0	2,1	3	0,5	0,01
4	418	73,0	3,5	9	1,5	0,05
No.C.M.*	720	126,0	6	845	148,0	4,43
Total		2.087,0	100		3.342,0	100

\* Other factors (mechanical injuries etc.)

Table 4.- Classification of a sample of harvested apples (850 kgs per each plot) according to damage in 1983.

Category	Plot A - IpGV			Plot B - Chemicals		
	Number of fruit	Weight in kgs.	% of total harvest	Numbers of fruits	Weight in kgs.	% of total harvest
0		826,0	97,2		829,9	97,6
1	39	8,0	1,0	31	6,6	0,8
2	37	7,6	0,9	32	6,8	0,8
3	18	3,7	0,4	12	2,5	0,3
4	18	3,7	0,4	8	1,7	0,2
No.C.M.*	5	1,0	0,1	12	2,5	0,3
Total		850,0	100		850,0	100

\* Other factors (mechanical injuries etc.)

The results presented in Tables 3 and 4 show the efficacy of treatments in harvest level.

Trials conducted in 1982 show in the plot A a percentage of 14,5% of damaged apples. The 8,5% of the total harvested fruits were damaged by Codling moth, while the 6,0% by other factors. If we consider as unmarketable fruits those belonging to the categories 3 and 4 we can say that 5,6% of the total harvested apples is the real loss. In the plot B (chemicals) a very good protection was made by the use of deltamethrine (Decis) with only 0,06% damaged apples by Codling moth.

The data in 1983 were better ; measurements of damaged fruits by L. pomonella, show a percentage : 2,7% on the total examined harvested apples in the plot A and 2,1% in the plot B. For the unmarketable fruits of the categories 3 and 4 the percentage was 0,8% for the plot A and 0,5% for the plot B.

Those field trials showed that using Granulosis virus an adequate efficacy in controlling Codling moth has been achieved, with all the advantages of a biological control method.



## The Parasites of Codling Moth in Greece

L.C. Argyriou

Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

There is nothing known about the useful fauna of Laspeyresia pomonella in Greece prior to our study.

In an extensive survey in our country, in the most important apple orchards in Greece a poor parasitic fauna was found.

The three parasites the, Pristomerus vulnerator Panz., Ephialtes caudatus (Ichneumonidae) and Ascogaster quadridentatus (Braconidae) were surveyed in Imathia and Pella area in Northern Greece, in Polydrossos Phokis in Central Greece and Korinthia area in Peloponnesus.

Of them P.vulnerator and E.caudatus were found in higher rate, the A.quadridentatus in low population level.

The rate of parasitism did not exceed the 10%.

## Microbiological Control of *Adoxophyes orana* and *Laspeyresia pomonella* with Baculovirus in the Framework of Integrated Plant Protection

E. Dickler

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau,  
Dossenheim (F.R. Germany)

### Summary

In field experiments for microbial control of codling moth (Lp) with granulosis virus carried out over several years at Dossenheim a good efficacy against the target was obtained. In addition in LpGV treated plots other main pests such as European red mite, were kept below economic damage level. In plots where no Lp-chemicals were applied, a severe fruit loss by leaf rollers was observed. In commercial orchards these injuries were appointed to *Adoxophyes orana*. Thus, a *A. orana*-specific nuclear polyhedrosis virus (AoNPV) was tested against this species. In bioassays AoNPV was highly virulent to the target, but under field conditions AoNPV in various concentrations was unable to prevent yield losses alone and in combination with *Bacillus thuringiensis* (Dipel). At Dossenheim experiment station it could be demonstrated with several methods that besides *A. orana* other tortricids like *Pandemis heparana* and *Archips rosanus* are decisive responsible for the damage. In single tree tests carried out for the first time in 1983 a juvenoid Fenoxycarb (Ro 135223) was not very effective due to the presence of the 3 species. In experiments carried out in the frame of the CEC project for selective control of *A. orana* and other leaf rollers many important results were achieved. But further research is needed to include the highly effective LpGV in integrated pest management systems in commercial orchards.

Lutte microbiologique contre *Adoxophyes orana* et *Laspeyresia pomonella* avec Baculovirus dans le cadre d'une méthode de lutte intégrée

### Résumé

Durant plusieurs années de recherches concernant la lutte microbiologique du carpocapse, le virus granuleux (LpGV) se montrait très efficace. En outre d'autres ravageurs, comme les acariens (*Panonychus ulmi*) restaient au-dessous du seuil du dégât économique. Dans des parcelles d'un verger à Dossenheim où on avait renoncé au traitement chimique du carpocapse, l'omission résultait dans des dégâts considérables provoqués par des tordeuses de la pelure. Parce qu'on jugeait *Adoxophyes orana* comme ravageur responsable, un virus de polyédrose spécifique pour *A. orana* dans des essais au laboratoire et dans le verger. Dans des essais au laboratoire AoNPV se montrait très efficace contre les

chenilles de A. orana, mais dans le verger AoNPV seul ou en combinaison avec B. thuringiensis ne donnait pas une protection suffisante des fruits. On pouvait démontrer sous des conditions différentes, qu'à Dossenheim non seulement A. orana mais aussi d'autres tordeuses comme Pandemis heparana et Archips rosanus provoquaient gravement des dégâts. Un juvénocide Fenoxycarb (Ro 135223) qu'on mettait à l'épreuve pour la première fois en 1983 ne montrait pas d'effet suffisant contre les trois tordeuses citées. Pendant des examens concernant le contrôle du carpocapse avec le virus de la granulose en combinaison avec une lutte dirigée contre les autres tordeuses, on pouvait gagner beaucoup de résultats importants dans le projet CEC.

#### MIKROBIOLOGISCHE BEKÄMPFUNG VON ADOXOPHYES ORANA UND LASPEYRESIA POMONELLA MIT BACULOVIREN IM RAHMEN INTEGRIERTER PFLANZENSCHUTZVERFAHREN

##### Zusammenfassung

Bei mehrjährigen Freilanduntersuchungen zur mikrobiologischen Bekämpfung des Apfelwicklers mit Granuloseviren (LpGV) konnte eine gute Wirkung gegen den Zielorganismus erzielt werden. Darüber hinaus blieben in den virusbehandelten Parzellen andere sonst bekämpfungswürdige Schädlinge wie die Obstbaumspinnmilbe unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle. In den Parzellen, in denen auf breitwirksame chemische Apfelwicklerinsektizide verzichtet worden war, kam es am Standort Dossenheim stets zu hohen Fruchtschäden durch Schalenwickler. Da in der Praxis Schäden dieser Art bisher Adoxophyes orana zugeordnet worden waren, wurde gegen diesen Wickler ein Adoxophyes orana-spezifisches Kernpolyedervirus (AoNPV) in Freiland- und Laborversuchen geprüft. Im Biotest erwies sich AoNPV als außerordentlich wirksam gegen die Raupen dieses Schalenwicklers und unter Freilandbedingungen zeigte AoNPV allein oder in Kombination mit Bacillus thuringiensis (Dipel) keine ausreichende Wirkung zur Verhinderung von Schalenwicklerschäden. In verschiedenen Verfahren konnte gezeigt werden, daß am Standort Dossenheim neben A. orana andere Wicklerarten, wie Pandemis heparana und Archips rosanus maßgeblich an den Schäden beteiligt sind. Ein 1983 erstmals in Einzelbaumversuchen geprüftes Juvenoid Fenoxycarb (Ro 135223) zeigte aufgrund des gleichzeitigen Auftretens der 3 genannten Schalenwicklerarten keine ausreichende Wirkung.

Bei Untersuchungen zur gezielten Bekämpfung von Schalenwicklern in Kombination mit einer Apfelwickler-Granulosevirusbekämpfung konnten im Rahmen des CEC-Projektes zahlreiche wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Es bedarf weiterer intensiver Anstrengungen, um die Einführung des hochwirksamen Granulosevirus in die Praxis zu ermöglichen.

## 1. EINLEITUNG

In den Apfelanbaugebieten der Bundesrepublik Deutschland treten mehrere Wicklerarten auf, die an Apfel und anderen Kernobstarten erhebliche Schäden verursachen können. Unter ihnen hat der Apfelwickler, *Laspeyresia pomonella* (Lp), die größte wirtschaftliche Bedeutung. Er ist weltweit verbreitet und schädigt neben den Kernobstarten Apfel, Birne, Quitte auch Pfirsich, Aprikose und Walnuß. In der Rheinebene werden in Erwerbsbetrieben jährlich bis zu 4 Behandlungen meist prophylaktisch gegen Lp durchgeführt. Die verzettelte Eiablage und ein von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort wechselnder Befallsdruck machen Lp zu einem schwer kalkulierbaren Schlüsselschädling und einem begrenzenden Faktor in integrierten Pflanzenschutzsystemen. Sehr häufig scheitert das Bemühen solche integrierten Verfahren in die Praxis umzusetzen am Fehlen geeigneter, selektiver Präparate. Im Erwerbsapfelanbau werden zur Lp-Bekämpfung breitwirksame chemische Insektizide eingesetzt (OP-Präparate oder synthetische Pyrethroide), die neben dem Zielorganismus die gesamte Fauna erfassen. Es werden also auch andere Apfelschädlinge und deren Antagonistenkomplexe sowie indifferente Arten getroffen.

Ökosystemschonende integrierte Pflanzenschutzverfahren sind gekennzeichnet durch eine gezielte Bekämpfung der Schadereger mit möglichst spezifischen Präparaten. Es bot sich daher an, ein selektives Virus, das nur den Apfelwickler abtötet, auf seine Eignung im Freiland zu prüfen. In Zusammenarbeit mit Dr. Huber vom BBA-Institut in Darmstadt wurde 1974 auf dem Versuchsfeld des BBA-Instituts für Pflanzenschutz im Obstbau in Dossenheim unter praxisüblichen Bedingungen ein Langzeitversuch zur Bekämpfung des Apfelwicklers mit Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV)\* eingeleitet. Das Ziel der im Rahmen des CEC-Forschungsprojektes seit 1979 in Dossenheim durchgeführten Arbeiten bestand darin, geeignete biologische oder integrierte Verfahren gegen die Schalenwicklerart *Adoxophyes orana* zu erarbeiten, die von dem selektiven Apfelwickler-Granulosevirus nicht erfaßt wird und in LpGV-behandelten Anlagen Ertragsausfälle verursachen kann.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 Apfelwicklerversuche

Wie bereits an anderer Stelle beschrieben (Dickler und Gehr, 1981) fanden die Untersuchungen auf dem Versuchsfeld in Dossenheim in einer ca. 0,5 ha großen Vollertragsanlage statt. Jeweils 80 Bäume, 5 Sorten auf M 9 wurden mit LpGV bzw. dem chemischen Vergleichsinsektizid Gusathion MS (Azinphos-methyl + demeton-S-methylsulfon, 0,2%) behandelt. 80 Bäume dienten als unbehandelte Kontrolle. Dem Viruspräparat ( $7 \cdot 10^{10}$  Granula/l) wurde 1% Magermilchpulver als Haftmittel zugesetzt. Applikationstechnik, Ermittlung der Spritztermine etc. wurden an anderer Stelle bereits ausführlich beschrieben, so daß die Angaben hier auf das wesentliche beschränkt werden können. In Ab-

\* Diese Langzeituntersuchungen werden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) gefördert.

hängigkeit vom Befallsdruck schwankte die Zahl der Behandlungen zwischen 2 und 5 jährlich. Die Auswertung auf Apfelwicklerbefall erfolgte nach den Richtlinien der BBA.

## 2.2 Schalenwicklerversuche

In o.g. Apfelanlage wurde der Einfluß der LpGV-Behandlungen auf Schalenwicklerbefall an der Sorte 'Golden Delicious' untersucht. 1980 wurde erstmals ein Kernpolyeder-virus gegen *Adoxophyes orana* (AoNPV) in Freilandversuchen in Dossenheim geprüft. Jeweils 4 Bäume der Sorte 'Jonathan' wurden 3 mal mit AoNPV ( $10^{10}$  Polyeder/l bzw.  $10^{11}$  und  $10^{10} +$  *Bacillus thuringiensis* (Dipel 0,1%)) behandelt. Gusathion MS (0,2%) diente wiederum als chemisches Vergleichsinsektizid, 4 Bäume wurden als unbehandelte Kontrolle verwendet. Auch hier war dem Viruspräparat ein Magermilchpulver (1%) zugesetzt worden. Das Viruspräparat wurde von Dr. Peters, Institut für Virologie in Wageningen/Holland, hergestellt. Da AoNPV nur in begrenzter Menge zur Verfügung stand, blieben 1981, 1982 und 1983 die Experimente auf Einzelbaumbehandlungen beschränkt. 1981 wurden je 2 Bäume der Sorte 'Goldparmäne' 1 bis 3 mal mit AoNPV behandelt. Zwei Bäume erhielten 2 Behandlungen und 2 unbehandelte Kontrollbäume waren zur Ermittlung der Wirksamkeit des Virus gekäfigt und die geschlüpften Falter abgefangen worden. 1982 wurde nochmals an gekäfigten Bäumen die Wirkung von AoNPV in der beschriebenen Konzentration mit 1% Milchpulverzusatz, von Imidan<sup>R</sup> (Phosmet) und von einem *Bacillus thuringiensis* Stamm Darmstädter Herkunft auf den Schlupf von *A. orana* und *P.heparana* geprüft. In die Einzelbaumprüfungen war 1983 neben AoNPV erstmals das Juvenoid Fenoxycarb<sup>R</sup> (Ro 135223) einbezogen worden. Die Applikation erfolgte gegen die L5-Raupen von *A. orana*. Auf einer anderen Versuchsfläche von etwa 0,5 ha Größe wurde 1980 und 1981 die Wirkung von *Bacillus thuringiensis* in Kombination mit Fraßstimulantien mit der von Gusathion MS gegen Schalenwickler vergleichend geprüft. Bei der Bonitierung des Schalenwicklerbefalls wurden 5 Schadenskategorien verwendet und abschließend die Äpfel in 'vermarktbar' und 'nicht vermarktbar' klassifiziert. Zur Festlegung der Spritztermine wurden Monitoring Untersuchungen mit Pheromonfallen, Lichtfallen, Larvenabsammlungen usw. an allen in Dossenheim vorkommenden Wicklerarten durchgeführt.

## 2.3 Übertragung der bisherigen Ergebnisse in die Praxis

1983 wurde der Versuch unternommen, die 9-jährigen Erfahrungen zur mikrobiologischen Bekämpfung von Wicklern in die Praxis zu übertragen. Wie auf der letzten CEC-Arbeitssitzung in Darmstadt 1982 vereinbart, soll diese Übertragung im Rahmen eines langjährigen Projektes und in enger Anlehnung an ein BML-Vorhaben "Modellversuch integrierter Pflanzenschutz" erfolgen. Es wurde ein Betrieb (Lichtenauer in Gaiberg) ausgewählt, der hierfür die günstigsten Voraussetzungen mitbrachte. Auf einer ca. 10 ha großen Apfelanlage standen 0,25 ha für die Bekämpfung des Apfelwicklers mit LpGV zur Verfügung. Die gesamte übrige Anlage erhielt die ortsübliche Apfelwicklerbekämpfung. Wegen der zu erwartenden Ertragsausfälle wurde die Kontrolle auf 120 Bäume begrenzt. Die Spritztermine legte der Betriebsleiter anhand von Pheromonfallenfängen selbst fest, und auch die Behandlungen wurden

von ihm durchgeführt. Eine Beratung bzw. Beeinflussung wurde hierbei bewußt vermieden.

### 3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

In Abb. 1 ist der Apfelwicklerbefall in den unterschiedlich behandelten Parzellen auf dem Versuchsfeld in Dossenheim von 1974 bis 1982 zusammenfassend dargestellt. Die eingezeichnete wirtschaftliche Schadensschwelle mit 3% Gesamtbefall beinhaltet das Fallobst. Berücksichtigt man bei diesem Schwellenwert nur das Ernteobst, so liegt der Anteil des Apfelwicklerbefalls unter 1%. Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß der Apfelwicklerbefall in unbehandelten Parzellen von Jahr zu Jahr erheblichen Schwankungen unterworfen war. Der stärkste Schaden mit 24% wurde 1976 registriert. Danach folgte ein Rückgang, der im Jahre 1980 mit 0,3% Fruchtbefall den Tiefpunkt erreichte, um dann erneut anzusteigen auf 16% im vergangenen Jahr. Da noch nicht alle Ergebnisse der vergangenen Saison vorliegen, soll deren Berichterstattung an anderer Stelle erfolgen. In dem dargestellten Zeitraum zeigte das LpGV eine gute Wirkung gegen den Zielorganismus. Mit Ausnahme der beiden Jahre 1976 und 1981 konnte in den LpGV-behandelten Parzellen der Befall unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle gehalten werden. Der unbefriedigende Wirkungsgrad im Jahre 1976 ist auf den außerordentlich schwachen Fruchtbehang infolge Blütenfrost und auf den trocken-heißen Sommer zurückzuführen, so daß auch das chemische Vergleichsinsektizid keine ausreichende Wirkung zeigte. 1981 wurde erstmals ein industriell hergestelltes Viruspräparat eingesetzt, das, wie sich später auch durch andere Versuchsansteller der CEC-Arbeitsgruppe nachweisen ließ, infolge Inaktivierung während des Transportes keine vollbefriedigende Wirkung zeigte. 1982 war wiederum gekennzeichnet durch einen hohen Befallsdruck. In diesem Jahr konnte in Dossenheim mit einem Industriepräparat ein Wirkungsgrad von 87% erreicht werden. Von diesen Ausnahmen abgesehen, schwankte der Wirkungsgrad im Untersuchungszeitraum 1974 bis 1982 zwischen 76 und 90%. Dies ist für ein biologisches Präparat ein ausgezeichnetes Ergebnis und mit dem Apfelwickler-Granulosevirus steht erstmals ein biologisches Präparat zur Verfügung, das gegen einen Hauptschädling, den Apfelwickler, eine mit chemischen Insektiziden vergleichbare gute Wirkung zeigt (Dickler, 1979 und 1980; Huber, 1980).

Wie an anderer Stelle berichtet (Dickler, 1984), führt der Verzicht auf breitenwirksame Insektizide und der Einsatz des nützlingsschonenden spezifischen LpGV zum Rückgang eines weiteren Hauptschädling, der Roten Spinne, *Panonychus ulmi*, so daß in Dossenheim in LpGV-behandelten Parzellen chemische Maßnahmen gegen diesen Folgeschädiger nicht mehr notwendig waren. Tab. I zeigt vergleichend die Individuendichte von *P. ulmi* nach vorausgegangenen Behandlungen. Die Werte wurden mittels Spinnmilbenbürstenmaschine gewonnen. Bei der Sorte 'Cox' ist die spinnmilbenfördernde Wirkung des Gusathion MS mit einem 291-fachen Besatz im Vergleich zu LpGV am deutlichsten sichtbar. In Abb. 2 ist die gleiche Wirkung des chemischen Insektizides auf die Überwinterungsdichte von *Tetranychus urticae* in Wellpappe-Fangstreifen, die zur Erfassung der Apfelwicklerparasiten ausgebracht worden waren, ebenso

deutlich zu erkennen. Schädlinge, wie die Blutlaus, *Eriosoma lanigerum*, die in ungestörten Anlagen von ihren Antagonisten niedergehalten werden, erübrigen in LpGV-behandelten Parzellen gezielte Maßnahmen.

Diese Aussage gilt - unter den Bedingungen in Dossenheim - leider nicht für die am Apfel vorkommenden Schalenwicklerarten. Trotz hoher Parasitierungswerte bis zu 30%, verursachen diese Wickler hohe Schäden am Ernteobst (Abb. 3). Die leicht höheren Verluste bei LpGV im Vergleich zur Kontrolle sind auf die fraßstimulierende Wirkung des Magermilchpulvers zurückzuführen. Die Hauptschäden wurden bisher der Art *Adoxophyes orana* zugeschrieben. Nachdem ein *Adoxophyes orana*-spezifisches Kernpolyedrovirus (AoNPV) in Laborversuchen eine ausgezeichnete Wirkung gegen den Zielorganismus gezeigt hatte, wurde dieses Virus 1980 unter Freilandbedingungen geprüft. Es zeigte jedoch allein und in Kombination mit Dipel keine ausreichende Wirkung zur Reduzierung der Schalenwicklerschäden (Tab. II). Auch ein 1%iger Zusatz von Zucker als Fraßstimulanz zum Dipel erbrachte nicht die gewünschte Wirkung (Tab. III). Bei regelmäßig durchgeführten populationsanalytischen Untersuchungen konnte ermittelt werden, daß auf dem Versuchsfeld in Dossenheim *Adoxophyes orana* nicht die zunächst angenommene Bedeutung zukommt. Bei den meisten Auswertungen erwies sich *Pandemis heparana* als dominant (Dickler and Huber, 1983).

Dieser Art, die von breitenwirksamen chemischen Apfelwicklerinsektiziden miterfaßt wird, war bisher als Schädling im süddeutschen Raum keine Bedeutung geschenkt worden. Somit konnte, wie aus Tab. IV ersichtlich ist, das gegen *Pandemis heparana* unwirksame AoNPV die Schalenwicklerschäden nicht verhindern. Die Schadbilder von *A. orana* und *P. heparana* sind nicht zu unterscheiden (Hasselbach und Dickler in Druck).

In Käfigversuchen 1979 bis 1983 erwies sich *P. heparana* gegenüber *A. orana* als die weitaus häufigere Art (Tab. IV + V). 1983 wurde neben dem spezifischen AoNPV erstmals das Juvenoid Fenoxycarb R (Ro 135223) eingesetzt. Dieses Präparat zeichnet sich nach holländischen Erfahrungen durch eine breitere Wirkung gegen Schalenwicklerarten aus. Es ist ein nicht-neurotoxisches Insektizid, das die Metamorphose des letzten Larvenstadiums oder Puppenstadiums zum Falter verhindert. Aufgrund dieser Wirkungsweise wurde das Präparat gegen die L5 Stadien der Frühjahrsraupen von *A. orana* eingesetzt. Nach bisher vorliegenden Ergebnissen konnten mit diesem Präparat Schalenwicklerschäden zwar reduziert, jedoch nicht völlig verhindert werden. Dies könnte auf den stärkeren Zuflug begatteter Weibchen in die relativ kleinen Versuchsparzellen während des außergewöhnlich heißen Sommers auf *P. heparana*, vor allem aber auf die 1983 festgestellte Dominanz von *Archips rosanus*, zurückgeführt werden. Eine endgültige Aussage wird erst nach Vorliegen aller Ergebnisse aus der vergangenen Vegetationsperiode möglich sein.

Der Einsatz des Apfelwickler-Granulosevirus im praktischen Obstbaubetrieb führte zu ersten interessanten Ergebnissen. Die von dem Besitzer selbst festgelegten und durchgeführten 3 Apfelwickler-Spritzungen erwiesen sich bei dem hohen Lp-Befallsdruck von 13% in der unbehandelten Kontrolle als nicht ausreichend. Bei der Sorte 'Cox Orange' lag der



durch Apfelwicklerlarven verursachte Schaden bei LpGV zwar noch im Bereich der wirtschaftlichen Schadensschwelle, bei der Sorte 'Golden Delicious' war diese aber deutlich überschritten. Der für chemische Insektizide schwache Wirkungsgrad von 88% unterstreicht die nicht ausreichende Zahl der ausgebrachten Behandlungen.

Trotz beachtlicher Fänge in den Pheromonfallen lag der durch Schalenwickler verursachte Schaden in der unbehandelten Kontrolle bei 'Cox' mit 0,8% und bei 'Golden Delicious' mit 1% weit unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle. Dieses weitgehende Fehlen von Schalenwicklerschäden und das alleinige Vorhandensein des Apfelwicklers macht die Anlage in Gaiberg für den Einsatz des LpGV außerordentlich interessant und gemäß der o.g. Absprache von Darmstadt soll ein Forschungsantrag an die CEC gestellt werden, um die Einführung des LpGV in die Praxis zu ermöglichen und zu forcieren.

#### REFERENCES

- Dickler, E. (1979). The Granulosis Virus of Codling Moth: Its Use as a Biological Agent in an Integrated Control Program. Proceedings of Symposia, IX International Congress of Plant Protection, Washington, D.C. USA, August 5-11, 599 - 601.
- Dickler, E. (1980). Current status of control of apple tortricids with baculoviruses in Western Europe. Proceedings of Workshop on insect pest management with microbial agents: Recent achievements, deficiencies, and innovations. May 12-15, at Boyce Thompson Institute, Cornell University, Ithaca, N.Y. USA.
- Dickler, E. (1984). Mehrjährige Erfahrungen bei der Verwendung des spezifischen Apfelwickler-Granulosevirus: Einfluß auf den Zielorganismus und andere Schadarthropoden. BMFT-Sonderheft 4, Moderne Methoden in der Bekämpfung von Schadinsekten. (im Druck).
- Dickler, E. und Gehr, V. (1981). Untersuchungen über den Einfluß von Apfelwickler-Granuloseviren auf die Biozönose in Apfelanlagen: Analyse des Schalenwicklerkomplexes. Mitt. dtsh.Ges.all.angew.Ent. 2, 146 - 150.
- Dickler, E. and Huber, J. (1983). Microbial control of *Adoxophyes orana* in combination with granulosis virus control of codling moth. C.E.C. Programme on integrated and biological control, Progress report, 1979-1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 14-21.
- Huber, J. (1980). 7 Jahre Freilandversuche mit dem Granulosevirus des Apfelwicklers in der Bundesrepublik Deutschland. Proceedings: Internationales Symposium der IOBC/WPRS über Integrierten Pflanzenschutz in der Land- und Forstwirtschaft, Wien, 8. bis 12.10.1979, 583.

Tab. I Einfluß von Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS) auf die Rote Spinne (*Panonychus ulmi*), Dossenheim 1982

	Sorte	Behandlung	Eier	bewegl. Stadien	$\Sigma$	F*
2.8.	Golden	chem. Ins.	774	620	1394	60,6
	Del.	LpGV	8	15	23	1
2.8.	Cox	chem. Ins.	1096	652	1748	291
	Orange	LpGV	4	2	6	1
11.8.	Golden	chem. Ins.	776	315	1091	168
	Del.	LpGV	5	1,5	6,5	1
11.8.	Cox	chem. Ins.	702	458	1160	193
	Orange	LpGV	4	2	6	1

F\* Faktor der Befallsförderung

Tab. II Schalenwicklerbekämpfung mit Adoxophyes orana-Kernpolyedervirus (AoNPV), Bacillus thuringiensis (Dipel) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS), Sorte Jonathan, Dossenheim 1980

Behandlung	% Befall	Reduktion %	nicht vermarktbar Früchte %	Reduktion %
AoNPV 10 <sup>10</sup> p/1	10,7 a*	46,5	5,1 a	42,1
AoNPV 10 <sup>11</sup> p/1	9,7 a	51,5	2,3 b	73,9
AoNPV 10 <sup>10</sup> p/1 + Dipel	10,9 a	45,5	2,7 b	69,3
Gusathion MS	0,7 b	96,5	0,1 c	98,9
Kontrolle	20,0 c	-	8,8 d	-

\* Befallswerte, die im  $\chi^2$ -Test statistisch nicht verschieden sind ( $P > 0,05$ ), wurden mit den gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Tab. III Schalenwicklerbekämpfung mit Bacillus thuringiensis (Dipel), Dipel + Fraßstimulantien (Zucker = Z, Milchpulver = Mp) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS), Sorte Golden Delicious, Dossenheim 1980

Behandlung	% Befall	Reduktion %	nicht vermarktbar Früchte %	Reduktion %
Dipel	4,1 a*	58,5	2,3 a	54,9
Dipel + Z	4,6 a	53,7	2,0 a	60,8
Dipel + Mp	5,7 a	42,6	2,3 a	54,9
Dipel + Z + Mp	5,9 a	40,5	2,6 a	49,0
Gusathion MS	1,0 b	89,8	0,4 b	92,2
Kontrolle	10,0 c	-	5,1 c	-

\* siehe Tab. II

Tab. IV Einfluß von Adoxophyes orana-Kernpolyedervirus (AoNPV) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS) auf Fruchtbefall durch Schalenwickler und auf den Falterschlupf an gekäfigten Bäumen, Sorte Goldparmäne, Dossenheim 1981

Behandlung	. % Befall	Reduktion %	geschlüpfte Falter	
			A.orana	P.heparana
AoNPV 1+2+3*	15,9	- 35,7		
AoNPV 3	17,1	- 46,1		
AoNPV 1+2 (eingekäfigt)	20,3	- 73,2	0	130
Gusathion MS 1+2+3	3,2	72,7		
Kontrolle	11,7	-		
Kontrolle (eingekäfigt)	9,7	17,4	21	61

\* 1+2+3 = erste+zweite+dritte Behandlung  
3 = nur dritte Behandlung

Tab. V Einfluß von Bekämpfungsmaßnahmen auf den Falterschlupf von A. orana und P. heparana an gekäfigten Bäumen, Dossenheim 1982

Behandlung		Adoxophyes orana		Pandemis heparana	
		♂	♀	♂	♀
		Kontrolle	1	-	-
	2	-	-	7	1
AoNPV + Mp*	1	-	-	4	6
	2	-	-	2	-
Imidan	1	-	-	-	4
	2	-	-	1	-
Bt-DA	1	3	4	22	12
	2	-	-	5	1

\* AoNPV + Mp = A. orana-Kernpolyedervirus + Milchpulver  
Imidan<sup>R</sup> = Phosmet  
Bt-DA = B. thuringiensis Stamm aus Darmstadt

Tab. VI Einfluß von Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV) auf  
 Apfelwickler- und Schalenwicklerbefall, Anlage  
 Lichtenauer, 1983

Behandlung	Apfelwickler		Schalenwickler *	
	% Befall	Reduktion %	% Befall	Reduktion %
Cox Orange				
Kontrolle	13,08	-	0,76	-
LpGV	2,18	84,20	1,38	- 81,58
Insektizid	0,82	94,05	0,04	94,74
Golden Delicious				
Kontrolle	12,24	-	1,01	-
LpGV	4,44	63,73	0,53	47,52
Insektizid	1,44	88,24	0,24	76,24

\* nicht vermarktbar

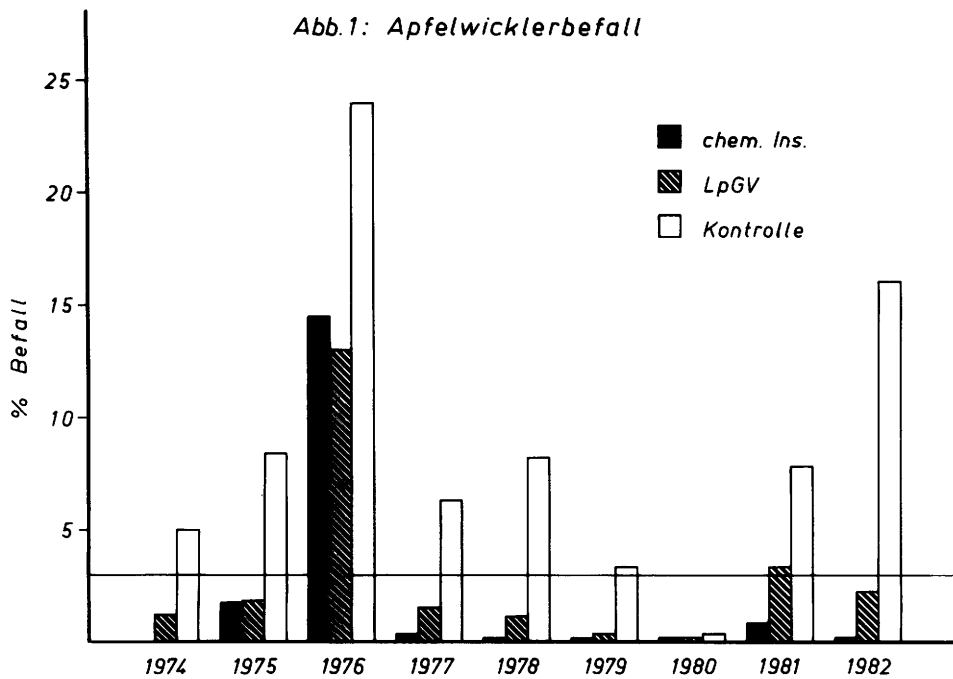


Abb. 1: Einfluß von Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS) auf den Apfelwicklerbefall

**Abb. 2: Überwinterungsdichte von *T. urticae***

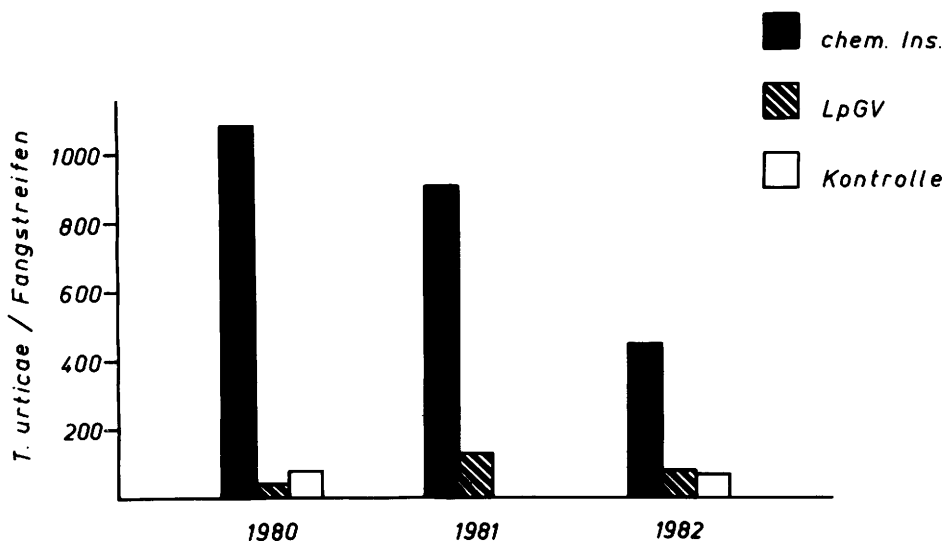


Abb. 2: Einfluß von Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS) auf die Überwinterungsdichte von *Tetranychus urticae* in Wellpappe-Fangstreifen

Abb. 3: Schalenwicklerschäden

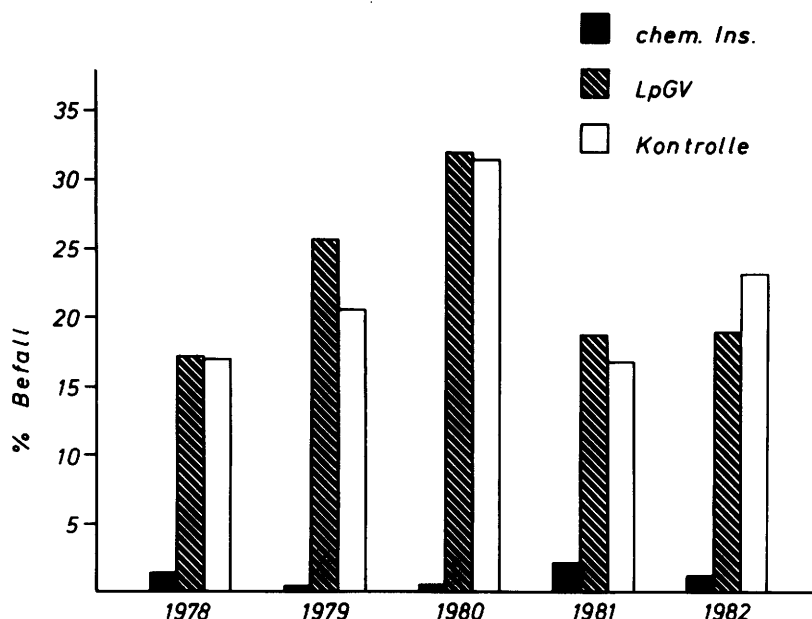


Abb. 3: Einfluß von Apfelwickler-Granulosevirus (LpGV) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS) auf Fruchtbefall durch Schalenwicklerarten

### Publications - Contract No. D-0720

DICKLER E. (1979) The Granulosis Virus of Codling Moth: Its Use as a Biological Agent in an Integrated Control Program. Proceedings of Symposia, IX International Congress of Plant Protection, Washington, D.C. USA, August 5-11, 599-601

DICKLER E. (1980) Current status of control of apple tortricids with baculoviruses in Western Europe. Proceedings of Workshop on insect pest management with microbial agents: Recent achievements, deficiencies, and innovations. May 12-15, at Boyce Thompson Institute, Cornell University, Ithaca, N.Y. USA

DICKLER E. (1980) Field observations on the leafroller complex on chemical, CmGV, and untreated apple trees. In: Biological control in orchards, biology and control of codling moth WYE (U.K.) 25-28 March 1980 - IOBC/WPRS Bulletin 1980/III (6), p. 51

DICKLER E. (1980) Control of codling moth with granulosis virus in the field. In: Biological control in orchards, biology and control of codling moth WYE (U.K.) 25-28 March 1980 - IOBC/WPRS Bulletin 1980/III (6), p. 64

HUBER J. (1980) 7 Jahre Freilandversuche mit dem Granulose-virus des Apfelwicklers in der Bundesrepublik Deutschland. Proceedings: Internationales Symposium der IOBC/WPRS über Integrierten Pflanzenschutz in der Land- und Forstwirtschaft, Wien, 8. bis 12.10.1979, 583

DICKLER E. und GEHR V. (1981) Untersuchungen über den Einfluß von Apfelwickler-Granuloseviren auf die Biozönose in Apfelanlagen: Analyse des Schalenwicklerkomplexes. Mitt. dtsh. Ges. all. angew. Ent. 2, 146-150

DICKLER E. and HUBER J. (1983) Microbial control of *Adoxophyes orana* in combination with granulosis virus control of codling moth. C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control, Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 14-21

DICKLER E. "in press" Mehrjährige Erfahrungen bei der Verwendung des spezifischen Apfelwickler-Granulosevirus: Einfluß auf den Zielorganismus und andere Schadarthropoden. BMFT-Sonderheft 4, Moderne Methoden in der Bekämpfung von Schadinsekten





## Biological Methods for the Control and Prognosis of Tortricids in Orchards where an Integrated Pest Control Programme is Carried out

G. Neuffer

Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart (F.R. Germany)

### Summary

Within the EC- programme from 1979 to 1983 on integrated and biological pest control in orchards the following studies have been carried out at the Plant Protection Station in Stuttgart:

1. The influence of Granulosis-Virus (LpGV) on the apple tree fauna in orchards where an integrated pest control programme has been carried out for several years.
2. Field tests with the new insecticide Ro 13-5223 (Maag) on the side-effects on apple tree arthropods.
3. Research with pheromones to survey the presence and distribution of tortricid species in orchards of various regions of Baden-Württemberg.

The results achieved by beating and modified funnel methods and the fruit damages caused by arthropods evaluated at harvest time are shown in tables and figures. LpGV (extraction Huber, BBA Darmstadt and Sandoz, USA), a specific biological agent for the control of the codling moth Laspeyresia (Cydia) pomonella and Ro 13-5223, a non neurotoxic insecticide but effective as an juvenilhormon analoga to control the summer fruit tree leaf roller Adoxophyes orana have shown good results in the control of the mentioned insects, but have no significant influence on the other members of the apple tree fauna.

Furthermore are indicated in figures (tables) the captures of 9 different tortricid species in pheromone baited traps of 4 orchards in Baden-Württemberg.

### Méthodes biologiques du pronostic et de la lutte contre des Tortricides dans la conduite intégrée des vergers de pommiers de Baden-Württemberg

#### Résumé

Les travaux d'après le programme de recherche de la CE 1979-1983 sur la lutte intégrée et biologique contre les insectes nuisibles dans des plantations pommiers eurent les sujets principaux suivants:

1. L' influence du virus de la granuloze du carpocapse (LpGV) sur la faune du pommier dans des vergers menés selon des programmes intégrés de la lutte contre les maladies et les insectes nuisibles.
2. Des essais de champ avec l' insecticide nouveau Ro 13-5223 (origine Maag) contre Adoxophyes orana

étudiant les effets secondaires sur des arthropodes du pommier.

3. Des essais avec des phéromones examinant la présence et la distribution des Tortricides dans des plantations des pommiers de Baden-Württemberg.

Les résultats des essais obtenus à l'aide de la méthode frappe et entonnoirs modifiée ainsi que les dégâts des fruits causés par les arthropodes découverts pendant la récolte sont présentés par des tableaux et des figures. La LpGV, origine Huber de BBA Darmstadt et Sandoz des Etats-Unis, est un procédé biologique spécifique contre Laspeyresia pomonella. Cette préparation d'essais Ro 13-5223, pas toxique pour les nerfs mais agissant comme un Juvenilhormon-analogue, est utilisée contre Adoxophyes orana. Les deux préparations démontrent une bonne efficacité contre les insectes visés. Quant aux autres membres de la faune des arthropodes du pommier on ne constata pas de résultats significatifs.

La distribution et la fréquence de 9 espèces de Tortricides, découvertes à l'aide de pièges à phéromones des quatre vergers des pommiers en des régions diverses de Baden-Württemberg sont présentées par des tableaux et des figures.

#### BIOLOGISCHE METHODEN DER BEKÄMPFUNG UND PROGNOSE VON TORTRICIDAE IN INTEGRIERT BEHANDELTEN APFELANLAGEN SÜDWESTDEUTSCHLANDS.

##### Zusammenfassung

Die Arbeiten im Rahmen des EG-Forschungsprogrammes 1979 bis 1983 über integrierte und biologische Schädlingsbekämpfung in Obstanlagen hatten folgende Schwerpunkte:

1. Der Einfluß von Granulose-Virus (LpGV) auf die Apfelbaumfauna in Apfelanlagen mit integrierten Pflanzenschutzprogrammen.

2. Feldversuche mit dem neuen Adoxophyes orana-Insektizid Ro 13-5223 (Maag) über Nebenwirkungen auf Apfelbaum-Arthropoden.

3. Versuche mit Pheromonen zur Feststellung der Anwesenheit und Verteilung von Tortriciden in Apfelanlagen Baden-Württembergs.

Die mit der Klopf- und modifizierten Trichtermethode gewonnenen Versuchsergebnisse sowie die bei der Ernte ermittelten Fruchtschäden durch Arthropoden sind in Tabellen und Abbildungen dargestellt. LpGV, von Huber, BBA Darmstadt und von Sandoz, USA stammend, ist ein spezifisches biologisches Bekämpfungsmittel des Apfelwicklers Laspeyresia (Cydia) pomonella. Das nicht neurotoxische, aber wie ein Juvenilhormon-Analoga wirkende Versuchs-Insektizid Ro 13-5223 wird zur Bekämpfung des Apfelschalenwicklers Adoxophyes orana verwendet. Die beiden Mittel zeigten jeweils gute Wirkungen in der Bekämpfung ihrer Zielschädlinge, darüberhinaus waren keine signifikanten Ergebnisse auf die übrigen Glieder der Arthropodenfauna des Apfelbaumes festzustellen.

Die Verteilung und Häufigkeit von 9 Tortricidenarten, die mit Pheromonfallen in 4 Apfelanlagen ver-

schiedener Regionen Baden-Württembergs ermittelt wurde, sind in Tabellen und Abbildungen aufgezeigt.

## 1. EINLEITUNG

Im Rahmen des von der Europäischen Gemeinschaft geförderten Forschungsprojektes über biologische Pflanzenschutzverfahren in Apfelanlagen wurden in den Jahren 1979 bis 1983 folgende Schwerpunktthemen bearbeitet:

1.1 Die Verwendung von Granulose - Virus (LpGV) zur Bekämpfung des Apfelwicklers Laspeyresia (Cydia) pomonella: der Einfluß auf die Apfelbaumfauna in integriert behandelten Apfelanlagen 1980 bis 1982.

1.2 Freilanduntersuchungen über die Nebenwirkungen des gegen den Apfelschalenwickler Adoxophyes orana eingesetzten Wachstumsreglers Ro 13-5223 (Maag) in Apfelanlagen 1982 bis 1983.

1.3 Faunistische Untersuchungen zur Prognose von Tortriciden in Apfelanlagen Baden-Württembergs 1979 bis 1983.

Teilergebnisse der genannten Arbeiten von 1979 bis 1981 sind bereits im Progress Report 1979/81 C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control (EUR 8273, 1983) enthalten, so daß diese hier im wesentlichen nur im Vergleich mit den ausführlicher vorgestellten Resultaten der Versuche 1982 und 1983 behandelt werden.

Im Integrierten Pflanzenschutz (IP) stoßen sowohl Granulose-Virus (LpGV) wie das nicht neurotoxische, aber mit einer den Juvenilhormon-Analoga entsprechenden Wirkungsweise ausgestattete Versuchsinsektizid Ro 13-5223 wegen der weitgehenden Spezifität gegen die beiden Hauptschädlinge im süddeutschen Apfelanbau auf grosses Interesse. Bei den Versuchen standen aber weniger die schon von anderer Seite untersuchten und erfaßten Wirkungen auf die Zielinsekten im Vordergrund, vielmehr interessierten mögliche Nebenwirkungen dieser Mittel auf die Apfelbaumfauna im Vergleich zu anderen Präparaten, wie sie in IP-Anlagen Verwendung finden.

Die zu testenden Präparate LpGV und Ro 13-5223 sollten auch auf Langzeitwirkungen geprüft werden. Da es hierfür noch keine standardisierten Prüfungsmethoden gibt, müssen solche erst gefunden und ausprobiert werden. In unseren Breiten-graden bereiten die unsicheren Wetterverhältnisse während der Vegetationszeit besondere Probleme. Nur selten sind längere Hochdruckwetterlagen zu erwarten, die Langzeituntersuchungen ermöglichen. Die Versuchsmethoden - Klopffrichter und Hängetrichter - wurden deshalb so variiert, daß vergleichende faunistische Aussagen über die eingesetzten Präparate und Vergleichsmittel in den meisten Fällen ermöglicht wurden, auch wenn nicht ideale Wetterverhältnisse gegeben waren.

## 2. METHODIK

Bei den Versuchen mit LpGV und Ro 13-5223 wurden die Steiner'schen Untersuchungsmethoden angewandt: Klopffproben (26 oder 33 Schläge=Äste je Parzelle) mit dem Klopffrichter und Aufhängen einer gewissen Anzahl Plastiktrichter (zwischen 3 und 5 je Baum, entsprechend 6 bis 15 je Parzelle) mit je 0,5 m<sup>2</sup> Fangfläche an den Versuchsbäumen (1). Die Trichter wurden dort ab Versuchsbeginn für eine bestimmte Zeitdauer belassen. Kontrollen erfolgten 1 Tag, 2-4 Tage und 10 Tage

nach den Behandlungen.

Das nach Steiner üblicherweise am Trichterende angebrachte Arthropoden-Sammelglasgefäß wurde durch einen mit Löchern versehenen Plastikbecher ersetzt, in dem ein Kaffeefilterpapier eingelegt war. Auf diese Weise war die Trichtermethode auch bei nicht ausgeprägter stabiler Wetterlage anwendbar, weil in nicht zu großen Massen anfallendes Regenwasser abfließen konnte. Die eingefallenen Arthropoden sammelten sich im Filterpapier, konnten anschließend getrocknet und nach Lagerung im Gefrierschrank ausgewertet werden. Für die Vergleichstests diverser Pflanzenschutzmittel erwies sich die Methode als ausreichend.

Bei den faunistischen Untersuchungen zur Prognose von Tortriciden in Apfelanlagen in Baden-Württemberg wurden leimbestückte Pheromonfallen verwendet. Die Pheromone und Fallen stammten von verschiedenen Stellen, die beim jeweiligen Versuch genannt sind.

### 3. VERSUCHSBESCHREIBUNGEN UND - ERGEBNISSE

#### 3.1 Versuche mit Granulose-Virus (LpGV) zur Bekämpfung des Apfelwicklers *L. pomonella*

##### 3.1.1 LpGV-Versuch 1980: Anlage Malmshelm

Die 2,9 ha grosse Gemeinschafts-Apfelanlage in Malmshelm umfasst ca. 2000 Apfelbäume, Niederstämme der Sorten Golden Delicious (50 - 60%), Goldparmäne, Jonathan, Roter Boskoop, Glockenapfel, Melros und Idared. Die Pflanzenschutzmaßnahmen werden hier seit 1971 nach den Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes vorgenommen (Richtlinien der IOBC).

Für Prognosezwecke sind in der Anlage 4 Pheromonfallen installiert; drei zur Überwachung des Flugverlaufs bei *Láspeyresia pomonella* und eine für *Adoxophyes orana*. Durch regelmäßige Fallen-Kontrollen wurden die günstigsten Bekämpfungstermine ermittelt. 1980 verzögerte sich der Apfelwicklerflug um mehrere Wochen, verursacht durch eine langanhaltende Kühlperiode im Frühsommer (Juni/Juli).

Zwei kurze *Laspeyresia*-Flugmaxima Ende Juli/Anfang August waren der Auslöser für zwei Bekämpfungsaktionen mit Granulosevirus, die am 30. Juli und 9. August vorgenommen wurden. Diesen Bekämpfungsterminen ging am 23. Juli eine Versuchsspritzung in einem kleinen Teil der Anlage (51 Bäume) voraus.

34 Bäume (Golden Delicious) wurden mit einer tragbaren Motorspritze mit Granulosevirus-Suspension (Herkunft Huber, 0,67 ltr./ha + 1% Magermilchpulver) behandelt, 17 Bäume dienten als unbehandelte Kontrolle. Vor und in zeitlich gestaffelten Abständen nach der Granulosebehandlung wurden Klopffproben entnommen.

Bei der ersten allgemeinen Behandlung der gesamten Apfelanlage am 30. Juli wurde in der einen Hälfte der Anlage (ca. 1,5 ha) Granulosevirus mit einem Holder-Sprühgerät (8 Düsen, 15 bar Druck) ausgebracht. Die Aufwandmenge betrug wie im Vorversuch 0,67 ltr./ha (Suspension  $10^{11}$  Kaspeln/ml) in 800 Liter/ha chlorfreiem Wasser mit einem Zusatz von 1% (8 kg) im Sprühverfahren hergestelltem Magermilchpulver. Die zweite Hälfte der Anlage wurde zur gleichen Zeit mit Basudin 40,

300 g in 400 Liter/ha, behandelt.

Am 9. August folgte die zweite Spritzung bei der die ganze Anlage mit 0,67 ltr/ha Granulosevirus in 800 Liter Wasser/ha, aber nur mit 0,5% Magermilchpulverzusatz (4 kg/ha) behandelt wurde.

Nach der Bedeutung für den IP aus den Klopfproben ausgewählte Arthropoden, die beim Vorversuch und nach der ersten Spritzung in der Anlage gewonnen wurden, (25.7. bis 7.8.) sind in der Tabelle I und Abbildung 1 zusammengefaßt. Die Totalauszählungen im Gesamtversuch mit insgesamt 12 Klopfproben ergaben 1980 summiert: 3694 schädliche, 552 nützliche und 2792 indifferente Tiere (Gesamtsumme: 7038 Tiere).

Erntebonitierungen auf Fruchtschäden wurden am 9. und 23. Oktober vorgenommen. Zur Auswertung gelangte je Parzelle und Sorte der Totalbehang von zwei Bäumen einschließlich des Fallobstes. Bei Unbehandelt mußten wegen zu geringen Behangs 15 Bäume ausgewertet werden, um vergleichbare Resultate zu erhalten. Die im Rahmen des Forschungsprojektes an 4395 geernteten Äpfeln entstandenen Ernteschäden sind in Tabelle IV aufgezeichnet.

### 3.1.2 LpGV-Versuche 1981: Anlagen Malmsheim und Murr

Wie im Vorjahr wurden die Nebenwirkungen von LpGV auf die Arthropodenfauna des Apfelbaumes untersucht. Zusätzlich zur Klopfmethode wurden die Trichtermethode in der oben erwähnten abgeänderten Form angewandt. Die Versuche wurden in den IP-Gemeinschaftsanlagen Malmsheim (2,9 ha) (wie 1980) und Murr (von 9 ha ca. 1 ha Pachtfläche) angelegt.

Im Frühjahr 1981 fielen in weiten Teilen Südwestdeutschlands, so auch in den beiden Versuchsanlagen, nahezu alle Apfelblüten einem Spätfrost zum Opfer, ein Totalausfall der Apfelernte war die Folge. Aus diesem Grund konnte 1981 in beiden Versuchen keine Fruchtschäden-Bonitierung vorgenommen werden. In der Anlage Malmsheim stellten die Besitzer ab Juli alle Pflanzenschutzmaßnahmen ein, da im Durchschnitt nicht ein Apfel pro Baum heranreifte.

Die Spritzversuche wurden trotzdem durchgeführt: am 7.7.81 in Malmsheim und am 8.9. in Murr. Behandelt wurden jeweils 12 Bäume (Niederstämme) der Sorte Golden Delicious (Malmsheim) und James Grieve (Murr) mit 0,67 l/ha Granulose-Suspension (Herkunft Huber von 1980, kühl gelagert) mit 10<sup>11</sup> Kapseln/ml (chlorfreies Wasser). Als Zusatz diente 0,5% Magermilchpulver. Zum Vergleich wurde eine Parzelle mit Bromophos (Nexion stark 0,2%) behandelt (Apfelwickler- und Blutlausbekämpfung), sowie eine Parzelle unbehandelt belassen.

In Malmsheim wurden vor dem Versuch (unbehandelt) am 29.6.81 vier Klopfproben und am 7.7.81 je zwei Proben mit 26 Schlägen von verschiedenen Bäumen genommen. Nach Versuchsbeginn am 7.7. folgte je eine Klopfprobe aus den Granulose-, Bromophos- und unbehandelten Parzellen einen Tag nach der Behandlung (8.7.), drei Tage (10.7.) und sieben Tage (14.7.) später. Die gefundenen Werte sind in der Tabelle I und Abbildung 1 zusammengefaßt.

In beiden Anlagen wurden nach Versuchsbeginn pro Parzelle sechs Plastiktrichter mit Wasserabfluss und Filterpapiereinlage von je 0,5 m<sup>2</sup> Fangfläche an drei Bäumen ange-

bracht. Kontrollen erfolgten 1 Tag, 2 Tage und 3-4 Tage nach den Behandlungen.

In Malmsheim fiel während des Versuchszeitraums kein Regen, in Murr ging ca. 12 Stunden nach der Applikation ein starker Regen nieder (ca. 8 mm Niederschlag), der an den folgenden Tagen von leichten Regenfällen abgelöst wurde. Die Ergebnisse der Trichterversuche (ausgewählte Arthropoden) sind in Tabelle II und in Abbildung 2 dargestellt.

### 3.1.3 LpGV-Versuche 1982: Anlage Malmsheim

Die LpGV-Versuche 1982 wurden nochmals in der Apfelanlage Malmsheim (2,9 ha), Krs. Ludwigsburg durchgeführt (s. 3.1.1). Seit 4 Jahren wurde dort nun LpGV hintereinander appliziert. Die Auswertungen der Versuche erfolgten wie seither nach der Klopfmethode (33 Zweige je Versuchsparzelle am 9.7.82) und der modifizierten Trichter-Methode (5 Trichter je Parzelle vom 30.6. bis 1.7. und vom 1.7. bis 9.7.82). Die Parzellen wurden zur Zeit der ersten konventionellen Apfelwicklerbekämpfung in diesem Gebiet am 30.6.82 gespritzt.

Folgende Versuchsglieder wurden geprüft:

- 1= Wasser
- 2= LpGV (BBA Huber) 0,67 l/ha in 800 l Wasser ( $10^{11}$  G/ml + Milchpulver (MP) 0,5%
- 3= LpGV (Sandoz) 500 g/ha in 800 l Wasser ( $2,5 \times 10^{11}$  G/g) + MP 0,5%
- 4= LpGV (BBA Huber) ohne MP
- 5= LpGV (Sandoz) ohne MP
- 6= Milchpulver 0,5%
- 7= Dimilin 25 WP (60 g/ha 3x) Diflubenzuron)
- 8= Nexion stark 0,2% (Bromophos)

Die Ergebnisse der Versuche zeigen Tabelle III und die Abbildungen 2 und 3. Trotz starken Apfelwicklerfluges und -befalls in der Umgebung wurde in der Anlage Malmsheim auch in "unbehandelt" nur ein schwacher Apfelwicklerschaden bei der Ernte registriert, dafür aber ein ansteigender Befall durch Adoxophyes orana. Ob dieser mit dem jahrelangen Gebrauch von LpGV in der relativ isoliert liegenden Anlage in Zusammenhang gebracht werden kann, konnte noch nicht geklärt werden.

Die Ernteschäden, verursacht durch Arthropoden und Schorf, geben Tabelle V und Abbildung 4 wieder.

### 3.1.4 Diskussion der LpGV-Versuchsergebnisse

LpGV (Herkunft BBA Huber und Sandoz) mit Zusatz von 0,5% Magermilchpulver hat praktisch keinen Einfluß auf die Arthropodenfauna des Apfelbaumes. Ob die 1981 und 1982 teilweise in den LpGV-Parzellen in Malmsheim bei den Thysanopteren (Klopf- und Trichterproben) und bei Eriosoma (nur in den Trichtern) festgestellte schwache Dämpfung allein auf LpGV zurückgeführt werden kann, ist noch zu klären. Im Vergleich zu den Insektizidbehandlungen fällt dies aber kaum ins Gewicht.

In der Methodik von populationsdynamischen Untersuchungen hat sich die Trichtermethode in der abgeänderten Form mit Wasserabfluß im Auffanggefäß und die Einlage eines Papier-

filters bewährt. Die Nebenwirkungen eines Pflanzenbehandlungsmittels auf die Obstbaumfauna lassen sich damit wesentlich besser erfassen als mit der Klopfmethode, besonders bei unstabiler Wetterlage.

### 3.2 Versuche mit dem Wachstumsregler Ro 13-5223 zur Bekämpfung des Apfelschalenswicklers Adoxophyes orana

#### 3.2.1 Versuch 1982 in Murr

Ein erster Versuch mit dem neuen Insektizid Ro 13-5223 der Firma Maag in Dielsdorf (Schweiz) gegen A. orana wurde 1982 in der Versuchsanlage in Murr und in einer Apfelanlage in Erdmannhausen (beide Kreis Ludwigsburg) durchgeführt. Im Herbst wurden die durch Arthropden verursachten Ernteschäden (Sorte Golden Delicious) in folgenden Versuchspartellen ermittelt: In Murr:

1 = unbehandelt 2 = Ro 13-5223 (600 g/ha = 150 Aktivsubstanz (AS) (2 Behandlungen 18.5. und 4.6.) + Dimilin 0,07% (7.7.82)

3 = Dimilin 0,07% (1 Behandlung 10.7.) und 4 = Nexion-stark (Bromophos) 0,2% (10.7.82);

und in Erdmannhausen:

5 = Ro 13-5223 (1200 g/ha = 300 g AS) (14.5.) + Nexion stark 0,2% (12.7.) und 6 = Nexion stark 0,2% (12.7.).

Die Resultate der Versuche bei der Ernte, in Tabelle VIII und Abbildung 6 dargestellt, zeigen gute Erfolge bei der Bekämpfung von Adoxophyes orana. Untersuchungen über die Nebenwirkungen des Wachstumsreglers auf nützliche Arthropden, speziell auf die bei der natürlichen Begrenzung von A. orana wichtigen Hymenopteren, standen 1982 noch nicht im Versuchsprogramm, wurden aber 1983 aufgenommen.

#### 3.2.2. Versuch 1983 in Murr

1983 wurden mit denselben Methoden wie in den Vorjahren bei den LpGV - Untersuchungen die Nebenwirkungen des Versuchspräparates Ro 13-5223 in der Anlage Murr an je 3-5 Bäumen der Sorte James Grieve geprüft. Verglichen wurden die Partellen: Metasystox 0,1 %, Metasystox 0,05 %, Ro 13-5223 0,12 % und Wasser. Die Behandlungen erfolgen am 16.5.83. Je Baum waren 5 Trichter (Partelle = 15 Trichter) aufgehängt, die in 3 Fraktionen: nach 1 Tag (16./17.5.), nach 4 Tagen (17.-20.5.) und nach 14 Tagen (20.-30.5.) eingeholt wurden. Am 19.5. ging ein starker Regen nieder. Vom 21. bis 28.5. herrschte Dauerregen, so daß die Fraktion vom 30.5. nicht ausgewertet werden konnte. Dafür wurden an diesem Tag Klopfproben gezogen. Eine Erntebonitur auf Schäden an Äpfeln erfolgte nicht. Die Ergebnisse sind in den Tabellen VI und VII und der Abbildung 5 wiedergegeben.

#### 3.2.3 Diskussion der Wachstumsregler-Versuche

Die Trichter- und Klopfproben sowie Erntebonitierungen in den Versuchen mit dem Wachstumsregler Ro 13-5223 in den beiden Jahren 1982 und 1983 zeigen nahezu dasselbe Ergebnis. Das Mittel hat eine gute Wirkung gegen den Apfelschalenswickler A. orana, aber weder bei den Klopf- und Trichter-

fängen noch bei der Schadensermittlung bei der Ernte konnten besondere Nebenwirkungen bei Nutzarthropoden und Indifferenten der Apfelbaumfauna festgestellt werden. Selbst Hymenopteren wurden nicht geschädigt, obwohl das Mittel zur Bekämpfung der Feuerameise Solenopsis (Hym., Formicidae) empfohlen wird. In Ergänzung zu LpGV gegen den Apfelwickler ist Ro 13-5223 ein gutes selektives Mittel gegen den Apfelschalenschalenwickler A. orana, dessen Einsatz in IP-Apfelanlagen empfohlen werden kann.

#### 4. FAUNISTISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR PROGNOSE VON TORTRICIDEN IN APFELANLAGEN BADEN-WÜRTTEMBERGS

Bei der Verwendung selektiver Bekämpfungsmittel von Schädlingen besteht die Gefahr, daß andere vorher mit breitwirkenden Insektiziden ausgeschaltete Schädlinge nun den Platz der Selektionierten einnehmen. Im Obstbau könnte dies auch bei verschiedenen Tortriciden der Fall sein. Außer den bekannten L. pomonella und A. orana kommt hierfür Hedya nubiferana (Grüner Knospewickler), Spilonota ocellana (Roter Knospewickler) und vor allem Pandemis heparana (Rotbrauner Schalenschalenwickler) in Betracht.

Um dies zu ergründen wurden in 4 verschiedenen Regionen Baden-Württembergs mit Hilfe von auf dem Markt befindlichen spezifischen Pheromonen die Tortricidenfauna in Apfelanlagen untersucht. Auf Grund der Fänge männlicher Falter in den Pheromonfallen wurde ein Überblick über die Situation der letzten Jahre gewonnen. Dabei fiel auf, daß die Häufigkeit der verschiedenen Wickler von Anlage zu Anlage und von einem Gebiet zum anderen sehr variieren kann. Die Hauptschadenverursacher im Apfelanbau Südwestdeutschlands sind aber nach wie vor L. pomonelle und A. orana, obwohl sie zahlenmäßig nicht überall besonders hervortreten. In einzelnen Regionen wurden Schäden beobachtet, die von dem teilweise in großen Individuenzahlen gefangenen Wickler Pandemis heparana verursacht worden sein sollen. Eine Zusammenfassung der Fänge ist in Tabelle IX und Abbildung 7 gegeben.

#### 5. REFERENCES

1. STEINER, H. 1962: Methoden zur Untersuchung der Populationsdynamik in Obstanlagen - Entomophaga 7, 207-214
2. NEUFFER, G. 1983: The influence of Granulosis-Virus (LpGV) on the apple tree fauna in orchards where an integrated pest control programme is carried out.- C.E.C. Programme on integrated and biological control Progress Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 22-33.
3. NEUFFER, G. 1983: Die biologische Schädlingsbekämpfung zwischen Erwartung und Wirklichkeit in der Bundesrepublik Deutschland. - Gesunde Pflanzen 35, S. 19-24



	1980						1981						1982					
Malsheim	25.7. bis 7.8.80						8.7. bis 14.7.81						9.7.82					
Klopfproben/ beating samples	53 Äste je Probe/3 Proben/Parz. 53 branches/trial						26 Äste je Probe/3 Prob./Parz. 26 branches/trial						53 Äste je Probe/1 Probe/Parz. 53 branches/trial					
Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	unbeh. untreated		Granulose BBA+MP		Diazinon		unbeh. untreated		Granulose BBA+MP		Nexion		unbeh. untreated		Granulose BBA+MP		Dimilin	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
<b>Schädliche/noxious</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Psyllina	156		100		6		7		6		3		68		10		16	
Kleinsikaden (small Cicadina) (Erythroneura, Typhlocyba, Empoasca)	65		53		26		21		26		1		9		7		14	
Aphididae	12		4		6		5		6		7		4		0		2	
Eriosoma	19		27		21		1		2		11		3		4		0	
Summe /sum	252	50,9	184	37,2	59	11,9	34	35,4	40	41,7	22	22,9	84	61,3	21	15,3	32	23,4
<b>Nützliche/useful</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Anthocoridae	23		30		31		40		40		19		10		28		10	
Miridae	14		5		2		0		0		0		7		2		2	
Hymenoptera	170		80		37		18		25		24		9		6		0	
Summe/sum	207	52,8	115	29,3	70	17,9	58	34,9	65	39,2	43	25,9	26	35,1	36	48,7	12	16,2
<b>Indifferente/indifferent</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Moderkäfer ("Rottemess beetles") (Atomaria, Cryptophagus)	9		4		5		6		2		5		1		1		0	
Thysanoptera	496		656		247		171		88		106		42		14		0	
Diptera	275		254		167		44		25		49		16		7		18	
Aranea	30		17		0		14		6		4		6		4		2	
Summe/sum	810	37,5	931	43,1	419	19,4	235	45,2	121	23,3	164	31,5	65	58,6	26	23,4	20	18,0
<b>Total</b>	1269	41,6	1230	40,4	548	18,0	327	41,8	226	28,9	229	29,3	175	54,3	83	25,8	64	19,9

Tab.I: LpGV - Versuche in Malsheim 1980 bis 1982, Klopfprobenfänge, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

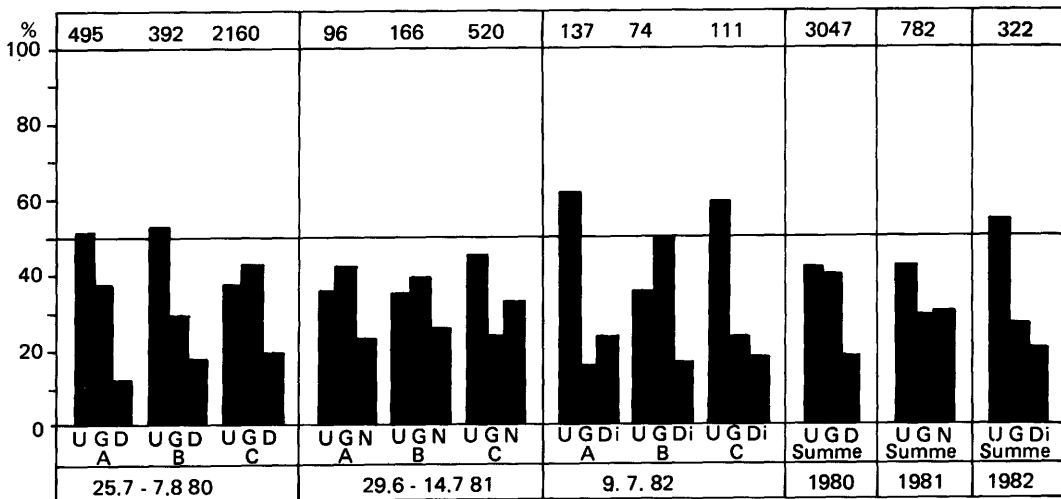


Abb.1: LpGV - Versuche in Malsheim 1980 bis 1982, Klopfprobenfänge, Anteile in %.  
 U = unbehandelt  
 G = Granulose (LpGV) + MP  
 D = Diazinon (Basudin 40)  
 Di = Diflubenzuron (Dimilin)  
 N = Bromophos (Nexion stark)  
 A = schädliche Arthropoden  
 B = nützliche Arthropoden  
 C = indifferente Arthropoden

Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	unbehandelt/untreated		Granulosis(LpGV)				Bromophos(Nexion)				Summe/sum					
	Malsheim		Murr		Malsheim		Murr		Malsheim		Murr		Malsheim		Murr	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
<b>Schädlinge/noxious arthropods</b>																
Psyllina	1		1		1		1		2		5					
Kleinsikaden/small Cicadina (Erythroneura, Typhlocyba, Empoasca)	5		9		32		6		76		150					
Aphididae	14				5				7							
Eriosoma	14		18		97		5		181		38					
Tortricidae	5		0		7		0		3		0					
Tetranychidae	4		34		0		6		6		57					
<b>Summe/sum</b>	<b>43</b>	<b>9,3</b>	<b>62</b>	<b>18,8</b>	<b>142</b>	<b>30,9</b>	<b>18</b>	<b>5,4</b>	<b>275</b>	<b>59,8</b>	<b>250</b>	<b>75,8</b>	<b>460</b>	<b>100</b>	<b>330</b>	<b>100</b>
<b>Nützlinge/useful arthropods</b>																
Staphylinidae	5		2		1		1		3		5					
Anthocoridae	6		9		8		2		99		153					
Miridae	1		1		3		2		14		11					
Hymenoptera	15		9		13		6		57		40					
<b>Summe/sum</b>	<b>27</b>	<b>12,0</b>	<b>21</b>	<b>8,7</b>	<b>25</b>	<b>11,1</b>	<b>11</b>	<b>4,6</b>	<b>173</b>	<b>76,9</b>	<b>209</b>	<b>86,7</b>	<b>225</b>	<b>100</b>	<b>241</b>	<b>100</b>
<b>Indifferente/indifferent arthropods</b>																
Moderkäfer ("Rottenness beetl.") (Atomaria, Corticaria, Cryptophagus)	0		1		3		0		5		20					
Thysanoptera	136		2		441		1		524		23					
Diptera	52		22		81		23		181		155					
Aranea	2		2		3		4		1		65					
Acari	3		129		0		74		2		230					
<b>Summe/sum</b>	<b>193</b>	<b>12,0</b>	<b>156</b>	<b>20,8</b>	<b>528</b>	<b>32,9</b>	<b>102</b>	<b>13,6</b>	<b>883</b>	<b>55,1</b>	<b>493</b>	<b>65,6</b>	<b>1604</b>	<b>100</b>	<b>751</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>263</b>	<b>11,5</b>	<b>239</b>	<b>18,1</b>	<b>695</b>	<b>30,4</b>	<b>131</b>	<b>9,9</b>	<b>1331</b>	<b>58,1</b>	<b>952</b>	<b>72,0</b>	<b>2289</b>	<b>100</b>	<b>1322</b>	<b>100</b>

Tab.II: LpGV - Versuche in Malsheim und Murr 1981, Trichterprobenfänge, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

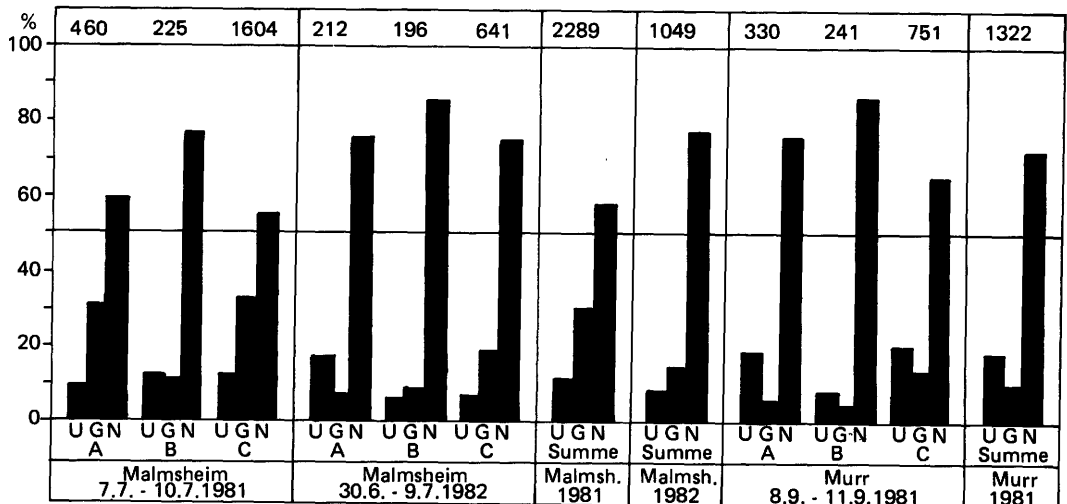


Abb.2: LpGV - Versuche in Malsheim 1981 und 1982 und in Murr 1981, Trichterprobenfänge, Anteile in %.  
 U = unbehandelt A = schädliche Arthropoden  
 G = Granulose (LpGV) B = nützliche Arthropoden  
 N = Bromophos (Nexion stark) C = indifferente Arthropoden

Trichter - Proben Malsheim funnel method 1982 Ausgewählte Arthropoda	Wasser		Gran.BBA +0,5 % MP		Gran.San. +0,5 % MP		Gran.BBA		Gran.San.		0,5 % MP		Dimilin		Nexion				
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	
<b>Schädliche/noxious</b>																			
<b>Arthropoda</b>																			
Psyllina	15		3		20		23		18		9		15		101				
Kleinzikaden/small Cicadina (Erythroneura, Typhlocyba, Empoasca)	12		6		1		7		1		1		1		45				
Aphididae	0		0		0		0		0		1		0		0				
Eriosoma	7		6		0		4		6		8		16		15				
Tetranychidae	2		0		0		0		0		2		2		0				
<b>Summe/sum</b>	<b>36</b>	<b>10,4</b>	<b>15</b>	<b>4,3</b>	<b>21</b>	<b>6,0</b>	<b>34</b>	<b>9,8</b>	<b>25</b>	<b>7,2</b>	<b>21</b>	<b>6,1</b>	<b>34</b>	<b>9,8</b>	<b>161</b>	<b>46,4</b>	<b>347</b>	<b>100</b>	
<b>Nützliche/useful</b>																			
<b>Arthropoda</b>																			
Anthocoridae	0		1		0		6		1		1		3		41				
Miridae	0		1		0		0		1		0		0		8				
Hymenoptera	2		3		0		1		1		4		2		18				
Cecidomyiidae	9		12		29		72		0		19		183		101				
<b>Summe/sum</b>	<b>11</b>	<b>2,1</b>	<b>17</b>	<b>3,3</b>	<b>29</b>	<b>5,6</b>	<b>79</b>	<b>15,2</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>	<b>24</b>	<b>4,6</b>	<b>188</b>	<b>36,2</b>	<b>168</b>	<b>32,4</b>	<b>519</b>	<b>100</b>	
<b>Indifferente/indifferent</b>																			
<b>Arthropoda</b>																			
Moderkäfer ("Rottenness beetles")(Atomaria, Crypto- phagus, Corticaria)	0		1		0		0		1		1		1		6				
Thysanoptera	5		4		10		56		7		6		15		299				
Diptera	7		14		10		10		2		19		9		67				
Aranea	0		1		0		5		1		1		1		8				
Acari	27		99		33		80		44		18		196		103				
<b>Summe/sum</b>	<b>39</b>	<b>3,4</b>	<b>119</b>	<b>10,2</b>	<b>53</b>	<b>4,5</b>	<b>151</b>	<b>12,9</b>	<b>55</b>	<b>4,7</b>	<b>45</b>	<b>3,9</b>	<b>222</b>	<b>19,0</b>	<b>483</b>	<b>41,4</b>	<b>1167</b>	<b>100</b>	
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>4,2</b>	<b>151</b>	<b>7,4</b>	<b>103</b>	<b>5,1</b>	<b>264</b>	<b>13,0</b>	<b>83</b>	<b>4,1</b>	<b>90</b>	<b>4,4</b>	<b>444</b>	<b>21,8</b>	<b>812</b>	<b>40,0</b>	<b>2033</b>	<b>100</b>	

Tab.III: LpGV - Versuch in Malsheim 1982, Trichterprobenfänge, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

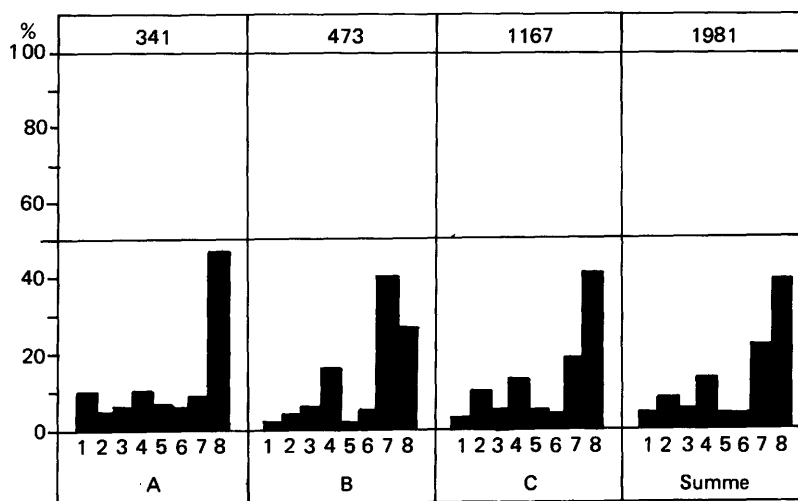


Abb.3: LpGV - Versuch in Malsheim 1982, Trichterprobenfänge  
30.06.-09.07.1982, Anteile in %.  
1 = Wasser, 2 = LpGV BBA + MP 3 = LpGV Sandoz + MP  
4 = LpGV BBA 5 = LpGV Sandoz 6 = 0,5 % MP  
7 = Diflubenzuron (Dimilin) 8 = Bromophos (Nexion stark)  
A = Schädlinge B = Nützlinge C = Indifferente

Apfelsorte/ Erntedatum	"Goldparmäne" 9.10.1980		"Golden Delicious" 23.10.1980		
	Anzahl untersuchter Äpfel		404	512	852
Behandlung	2x Granul. + MP	Basudin/ Granulose	2x Granul. + MP	Basudin/ Granulose	unbehandelt
	%	%	%	%	%
Noctuidae	11,3	6,9	3,6	4,1	3,4
Laspeyresia pomonella	0,9	0,2	2,0	0	1,2
Adoxophyes orana	2,3	2,2	4,1	1,2	2,3
Aphididae	1,8	0	0	0,2	4,4
Fruchtstecher (Rhynchites aequatus)	0,4	0	2,2	2,6	2,7
Total	16,7	9,3	11,9	8,1	14,0
Schorf (Venturia inaequalis)	15,4	19,8	19,0	16,9	6,0

Tab.IV: Durch Insekten verursachte Fruchtschäden an Äpfeln, LpGV - Versuche in Malsheim 1980

Apfelsorte/ Erntedatum	Goldparmäne 23.9.82		Golden Delicious 19. und 21.10.82								
	2979	2371	493	726	1092	912	798	983	271	1531	739
Behandlung	Gr.BBA	Dimilin	Unbeh.	Wasser	Gr.BBA mit MP	Gr.Sand. mit MP	Gr.BBA ohne MP	Gr.Sand. ohne MP	Milch- pulver	Dimilin	Nexion
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Noctuidae	3,4	4,3	1,8	4,5	3,0	3,9	1,1	0,6	2,2	1,6	1,5
Laspeyresia pomonella	0,5	1,3	2,0	3,2	0,8	1,2	1,1	0,4	1,1	0,06	0,1
Adoxophyes orana	2,1	5,1	3,0	3,2	3,7	5,6	2,9	3,4	1,5	2,9	1,8
Fruchtstecher (Rhynchites aequatus)	0,2	0,04	0,2	1,0	0,6	1,0	0,4	0,4	1,1	0,1	0,4
Total	6,2	10,74	7,0	11,9	8,1	11,7	5,5	4,8	5,9	4,66	3,8
Schorf (Venturia inaequalis)	10,9	2,2	6,1	18,0	7,2	13,9	9,9	9,4	6,3	10,8	8,7

Tab.V: Durch Insekten verursachte Fruchtschäden an Äpfeln, LpGV - Versuche Malsheim 1982

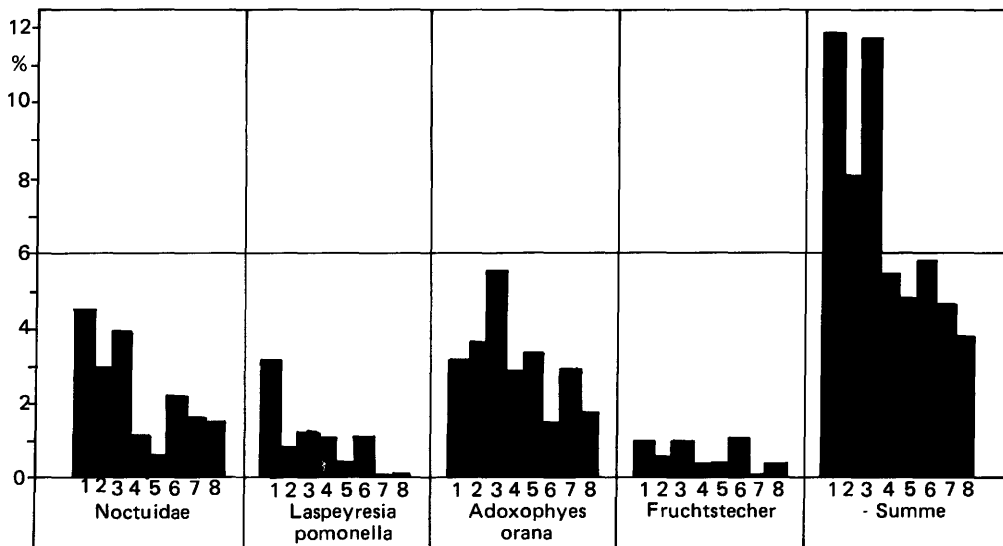


Abb.4: Ernteschäden an Äpfeln durch Insekten in %, LpGV - Versuch Malsheim 1982. (Weitere Erläuterungen siehe Abb.3)

Murr 1983 Klopfproben/ beating samples Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	je 1 Probe am 30.05.1983, Durchschnitt von jeweils 3 Bäumen, 33 Äste							
	Wasser		Ro 13-5223 0,12 %		Metasystox 0,1 %		Metasystox 0,05 %	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
<b>Schädliche/noxious</b>								
<b>Arthropoda</b>								
Psyllina	959		171		28		34	
Kleinzikaden (small Cicadina) (Erythro- neura, Typhlocyba, Empoasca)	24		29		3		7	
Aphididae	19		2		3		1	
Eriosoma	0		0		0		0	
Summe/ sum	1002	78,3	202	15,8	34	2,6	42	3,3
<b>Nützliche/useful</b>								
<b>Arthropoda</b>								
Anthocoridae	1		0		0		0	
Miridae	22		12		1		0	
Hymenoptera	3		10		3		6	
Summe/ sum	26	44,8	22	37,9	4	6,9	6	10,4
<b>Indifferente/in- different Arthropoda</b>								
Moderkäfer ("Rotten- ness beetles") (Ato- maria, Cryptophagus)	15		14		10		17	
Thysanoptera	5		2		0		0	
Diptera	26		29		26		21	
Aranea	14		11		5		12	
Summe/ sum	60	29,0	56	27,1	41	19,8	50	24,1
Total	1088	70,4	280	18,1	79	5,1	98	6,4

Tab.VI: Ro 13-5223 - Versuch in Murr 1983, Klopfprobenfänge, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

Trichter - Proben 1983 Murr Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	Wasser		Ro13-5223 0,12 %		Metasystox 0,1 %		Metasystox 0,05 %		Total abs. %
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	
<b>Schädliche Arthropoda</b>									
Psyllina	339		24		388		156		
Kleinzikaden (Erythro- neura, Typhlocyba, Empoasca)	9		18		175		172		
Aphididae	38		6		469		430		
Eriosoma	-		-		-		1		
Tortricidae	0		1		9		8		
Tetranychidae	39		41		493		626		
Summe	425	12,3	90	2,6	1534	44,6	1393	40,5	3442 100
<b>Nützliche Arthropoda</b>									
Staphylinidae	26		14		18		24		
Anthocoridae	7		7		40		40		
Miridae	47		18		221		451		
Chrysopidae (Larven)	4		2		43		24		
Syrphidae (Larven)	5		4		4		1		
Hymenoptera	5		6		44		28		
Summe	94	8,7	51	4,7	370	34,2	568	52,4	1083 100
<b>Indifferente Arthropoda</b>									
Moderkäfer (Atomaria, Corti- caria, Cryptophagus)	49		10		60		53		
Thysanoptera	42		27		228		255		
Diptera	216		113		288		262		
Aranea	12		8		47		41		
Acari	17		24		72		55		
Summe	336	17,9	182	9,7	695	37,0	666	35,4	1879 100
Total	855	13,4	323	5,0	2599	40,6	2627	41,0	6404 100

Tab.VII: Ro 13-5223 - Versuch in Murr 1983, Trichterprobenfänge, ausgewählte Arthropoden absolut und in %, Summen von 4 Versuchsgliedern à 3 Bäume (James Grieve) mit je 5 Trichtern (Summe= 15 Tr./Parz.). 16.05. bis 20.05.1983

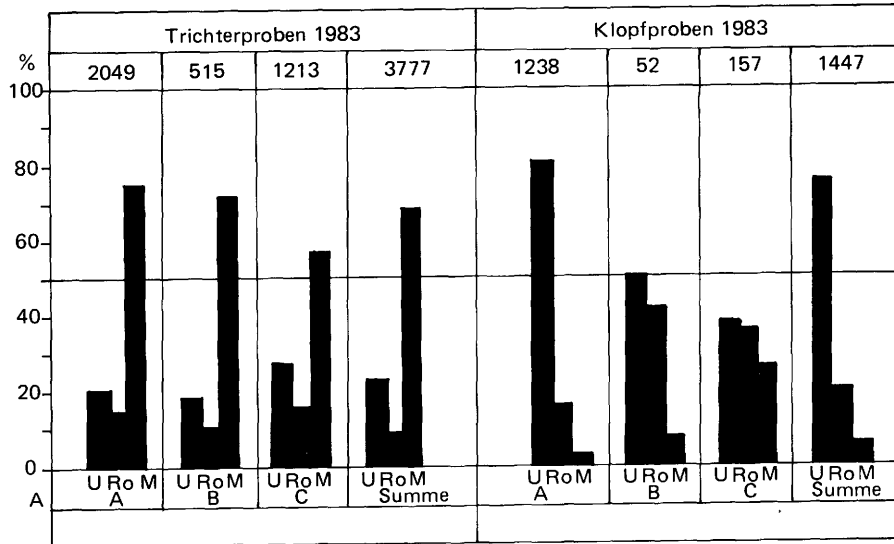


Abb.5: Ro 13-5223 - Versuch in Murr 1983, Trichter- und Klopfprobenfänge, Anteile in %  
 U = unbehandelt                      A = schädliche Arthropoden  
 Ro = Ro 13-5223                      B = nützliche Arthropoden  
 M = Metasystox 0,1%                C = indifferente Arthropoden

Versuchsort	Murr				Erdmannhausen	
	3.11.1982					
Erntedatum					25. u. 27.10.82	
Anzahl untersuchter Äpfel	1467	4653	4678	4731	1307	4295
Behandlung	unbeh.	Ro13-5223 + Dimilin	Dimilin	Nexion	Ro13-5223 + Nexion	Nexion
	%	%	%	%	%	%
Noctuidae	0,9	1,3	1,3	1,2	0	0,02
Haplocampa testudinea	0,7	0,7	1,3	0,9	0	0,02
Laspeyresia pomonella	0,9	0,1	0,5	0,9	0	0,1
Adoxophyes orana	6,9	0,7*	7,7	3,4**	5,7	8,7
Aphididae	4,2	2,2	7,6	1,8	0,2	0
Fruchtstecher (Rhynchites aequatus)	3,4	2,7	2,8	1,7	0,1	0,2
Summe tierisch. Schäden in %	17,0	7,7	21,2	9,9	6,0	9,04
Schorf (Venturia inaequalis)	5,7	21,3	20,6	30,2	3,4	18,3

Tab.VIII: Durch Insekten verursachte Fruchtschäden an Äpfeln (Golden Delicious), Ro 13-5223 - Versuche in Murr und Erdmannhausen 1982 (Fallobst eingeschlossen)

\* WG Abbott 89,8 %  
 \*\* WG " 50,7 %

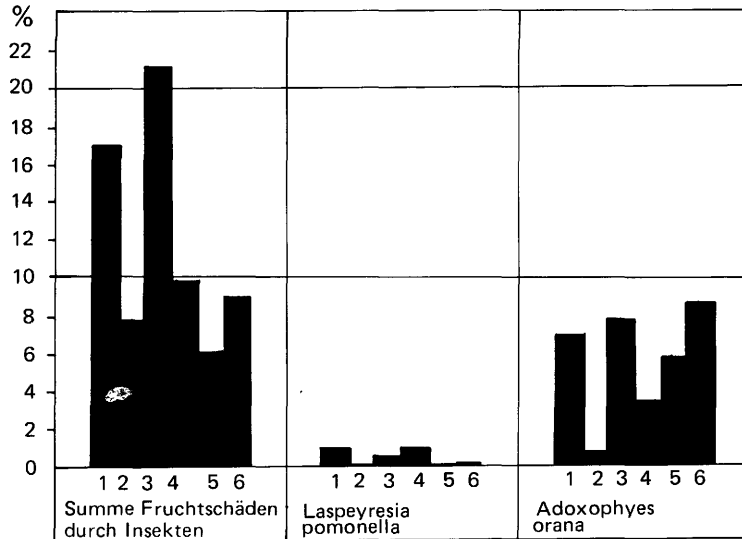


Abb. 6: Fruchtschäden durch Insekten an Äpfeln (Golden Delicious) in %, Ro 13-5223 - Versuche 1982 in Murr (1 - 4) und Erdmannshausen (5 + 6)

- 1 = unbehandelt (1467 geprüfte Früchte= gFr)
- 2 = Ro 13-5223 + Dimilin (4653 gFr)
- 3 = Dimilin (4678 gFr)
- 4 = Nexion stark (4731 gFr)
- 5 = Ro 13-5223 + Nexion (1307 gFr)
- 6 = Nexion (4295 gFr)

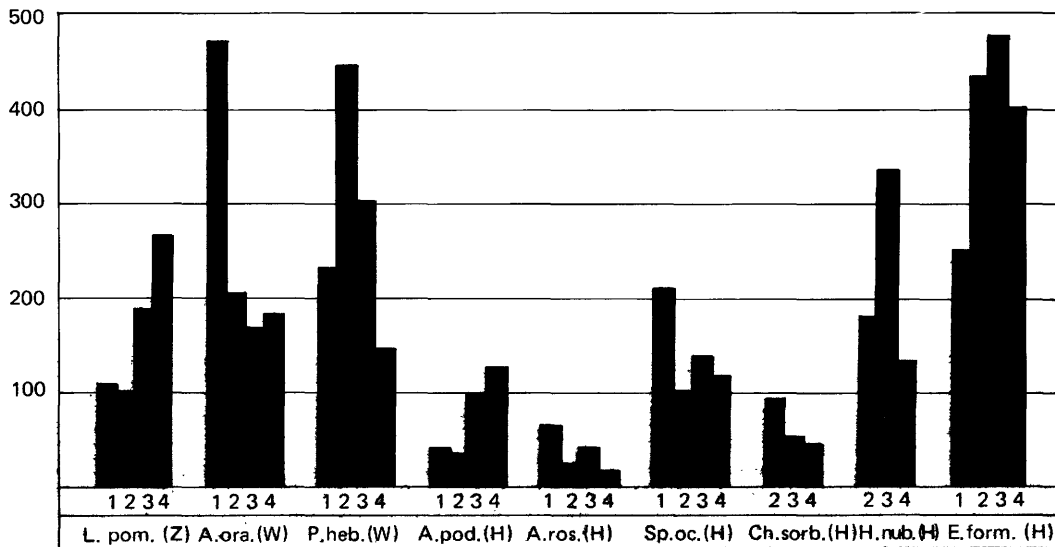


Abb. 7: Tortricidenfänge in Pheromonfallen in Murr 1980 bis 1983, Summen/Jahr  
 1 = 1980, 2 = 1981, 3 = 1982, 4 = 1983  
 Pheromonherkunft: Z = Zoecon, W = Wageningen, H = Hoechst

Region (Reg. präsi.)	L. pomonella	A. erana	P. heparana	A. podanus	A. rosanus	S. ocellana	Ch. sorbiana	H. rubiferana	E. formosana
Mittlerer Neckar (S)	181	294	281	74	36	142	63	217	391
Mittl. Oberrhein (KA)	130	83	161	105	77	63	24	176	233
Südl. Oberrhein (FR)	122	152	83	66	44	59	38	74	164
Bodensee (TÜ)	86	145	69	91	106	57	0	63	838
Summe Wickler-♂	519	674	594	336	263	321	125	530	1622

Tab. IX: Tortriciden in 4 Äpfelanlagen Baden-Württembergs (Durchschnittswerte 1980-83 in Pheromonfallen) S= Stuttgart, KA= Karlsruhe, FR= Freiburg, TÜ= Tübingen

## **Publications - Contract No. D-0721**

NEUFFER G. (1983) The influence of Granulosis-Virus (LpGV) on the apple tree fauna in orchards where an integrated pest control programme is carried out *in* C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 22-33



## Research on the Production and Application of the Granulosis Virus of Codling Moth, *Cydia pomonella*, in the United Kingdom (1979 - 1983)

C.C. Payne (1), M.G. Richards (1), N.E. Crook (1), D.M. Glen (2), J.E. Cranham (3)

(1) Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton (U.K.)

(2) Long Ashton Research Station, Bristol (U.K.)

(3) East Malling Research Station, Maidstone (U.K.)

### Summary

Laboratory and field studies were carried out to test a granulosis virus (CpGV) for the selective control of codling moth, *Cydia pomonella*, in apple orchards. A comparison of three CPGV isolates revealed small genetic differences but no significant variations in biological activity. Virus preparations can be stored in aqueous suspension for at least six months between  $-20^{\circ}$  and  $+20^{\circ}$ C without significant loss of activity, though dried preparations rapidly lose activity.

In field trials, applications of CpGV were significantly less effective at low volume (LV; 50 l/ha) than sprays applied at medium volume (MV; 600 l/ha). MV spray applications gave considerably better leaf coverage than the LV methods tested. In laboratory tests, doses of CpGV were significantly more effective if applied as 100 drops/cm<sup>2</sup> (LC50;  $3.70 \times 10^2$  capsules) than if concentrated in 10 drops/cm<sup>2</sup> (LC50;  $1.42 \times 10^3$  capsules). In a long-term field trial, high volume (HV) applications of CpGV ( $2 \times 10^{15}$  capsules/ha) gave good control of codling moth, comparable to that obtained with diflubenzuron. However, leafroller damage was unacceptably high when CpGV or diflubenzuron was used. Thus, for the satisfactory use of CpGV within an integrated pest management programme on apples, alternative selective methods of control will be needed for leafrollers.

### RECHERCHES SUR LA PRODUCTION ET L'APPLICATION DU VIRUS DE LA GRANULOSE DU CARPOCAPSE, CYDIA POMONELLA, AU ROYAUME-UNI (1979-1983)

#### Résumé

Les essais en laboratoire et en vergers de pommiers ont été réalisés afin de mettre au point le virus de la granulose (CpGV) dans la lutte sélective du Carpocapse, *Cydia pomonella*. Une comparaison de trois souches de CpGV a montré des petites différences génétiques mais aucune différence en ce qui concerne l'activité biologique. Des préparations de CpGV peuvent être entretenues en suspension aqueuse pendant moins de six mois sans perdre l'activité, mais des préparations séchées perdent leur activité rapidement.

En verger, les applications de CpGV à bas-volume (LV; 50 l/ha) étaient significativement moins efficaces que celles appliquée à moyen-volume (MV; 600 l/ha). Les feuilles de pommiers étaient beaucoup mieux couvertes avec les applications à MV à la différence de celles à LV. En laboratoire, les doses de CpGV

étaient plus efficaces lorsqu'elles s'appliquaient à 100 gouttelettes/cm<sup>2</sup> (LC50; 3.70 x 10<sup>2</sup> capsules) qu'au taux de 10/cm<sup>2</sup> (LC50; 1.42 x 10<sup>3</sup> capsules). En essai de long-terme, CpGV appliqué à 1000 l/ha (2 x 10<sup>13</sup> capsules/ha, a donné un bon contrôle du Carpocapse, étant comparable aux résultats obtenus avec diflubenzuron. Pourtant, le dégât par les tordeuses était trop sérieux en utilisant CpGV ou diflubenzuron. Enfin, l'utilisation efficace de CpGV en lutte intégrée des ravageurs des pommes exige le développement d'autres méthodes de contrôle pour les tordeuses.

## 1. INTRODUCTION

The research programme on the granulosis virus (GV) of the codling moth (Cydia pomonella) was established to test the feasibility of using the virus as a selective control agent for codling moth in the United Kingdom. The programme has concentrated on three main topics:

- a) The production and standardisation of C. pomonella GV (CpGV).
- b) Tests of virus efficacy against codling moth, including studies of optimum spray concentrations, methods of application and virus persistence.
- c) Effects of long term use of the virus on codling moth, other orchard pests and beneficial arthropods.

A description of work completed during 1979-1981 has been published in an earlier report (1). The present paper describes work carried out in the final two years of the programme and summarises the main conclusions which can be drawn from the research.

## 2. STANDARDIZATION OF CODLING MOTH GV (C.C. PAYNE and N.E. CROOK)

### 2.1 Virus identification

Previous studies of CpGV isolates used in the collaborative CEC research programme had shown that the viruses used in all European field trials appeared identical when the viral DNA was analysed by restriction endonucleases (1). During this study, a CpGV isolate obtained from Dr F. Hunter (University of Reading) was identified as a probable mixture of two virus strains. To confirm this, an attempt was made to clone viruses from this isolate, using the infinite dilution technique, and feeding to individual neonate codling moth larvae. This work was partially successful in deriving virus 'clones' from the mixture with the characteristic DNA profile of the standard CpGV (Fig. 1b) and one 'clone' in which the sub-molar DNA fragments, first-identified as the minor component of the mixture, were enhanced (Fig. 1a). The most likely explanation for these results is that the difference between the two virus strains which comprise the original Reading isolate appears to be a minor modification in one region of the viral DNA. It has not been possible to determine whether this modification significantly reduces the biological activity of the virus as a completely pure sample of the mutant isolate was not obtained.

A recent publication by Harvey & Volkman (2) suggested that another CpGV isolate, from Russia could be distinguished from the standard CpGV by restriction enzyme analysis of viral DNA and was up to 100 times less

infective than the standard CpGV strain. A sample of this isolate was obtained and compared with our standard CpGV. Although the differences between viral DNAs reported in the earlier study (2) were confirmed by our work, (Fig. 1c), no significant differences in infectivity between the Russian and standard CpGVs were found (Table I). It seems likely that the different CpGV strains isolated so far are very closely-related and that the minor differences between them have not greatly affected their biological activity.

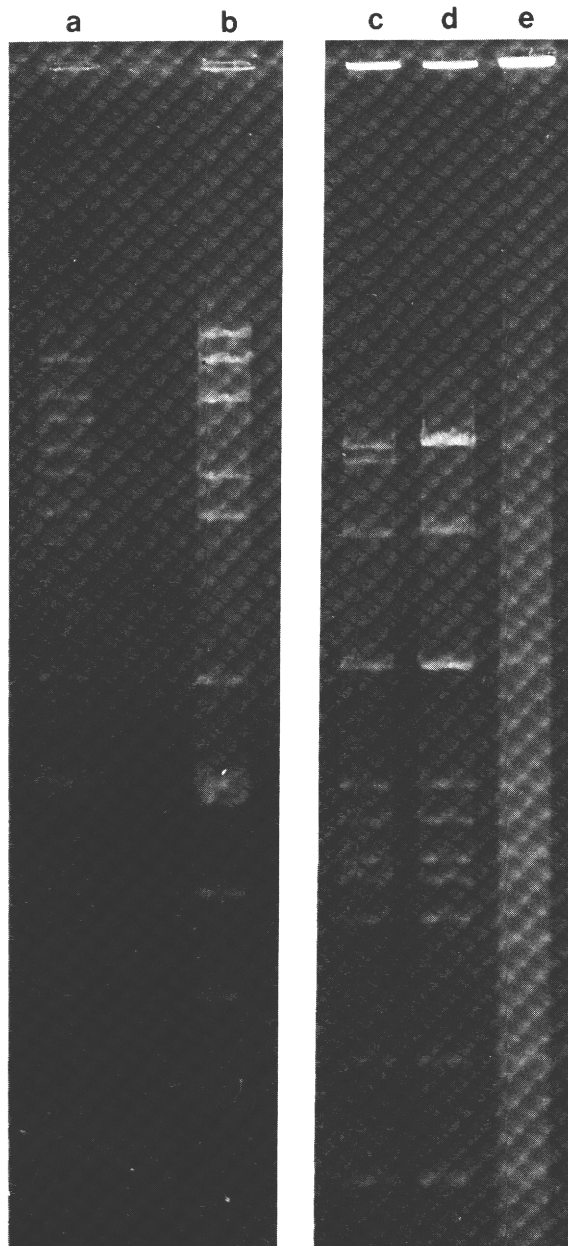


FIGURE 1. Electrophoretic analyses of the DNA fragments of different CpGV samples after treatment with the restriction endonucleases EcoRI (samples a and b) and BamHI (samples c, d and e). a and e: virus 'clone' isolated from the Reading CpGV strain; b and d: standard CpGV; c: Russian CpGV isolate.

TABLE I. Comparison of the infectivity of Standard and Russian isolates of CpGV

Replicate assay	LC50 (capsules/ml diet)		Potency ratio (Russian : Standard)
	Standard isolate	Russian isolate	
a	$2.6 \times 10^3$	$2.9 \times 10^3$	0.90
b	$2.6 \times 10^3$	$3.3 \times 10^3$	0.79

## 2.2 Measurement of virus infectivity and the effects of storage

The bioassay technique used to measure CpGV infectivity has been described previously (1). Using this method it was possible to demonstrate that the median lethal concentrations (LC50s) of a standard virus preparation stored in liquid suspension at  $-20^{\circ}\text{C}$  did not change significantly over a period of at least one year (Fig. 2). This suggests that the virus potency had not declined over that period and that the test insect stock had not changed in its susceptibility to infection. However, the range of LC50s illustrated in Fig. 2 indicate that there is considerable day-to-day variation with almost a seven-fold variation between the extreme LC50 values measured at different times. Such variation is of the same order as observed with other insect viruses (3) and indicates the importance of establishing a standard virus inoculum of known activity against which other virus batches can be compared.

Many of the field trials with CpGV carried out during 1981-1983 used preparations of virus supplied by Sandoz Inc., designated SAN 406I. In 1981, the formulation was a wettable powder, while in 1982 the virus was supplied in suspension as a flowable concentrate. In our previous report (1), it was demonstrated by bioassay that the 1981 sample of SAN 406I had a much lower biological activity than specified by the manufacturer. In contrast, the 1982 product was as active as the standard virus and did not appear to lose activity when stored for one year at  $4^{\circ}\text{C}$  (Table II).

As it was possible that the infectivity of the two different SAN 406I batches was influenced both by formulation and conditions of storage, an experiment was set up to examine the most appropriate storage conditions for CpGV. Samples of freshly-purified CpGV capsules were stored in aqueous suspension at  $-20^{\circ}$ ,  $+4^{\circ}$  and  $+20^{\circ}\text{C}$  at a concentration of  $10^{10}$  capsules/ml. Other samples (containing  $10^9$  capsules) were lyophilized and stored under vacuum at the same temperatures. The activity of the virus samples was measured by bioassay at the start of the experiment and at intervals up to 150 days afterwards. During this period, there was no significant loss of virus infectivity in samples stored in liquid suspension (Fig. 3). The apparent variation in biological activity between samples can be attributed to the inherent variation in the bioassay method (see Fig. 2). In contrast, in the freeze-dried CpGV samples, virus infectivity was rapidly lost with more than 95% loss of activity even when stored at  $-20^{\circ}\text{C}$ , and 99.9% loss when stored at room temperature ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Such rapid inactivation of dried CpGV samples could explain the loss of infectivity of the 1981 SAN 406I preparation. Storage in aqueous suspension appears to provide the most effective way of retaining CpGV infectivity.

TABLE II. Comparison of the infectivities of standard CpGV and SAN 406I: 1982 and 1983

Year tested	Mean LC50 (capsules/ml diet)		Mean potency ratio (SAN 406I:Standard)
	Standard CpGV	SAN 406I	
1982	$3.4 \times 10^3$	$3.9 \times 10^3$	0.87
1983	$3.3 \times 10^3$	$3.3 \times 10^3$	1.00

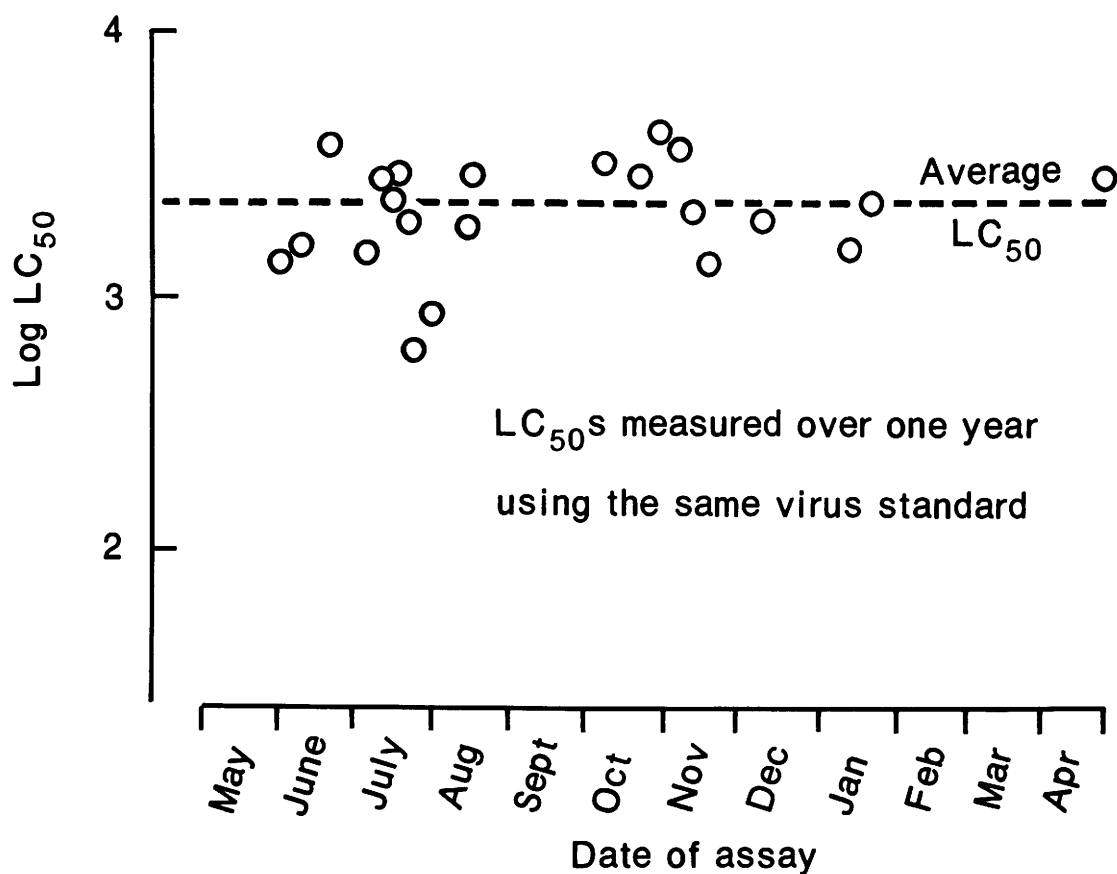


FIGURE 2. Median lethal concentrations (LC50s) of a standard preparation of CpGV stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  and bioassayed at different times between May 1981 and April 1982. Bioassays were carried out as previously described (1) and LC50s are expressed as  $\log_{10}$  (capsules/ml diet).

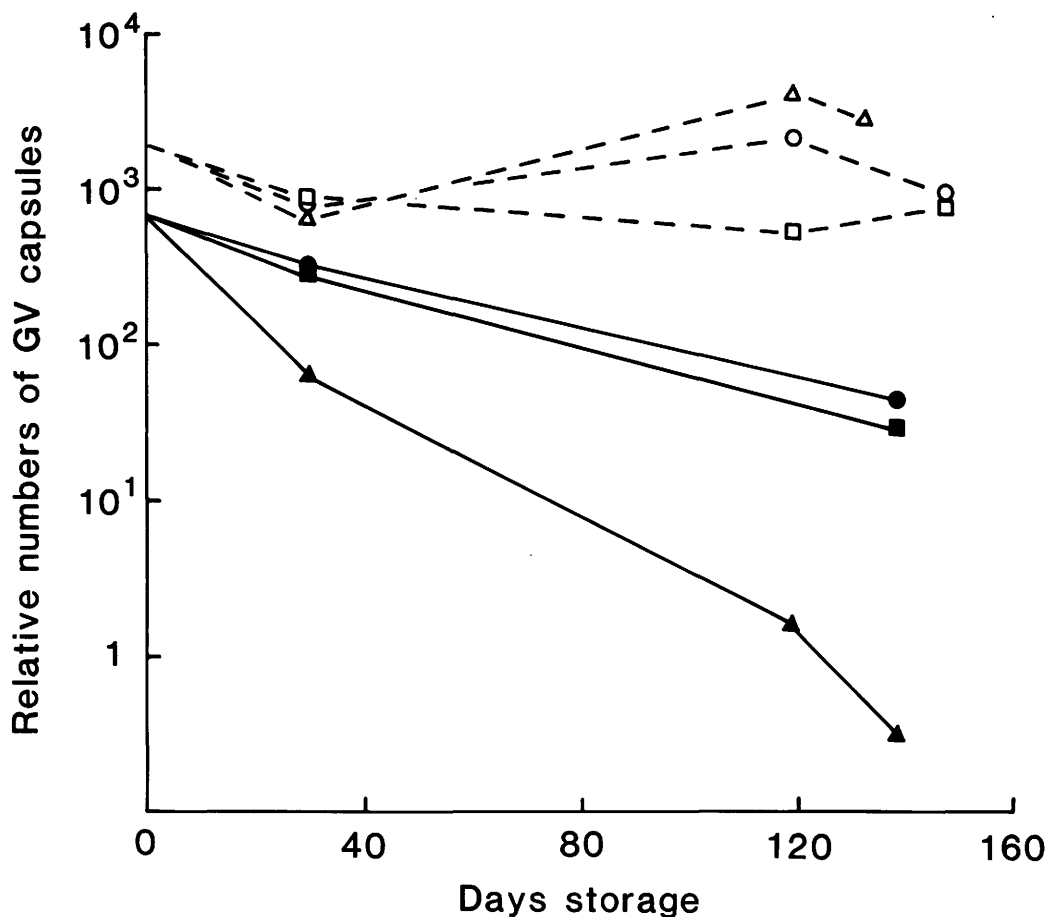


FIGURE 3. The effects of storage of purified CpGV capsules in aqueous suspension (O, □, Δ) or as freeze-dried samples (●, ■, ▲) at  $-20^{\circ}\text{C}$  (O and ●),  $+4^{\circ}$  (□ and ■) and  $+20^{\circ}$  (Δ and ▲).

### 3. FIELD EFFICACY OF CODLING MOTH GV (M.G. RICHARDS, J.E. CRANHAM and C.C. PAYNE)

#### 3.1 Spray methods and formulation

The trials reported here were designed to compare the efficacy of CpGV applied by conventional or low volume (LV) techniques. It was considered that future uses of LV application methods could reduce the effective dose of CpGV and minimise the costs of spray adjuvants (e.g. ultra-violet (UV)-protectants) which might be required in commercial virus formulations.

Field trials were carried out in replicated blocks of trees, randomised in a mature apple orchard (200 trees/ha; trees up to 5 m high). Laboratory-reared adult codling moths were released in the orchard to coincide with, and boost the natural population. Sprays were timed on the basis of pheromone trap catches and heat sums; the first spray to coincide with egg hatch. Second sprays were applied 2-3 weeks later and a third spray if a second generation of codling moth developed, as in 1982. Pheromone traps were also used to monitor the presence of the tortricids Adoxophyes orana, Archips podana and Pandemis heparana. CpGV was applied at equivalent doses, to trees at medium volume (MV) (600 l/ha) by tractor-drawn mist-blower (Commandair) and by several LV methods. Virus was normally

formulated in water with 0.02% Agral 90 and 0.2% skimmed milk, using 10% mineral oil as an anti-evaporant for LV only.

Windfall fruit were assessed for deep entry codling damage and samples of picked fruit for tortricid and codling damage using a previous classification of codling damage (1). Analyses of variance were carried out on percentages of damaged fruit with deep entries and total damage, using an arc-sin transformation.

Virus deposition and persistence was measured by bioassay of leaf washings (1) taken from leaves sampled from sprayed trees at head-height.

### 3.2 Comparison of application methods

In 1981, virus was applied at  $6 \times 10^9$  and  $6 \times 10^{10}$  capsules/tree at MV, and at LV (using a hand-held spinning-disc sprayer, the Turbair Tot). The MV application at  $1.2 \times 10^{13}$  capsules/ha ( $6 \times 10^{10}$  capsules/tree) gave good control of deep entry damage (88%) (Table III). Control was significantly inferior at LV (64%) despite similar virus deposition and half-lives for both methods. The inferior control at LV could have been due to poor leaf coverage by the spray deposits, and an air-flow inadequate to ensure canopy penetration.

TABLE III. Control of codling moth damage on apples using CpGV applied at medium and low volume

Treatment (capsules/tree)	1981			1982		
	% damage		%	% damage		%
	Deep entry	Total	reduction of deep damage	Deep entry	Total	reduction of deep damage
Unsprayed	10.05 <sup>a*</sup>	12.10	-	11.58 <sup>a</sup>	14.15	-
$6 \times 10^9$ - LV	6.16 <sup>b</sup>	7.70	39	5.24 <sup>b</sup>	7.02	55
$6 \times 10^9$ - MV	3.40 <sup>c</sup>	4.63	66	3.50 <sup>c</sup>	5.10	70
$6 \times 10^{10}$ - LV	3.58 <sup>c</sup>	4.97	64	3.00 <sup>c</sup>	4.85	74
$6 \times 10^{10}$ - MV	1.23 <sup>d</sup>	2.33	88	1.27 <sup>d</sup>	3.22	89

\* Mean percentage levels on all sampled fruit. Damage levels followed by the same letter do not differ significantly from each other ( $P = 0.05$ ).

To equate the air-flow in 1982 trials, the Commandair mist-blower was used to apply the same virus doses at MV (using conventional hydraulic nozzles) and at LV (using TX-3 nozzles). Control was again good at MV (89%) but inferior at LV with only 74% reduction of deep entry damage (Table III). Codling damage was distributed evenly throughout unsprayed trees but at both LV and MV significantly greater damage ( $P = < 0.01$ ) occurred on the upper half of trees. This shows that the air-blast from the Commandair was insufficient for spray to reach the tops of 5 m trees. In both trials, damage due to tortricids was less than 1% although the economic threshold for A. orana was exceeded in both years.

### 3.3 Effects of spray deposition on CpGV efficacy

In an attempt to explain the different levels of control obtained by MV and LV methods, the influence of spray coverage on larval mortality was assessed in 1983. Rows of trees were sprayed at MV (VMD 236  $\mu\text{m}$ ) and at LV by two methods, using 2 virus doses for each spray application method. Virus was applied at LV using the Commandair with TX-3 nozzles (VMD 154  $\mu\text{m}$ ) or Tifone Vanguard mist-blower with Micron X-1 spinning discs (VMD 119  $\mu\text{m}$ ) mounted in the air stream. A water-soluble fluorescent tracer, Uvitex 2B/120, was included in the formulation. Batches of leaves were sampled from sprayed trees at head-height and some bioassayed with neonate larvae caged on upper or under leaf surfaces. Spray deposits were examined under UV-light and the leaf coverage categorised on an arbitrary scale of 1 to 5. Deposits were washed from sprayed leaves and tested for the presence of virus by bioassay and for Uvitex by fluorescence spectrophotometry.

In agreement with the earlier field trial results, applications at MV gave significantly greater ( $P = < 0.01$ ) mortalities of caged larvae than both LV methods (Table IV). Greater mortality ( $P = < 0.01$ ) occurred in larvae caged on upper- than under-leaf surfaces. Spray deposition was far better with MV than with either LV methods (Fig. 4). However, Uvitex measurements did not prove to be a good measure of virus presence and differed greatly from bioassay estimates, particularly with LV applications where ratios of Uvitex:infective virus deposits were much greater than expected. This may be due to inactivation of virus by the LV formulation or, alternatively, the physical loss of virus capsules from small droplets, as reported by workers investigating the LV application of spores and toxic crystals of Bacillus thuringiensis (4).

TABLE IV. Percentage mortalities of codling moth larvae caged on apple leaves sprayed with CpGV by three application methods: 1983

Application method	Volume/ha (litres)	Virus dose (capsules/tree)	% larval mortality*	
			Upper-leaf surface	Under-leaf surface
Commandair + D5-45 nozzles	600	$6 \times 10^8$	82.0	59.3
		$6 \times 10^9$	92.3	87.3
Commandair + TX-3 nozzles	50	$6 \times 10^8$	19.0	15.5
		$6 \times 10^9$	49.1	43.1
Tifone Vanguard + Micron X-1 spinning discs	50	$6 \times 10^8$	11.9	6.8
		$6 \times 10^9$	64.2	43.2

\* Mean of three determinations



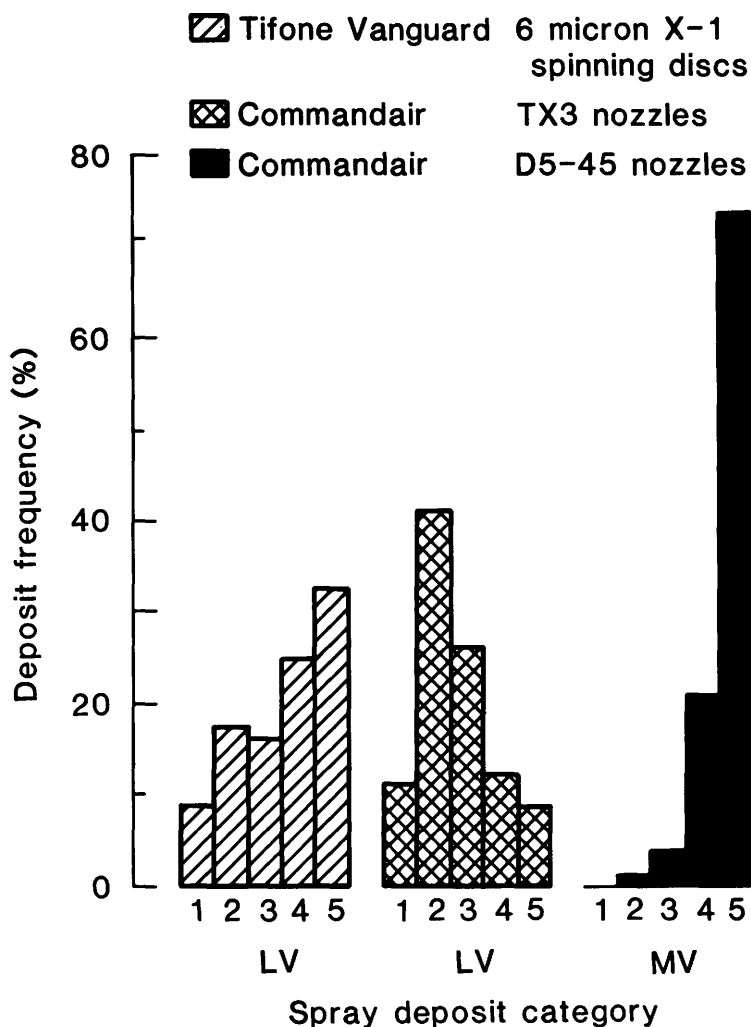


FIGURE 4. Assessment of apple leaf coverage by spray deposits containing Uvitex applied using Commandair mist-blower with D5-45 nozzles (600 l/ha), Commandair with TX-3 nozzles (50 l/ha) and Tifone Vanguard with Micron X-1 spinning discs (50 l/ha). Deposits of Uvitex on the upper- and under-leaf surfaces of samples of 40 leaves/treatment were examined under UV light. Spray coverage was categorised on an increasing scale of 1-5 where '1' represented approximately 1% of the leaf area covered and '5' represented approximately 20% of the leaf area covered. Only medium volume applications using D5-45 nozzles gave consistently good coverage with more than 75% of leaves having spray deposits in category 5.

The importance of good spray coverage was demonstrated in laboratory experiments where virus was applied to leaves at equivalent doses, as an 'even' deposit (by dipping leaves in a virus suspension), at 100 droplets or 10 droplets/(VMD 140  $\mu$ m) $cm^2$  leaf surface. Probit lines were combined for three replicate bioassays for each treatment. LC50s and slopes for dipped leaves, and leaves sprayed with 100 or 10 drops/ $cm^2$  were  $3.60 \times 10^2$  (1.54),  $3.70 \times 10^2$  (1.19) and  $1.42 \times 10^3$  (0.65) capsules/ $cm^2$ . The LD50 for leaves sprayed with 10 drops/ $cm^2$  differed significantly ( $P = <0.05$ ) from the

other two treatments, illustrating that concentrated virus deposits of 10 drops/cm<sup>2</sup> are less effective sources of infection for codling moth larvae than more evenly-distributed, more dilute virus foci.

### 3.4 Effects of formulation on CpGV efficacy

Ultra-violet light from sunlight is an important factor which limits the persistence of insect viruses (5). Certain "UV-protectants" were field-tested in 1982 to see if these improved codling moth control and increased virus persistence. Virus was sprayed at 10<sup>10</sup> capsules/tree (2 x 10<sup>12</sup> capsules/ha; 50 l/ha) in a water-based formulation of 0.02% Agral 90 and 10% mineral oil. The adjuvants tested, 0.5% Shade<sup>(R)</sup> and 0.25% sulisobenzone did not significantly increase control compared to virus alone (Table V), though both adjuvants gave a slight increase in virus persistence (Fig. 5). In the laboratory, candidate UV-protectants were tested under an ultra-violet light source emitting at a peak wavelength of 320 nm. All adjuvants tested gave considerable protection to virus deposits (Fig. 6), in contrast to the results obtained in field trials.

TABLE V. Effect of CpGV formulation on control of codling moth damage: 1982

	% damage		% reduction of deep damage
	Deep entry	Total	
Unsprayed	7.02 <sup>a2</sup>	7.75	-
Virus formulations <sup>1</sup> : 0.5% Shade	2.94 <sup>b</sup>	3.66	58
0.25% sulisobenzone	2.41 <sup>b</sup>	3.05	66
No adjuvant	3.15 <sup>b</sup>	4.11	55

1. All virus sprays were applied at 50 l/ha by Turbair Tot spinning disc sprayer, formulated with 0.02% Agral 90 and 10% mineral oil.
2. Damage levels followed by the same letter do not differ significantly from each other (P = 0.05).

### 4. EFFECTS OF LONG-TERM USAGE OF CODLING MOTH GV (D.M. GLEN)

The establishment of a long-term trial to assess the effects of CpGV on codling moth and other orchard arthropods has been described in an earlier report (1). Two adjacent 0.5 ha plots received no sprays against moth pests in 1980. During 1981-1983, spray applications of CpGV (2 x 10<sup>13</sup> capsules/ha in 1% skimmed milk) or diflubenzuron (150 g a.i./ha), both applied to the different plots by mist-blower in 1000 litres water/ha, were timed by reference to pheromone trap catch and heat sum (6). Data on codling moth and leafroller damage for 1980-1982 are shown in Table VI. While CpGV gave good control of codling moth, comparable to that of diflubenzuron, leafroller damage was unacceptably high in all years when either CpGV or diflubenzuron were used. As anticipated, CpGV had no consistently significant effects on numbers of fruit tree red spider mite, Panonychus ulmi or its predators (7). Diflubenzuron, unlike CpGV, killed the earwig (Forficula auricularia) and this probably explained a major increase in the numbers of woolly aphids (Eriosoma lanigerum) on the diflubenzuron-treated plot, until 50% of trees were infested in 1982.

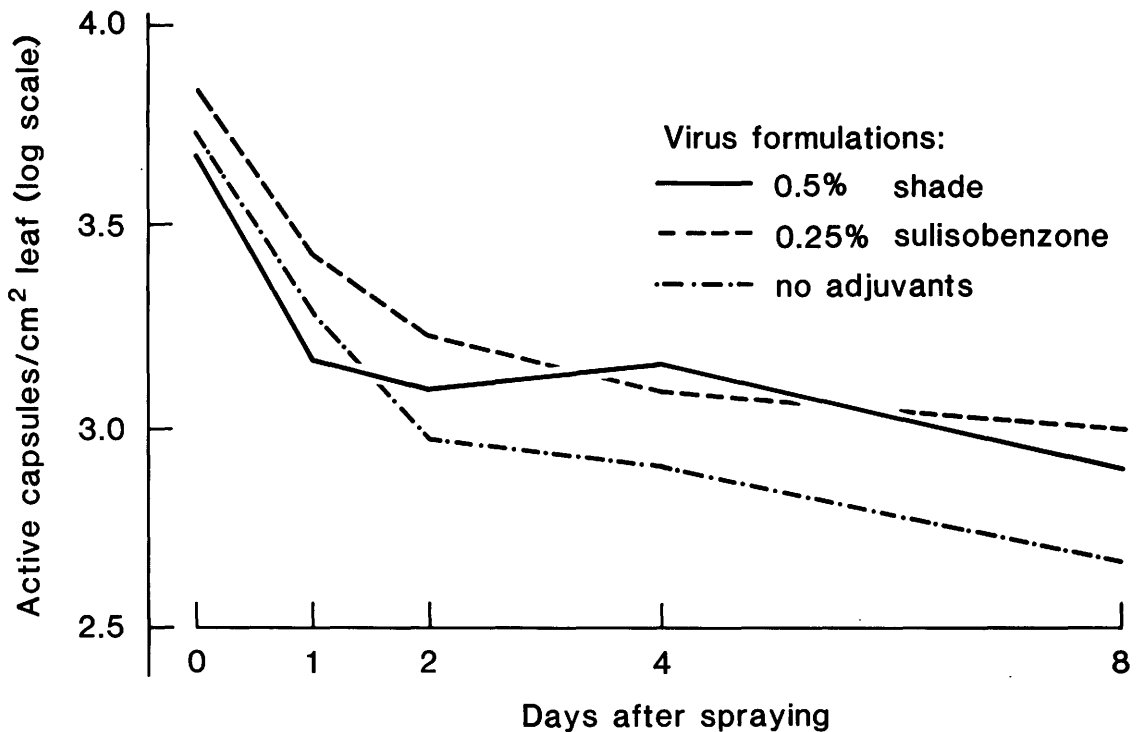


FIGURE 5. The effect of virus formulation on the field persistence of CpGV deposits on apple leaves. Trees were sprayed with virus at  $10^{10}$  capsules/tree (50 l/ha). Virus deposits were washed from leaves and bioassayed as previously described (1).

TABLE VI. Effects of the long-term use of CpGV compared with diflubenzuron, on codling moth and leafroller damage of apples

Fruit damage	Treatment	Year		
		1980*	1981	1982
Numbers of fruit/tree damaged by codling moth	diflubenzuron	11.6	0.8	0.6
	CpGV	12.1	1.2	0.6
	Unsprayed	12.5	9.1	10.9
Percentage of fruit damaged by leafrollers	diflubenzuron	2.2	3.4	3.2
	CpGV	2.0	12.7	6.3
	Unsprayed	1.3	4.9	4.1

\* No chemical or virus sprays were applied during 1980 to control codling moth or leafrollers.

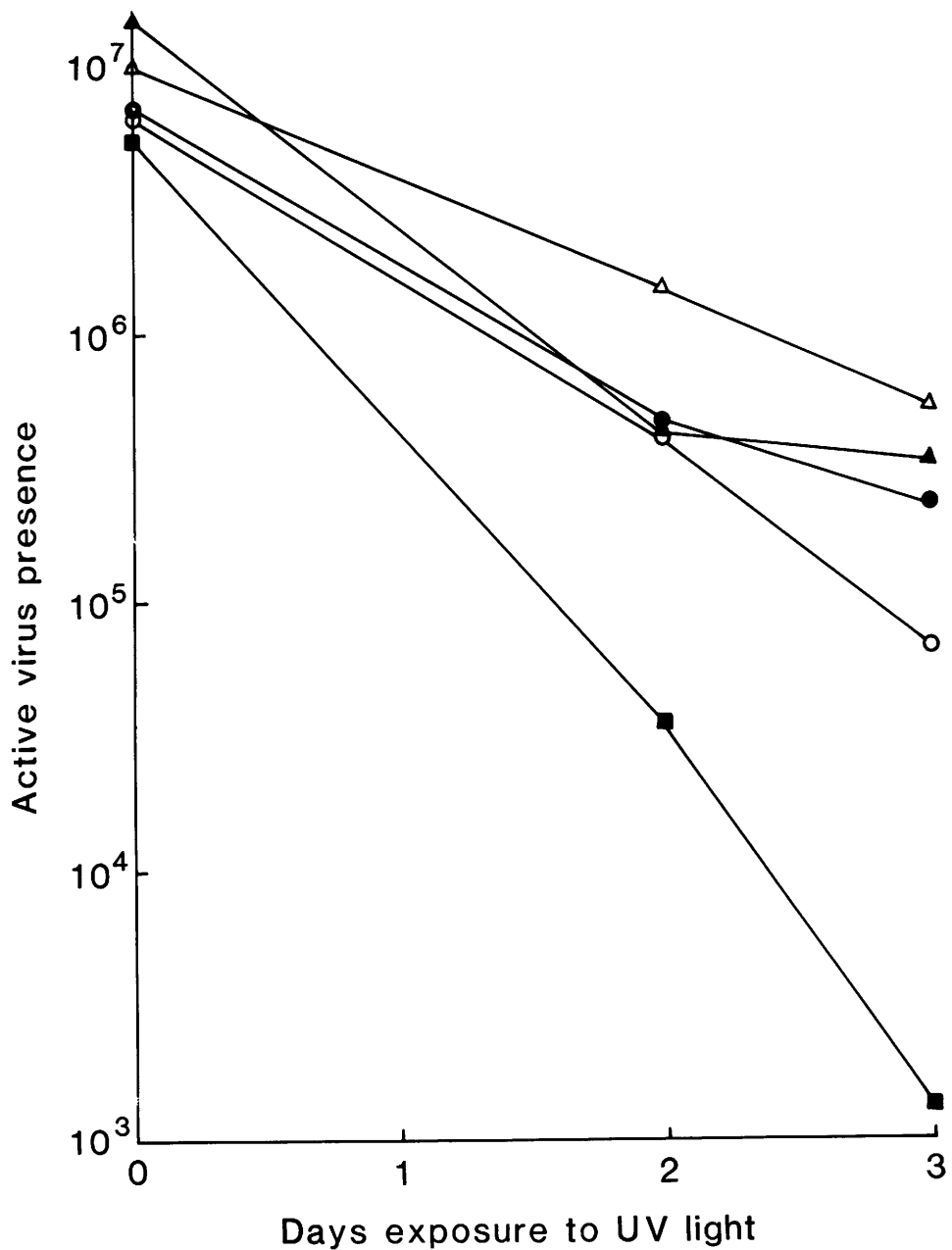


FIGURE 6. The effect of virus formulation on the relative inactivation of CpGV capsules exposed in the laboratory to an ultra-violet light source emitting at a peak wavelength of 320 nm. Virus formulations were exposed as 10  $\mu$ l drops on glass. Virus deposits were removed by washing and bioassayed as previously described (1). Virus was formulated at the same concentration in:  $\Delta$ , 0.25% Shade;  $\blacktriangle$ , 1% Shade;  $\circ$ , 0.25% skimmed milk;  $\bullet$ , 1% skimmed milk;  $\blacksquare$  no adjuvants.

## 5. CONCLUSIONS

The following conclusions and recommendations are drawn from the research described here and from the earlier published report (1).

### 5.1 Virus production and identification

At present, CpGV can only be produced in larvae of C. pomonella as more susceptible or convenient hosts have not been found, nor have cell culture systems yet been developed for GV production. Although C. pomonella can be mass-reared on artificial diets (1), insect rearing facilities should be some distance from centres of virus work, to exclude contamination and the rapid spread of virus through the insect stocks. Yields of purified CpGV are normally  $10^{10}$  capsules per larva which can be increased to  $1.7 \times 10^{10}$  capsules (one 'larval equivalent') if larvae are reared on diet containing methoprene (an insect growth regulator).

CpGV used in UK field trials was purified before use with the exception of SAN 406I. Although virus purification to this level would probably prove too expensive for commercial production of CpGV, it would be necessary to control microsporidian and bacterial contamination of the product. A rapid (six-day) bioassay method was developed to measure virus infectivity. Although effective, this method showed considerable day-to-day variation in measurement of LC<sub>50</sub>, making it essential to use a virus standard for comparisons of the biological activity of different CpGV preparations. CpGV can be stored most-effectively in aqueous suspensions for at least six months (between  $-20$  and  $+20^{\circ}\text{C}$ ) without significant loss of infectivity. However, virus is rapidly inactivated if stored as a dry powder.

Although only one 'standard' CpGV isolate was used throughout the experimental work, two other distinct CpGV strains were identified by restriction enzyme analyses of viral DNA. This biochemical technique provides a simple and reliable method of virus identification.

### 5.2 Field efficacy of CpGV

Using conventional spraying techniques, a 90% reduction in codling moth deep entry damage was achieved by spray doses as low as  $4 \times 10^9$  CpGV capsules/litre which, at 600 l/ha medium volume application, amounts to 265 larval equivalents/ha (1, 6). In contrast, a 90% reduction in all damage that would (a) render fruit unmarketable or (b) cause it to be downgraded could only be achieved by substantially higher and probably uneconomic virus concentrations of  $1.8 \times 10^{10}$  and  $1.3 \times 10^{11}$  capsules/l (i.e. 1200-8640 larval equivalents/ha). On this basis it may be better to use the virus economically at a relatively low concentration in an integrated programme, to control deep entry damage in the short term and reduce codling moth populations in the long term.

Attempts to reduce spray volumes to 50 l/ha for CpGV application did not give adequate control of fruit damage. Reasons for this failure include poor coverage and deposition of spray deposits on the large trees used in the trial. The LV methods tested here did not give a sufficient reduction in droplet size to balance the reduction in spray volume. Laboratory experiments showed that good leaf coverage by CpGV spray deposits is an important factor in improving larval infection. Unlike most chemical insecticides which have contact and/or fumigant action, CpGV must be ingested to take effect. However, it is still possible that reduced-volume application methods could be effective if good coverage can be achieved by applying more, smaller, droplets to smaller trees. The incorporation of attractants or feeding stimulants in the spray formulation should also be tested.

Although CpGV is relatively-persistent in UK conditions (6), inactivation is still quite rapid with a virus 'half-life' of between 1 and 3 days. Tests with different virus formulations failed to reveal anything which significantly improved virus persistence in field trials, although the inclusion of skimmed milk (particularly at 1%) marginally improved virus deposition and persistence and resulted in reduced apple damage (1). UV-protectants which appeared to give some measure of virus protection in laboratory tests did not improve field persistence or the control of apple damage.

### 5.3 Effects of CpGV on other orchard fauna

The benefits of using CpGV within an integrated pest management (IPM) programme in apple orchards are highlighted by the fact that virus usage did not reduce predator numbers. As a consequence, numbers of fruit tree red spider mite (Panonychus ulmi) and woolly aphid (E. lanigerum) did not increase. However, CpGV did not reduce damage by tortrix moths, whose growth (in laboratory tests) was in fact stimulated by levels of skimmed milk commonly included in virus formulations. If CpGV is to be used within an IPM programme on apples, alternative selective methods of control will be needed for leafrollers. Although virus diseases are known in several leafrollers, the species complex is so variable that further work with strains of Bacillus thuringiensis or growth regulators is more likely to be productive than the application of host-specific viruses. Furthermore, other integrated strategies, including the use of pesticide-resistant mite predators combined with chemical control of codling moth and leafrollers should be compared with systems using CpGV, to assess their long-term benefits in orchard IPM.

### REFERENCES

1. PAYNE, C.C., GLEN, D.M. and CRANHAM, J.E. (1983). Research (1978-81) in the United Kingdom on production and application of the granulosis virus of codling moth, Cydia pomonella. In "C.E.C. Programme on integrated and biological control", (Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux), pp. 34-46. Luxembourg, Commission of the European Communities.
2. HARVEY, J.P. and VOLKMAN, L.E. (1983). Biochemical and biological variation of Cydia pomonella (codling moth) granulosis virus. *Virology* 124, 21-34.
3. DULMAGE, H. and BURGERJON, A. (1977). Industrial and international standardization of microbial pesticides. II. Insect Viruses. *Entomophaga* 22, 131-139.
4. FAST, P.G. (1976). Further calculations relevant to field application of Bacillus thuringiensis. *Bimonthly Research Notes* 32, 27.
5. RICHARDS, M.G. and PAYNE, C.C. (in press) Persistence of baculoviruses on leaf surfaces. In "Invertebrate pathology and microbial control", (Eds. C.C. Payne and H.D. Burges), pp. 296-301. Proceedings of the IIIrd International Colloquium on Invertebrate Pathology, Brighton, UK.
6. GLEN, D.M. and PAYNE, C.C. (in press). Production and field evaluation of codling moth granulosis virus for control of Cydia pomonella in the United Kingdom. *Annals of Applied Biology*.
7. GLEN, D.M., WILTSHIRE, C.W., MILLSOM, N.F. and BRAIN, P. (in press). Codling moth granulosis virus: effects of its use on some other orchard arthropods. *Annals of Applied Biology*.

## Publications - Contract No. UK-0770

PAYNE C.C. and GLEN D.M. (1980) Codling moth granulosis virus production and preliminary field trials in the United Kingdom. In Biological Control in Orchards: Biology and Control of Codling Moth WYE (UK), 25-29 March 1980 - IOBC/WPRS Bulletin 1980/III/6, 60-61

PAYNE C.C. (1981) The susceptibility of the pea moth, *Cydia nigricana*, to infection by the granulosis virus of the codling moth, *Cydia pomonella*. Journal of Invertebrate Pathology 38, 71-77

PAYNE C.C. (1982) Insect viruses as control agents. Parasitology 84, 35-77

RICHARDS M.C. and PAYNE C.C. (1982) Persistence of baculoviruses on leaf surfaces. In "Invertebrate pathology and microbial control", Eds. C.C. Payne and H.D. Burges, Proceedings of the 11th International Colloquium on Invertebrate Pathology, Brighton, 295-301

GLEN D.M. and PAYNE C.C. (1983) Evaluation of codling moth granulosis virus in the United Kingdom. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, Brighton, 2, 785

PAYNE C.C., GLEN D.M. and CRANHAM J.E. (1983) Research (1978-81) in the United Kingdom on production and application of the granulosis virus of codling moth, *Cydia pomonella*. In "C.E.C. Programme on integrated and biological control". Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 34-46

RICHARDS M.G., CRANHAM J.E., PAYNE C.C. and MATTHEWS G.A. (1983) Reduced volume application of Granulosis Virus, CpGV, for control of codling moth, *Cydia pomonella*. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, Brighton, 2, 518

GLEN D.M. and PAYNE C.C. "in press" Production and field evaluation of the codling moth granulosis virus for control of *Cydia pomonella* in the United Kingdom. Annals of Applied Biology

GLEN D.M., WILTSHIRE C.W., MILSOM N.F. and BRAIN P. "in press" Codling moth granulosis virus: effects of its use on some other orchard arthropods. Annals of Applied Biology





## The Control of the Summer Fruit Tortrix Moth (*Adoxophyes orana*) with a Nuclear Polyhedrosis Virus in Orchards

D. Peters (1), J. Wiebenga (1), H.J. Van Maanen (1), G. Vanwetswinkel (2), L.H.M. Blommers (3)

(1) Dept. of Virology, Agriculture Univ., Wageningen (the Netherlands)

(2) Research Station at Gorsem, St. Truiden (Belgium)

(3) Research Institute for Plant Protection, Experimental Orchard 'De Schuilenburg', Lienden (the Netherlands)

### Summary

Experiments were carried out to evaluate the control of summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*, with a nuclear polyhedrosis virus. The sprays applied in the spring and summer reduced the number of larvae occurring in flower clusters and in shoot tips. The number of larvae found in the shoot tips was reduced by 96 to 98% in 1980. Somewhat lower figures were found in the summer of 1981, 1982 and 1983. The number of apples with damage was reduced by only 50-60%. There was no apparent reason for this high level of damage, but it is possibly due to feeding of larvae prior to death, or to other leaf-roller species.

### LA LUTTE EN VERGER CONTRE LES LARVES DU TORTRICIDE *Adoxophyes orana* PAR UN VIRUS DE LA POLYHEDROSE NUCLEAIRE

### Résumé

Le rapport relate spécialement les travaux de 1980-1983 et évalue les possibilités de contrôle des larves du tortricide *Adoxophyes orana* par le virus de la polyhédrose. L'efficacité des préparations de virus a été démontrée dans plusieurs essais, conduits en vergers de pommiers dans la Belgique et la Hollande. Le nombre de larves relevées aux rameaux à la fin du mois de juillet a été réduit de 90-98%. La protection des fruits est insuffisante; les dégâts sur fruits sont réduits de 50-60%. Cela s'explique par le développement des attaques résultant de la mort des larves qui n'intervient qu'après un certain délai, et de l'activité des autres tortricides. Les résultats des essais réalisés en avril et mai sur les larves ayant hiverné montrent que des applications de virus tuent à peu près 90-95% des larves d'hiver. L'insertion de l'application de virus contre la tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana* dans les programmes de protection intégrée nécessite des recherches complémentaires sur la production de virus fiables conduisant à une fabrication industrielle. Si ce préalable n'est pas levé, les travaux de ces quatre années, soutenus par la CEE, conserveront un caractère académique.

### 1. INTRODUCTION

The summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*, is the most important tortricid pest in Dutch orchards. This tortrix, which was observed as a new species in the Netherlands in 1939, usually has two generations per year. The larvae of the first generation begin feeding on leaves at

the end of June and the beginning of July and generally are responsible for most of the damage. However, in years with an early second flight in August larvae of the second generation can complete their development feed on the fruit and cause even more serious damage than the first generation. Those which do not complete their development usually enter diapause as second or third instar larvae. They then emerge in April and feed on developing buds, flower trusses and clusters, and pupate at the end of May or the beginning of June (De Jong and Van Dieren, 1974; De Jong, 1980).

This pest is difficult to control with natural enemies and selective pesticides (Gruys, De Jong and Mandersloot, 1980). Application of A. orana nuclear polyhedrosis virus (AoNPV) offers another component for controlling this pest in biological and integrated control schemes.

To test the efficacy of AoNPV in the control of A. orana larvae, applications were made against the spring and summer generations. The effects were evaluated in different ways. The survival of the larvae in the flower trusses in the spring or shoot tips in the summer was measured, and the damage inflicted on fruits was evaluated. This report gives the results of these experiments conducted over a period of four years in different orchards.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Production of virus

Virus was produced in A. orana larvae that were mass-reared on an artificial diet, using the technique described by Ankersmit et al. (1977). To avoid growth of fungi and bacteria on the diet, sheets of plastic on which the eggs were laid, were placed on a piece of filterpaper from which the enclosed larvae drop onto the food. Larvae were infected by spraying a virus suspension with a spray gun over the food surface and webbing of rearing boxes when the majority of the larvae were in the fourth-instar. Each box contained approximately 200 larvae. About 12 days after exposure to the virus, the larvae were collected by means of an aspirator and frozen.

### 2.2. Virus preparations

The larvae were thawed and ground in a blender with water in a ratio of 1:20 weight/volume. The homogenate was filtered through a 200 mesh sieve of a Retrax vibrator to remove large debris and webbing. The filtrate was centrifuged for 15 min at 10.000 rpm in a Sorvall GSA rotor to pellet the polyhedra, which were then freeze dried and stored as powder until use. From previous results obtained in bio-assays we concluded that a concentration of 10 mg powder per liter, which contains  $2 \cdot 10^8$  polyhedra, was the lowest efficacious concentration that could be used in the field (Peters et al., 1983).

### 2.3. Virus applications

The first sprays in the spring were applied when the buds had begun to develop and the first larvae were observed. The next spray was applied 10 to 14 days later, depending on the weather conditions. In summer, the first spray was applied approximately at the date farmers were advised to carry out their first sprays with pesticides against A. orana. This date is determined by a technique in which the number of males caught in pheromone traps was sampled, and the rate of embryonic development was determined as described by De Jong, Beeke and Wondergem (1965).

Skimmed milk powder was added to a concentration of 1% in sprays applied in 1980 and 0.1% Luxan H as a wetting agent. Since skimmed milk

powder produced a toxic effect in Golden Delicious apples (Peters et al., 1983), a concentration of 0.1% was used in the sprays applied in 1981, 1982 and 1983.

#### 2.4. Experimental conditions in the test orchards

Large field trials to study the effect of AoNPV on the first generation were carried out in the experimental orchard 'De Schuilenburg' at Lienden during the period 1980 through 1983. This orchard contained a low density of A. orana. In 1980 and 1981, A. orana larvae or egg deposits were either released or distributed over the trees to increase the larval population. The population of A. orana was not artificially increased in 1982 and 1983. The experiments carried out consisted of different treatments each year. Each treatment was carried out in a plot of approximately 0.28 ha. The treatments for 1980, 1981 and 1983 are summarized in Table I and those for 1982 in Table IV.

In addition to the above trials, two experiments were conducted in Belgian orchards, in which large numbers of third instar larvae were noticed in the year before, against the larvae which hibernated. In 1982 the experiment was carried out in two orchards in which small plots with six trees were used. The amount of virus applied and treatments are summarized in Table II. In 1983 an experiment with thirteen different treatments (Table III) was carried out in two orchards. Each treatment was repeated four times; two in each orchard. In one orchard (Visée) the plots were formed by ten trees, in the other (Borgloon) each plot was composed of six trees.

### 3. RESULTS

#### 3.1. Effect of AoNPV on the number of larvae of the first generation

The survival of A. orana larvae after application of AoNPV in the summer was evaluated by counting the larvae occurring in the shoot tips at the end of July or early August. Unsprayed plots served as blanks. The results of this sampling in which 1000-1200 shoots per treatment were infected, are given per 200 shoots in Table I.

The results of the 1981 experiment show that lowest populations were found in plots sprayed with azinphos-methyl, whereas AoNPV was somewhat less effective. The number of larvae decreased with increasing amounts of virus applied. In 1981 comparable effects were obtained with azinphos-methyl and AoNPV, but the incidence of larvae was unexpected high after these treatments. Dimilin, which has an effect on some leafrollers, does not have any effect on the A. orana population.

In 1983 AoNPV was compared with other selective pesticides. Application of AoNPV resulted in a reduction of 83% of larval population in the shoot tips in comparison with the population in the untreated plot. However, the larval population in the plots treated with the juvenil hormone analogue fenoxycarb or by the confusion technique was reduced even more (Table I).

#### 3.2. The effect of AoNPV on the damage inflicted

The number of larvae was reduced considerably by the summer sprays in 1980, viz. 95.5, 97.2 and 98.5% (Table I), although the number of apples with leafroller damage was reduced less dramatically. The reductions found were 68.2, 65.8 and 52.7% in the plots treated three times with 10 mg, three times with 50 mg and six times with 50 mg virus powder/l respectively. On the basis of the results in the plot treated with Azinphos-methyl and the number of larvae found, a greater reduction in the number of

apples undamaged could be expected. This high level of unexpected damage found in AoNPV treated plots may be caused either by A. orana larvae before they die from the virus infection, or by the activity of the larvae of other leafroller species. The injuries caused by A. orana larvae can not be differentiated from that inflicted by the larvae of Pandemis heparana, Archips podana and Spilonota ocellana (Blommers, personal communication). However, it can not be ruled out that both possibilities contribute to this unexpected high level of damage. Identification of the larvae in the shoot tips showed that at least 90% of the larvae found were A. orana in most years. This may indicate that the other larvae species occurs in low number and that the high level of damage has to be attributed to the activity of A. orana before they die.

In a small laboratory experiment it was demonstrated that first instar larvae inflicted injuries on apples that were sprayed with virus, even when high concentrations of virus were applied.

The possibility that other leafroller species were responsible for the extra-damage or at least for a part, was studied in an experiment in which Dimilin was applied. Dimilin is effective against most leafrollers except A. orana, P. heparana and S. ocellana. The percentage of apples damaged was slightly smaller after application of a mixture of AoNPV and Dimilin than after application of AoNPV alone (Table I).

### 3.3. Control of overwintering larvae

In two successive years AoNPV was applied against the overwintering larvae. Table II summarizes the results of the experiment carried out in 1982. The effect of the sprays was evaluated by either maintaining the larvae, collected from infested clusters, in a vial on diet for a period of two weeks, or inspecting the survival of larvae being ensleeved on the clusters. A higher mortality (15%) was found when the clusters were ensleeved. These differences in mortality may be caused by the assay procedures; in the control a difference of 18% was found.

The number of overwintering larvae was strongly reduced by virus sprays (Table II). The mortality increased with the dose applied and as a rule two applications proved to be more effective. Early sprays were less effective than those applied later in the spring. Application of virus at a concentration of 150 mg virus powder/l in one spray at April 22 seems to be as effective as two applications with the same concentration at April 7 and 22. Low volume sprays appeared to be as effective as high volume sprays.

The results of the experiment of 1983 are shown in Table III. In this experiment which was designed to study the optimum time to spray in the spring, two different concentrations of virus were used and applied once or twice at three different times. Each application was repeated four times at the same date in the two orchards. The mortality found in the samples collected on May 2 was probably too high. Some of the larvae may have died due to an exposure to CO<sub>2</sub> during their storage in plastic bags overnight. In this experiment a higher mortality was only found in the control after ensleeving the larvae on clusters.

It can be concluded that a high mortality was found after most applications. Only a low mortality was found when only one spray with a low concentration of virus was applied early in the spring. Applications on April 27 and May 11 did not differ in effectiveness.

These experiments were carried out in densely populated orchards in Belgium. Since only small plots were treated the development of the population could not be studied after the applications. However, the effect of AoNPV in the spring on the larval population in summer was studied in

'the Schuilenburg' orchard. The experimental details and results are given in Table IV. Plot A, which was not treated with virus or Azinphos-methyl, can be considered as the control. Application of AoNPV in the spring and summer was with respect to the number of larvae found as effective as application of Azinphos-methyl in the summer. A substantially higher number of larvae was found when AoNPV was applied in the spring. The number of apples injured in the plot treated with Azinphos-methyl was only reduced by 68.5% with respect to the number of apples damaged in the control plot. A reduction of 57% was found in the plot treated with virus in the spring and summer. This value compares well with those found in 1980, 1981 and 1983 (Table I). Again, it was lower than would be expected from the decrease in the number of larvae.

#### 4. DISCUSSION

The experiments utilizing AoNPV as an agent in the control of the summer fruit tortrix moth A. orana show that the virus reduces the number of larvae both in the spring and summer. The sprays applied in June and July controlled the larvae to such an extent that no additional sprays were required to control the second generation in August, when integrated control schemes were implemented by the farmers. They are advised to spray insecticides once or twice in August against the second generation when 10 to 30 or more than 30 larvae are found per 200 shoots.

In summer sprays were carried out in an orchard which was infested by moderate numbers of larvae. The performance of AoNPV has still to be tested in the summer in heavily infested orchards. There is no reason to assume that the biological activity of AoNPV would be less in conditions of dense populations. Also, on the basis of the results obtained in the spring we can expect that AoNPV will reduce the larval populations with at least 85% when occurring in high numbers in the summer. Our results with this virus place the AoNPV among those baculoviruses which are able to reduce insect pests by at least 85% (Entwistle, 1983).

The population development could not be evaluated after the sprays in the spring. These experiments were carried out in small plots of heavily infested orchards. The effect of sprays would be overcome by the inflight of adults from the surrounding trees into the plots sprayed. The results of 1982 in 'the Schuilenburg' orchard show that the number of larvae occurring in July/August in the plot sprayed in the spring, was three to four times higher than in the plots treated either with AoNPV in the spring and summer or with Azinphos-methyl in the summer. The occurrence of a higher number of larvae in the former plot can be explained by migration of moths from plots not sprayed in the spring, and from neighbouring orchards.

Although an impressive reduction in the number of larvae was obtained in the spring and summer sprays, it seems highly unlikely that AoNPV sprays will be applied on a regular basis in the integrated or biological control of A. orana in the near future. The large amounts of virus required, especially in the spring sprays, can only be produced at high costs. Moreover, since other leafrollers than A. orana may form with A. orana a leafroller complex in orchards. This means that cocktails of different baculoviruses have to be prepared in order to make the control effective. This makes the costs of the application of viruses even more expensive. This conclusion will lower the prospects to use baculoviruses as biological agents in the control of orchard pests. However, the biological advantages of applying baculoviruses are so great that it is necessary

to direct all our efforts to the production of baculoviruses at a large scale and to make their application economically feasible.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The participation of the students J. de Haan, W.J.M.M. Liebregts and P.D. Timmermans in these studies was appreciated. This study was financially supported by the National Council of Agricultural Research (TNO) and the Commission of the European Communities. The authors wish to thank Dr. J.M. Vlak and Dr. B.A. Federici for reviewing this manuscript.

#### REFERENCES

1. ANKERSMIT, G.W., RABBINGE, R. and DIJKMAN, H. (1977). Studies on the sterile male technique as a means of control of Adoxophyes orana (Lepidoptera, Tortricidae). 4. Technical and economic aspects of mass-rearing. *Neth. J. Plant Pathol.* 83, 27-39.
2. ENTWISTLE, P.F. (1983). Viruses for insect pest control. *Span* 26, 59-62.
3. GRUYS, P., DE JONG, D.J. and MANDERSLOOT, H.J. (1980). Implementation of integrated control in orchards. In: *Integrated control of insect pests in the Netherlands*, ed. A.K. Minks and P. Gruys, Pudoc, Wageningen, p 11-17.
4. DE JONG, D.J. (1980). Tortricids in integrated control in orchards. In: *Integrated control of insect pests in the Netherlands*, ed. A.K. Minks and P. Gruys, Pudoc, Wageningen, p 19-22.
5. DE JONG, D.J., BEEKE, H. and WONDERGEM, H.J. (1965). The prediction of spraying dates for the fruit tree leaf-roller, Adoxophyes reticulana Hb., based on light trap catches and temperatures. *Meded. Dir. Tuinbouw (Neth.)* 28, 539-542 (in Dutch, with English summary).
6. DE JONG, D.J. and VAN DUREN, J.P.A. (1974). Population dynamics of the summer fruit tortricid, Adoxophyes orana F.v.R., in relation to economic threshold levels. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent* 39, 777-788.
7. PETERS, D., VAN MAANEN, H.J., TIMMERMANS, P.D., DE HAAN, J. and VANWETSWINKEL, G. (1983). Studies on the control of Adoxophyes orana larvae with a nuclear polyhedrosis virus. in *CEC Programme on Integrated and Biological Control, Progress Report 1979/1981*, Eds. R. Cavaloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 47-64.

Table I. The number of A. orana larvae occurring on 200 shoot tips after application of AoNPV, azinphos-methyl and other treatments.

treatment	year		
	1980	1981	1983
no sprays applied	38	109	39.8
azinphos-methyl <sup>a</sup>	0.8 (95.5)	23.6 (96)	
<u>AoNPV</u> (10 mg powder/l) <sup>b</sup>	4.3 (68.2)		
<u>AoNPV</u> (50 mg powder/l) <sup>b,c,d</sup>	2.8 (65.8)	24.4 (68.2)	7.0 (43.4)
<u>AoNPV</u> (50 mg powder/l) <sup>e</sup>	1.5 (52.7)		
<u>AoNPV</u> + dimilin		20.8 (67.4)	
dimilin		90.7 (53.4)	
fenoxycarb			2.0 (72.6)
confusion technique			4.6 (61.0)

a) Azinphos-methyl was applied at the dates AoNPV was sprayed.

b) In 1980 applied at June 23 and 30, and July 15.

c) In 1981 applied at June 12 and 26.

d) In 1983 applied at June 23 and July 5.

e) Applied at June 23, 26 and 30, and July 3, 15 and 22.

f) The reduction of apples (%) injured is given between brackets.

Table II. Effect of sprays against the hibernated population of AoNPV on larval mortality, obtained in experiments carried out in densely populated orchards.

treatment	sprayed		mortality				
	April		May 27 <sup>a</sup>	June 8 <sup>b</sup>	May 26 <sup>c</sup>		
	4	22					
control	-	-	12.5	18.6	37.1	high volume sprays	
50 mg	+	-	39.5 <sup>d</sup>	31.1	60.0		
	+	+		64.6	84.4		
150 mg	+	-	51.1 <sup>d</sup>	40.4	60.9		
	+	+		62.5	75.0		
	-	+		14.3	63.2		70.3
300 mg	+	-	67.2 <sup>d</sup>	52.8	63.2		
	+	+		89.5	92.7		
750 mg	+	-	87.1 <sup>d</sup>	90.0	81.1		
	+	+		81.8	97.6		
150 mg	+	+	45.2	71.4	92.4		low
300 mg	+	+	58.1	81.4	92.7		
750 mg	+	+	75.0	81.6	95.2		

a) Clusters collected at April 20.

b) Clusters collected at May 12.

c) Clusters ensleaved at April 29.

d) These values are the mean of the values found for the plot sprayed at April 7 and for the plot sprayed at April 7 and 22.



Table III. Mortality of A. orana larvae after application of AoNPV in two concentrations at different dates.

date of application and concentration	sampling		ensleeved May 13 or 17	total % mortality	corrected mortality <sup>b</sup>
	May 2 <sup>a</sup>	May 5			
control	59 (130)	36 (98)	73 (44)	(54)	0 (1)
150 mg virus powder/l					
April 14	81 (85)	69 (62)	71 (49)	(74)	62 (2)
April 27	91 (94)	94 (67)	93 (46)	(92)	79 (1)
May 11 <sup>c</sup>			92 (76)	(94)	81 (1)
April 14, April 27	95 (61)	97 (39)	94 (62)	(96)	92 (1)
April 14, May 11 <sup>c</sup>			98 (55)	(93)	
April 27, May 11 <sup>c</sup>			98 (55)	(99)	94 (2)
300 mg virus powder/l					
April 14	94 (88)	94 (63)	92 (39)	(94)	
April 27	84 (87)	100 (62)	91 (54)	(92)	91 (2)
May 11 <sup>c</sup>			93 (43)	(91)	
April 14, April 27	100 (62)	100 (47)	98 (52)	(99)	99 (3)
April 14, May 11 <sup>c</sup>			100 (44)	(100)	100 (1)
April 27, May 11 <sup>c</sup>			100 (45)	(98)	

a) The values in the first column refer to the percentage of larvae died and those in brackets to the number of larvae sampled.

b) The values in this column refer to the percent of mortality after applying the Abbott correction. The mortality is calculated for those plots (number in brackets) which were not affected by wind and by the sampling error made at May 2.

c) No larvae were sampled at May 2 or May 5 as this spray was carried out at May 11.

d) Larvae were only sampled in one repeat. Further sampling was made impossible by the weather conditions.

Table IV. The effects of AoNPV sprays in the spring and summer on the control of A. orana in 'the Schuilenburg' orchard in 1982.

	sprayed April 8 and 27	sprayed June 11 and 25	% of apples damaged	number of larvae on 200 shoot tips
A	-	-	10.57	24.0
B	-	azinphos	3.34	3.0
C	300 mg virus/l	-	6.78	10.8
D	300 mg virus/l	50 mg virus/l	4.55	2.6

#### Publications - Contract No. NL-0790

PETERS D. (1980) Baculoviruses as agents in biological control *in* Integrated Control of Insect Pests in the Netherlands - Eds. A.K. Minks & P. Gruys, Pudoc - Wageningen

PETERS D., WIEBENGA J., VAN MAANEN J.H., TIMMERMANS P.D., DE HAAN J., VANWETSWINKEL G. (1983) Studies on the control of *Adoxophyes orana* larvae with a nuclear polyhedrosisvirus *in* C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 47-64

Part 1.b

# **Integrated Control in Citrus groves**

F - 0701  
GR - 0715  
I - 0730  
I - 0731



## Towards the Development of an Integrated Control in Citrus Fruit Groves. Studies Carried out in France on the Diaspinae Scale-Insects

C. Benassy

INRA - E. Biliotti Biological Control Station, Valbonne (France)

### Summary

During this agreement, two groups of studies have been undertaken :

- The first one concern the use of sexual pheromones of Diaspines scale for the local forecasting in plant protection. After having studied like an example the pheromonal components of P. pentagona, the study of the pheromonal components of A. nerii and C. ficus is in progress.
- The second concern the balance established between Lepidosaphes beckii and its specific parasite, after the introduction in France of this last.

### VERS LA MISE AU POINT D'UNE LUTTE INTEGREE EN AGRUMICULTURE

#### ETUDES REALISEES EN FRANCE SUR LES COCHENILLES DIASPINES

### Sommaire

Au cours de ce contrat, deux groupes d'études ont été entreprises :

- Celles relatives à l'utilisation des phéromones sexuelles de cochenilles dans les prévisions en matière de Protection des Plantes. Après les travaux entrepris comme exemple, sur P. pentagona, ceux réalisés sur l'extraction et la caractérisation de la phéromone d'A. nerii et de C. ficus sont en cours.
- Celles d'ordre bio-écologique sur la Cochenille virgule et son parasite spécifique, en vue de définir les modalités de l'équilibre établi après l'acclimatation d'A. lepidosaphes.

### INTRODUCTION

L'expérience acquise antérieurement dans l'utilisation des entomophages parasites de Cochenilles Diaspines nuisibles aux Rosacées fruitières des régions tempérées pouvant être mise à profit pour intervenir également dans les vergers méditerranéens (BENASSY, 1978), l'objet du présent contrat était l'extension à différentes espèces plus ou moins spécifiques des Ci-trus, des résultats obtenus à ce jour par la technique d'acclimatation. Cette dernière visait l'implantation pratique en France de divers entomophages d'origine étrangère, dans le cadre d'une Lutte Biologique.

Dans chaque cas, l'aboutissement de ces études est la création d'un équilibre stable entre l'auxiliaire et son hôte en vue de maintenir le ravageur à un niveau économique non préjudiciable pour la culture.

Or, cet équilibre semble aujourd'hui d'autant plus facile à réaliser que les parasites disponibles à tout moment, peuvent être utilisés sur des populations de Cochenilles encore très clairsemées et, à ce titre, toujours difficiles à déceler.

Leur reconnaissance précoce tendrait, pourtant à se trouver facilitée à l'avenir grâce à l'existence de phéromones sexuelles spécifiques, mises en évidence initialement chez Aonidiella aurantii MASK. par TASHIRO et CHAMBERS (1967) et retrouvées depuis chez d'autres Diaspines, comme Pseudaulacaspis pentagona TARG. (HEATH et al., 1979) ou Quadraspidiotus perniciosus COMST. (GIESELNANN et al., 1979).

Ces différentes considérations ont orienté le choix des priorités dans l'ensemble des recherches menées parallèlement sur les principales espèces nuisibles actuellement aux Aurantiacées : Aspidiotus nerii BOUCHE ; Lepidosaphes beckii NEWM. et Unaspis yanonensis KUW.

Deux groupes d'études se trouvèrent ainsi privilégiés :

- Celles relatives aux phéromones sexuelles, voie nouvelle en France, développée au sein de l'I.N.R.A. en collaboration avec le Laboratoire des Médiateurs Chimiques (Domaine de Brouessy - Magny les Hameaux - 78470 - Saint Rémy les Chevreuse) en vue d'une application possible ultérieure au niveau d'A. nerii.

- Celles d'ordre bio-écologiques conduites plus particulièrement en Corse au Centre de Recherches Agronomiques (San Giuliano - 20230 - San Nicolao) sur la Cochenille virgule (L. beckii), afin de définir exactement les modalités de l'équilibre établi.

Les travaux de routine menés jusqu'à présent à Valbonne sur U. yanonensis ont consisté à maintenir constante la production des deux types d'hôtes nécessaires à la multiplication des entomophages qui, découverts depuis peu en Chine (NISHINO et TAKAGI, 1981), viennent d'être introduits en France par l'intermédiaire du Japon. Ainsi :

- l'hôte spécifique, U. yanonensis est multiplié sur plant de Citrus pour l'élevage de l'endophage Physcus fulvus (Hyménoptère Aphelinidae) (TACHIKAWA, 1981).

- les hôtes de substitution, Hemiberlesia lataniae ou une lignée parthénogénétique d'Aspidiotus nerii, sont produits indifféremment sur fruit mûr de Cucurbitacées ou sur tubercule de pomme de terre, pour l'élevage de l'ectophage Aphytis yanonensis (DE BACH et ROSEN, 1983), espèce nouvelle, qui associée à la précédente aurait donné déjà d'excellents résultats au Japon dès son introduction en vergers (FURUHASHI et NISHINO, 1983).

#### Etudes conduites sur les phéromones (en liaison avec M. EINHORN)

L'utilisation des pièges à phéromones qui capturent les mâles d'une espèce dès leur apparition, permettant ainsi de déceler très précocement l'existence d'une espèce, offre ensuite la possibilité de prévoir la période de sortie des larves mobiles lorsque l'on connaît l'évolution saisonnière de l'espèce concernée.

Ces prévisions sur lesquelles repose l'établissement des Avertissements Agricoles, se trouvant améliorées depuis ces dernières années la lutte chimique contre les Cochenilles Diaspines peut dans de nombreux cas désormais y gagner en efficacité. C'est pourquoi, l'expérimentation menée dans ce but dans le cadre d'une mise au point d'une lutte intégrée en verger de Citrus s'est déroulée dans deux directions complémentaires :

- la première étant le rodage sur le terrain de la pratique du piègeage avec comme modèle Pseudaulacaspis pentagona TARG., pour lequel il existait déjà un certain nombre de travaux antérieurs ;

- la seconde, étant la recherche au niveau du laboratoire des possibilités d'extraction et de synthèse de nouvelles substances spécifiques.

En vergers de pêchers de la moyenne Vallée du Rhône, des pièges diversément "appâtés" (élevages de femelles vierges de P. pentagona, capsules contenant différentes formulations) ont permis au cours de trois campagnes successives de piègeages (1980-1982) de connaître la réaction des mâles à la composante la plus attractive de la phéromone (EINHORN, BIANCHI, BEAU-

VAIS et BENASSY, sous presse) et de proposer aujourd'hui dans le cadre d'une stratégie de lutte raisonnée contre la Cochenille du mûrier un programme associant l'efficacité contre l'Insecte et le respect partiel du parasite existant Prospaltella berlesei (BENASSY, BIANCHI, EINHORN, 1983). En vue de vérifier l'efficacité d'un tel programme, son application a fait l'objet d'une expérimentation cette année dans quelques vergers de pêcheurs de la région de Valence.

En outre, après la mise en évidence et l'identification de constituants secondaires (EINHORN et BENASSY, sous presse) dans la sécrétion phéromonale, les recherches aboutissaient à la caractérisation de l'action spécifique de chacun des constituants. Le principal, le propionate 1 est l'attractif des mâles le plus important; parmi les secondaires, l'alcool 2, déclenche le comportement sexuel, alors que la combinaison des deux amène à reproduire la séquence comportementale mâle dans sa totalité, telle qu'elle est observée naturellement (EINHORN, BIANCHI et BENASSY, 1983 a).

Parallèlement, le laboratoire de Valbonne s'est attaché à produire en masse quelques unes des espèces de Diaspines conservées en souche, afin de pouvoir collecter, selon une méthode comparable à celle de ROELOFS et al. (1978), une fraction suffisante des effluves émises par les femelles vierges en vue de connaître d'abord la composition de la phéromone, avant d'en envisager ensuite la synthèse.

Les deux espèces économiques retenues, nuisibles l'une à l'olivier (Aspidiotus nerii BOUCHE), l'autre aux Citrus (Chrysomphalus ficus ASHM.) ont été multipliées sur un végétal-hôte de substitution non aromatique, le tubercule de pomme de terre de la variété "Bintje" pour la première, de la variété "Roseval" pour la deuxième.

Ces deux espèces étant bisexuées l'une et l'autre, la destruction pratiquement totale dans chaque élevage de l'ensemble de la population mâle, sans altération des individus femelles, s'effectua, par pulvérisation d'une hormone juvénile, le tripène, appliqué à une dose optimale sur un stade précis de développement de chacune des espèces. Dans le cas d'A. nerii le dichlorvos employé sur des populations à la veille de l'éclosion des mâles donne également d'excellents résultats (BIANCHI et BENASSY, 1984). Mais les études entreprises sur ces deux espèces, après avoir dépassé le stade de la collecte des effluves, se heurtent actuellement au niveau de l'analyse de la composition des différents extraits, à diverses difficultés liées en grande partie aux quantités infinitésimales de produit dont on dispose aujourd'hui.

Cependant, si ces difficultés sont appelées à terme à se trouver applanies, il n'est guère possible aujourd'hui de fournir une durée précise quant au délai nécessaire à l'obtention des résultats encore attendus.

Etudes poursuivies sur l'association Cochenille "virgule" (Lepidosaphes beckii) parasite spécifique (Aphytis lepidosaphes) (en liaison avec M. P. BRUN).

Les premières observations réalisées après l'introduction du parasite, A. lepidosaphes, sur la Côte d'Azur et en Corse ont montré sa capacité d'acclimatation dans ces deux régions. Le parasite se retrouve dès l'automne dans tous les vergers où il a été introduit au printemps précédent (BENASSY, 1977).

C'est en vue de déterminer les possibilités réelles de l'insecte introduit, que des études pratiques furent poursuivies en Corse dans deux parcelles distinctes de la Station Expérimentale de San Giuliano.

- l'une, composée de clémentiniers greffés sur citrange "Troyer" indemnes de virose connue et de toute attaque de cochenilles, lors de la plantation effectuée en Avril 1973 ;

- l'autre, formée d'orangers Valencia-Late âgés de 20 ans provenant du Maroc, greffés sur bigaradiers. Tous à des degrés variés étaient contaminés par L. beckii.

Dans le premier cas, l'étude était d'ordre qualitatif. Elle s'attachait à suivre, dès l'apparition des premiers individus de L. beckii dans la parcelle, l'extension du ou des foyers d'infestation de la Cochenille et le délai nécessaire à l'implantation ultérieure du parasite, sans vouloir pour autant apprécier le niveau exact des contaminations rencontrées sur chaque arbre.

Cette espèce peu prolifique, bivoltine sous le climat corse, à jeunes larves sédentaires et retrouvée de préférence sur les parties déjà âgées du végétal, n'apparaît que très tardivement dans les jeunes plantations, à l'inverse d'Homoptères très bons voiliers, tels que les Aleurodes.

En effet, parmi ceux-ci, Aleurothrixus floccosus avait déjà atteint en 1980, année de la première détection de L. beckii dans la parcelles, des densités suffisantes pour permettre une étude quantitative précise de leur dynamique.

Par contre, pour la Cochenille virgule, les résultats acquis durant ces trois dernières années sur sa répartition dans la parcelle, son importance numérique à l'échelle des arbres, la présence du parasite spécifique A. lepidosaphes et la compétition existant avec l'espèce voisine L. gloverii sont actuellement encore en cours de dépouillement : ils devraient donner lieu cependant à publication prochainement.

Dans le cas du verger âgé de Valencia-Late les observations concernaient l'évaluation quantitative des populations de la Cochenille afin d'estimer l'intérêt pratique du parasite agissant soit seul, soit associé à un traitement coccicide printanier destiné à faciliter l'action d'A. lepidosaphes, par la réduction du nombre d'hôtes disponibles.

Cette étude utilisait deux méthodes complémentaires d'appréciation des populations. La première, visuelle, employée à l'échelle du verger consistait à répartir d'abord les populations selon leur importance numérique en trois classes successives d'infestation : faible, moyenne, forte. Au niveau de chacune d'entre elles, les prélèvements réalisés ensuite aux mêmes dates sur les différentes parties des arbres (feuilles, rameaux, fruits) permettaient, après dénombrement des divers individus de L. beckii rencontrés, de déterminer la densité de chaque population en vue d'en suivre régulièrement les fluctuations.

Les observations réalisées ainsi la première année sur les caractéristiques de la population printanière et sur celles de cette même population parvenue à l'automne, après une saison complète d'évolution, montrent que la distribution des cochenilles n'a pas lieu au hasard. En effet, quelle que soit la classe d'infestation de l'arbre à l'automne, il y avait dans chaque cas présence de cochenilles sur fruit.

Le fruit semble donc particulièrement attractif vis-à-vis des larves mobiles de la deuxième génération qui se concentrent à sa surface pour s'y fixer rapidement.

Ce chimiotropisme positif manifesté par les larves mobiles à l'éclosion situerait donc à un niveau très bas la densité-seuil de Cochenilles à ne pas dépasser au printemps pour éviter toute fixation sur fruit à l'automne (BENASSY, BIANCHI et BRUN, 1981).

Or, cette réduction pouvant être le fait du parasitisme, il convenait d'étudier son rôle dans cette parcelle où un équilibre stable entre la Cochenille virgule et son parasite spécifique avait été précédemment établi (BENASSY et BIANCHI, 1983).

En année normale, comme 1980, on enregistre régulièrement en cours de saison un accroissement de l'importance du parasitisme sur feuilles. Il s'accompagne cependant d'une diminution peu sensible de la densité des populations de la Cochenille hôte entre le printemps et l'automne malgré des taux de parasitisme atteignant dans certains échantillons jusqu'à 80 p. 100



des femelles présentes. Parallèlement sur fruits, les populations existantes sont numériquement plus réduites (Fig. 1A).

L'année suivante, l'application fin février d'une huile blanche de pétrole à la dose de 2 % en réduisant artificiellement le nombre de femelles hôtes disponibles au printemps devait favoriser l'action d'Aphytis. Si l'efficacité de ce dernier demeurait comparable à ce qu'elle était sur feuille l'année précédente à l'automne, les densités de L. beckii sur fruits par conte se révélaient extrêmement réduites (Fig. 1B).

En 1982, en l'absence de toute intervention insecticide printanière, on attendait sur fruit à l'automne une situation comparable à celle de 1980. Mais les conditions climatiques exceptionnelles, particulièrement néfastes à la survie du parasite, enregistrées en Juin, semblent avoir contribué à l'augmentation générale des populations de L. beckii amorcée dès le début de l'été à tous les niveaux de l'arbre.

A l'automne, la récolte pendante présentait des infestations jusqu'à présent inégalées (Fig. 1C).

Ces observations qui révèlent bien la fragilité de l'équilibre établi laissent entendre que dans la situation particulière de la Corse, le parasitisme risque de n'être entièrement satisfaisant que si l'on contribue à l'efficacité d'Aphytis par un traitement coccicide d'appoint printanier réalisé avec une huile blanche de pétrole.

En outre, il est apparu au cours de ce contrat que la réduction sensible des populations de L. beckii par utilisation de son parasite spécifique s'accompagne d'une recrudescence d'activité dans toute la parcelle de l'espèce voisine L. gloverii. Celle-ci en l'absence de tout traitement coccicide tend à envahir à son tour très rapidement l'ensemble du verger.

Ce phénomène est illustré figure 2 où pour une partie de la parcelle on a comparé à titre d'exemple, la situation des contaminations par chaque Cochenille en Avril 1982, puis 15 mois plus tard en Juillet 1983.

Entre ces deux périodes, le nombre d'arbres infestés par L. beckii (Fig. 2A) tend à diminuer, une contamination toujours faible caractérisant les Citrus encore porteurs de Cochenilles "virgule", tandis que le nombre de sujets contaminés par L. gloverii (Fig. 2B), comme la densité des populations supportées par les différentes parties des arbres, les feuilles notamment, s'accroissent sensiblement : la majorité des arbres à cette saison héberge une forte densité de Cochenilles "serpette".

Ainsi, l'élimination de L. beckii par son parasite spécifique, du fait de la résurgence de L. gloverii qu'elle permet, a créée depuis peu une situation économique nouvelle préoccupante qu'il convient d'étudier sans plus attendre aujourd'hui.

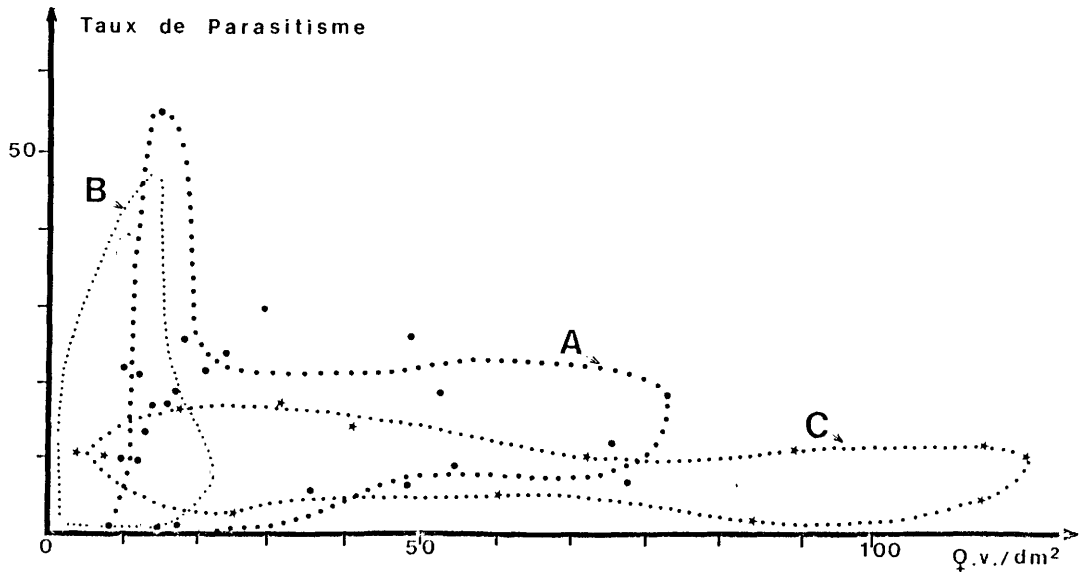


Fig. 1 - Relation existant entre la densité de population des ravageurs et le taux de parasitisme, A 1980; B 1981; C 1982.

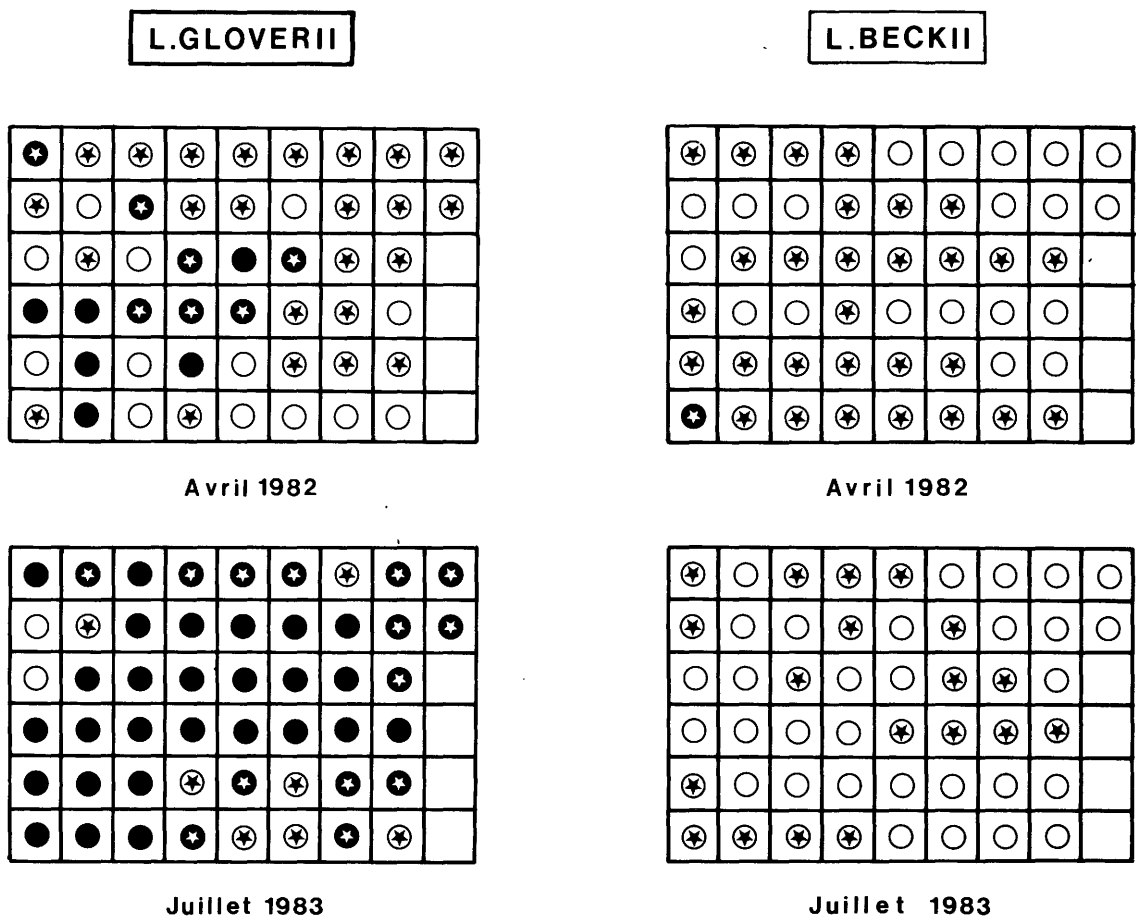


Fig. 2 - Situation des contaminations dans une partie de la parcelle à 15 mois d'intervalle.

Contamination :

nulle ..... ○ - faible ..... ⊕  
 moyenne ..... ⊕ - forte ..... ●

## REFERENCES

1. BENASSY C. (1977). Note sur l'acclimatation en France d'Aphytis lepidosaphes COMP. (Hymenoptera, Aphelinidae), parasite de Lepidosaphes beckii NEWM. - Fruits, 32 (6) ; 432-437
2. BENASSY C. (1978). La lutte biologique contre les Cochenilles Diaspines des arbres fruitiers. - B.T.I., 332-333 ; 421-425.
3. BENASSY C. et BIANCHI H. (1983). Sur l'évolution des populations de Lepidosaphes beckii NEWM. en présence de son parasite spécifique, Aphytis lepidosaphes COMP. - Fruits, 38 (2), 119-124.
4. BENASSY C. et BIANCHI H. (in press). Elimination sélective des mâles chez les Cochenilles Diaspines : préalable aux études des phéromones sexuelles - Phytatrie-Phytopharmacie.
5. BENASSY C., BIANCHI H. et BRUN P. (1981). Données préalables à la définition d'un seuil d'intervention chez Lepidosaphes beckii NEWM. in Standardization of Biotechnical Methods of Integrated Pest Control in Citrus Orchards, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., Sassari, EUR 7342 EN-FR-IT, 19-25.
6. BENASSY C., BIANCHI H. et EINHORN J. (1983). Perspectives nouvelles dans la lutte menée contre la Cochenille du mûrier, Pseudaulacaspis pentagona en vergers de pêcheurs. Phytoma, Septembre-Octobre 1983, 28-30
7. DE BACH P. et ROSEN D. (1983). Aphytis yanonensis n.sp. (Hymenoptera : Aphelinidae) a parasite of Unaspis yanonensis (KUWANA) (Homoptera : Diaspididae). Kontyu, 50 (4) ; 626-634.
8. EINHORN J. et BENASSY C. (in press). Mise en évidence de l'existence de composés secondaires dans la phéromone sexuelle de Pseudaulacaspis pentagona TARG. (Homoptera, Diaspididae).
9. EINHORN J., BIANCHI H. et BENASSY C. (1983). Effets combinés de deux constituants phéromonaux sur le comportement sexuel des mâles d'une Cochenille Diaspine Pseudaulacaspis pentagona TARG. (Homoptera : Diaspididae). C.R. Acad. Sci. 296 : 861-863.
10. EINHORN J., BIANCHI H., BEAUVAIS F. et BENASSY C. (in press). Premières données sur l'utilisation de la phéromone sexuelle de Pseudaulacaspis pentagona TARG. (Homoptera : Diaspididae).
11. FURUHASHI K. et NISHINO M. (1983). Biological control of Arrowhead scale, Unaspis yanonensis KUWANA by parasitic wasps introduced from the people's Republic of China. Entomophaga 28 (3) ; 277-286.
12. GIELSELMANN M.J., RICE R.E., JONES R.A. et ROELOFS, W.L. (1979). Sex-pheromone of the San Jose Scale. J. Chem. Ecology, 5 ; 891-900.
13. HEATH R.R., Mc LAUGHLIN J.R., TUMLINSON J.M., ASHLEY T.R. et DOOLITTLE R.E. (1979). Identification of the white peach scale sex pheromone. An illustration of micro-technics. J. Chem. Ecol., 5 ; 941-952.
14. NISHINO M. et TAKAGI K. (1981). Parasites of Unaspis yanonensis (KUWANA) introduced from the People's Republic of China. Plant protection, 35 ; 253-256 (en Japonais).
15. ROELOFS W., GIELSELMANN M., CARDE A., TASHIRO H., MORENO D.S., HENRICK C.A. et ANDERSON R.J. (1978). Identification of the California Red Scale sex pheromone. J. Chem. Ecol., 4 ; 211-224.
16. TACHIKAWA T. (1981). Rediscovery of Physcus fulvus COMPERE et ANNECKE from Szechwan, China. Shikoku Ent. Soc., 15 (3-4), 179-181.
17. TASHIRO H. et CHAMBERS D.L. (1967). Reproduction in the California red scale, Aonidiella aurantii (Homoptera, Diaspididae). I. Discovery and extraction of a female sex pheromone. Ann. Ent. Soc. Amer. 60 (6) ; 1166-1170.



## Summary of the Studies and Works Carried out in the Framework of the Programme on Integrated Control in Citrus Fruit Groves against Aleurodes and Lecaninae and Pseudococcinae Scale-Insects

J.C. Onillon (1), A. Panis (2), P. Brun (3)

(1) Zoology Station, CNRA, Versailles (France)

(2) INRA - E. Biliotti Biological Control Station, Valbonne (France)

(3) Agronomical Research Station San Giuliano, San Nicolao (France)

### Summary

These works bear on two groups of most important pests found in lemon groves, the Aleurodes as well as Lecanines and Pseudococcines cochineals. The close aspects of their biology enable us to define a common methodology.

Indeed it may be admitted that the tests having the purpose of enriching a parasitatory or predatory fauna are specific of the target being aimed at ( Aleurodes : Aleurothrixus floccosus, Dialeurodes citri ; Cochineals : Saissetia Oleae, Pseudococcus maritimus ) even of a sensible stage defined within the stages which may be potentially attacked by pests ( Cales noacki attacks the last three larva stages of F. Floccosus, while Amitus spiniferus lays its eggs only in the larvae of the Aleurode first stage ; similarly Metaphycus helvolus concentrates its eggs deposition in the elder L2 of S. oleae, whereas Metaphycus bartletti prefers the third stage larvae and the young females of the cochineals.

It is quite different for all works aiming at :

- precisising the dynamics of pests populations
- defining the nocivity thresholds in relation to harvest qualitative depreciation.
- quantifying the impact of a specific chemical treatment, aphicide or acaricide, on the whole useful insect fauna, works for which it is compulsory to define a global methodology which would take into account the conditions of colonisation of the layers of the receiving plant, the interactions of different types between pests entailing phenomenums of competition or of preferential mortality, or the synergy of honey-dew deposits of various origin in the constitution of fumagine ( parasitary leaf disease).

### COMPTE RENDU DES ETUDES ET TRAVAUX MENES DANS LE CADRE DU PROGRAMME

#### LUTTE INTEGREE EN AGRUMICULTURE CONTRE LES ALEURODES ET LES

#### COCHENILLES LECANINES ET PSEUDOCOCCINES

### Résumé

Ces travaux portent sur deux groupes de ravageurs citricoles majeurs, les Aleurodes et les Cochenilles Lécanines et Pseudococcines, dont certains points voisins de la biologie sont susceptibles d'autoriser la définition d'une méthodologie commune.

En effet l'on peut admettre que les essais d'enrichissement d'une faune parasitaire ou prédatrice sont spécifiques de la cible visée (Aleurodes : Aleurothrixus floccosus, Dialeurodes citri ; Cochenilles : Saissetia oleae, Pseudococcus maritimus) voire d'un stade sensible défini à l'intérieur des stades potentiellement parasitables. (Cales noacki attaque les trois derniers stades larvaires d'A. floccosus alors qu'Amitus spiniferus ne dépose ses oeufs que dans les larves du premier stade de l'aleurode ; de même Metaphycus helvolus concentre sa ponte dans les L<sub>2</sub> âgées de S. oleae alors que Metaphycus bartletti préfère les larves du troisième stade et les jeunes femelles de la cochenille).

Il en est tout autrement pour l'ensemble des travaux visant à :

- préciser la dynamique des populations de ravageurs
- définir les seuils de nuisibilité en relation avec la dépréciation qualitative de la récolte
- quantifier l'impact d'un traitement chimique spécifique, aphicide ou acaricide, sur l'ensemble de l'entomofaune utile, travaux pour lesquels une méthodologie globale prenant en compte les modalités de colonisation des strates de la plante hôte, les interactions de différent type entre ravageurs entraînant des phénomènes de compétition ou de mortalité préférentielle ou la synergie des dépôts de miellat d'origine variée dans la constitution de la fumagine, doit être impérativement définie.

## I. EVOLUTION DES POPULATIONS DE RAVAGEURS

### A) Dynamique des populations d'Aleurodes

#### - Aleurothrixus floccosus

La dynamique de ce ravageur a été précisée de façon exhaustive lors des études réalisées dans les Alpes Maritimes de 1969 à 1976, sur le contrôle biologique exercé par Cales noacki.

Le schéma général de l'évolution des populations d'A. floccosus en Corse est identique à celui observé sur la côte d'Azur avec 5 à 6 générations annuelles et une colonisation successive des différentes poussées de sève mais suite à l'introduction de C. noacki en Corse dans la région d'Ajaccio et la dissémination naturelle de l'entomophage dans le reste de l'île, le niveau des populations de l'aleurode floconneux reste excessivement bas. Le très faible pourcentage de feuilles de clémentiniers présentant des stades vivants d'A. floccosus au début de l'été (2 - 5 % de feuilles présentant des stades larvaires) exclut que l'on puisse suivre avec précision la dynamique des populations de ce ravageur du mois d'avril au mois de juillet. Les contaminations

importantes observées à l'automne certaines années après de fortes températures estivales sont identiques à ce qui a été analysé sur la côte d'Azur et relève maintenant au niveau de la Corse, d'un enrichissement de la faune parasitaire.

#### - Dialeurodes citri

L'analyse de l'évolution des populations de Dialeurodes citri a été réalisée en comparant l'évolution du ravageur sur bigaradiers dans les Alpes Maritimes et sur citronniers en Corse. Deux générations très nettes et bien séparées sont aisément discernables avec un niveau des populations du ravageur parfaitement corrélié avec la surface disponible offerte par la plante-hôte. Bigaradier et clémentinier à forte poussée de sève printanière présentent tout au long de l'année et pour les deux générations annuelles des densités élevées.

Les données obtenues au cours des prélèvements de décembre 1980 à 1983 juste avant la récolte montrent que 90 % de la population larvaire de D. citri est présente sur les feuilles de la première poussée de sève. Seuls quelques clémentiniers, situés dans des zones particulières et ayant présenté une seconde voire une troisième poussée de sève précoce et importante en surface foliaire sont lourdement contaminés.

Une évolution identique est observée dans la composition qualitative de la population en cours d'hiver ( $L_2$  : 5 %,  $L_3$  : 48 %,  $L_4$  : 46 %) pour les quatre années étudiées.

En avril l'essentiel de la population est constitué par les larves du dernier stade (81 %) les larves du troisième stade ne représentant que 15 à 18 % de la population et les toutes premières nymphes n'apparaissent qu'à la mi-avril.

La mortalité larvaire observée en cours d'hiver (de novembre à mars) atteint bon an mal an 80 à 90 %.

Ces résultats proviennent d'analyses ponctuelles après chaque échantillonnage, l'analyse globale des résultats sur les quatre saisons n'étant pas encore réalisée pour des raisons de stockage des données.

#### B) Dynamique des populations de Cochenilles

##### - Saissetia oleae

Les données issues des mêmes échantillonnages qui ont servi pour la définition d'une méthodologie commune d'étude D. citri - S. oleae montrent qu'en décembre 85 à 90 % de la population de la cochenille est présente sur feuilles et constituée presque exclusivement de larves des deux premiers stades ( $L_1 + L_2 =$

95 - 98 %) de la population.

En avril par contre la population de S. oleae sur feuilles et sur rameaux est sensiblement identique, certaines distortions dans cette répartition provenant de la diversité des conditions hivernales et d'une mobilité, au cours du mois d'avril, de la date d'échantillonnage sur les quarante arbres de la parcelle de référence. A cette époque de l'année, la population de S. oleae sur feuille est constituée dans sa majorité (50 à 60 %) par les larves du troisième stade, les larves du second stade et les jeunes femelles représentant respectivement 15 à 20 % de la population.

Le tableau ci-dessous donne la répartition de la population de Saissetia oleae entre feuilles et rameaux en cours d'année.

Tableau I - Répartition générale sous le climat de corse orientale, d'une population de Saissetia oleae entre feuilles et rameaux d'oranger doux, peu avant migration jusqu'à la fin de la migration vers les rameaux.

<u>Dates</u>	<u>Pourcentages sur feuilles</u>	<u>Pourcentages sur rameaux</u>
mi-janvier	80 à 85	15 à 20
mi-février	60 à 65	35 à 40
mi-mars	60 à 65	35 à 40
début avril	50 à 55	45 à 50
fin avril	40 à 45	55 à 60
début mai	35 à 40	60 à 65
fin mai	0 à 5	95 à 100

Explication biologiques sur la migration des feuilles vers les rameaux.

De juillet à fin septembre, les effectifs relatifs changent perpétuellement, selon les proportions entre larves mobiles (venant d'éclore) et larves de 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> stade (issues des premières éclosions juin-juillet). Vers fin septembre, la plus grande partie se trouve sur feuille (très variable entre 100 et 85 %). D'octobre à décembre, la population foliaire diminue lentement (de 100-85 % à 80-85 %) dû à la présence des premières larves 2<sup>e</sup> stade âgées et quelques 3<sup>e</sup> stade parfois (rameaux fructifères) . En décembre-janvier, la proportion reste constante (feuille/rameau). A partir de février-mars, le moindre radoucissement du climat provoque un passage de L<sub>1</sub> retardataires en L<sub>2</sub> et de quelques L<sub>2</sub> en L<sub>3</sub> . De début avril à fin mai, s'effectue la migration réellement importante de l'année. Le passage de feuille sur rameau en hiver (notamment janvier puis février-mars) correspond à une infime génération arriv en fin L<sub>2</sub> ou en L<sub>2</sub> âgée et à autre génération un peu plus élevée. Il s'agit de deux générations partielles, négligeables par rapport à la génération annue



qui les masque. Cette génération principale migre d'avril à mai.

Généralement donc, ce sont les L<sub>2</sub> âgées qui migrent si le climat le permet (la reprise d'activité peut s'observer au fait que du miellat est rejeté à nouveau en quantité notable). Cependant, il reste toujours un résidu de L<sub>2</sub> (parfois au delà de ce stade) sur feuille en mars-avril, qui ne migrera pas ultérieurement. Il s'agit bien souvent d'individus qui meurent (mais cela n'est pas le cas pour la totalité du résidu sur feuille). De même, les individus L<sub>1</sub> âgées sur feuille (comme sur rameau d'ailleurs) qui devraient normalement muer en L<sub>2</sub> au cours de la fin d'automne et en hiver, sont bien souvent destinés à mourir en L<sub>1</sub> âgées ou en jeunes L<sub>2</sub> durant l'hiver et le printemps.

- Cochenilles farineuses (Pseudococcidae)

En 1980-1982, le verger-pilote de San Giuliano a subi une gradation de population d'un ravageur relativement secondaire des agrumes dans le Bassin Méditerranéen : Pseudococcus calceolariae Maskell. Les infestations sont apparues simultanément dans plusieurs secteurs de la plaine orientale de la Corse. Nous avons remarqué la présence de cette espèce dans l'Ile, dès 1972. Elle n'avait jamais commis de dégâts d'intérêt économique jusque là. Sa biocénose parasitaire est assez semblable à celle de la cochenille sur la Côte d'Azur (3); en ce sens que le chalcidien encyrtide Tetracnemoidea peregrina Compere est prédominant et joue habituellement un rôle régulateur indéniable et particulièrement efficace pour éviter toute pullulation. L'évolution des dégâts n'a pas été suivie et l'on sait seulement que la pullulation a cessé relativement vite en 1983.

Le verger-pilote a subi un accroissement de fumagine au cours des années 1980-1982, dû à P. calceolariae, venant s'ajouter à celle de Dialeurodes citri et de Saissetia oleae, insectes faisant l'objet d'une étude quantitative sur le seuil de risque de dégât commercial sur clémentinier corse. Le maximum de fumagine due à la cochenille farineuse se situerait à l'automne 1981 et les échantillonnages effectués pendant la pullulation tiennent compte des effectifs d'individus sur rameaux fructifères. Ces dénombrements permettent de conclure que l'impact de P. calceolariae sur les arbres non traités chimiquement depuis un an environ (absence d'intervention contre les cochenilles et aleurodes en 1981), a été nettement plus faible au moment de la récolte que dans les secteurs agrumicoles corses traditionnellement traités au cours de la même période.

De 1978 à la fin de 1983, Pseudococcus maritimus Ehrhorn, espèce

nouvelle sur Citrus en France, a causé de sérieux dégâts dans les Alpes-Maritimes et dans le Var (2). Ceux-ci ne paraissent pas devoir s'arrêter dans l'année à venir. Cette espèce est favorisée par l'humidité et s'observe régulièrement en verger industriel de clémentinier. L'irrigation pas aspersion sur la partie haute de la frondaison, ou des arbres adultes très touffus près de la mer et dans les îles côtières, accroît considérablement la multiplication estivale et automnale. Certaines années, 3 pulvérisations d'insecticide organo-phosphoré entre le printemps et l'automne, ne suppriment pas totalement les dégâts sur les fruits. Le contrat CCE a donc été étendu à cette question phytosanitaire, en dehors du verger-pilote corse. L'étude a porté essentiellement sur le comportement, la distribution spatiale et saisonnière, et sur le cycle biologique de cette cochenille. Elle se poursuit encore afin de guider le mode de lutte chimique dans l'immédiat, puis son aménagement avec insection d'un moyen biologique ultérieurement, dans la mesure où les dégâts persisteraient et où le souhait des agriculteurs serait d'utiliser des insectes entomophages comme cela semble se préciser.

## II. RENFORCEMENT DE L'ENTOMOFAUNE UTILE

### A) Contre les Aleurodes

Contre A. floccosus et D. citri, aleurodes introduites de façon accidentelle respectivement en 1966 et 1945, aucun parasite indigène n'a pu être observé. La faune prédatrice locale, très diversifiée (cochenilles, chrysopes et anthorcorides) s'avérant incapable et d'assurer une régulation notable des ravageurs et de répondre à une augmentation de la densité des ravageurs. Un seul prédateur, la coccinelle Clithostetus arcuatus, prédatrice des oeufs d'aleurodes et plus spécialement de D. citri est capable d'exercer un certain contrôle lorsque les populations embryonnaires de D. citri sont faibles.

Dans le domaine de l'enrichissement de la faune parasitaire par acclimatation d'auxiliaires la situation est la suivante :

#### Parasites d'Aleurothrixus floccosus

Les populations d'A. floccosus sont naturellement bien contrôlées par Cales noacki dans le verger pilote de la station de San Giuliano où les interventions chimiques destinées à réduire des populations de ravageurs sont rares. Cependant lors des étés à températures estivales élevées, l'efficacité de C.no est considérablement freinée entraînant à l'automne une recrudescence des

populations d'A. floccosus. Ce phénomène qui a d'ailleurs été souvent observé et analysé sur la Côte d'Azur et en Espagne dans les vergers non ou peu traités, se trouve largement amplifié dans les plantations d'agrumes où la couverture chimique est importante du fait d'une élimination précoce de l'auxiliaire.

Des lâchers d'Amitus spiniferus, parasite larvaire d'A. floccosus et dont l'action complémentaire de C. noacki a pu être observé sur la Côte d'Azur se sont soldés, sur le sol Corse, par des échecs pour la seconde année consécutive. La raison qui raisonnablement peut être invoquée pour expliquer ces deux échecs successifs peut résider dans l'excellence du contrôle biologique exercé par C. noacki. En effet Cales noacki qui effectue un contrôle estival très précoce de l'aleurode transforme ce ravageur à générations chevauchantes en un ravageur à générations bien tranchées amenant une rupture dans la distribution temporelle des larves du premier stade d'A. floccosus seul stade sensible pour Amitus.

Une nouvelle stratégie de lâchers d'adultes d'A. spiniferus non pas basée comme les années précédentes sur de faibles apports précoces en saison, mais s'appuyant sur des lâchers plus nombreux en fin d'été là où les générations d'A. floccosus tendent à devenir chevauchantes, va être testée en 1984.

#### Parasites de Dialeurodes citri

La stratégie utilisée de concert dans la parcelle C<sub>4</sub> du verger de San Giuliano avait été de retarder au maximum une intervention biologique contre Dialeurodes citri afin de pouvoir suivre pendant trois ans l'évolution du taux de dépréciation qualitative de la récolte en relation avec l'augmentation des populations de D. citri. Cet objectif étant atteint et les résultats étant en cours de traitement plusieurs lâchers de Prospaltella lahorensis, parasite spécifique de D. citri vont être tentés dès le mois de juin-juillet 1984.

Ce parasite qui a été acclimaté dès 1973 sur la côte d'Azur effectue un contrôle moyen des populations de D. citri 25 - 30 % de larves parasitées à chaque génération de l'aleurode.

#### B) Contre les Cochenilles

##### Chalcidiens parasitoïdes de Saissetia oleae

Antérieurement au contrat CCE, l'introduction de nouveaux parasitoïdes, susceptibles de renforcer la biocénose parasitaire de S. oleae, a commencé en 1974 avec celle de l'encyrtide Metaphycus helvolus Compere (1). Cet insecte

entomophage s'est largement acclimaté dans la zone agrumicole de l'Ile, en verger et autour des vergers sur la végétation spontanée (maquis, riche en S. oleae sur diverses plantes et en hôtes de substitution).

Malgré les traitements insecticides, M. helvolus a toujours repeuplé les parcelles d'agrumes de San Giuliano où se trouve le verger-pilote de ces études sur contrat. Toutefois, ces dernières années, les stations-refuges de maquis ont considérablement régressé dans cette localité. Malgré ce changement dans l'agro-écosystème, M. helvolus s'est maintenu dans les cultures mais aucune étude quantifiée de sa place dans la biocénose n'a été entreprise depuis 1976.

Même si l'objectif prochain est l'aménagement d'une lutte chimique raisonnée contre les insectes citricoles de Corse, il était facile d'introduire d'autres chalcidiens parasites de la cochenille noire, S. oleae, susceptibles d'accroître le contrôle naturel de ce ravageur important dans l'Ile. En 1979, quatre espèces d'encyrtides ont été lâchées dans le verger-pilote : Metaphycus bartletti Annecke et Mynhardt, Metaphycus lounsturyi Howard, Metaphycus swirskii Annecke et Mynhardt, Diversinervus elegans Silvestri. Surtout en 1981, puis en 1982, un échantillonnage a permis de trouver M. bartletti en abondance (avec M. helvolus) dans le verger-pilote. Deux mois après le lâcher de 1979, un traitement à l'huile blanche en été semblait avoir fait disparaître les entomophages introduits. Aucune étude n'a été poursuivie sur ce sujet, ce qui ne permet aucune conclusion quant à la provenance des individus ayant repeuplé la parcelle de clémentinier par la suite. L'incidence de la lutte chimique sur les entomophages citricoles, notamment sur les parasites de la cochenille noire, devrait être entreprise avec profit dans ce type de verger industriel. Les observations effectuées dans les Alpes-Maritimes depuis 1982, montrent que trois pulvérisations entre le printemps et l'automne, contre une cochenille farineuse des Citr n'entrave pas l'immigration estivale de M. bartletti et de M. helvolus à partir de stations-refuges situées en milieu fortement anthropisé.

La poursuite d'études précises et quantitatives sur la dynamique des populations de chalcidiens, dont le rôle régulateur n'est pas toujours négligeable en verger commercial, sort du cadre du contrat CCE au cours duquel les recherches de lutte intégrée et de lutte biologique devaient s'orienter vers les buts plus importants dans l'immédiat.

#### Parasites de Pseudococcines

Depuis de nombreuses années, Pseudaphycus maculipennis Mercet, parasite indigène de Pseudococcus obscurus Essig (espèce très proche de P. maritimus)

est utilisé avec succès dans des cultures sous serre. Ces essais de lutte biologique ont été également couronnés de succès contre P. maritimus sur Citrus des bords de la Mer Noire, entre 1976 et 1980, où il a été introduit en provenance de la Côte d'Azur. En 1981, cet encyrtide parasite a été observé pour la première fois en verger des Alpes-Maritimes, où il persiste malgré les pulvérisations coccides estivales. Toutefois, son niveau de parasitisme baisse considérablement lorsque les interventions chimiques ont lieu à certaines dates. Il y a donc un ensemble de données initiales susceptibles d'un développement ultérieur de la lutte raisonnée contre ce nouveau ravageur citricole.

### III. APPROCHE DE LA DEFINITION DU SEUIL DE NUISIBILITE DE DIALEURODES CITRI ET DE SAISSETIA OLEAE.

Les conditions climatiques, culturelles et variétales en un lieu donné sont autant de facteurs de variation qui interdisent toute généralisation et utilisation hatives d'éléments précédemment définis dans un environnement différent. La définition et l'utilisation de la notion de seuil de nuisibilité n'échappent pas à cette règle dans la mesure où les caractéristiques de l'agrumiculture corse sont fondamentalement différentes, par la parcellisation, l'hétérogénéité variétale et microclimatique, des caractéristiques de l'agrumiculture des pays gros producteurs d'agrumes.

Au cours des quatre dernières années, des prélèvements exhaustifs communs pour l'estimation des densités de populations de Dialeurodes citri et de Saissetia oleae ont été réalisés sur une parcelle de 2 ha de clémentiniers entourée de brise-vents, surface et environnement assez typiques de l'agrumiculture corse. Plusieurs étapes ont du successivement être franchies pour parvenir à une hiérarchie et à une définition des contraintes spécifiques que pose la définition des seuils de nuisibilité de D. citri et S. oleae.

La méthodologie utilisée a déjà été largement présentée. Rappelons qu'elle est basée sur le dépouillement de rameaux ayant porté un fruit (avril) ou portant un fruit (décembre) prélevés sur les 4 orientations cardinales de clémentiniers répartis sur la parcelle de façon à avoir l'ensemble des conditions de proximité ou d'éloignement vis à vis des brise-vents. Le nombre d'individus de chaque stade pour chaque espèce de ravageur étudié (Aleurode ou Cochenille) est relié à la surface foliaire du support végétal porteur (feuille ou rameau).

Les notations de fumagine (appréciation de la diminution qualitative de la production) ont été réalisées d'une part sur 10 à 15 % des fruits de la

récolte totale et d'autre part sur chaque fruit porté par le rameau prélevé en décembre. Enfin pour certains clémentiniers ayant globalement une note caractéristique de l'échelle de notation (1, 2, 3, 4) la totalité des fruits a été examinée pour étudier la dispersion de l'intensité du dépôt de fumagine.

Un certain nombre de résultats partiels peuvent être avancés dans la mesure où ils proviennent d'analyses ponctuelles réalisées après chaque échantillonnage. Les résultats définitifs ne pourront être obtenus qu'après intégration de tous les paramètres autorisant la définition d'une tendance et la comparaison des années.

#### - Hétérogénéité spatiale de la plantation

Aussi bien pour D. citri que pour S. oleae, il n'a pas été possible de mettre en évidence une différence significative entre les orientations en fonction de l'époque des prélèvements. Par contre une différence très significative est observée entre les arbres aussi bien dans les densités de D. citri sur feuilles (DCF) de S. oleae sur feuilles (SOF) et sur rameaux (SOR).

Globalement les clémentiniers qui sont en position centrale dans le verger présentent des contaminations moyennes. Les infestations à la fois les plus lourdes et les plus faibles en aleurodes et en cochenilles sont observées près des brise-vents. En fonction de l'époque de prélèvement (avril, décembre) il semble que ce ne soient pas les mêmes brise-vents qui abritent les contaminations les plus lourdes en D. citri et en S. oleae attestant d'un effet probable des vents (l'analyse d'un fichier climatique est actuellement en cours). Il semble donc exclu, soit en décembre pour quantifier la dépréciation qualitative de la récolte, soit en avril pour esquisser une prévision des risques, de choisir dans le verger des arbres au hasard pour les prélèvements.

#### - Age des femelles et rameaux à prélever

La prise d'échantillons de la seconde poussée de sève ou pousse d'été n'apporte aucune information supplémentaire par rapport aux feuilles de la pousse printanière aussi bien pour D. citri que pour S. oleae. Si la composition qualitative de la population de chacun des deux ravageurs est la même sur les deux strates végétales, les effectifs des stades larvaires vivants sont dix fois plus importants sur les feuilles de la pousse de printemps.

Quant à la répartition de S. oleae sur les feuilles et rameaux en fonction de la saison, elle a été examinée précédemment.

Il est donc inutile, dans l'optique d'un prélèvement en automne destiné à connaître le risque à court terme représenté par D. citri et S. oleae sur la

récolte, de prélever des feuilles de la pousse d'été.

- Nombre d'échantillons à prélever

Au cours de l'année 1980, 160 rameaux avaient été prélevés en avril et 320 en décembre. L'augmentation du nombre de rameaux n'a pas apporté une augmentation notable de la précision compte tenu du surcroît nécessité par les dépouillements. Par la suite malgré des densités de S. oleae fluctuantes (les densités de D. citri sont toujours allé en croissant au cours des années) le nombre de rameaux échantillonnés a été maintenu à 1 rameau/exposition et par arbre.

Des analyses sont effectuées actuellement pour optimiser le nombre de rameaux à examiner et pour préciser si la prise au hasard ou le choix préférentiel de feuilles sur le rameau permettraient de réduire le temps d'observation aussi bien pour D. citri que pour S. oleae.

- Liaison densité de ravageur - dépréciation qualitative de la récolte

La liaison qui est établie à l'heure actuelle est la suivante :

. la note 4 (fruit recouvert de fumagine) est uniquement et directement reliée aux densités élevées de Dialeurodes citri supérieures à 200 larves/dm<sup>2</sup> de surface foliaire.

. la note 3 est associée aux contaminations moyennes de Dialeurodes citri et Saissetia oleae, c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} 40 \text{ larves/dm}^2 &< \underline{D. citri} < 200 \text{ larves/dm}^2 \\ 20 \text{ larves/dm}^2 &< \underline{S. oleae} < 50 \text{ larves/dm}^2 \end{aligned}$$

. la note 2 (fruit très légèrement ponctué de miellat ou traces de fumagine) est liée aux contaminations lourdes de S. oleae (> 50 larves/dm<sup>2</sup>) et faibles en D. citri (< 40 larves/dm<sup>2</sup>).

A l'heure actuelle, l'accroissement des populations de D. citri et l'extension de la note 4 à la récolte va permettre de préciser davantage les limites des seuils.

#### IV. CONCLUSIONS

De nombreuses analyses ponctuelles (analyse de variance, des correspondances) ont été réalisées après chaque échantillonnage et sur chaque ravageur. La poursuite des opérations dans le temps a montré que l'image ainsi obtenue des liaisons plante hôte-ravageur était figée mais permettait une analyse fine

de la situation à un moment donné. Il reste maintenant à analyser l'ensemble des données collectées en tenant compte du facteur temps et du facteur climat.

L'analyse globale des données ainsi collectées (10 - 12.000 feuilles et 40 à 50 m de rameaux par an) pose des problèmes qui sont à l'heure actuelle en cours de résolution. Il est vraisemblable alors que de nouveaux résultats sont susceptibles d'infirmes certains que nous présentons actuellement et qui n'ont que le désavantage d'être partiels.

#### REFERENCES

- BRUN P. et ONILLON J.C., 1978 - Dynamique du végétal et estimation des populations de ravageurs inféodés aux Citrus.  
Fruits, 33, 12, 807-810.
- ONILLON J.C., FRANCO E. et BRUN P., 1973 - Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'Homoptères inféodés aux Agrumes. I.2. Estimation de la surface des feuilles des principales espèces d'Agrumes cultivés en Corse.  
Fruits, 28 (1), 37-38.
- ONILLON J.C., ONILLON J. et BRUN P., 1975 - Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'Homoptères inféodés aux Agrumes. II.3. Premières observations sur l'évolution comparée des populations de Dialeurodes citri Ashm. (Homopt., Aleurodidae) en Corse et dans le Sud-Est de la France.  
Fruits, 30 (3), 167-172.
- ONILLON J.C., PANIS A., BRUN P., ONILLON J., FRANCO E. et MORRO J.P., 1981 - Recherches préliminaires à l'estimation du seuil de nuisibilité de Dialeurodes citri et Saissetia oleae en verger de clémentiniers "Standardisation de méthodologie biotechniques sur la lutte intégrée en agrumiculture"  
Eds. R. Cavalloro et R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 7342EN-FR-IT, 147-161.
- PANIS A., 1974 - Modalités de dispersion de Metaphycus helvolus Compere (Hymenopt Chalcidoidea, Encyrtidae) lâché en un point d'un verger d'agrumes.  
Bull. OILB/SROP 1974 (3), 131-134.
- PANIS A., 1980 - Dégâts de Coccidae et Pseudococcidae (Homoptera, Coccoidea) des Citrus en France et effets particuliers de quelques pesticides sur



l'entomocénose du verger.

Fruits, 35 (12), 779-782.

PANIS A., 1981 - Note sur quelques insectes auxiliaires régulateurs des populations de Pseudococcidae et de Coccidae (Homoptera, Coccoidea) des agrumes en Provence Orientale.

Fruits, 36 (1), 49-52.

#### Publications - Contract No. F-0701

BENASSY C., BIANCHI H. et BRUN P. (1981) Données préalables à la définition d'un seuil d'intervention chez *Lepidosaphes beckii* NEWM. - in C.R. Réunion experts C.C.E. "Standardisation de methodologies biotechniques sur la lutte intégrée en agrumiculture" San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro et R. Prota, EUR 7342 EN-FR-IT, 19-25

BENASSY C. et BIANCHI H. (1983) Sur l'évolution des populations de *Lepidosaphes beckii* NEWM. en présence de son parasite spécifique, *Aphytis lepidosaphes* COMP. - Fruits, 38 (2), 119-124

BENASSY C., BIANCHI H. et EINHORN J. (1983) Perspectives nouvelles dans la lutte menée contre la Cochenille du mûrier, *Pseudaulacaspis pentagona* en vergers de pêcheurs. Phytoma, Septembre-Octobre 1983, 28-30

BENASSY C., ONILLON J.C. et BRUN P. (1983) Integrated control against citrus pests in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 67-78

EINHORN J., BIANCHI H. et BENASSY C. (1983) Effets combinés de deux constituants phéromonaux sur le comportement sexuel des mâles d'une Cochenille Diaspine *Pseudaulacaspis pentagona* TARG. (*Homoptera: Diaspididae*). C.R. Acad. Sci. 296, 861-863

BENASSY C. et BIANCHI H. "in press" Elimination sélective des mâles chez les *Cochenilles Diaspines*: préalable aux études des phéromones sexuelles - Phytatrie-Phytopharmacie

EINHORN J. et BENASSY C. "in press" Mise en évidence de l'existence de composés secondaires dans la phéromone sexuelle de *Pseudaulacaspis pentagona* TARG. (*Homoptera, Diaspididae*)

EINHORN J., BIANCHI H., BEAUVAIS F. et BENASSY C. "in press" Premières données sur l'utilisation de la phéromone sexuelle de *Pseudaulacaspis pentagona* TARG. (*Homoptera: Diaspididae*)



## Integrated Control on Citrus Mealybug *Planococcus citri* Risso

V.Z. Alexandrakis

Institute of Subtropical Plants and Olive Tree, Chania, Crete (Greece)

### Summary

The undertaken Studies in Crete aimed at reducing the number of the applied chemical treatments against the main Citrus pest of the area, *Planococcus citri* RISSO. for this purpose, the populations dynamic, the biological characteristics and the distribution of the species in relation both of Citrus kind and microclimate on the tree were studied and the predators *Cryptolaemus montrouzieri* MULS and *Nephus reunioni* FURS were imported and reared in the insectary. These predators were released in two biotopes of the Chania county, having as goal the biological and Combined Control in connexion with Chemical Control and cultivating technics i.e pruning on the Navel variety of Orange and on Grape-fruit. In order to apply the Integrated Control on Citrus, the main of the rest entomological Pests of Citrus in Crete were studied at the same time, and especially the scales *Aonidiella aurantii* MASK and *Parlatoria zizyphus* LUCAS as well as the mite *Aculus pelekassi* KEIF. The dynamic of the population of these two scales was studied as well as their biological and ecological characteristics and parasitism. Especially on *A. aurantii* its sexual pheromone was used to monitor its populations. In relation to *A. pelekassi*, only the fluctuations of its populations were studied during 1982. The obtained results up to now showed that the use both of Chemical method and Cultivating technics on Citrus mealybug control, is able to reduce the number of Chemical treatments on Citrus.

### LUTTE INTEGREE CONTRE PLANOCOCCUS CITRI RISSO DES AGRUMES

#### Résumé

Divers essais ont été effectués les deux dernières années en Crète afin de diminuer le nombre des traitements chimiques appliqués actuellement contre le principal ravageur des Agrumes de la région, *Planococcus citri* RISSO. Dans le cadre de ce travail on a étudié la dynamique des populations, les caractéristiques biologiques et la distribution de l'Insecte en fonction de l'espèce des Agrumes et des microclimats existant dans l'arbre. Les prédateurs, *Cryptolaemus montrouzieri* MULS et *Nephus reunioni* FURS ont été importés et élevés à l'Insectarium et ils sont ensuite lâchés dans deux biotopes de Crète dans le cadre de la lutte biologique ou intégrée en utilisant aussi des méthodes culturales (taille) et chimiques sur oranger W. Navel et sur pamplemousse. Afin d'envisager la lutte intégrée en Agrumiculture, on a étudié parallèlement les autres ravageurs des Agrumes en Crète, soit les cochenilles Diaspines *Aonidiella aurantii* MASK et *Parlatoria zizyphus* LUCAS et l'acarien *Aculus pelekassi* KEIF. On a étudié la dynamique des populations, les caractéristiques bioécologiques et le parasitisme des deux

cochenilles Diaspines, tandis que pour A. pelekassi seules les fluctuations de ses populations en 1982 ont été mises en évidence. Les phéromones sexuelles ont été également utilisées pour suivre les populations d A. aurantii. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que l'utilisation des méthodes biologiques et des techniques culturales dans la lutte de P. citri peuvent diminuer le nombre des traitements chimiques pratiqués actuellement dans les vergers d Agrumes de Crète.

## ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ PLANOCOCCUS CITRI RISSO ΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μελέτες που αναλήφθηκαν στην Κρήτη, αποσκοπούσαν στην ελάττωση του αριθμού των εφαρμοζομένων ψεκασμών εναντίον του κυριωτέρου εχθρού των εσπεριδοειδών της περιοχής, του Planococcus citri RISSO. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε το δυναμικό των πληθυσμών, τα βιολογικά χαρακτηριστικά και η κατανομή του εντόμου ανάλογα με το είδος του εσπεριδοειδούς και το μικροκλίμα πάνω στο δένδρο, εισάχθηκαν και εκτράφηκαν στο εντομοτροφείο τα αρπακτικά Cryptolaemus montrouzieri MULS και Nephus reunioni FURS τα οποία εξαπολύθηκαν σε 2 βιοτόπους των Χανίων με σκοπό τη βιολογική και τη συνδυασμένη καταπολέμηση σε συνδυασμό με τη χημική και τις καλλιεργητικές φροντίδες (κλάδευμα), στην πορτοκαλιά W. Navel και το Γκρέιπ - Φρούτ. Με σκοπό την εφαρμογή της ολοκληρωμένης καταπολέμησης στα εσπεριδοειδή μελετήθηκαν παράλληλα οι κυριώτεροι από τους υπολοίπους εντομολογικούς εχθρούς των εσπεριδοειδών της Κρήτης, και ειδικότερα τα κοκκοειδή Aonidiella aurantii MASK και Parlatoria zizyphus LUCAS και το ακαρι Aculus pelekassi KEIF. Στα δύο πρώτα επισημάνθηκαν το δυναμικό των πληθυσμών, τα βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά και ο παρασιτισμός των. Ειδικότερα για το A. aurantii χρησιμοποιήθηκαν οι φερομόνες φύλου για την παρακολούθηση των πληθυσμών του, ενώ για το A. pelekassi μελετήθηκαν μόνον οι διακυμάνσεις των πληθυσμών του κατά το 1982. Τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν μέχρι σήμερα δείχνουν ότι η χρησιμοποίηση της βιολογικής μεθόδου και των καλλιεργητικών φροντίδων στην καταπολέμηση του ψευδοκόκκου μπορεί να ελαττώσει τον αριθμό των εφαρμοζομένων σήμερα στα εσπεριδοειδή ψεκασμών.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κυριώτερος εχθρός των εσπεριδοειδών στην Κρήτη είναι το κοκκοειδές Planococcus citri RISSO η Βαμβακάδα των εσπεριδοειδών. Είναι είδος σχεδόν κοσμοπολίτικο και βρίσκεται αρκετά διαδεδομένο σ' όλες τις περιοχές της γης με κλίμα τροπικό ή υποτροπικό. Μέσα σε θερμοκήπια βρίσκεται ακόμη και σε περιοχές ψυχρών κλιμάτων. Προσβάλλει εκτός των εσπεριδοειδών και πολλά άλλα φυτά είτε στο ύπαιθρο είτε στα θερμοκήπια. Έχει γενικά 3-4 γενιές που μπορούν να φθάσουν σε θερμές περιοχές μέχρι 5. Πολλαπλασιάζεται πολύ και καταλαμβάνει τους καρπούς, τα φύλλα και τους κλάδους. Γενικά διαχειμάζει υπό μορφή νυμφών ή τελείων σε διάφορα καταφύγια στο δένδρο ή παραπλήσια βλάστηση. Οι ζημιές που προκαλεί είναι σημαντικές λόγω της απομυζήσεως των χυμών, της



τους ανά πειραματικό δένδρο το 1982 και σε 12 το 1983.

Η βιολογία του P.citri μελετήθηκε σε τρεις διαφορετικούς βιοτόπους

- Στα Ψυγεία σε πορτοκαλιά και μανταρινιά με δειγματοληψίες ανά 15νθήμερο 4 καρπών ανά δένδρο σε 8 δένδρα πορτοκαλιάς και 8 μανταρινιάς.
- Στους Αρμένους 22Km ανατολικά των Χανίων σε 8 δένδρα πορτοκαλιάς παίρνοντας 4 καρπούς ανά δένδρο κάθε μήνα και
- Στον Αλικιανό 15Km ΝΔ των Χανίων όπου παίρναμε 50 καρπούς πορτοκαλιάς κάθε μήνα

Για τη μελέτη της κατανομής του P.citri ανάλογα με τη διεύθυνση παίρναμε 2 καρπούς από κάθε διεύθυνση σε 8 πορτοκαλιές και 8 μανταρινιές σ' ολη την περίοδο που υπήρχαν καρποί στα δένδρα. Η κατανομή στην κορυφή το εξωτερικό και το εσωτερικό της κόμης μελετήθηκε ξεχωριστά σε 10 δένδρα-επαναλήψεις πορτοκαλιάς και 10 μανταρινιάς του ίδιου πειραματικού εσπεριδοειδώνα.

Η εκτροφή των αρπακτικών του ψευδοκόκκου γινόταν σε καρπούς κολοκυθιάς η φυτρωμένους κονδύλους πατάτας στο Εντομοτροφείο Χανίων. Τα αρπακτικά εξαπολύονταν στο στάδιο του τελείου, στους πειραματικούς των Αρμένων και του Αλικιανού, από το μήνα Μάιο μέχρι και τα μέσα του Φθινοπώρου.

Για τα τεμάχια της χημικής καταπολέμησης στον Αλικιανό χρησιμοποιήθηκαν το 1982 τα εντομοκτόνα Phosmet (Imidan), Carbo-sulfan (Marshal), Mecarbam (Morfotox) και Basf 770 στις δόσεις 120, 250, 150, 150 και 150 cc σκευάσματος στα 100 λίτρα νερού. Το 1983 η χημική καταπολέμηση στον Αλικιανό έγινε σ' όλα τα τεμάχια με Mecarbam. Οι ψεκασμοί έγιναν στις 10-6-82 και στις 1-6-83. Τα υπόλοιπα τεμάχια δέχθηκαν το 1982 τα αρπακτικά σε 5 επαναλήψεις και το 1983 το κλάδευμα, τα αρπακτικά και το συνδιασμό των σε 3 επαναλήψεις.

Στον πειραματικό Χημικής καταπολέμησης των Αρμένων χρησιμοποιήθηκαν τα εντομοκτόνα Morfotox, Ultracid, Trimidan και Dursban (Chloropyrifos) σε δόσεις 150, 150, 200 και 150 cc σκευάσματος στα 100 λίτρα νερού. Οι ψεκασμοί έγιναν στις 10-6-82 και στις 1-6-83.

Στον πειραματικό συγκρίσεως χημικής και βιολογικής καταπολέμησης σε Grape-fruit στους Αρμένους τα τεμάχια I και III δέχθηκαν τη βιολογική καταπολέμηση ενώ το II τη χημική με Morfotox στις 31 /5 και στις 29/6/1983. Στο τεμάχιο III εξαπολύθηκε διπλάσιος αριθμός αρπακτικών ανά δένδρο απ' ό,τι στο τεμάχιο I.

Η βιοοικολογία του A. aurantii μελετήθηκε στον πειραματικό λεμονιάς του Γαλατά (5 Km Δυτικά των Χανίων) με εβδομαδιαίες παρατηρήσεις. Στον ίδιο εσπεριδοειδώνα χρησιμοποιήθηκαν οι φερομόνες φύλου του κοκκοειδούς σε παγίδες και καψούλες του οίκου ZOECON τύπου Pheroson Tent Trap. Η καταμέτρηση των αρσενικών του A.aurantii στις παγίδες γινόταν κάθε εβδομάδα.

Η βιοοικολογία του P. zizyphus μελετήθηκε στον πειραματικό Ψυγείων με κανονικές ανά 15νθήμερο δειγματοληψίες φύλλων και καρπών μανταρινιάς και πορτοκαλιάς. Ειδικά για την κατανομή του εντόμου σ' επίπεδο κόμης δένδρου έγιναν συμπληρωματικές δειγματοληψίες.

Η παρακολούθηση των πληθυσμών του A. pelekassi γινόταν με κανονικές ανά 15νθήμερο δειγματοληψίες φύλλων και καρπών πορτοκαλιάς στα Νεροκούρου (5 Km Νότια των Χανίων).

Τέλος, στις αναλύσεις των δεδομένων, η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με τον έλεγχο DUNCAN στις περισσότερες περιπτώσεις

### 3. προσπάθεια εκτιμήσεως των ζημιών του P.citri

Η χρησιμοποίηση των 4 κλάσεων προσβολής για την εκτίμηση της επιδράσεως του P.citri στα χαρακτηριστικά της πορτοκαλιάς δεν έδειξε καμιά επίδραση του κοκκοειδούς στην καρπόδεση, καρπόπτωση (πρώιμη η όψιμη), την φυλλόπτωση η το μήκος της ετήσιας βλάστησης. Οι ζημιές περιορίστηκαν και τα δύο χρόνια των παρατηρήσεων μας μόνο σε ποιοτικές δηλ. στην εμφάνιση καπνιάς στους καρπούς. (πίνακες I και II).

Πίνακας I. Επίδραση διαφόρων κλάσεων Προσβολής του P.citri στην παραγωγή της πορτοκαλιάς (Παρατηρήσεις 1982)

Κλάση Προσβολής	Αρ.ατόμων P.citri/καρπό	Καρπόδεση %	Καρπόπτωση νέων καρπων	Τελική καρπόπτωση %	Φυλλόπτωση %
I	2,57 (1)	11.36 <sup>2</sup>	69.13 (3)	92.27 <sup>4</sup>	14.22
II	7,14	10.76	68.96	92.83	20.87
III	10,14	24.24	31.03	93.33	15.91
IV	11,78	9.61	70.23	93.46	9.94

(1) Μέσος ορος 7 επαναλήψεων δένδρων X 4 καρπούς / δένδρο X δειγματοληψίες από 17/6/82 μέχρι 30/12/82

(2) Μέσος ορος 7 επαναλήψεων - δένδρων X 6 βλαστοί / δένδρο ( παρατηρήσεις την 11-5-82 και την 13-7-82)

(3) Παρατηρήσεις την 15/6/82 και την 13/7/82

(4) " την 11-5-82 (άνθη) και 30-12-82 (καρποί)

Πίνακας II. Επίδραση διαφόρων κλάσεων προσβολής του P.citri στην παραγωγή της πορτοκαλιάς (Παρατηρήσεις περιόδου 1983)

Κλάση Προσβολής	Αρ.ατόμων P.citri/καρπό	Καρπόδεση %	Καρπόπτωση νεαρών καρπων	Καρπόπτωση % ανεπτυγμένων καρπων
I	1,48 (1)	12,06 (2)	25.84 (3)	28,08 (4)
II	2,94	13,20	18,68	31,86
III	3,87	9,57	17,50	27,75
IV	4,01	12,46	22,72	29,54

(1) Μέσος ορος 7 επαναλήψεων - δένδρων X 4 καρποί / δένδρο. X 7 δειγματοληψίες από 17-6-83 μέχρι 22-9-83

(2) μέσος όρος 7 επαναλήψεων-δένδρων X 10 βλαστοί / δένδρο ( παρατηρήσεις την 20/4/83 και την 17/6/83

(3) Παρατηρήσεις την 17/6/83 και 19/7/83

(4) Καρπόπτωση από 17/6/83 μέχρι 22/9/83.

Οι μεγάλες φθινοπωρινές καρποπτώσεις που παρατηρήθηκαν σε προσβεβλημένα Grape-fruit και τα δύο χρόνια των παρατηρήσεων δεν μπορούν να αποδοθούν με βεβαιότητα στις ισχυρές προσβολές από το έντομο επειδή ο Πειραματικός των Αρμένων στον οποίο παρατηρήθηκαν αυτές οι καρποπτώσεις παρουσιάζει τροφopenία Βορίου που μπορεί να προκαλέσει τέτοιες καρποπτώσεις.

Επίσης, η ετήσια αύξηση των επενδύσεων στην υγεία και στην εκπαίδευση είναι σημαντική, με την υγεία να αυξάνεται κατά 1,3% και η εκπαίδευση κατά 1,1% το έτος. Η αύξηση των επενδύσεων στην υγεία οφείλεται κυρίως στην αύξηση των δαπανών για την πρωτοβάθμια περίθαλψη, ενώ η αύξηση στην εκπαίδευση οφείλεται στην αύξηση των δαπανών για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Η αύξηση των επενδύσεων στην υγεία και στην εκπαίδευση είναι σημαντική, με την υγεία να αυξάνεται κατά 1,3% και η εκπαίδευση κατά 1,1% το έτος. Η αύξηση των επενδύσεων στην υγεία οφείλεται κυρίως στην αύξηση των δαπανών για την πρωτοβάθμια περίθαλψη, ενώ η αύξηση στην εκπαίδευση οφείλεται στην αύξηση των δαπανών για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

5. Βιολογικά στοιχεία του P. citri

Η ανάπτυξη του P. citri είναι εξαρτημένη από την θερμοκρασία και την υγρασία. Η ανάπτυξη είναι γρήγορη σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 30°C, ενώ η επιβίωση είναι δυνατή σε θερμοκρασίες από 5°C έως 40°C. Η ανάπτυξη του P. citri είναι εξαρτημένη από την θερμοκρασία και την υγρασία. Η ανάπτυξη είναι γρήγορη σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 30°C, ενώ η επιβίωση είναι δυνατή σε θερμοκρασίες από 5°C έως 40°C.

Η ανάπτυξη του P. citri είναι εξαρτημένη από την θερμοκρασία και την υγρασία. Η ανάπτυξη είναι γρήγορη σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 30°C, ενώ η επιβίωση είναι δυνατή σε θερμοκρασίες από 5°C έως 40°C. Η ανάπτυξη του P. citri είναι εξαρτημένη από την θερμοκρασία και την υγρασία. Η ανάπτυξη είναι γρήγορη σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 30°C, ενώ η επιβίωση είναι δυνατή σε θερμοκρασίες από 5°C έως 40°C.

4. Ανταμικωτικά παρασκευάσματα του P. citri

Η αντιμετώπιση του P. citri μπορεί να γίνει με τη χρήση αντιμυκητικών παρασκευασμάτων. Τα αντιμυκητικά παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση του P. citri είναι:



των ωών του Χειμώνα σε θηλυκά κατά ωτοκίαν κατά τα τον Απρίλιο-Μάιο που θα δώσουν γέννηση στις πρώτες προσβολές των καρπών κατά τις αρχές του Καλοκαιριού.

Την εποχή αυτή (Τέλη Μαΐου) ο κάλυκας δεν έχει έρθει ακόμα σε επαφή με τον καρπό. Από απόψεως οικονομικής σημασίας η γενιά αυτή θεωρείται η σημαντικότερη.

#### 6. Κατανομή του *P.citri* σε επίπεδα δένδρου και ανάλογα με το είδος του εσπεριδοειδούς

Το *P.citri* προτιμά γενικά τα ολιγώτερο ηλιόλουστα μέρη της κόμης του δένδρου. Πράγματι το εσωτερικό της κόμης των δένδρων παρουσιάζει πληθυσμούς πυκνότερους εκείνης της εξωτερικής κόμης και της κορυφής των δένδρων της πορτοκαλιάς (πίνακας III). Ο αριθμός των καταμετρηθέντων ατόμων ανά καρπό είναι κατά μέσο ορο 3,5 φορές μεγαλύτερος στην εσωτερική και κατά 2,8 μεγαλύτερος στην εξωτερική κόμη των δένδρων απ'ότι στην κορυφή.

Πίνακας III. Κατανομή του *P.citri* σε διάφορες θέσεις του δένδρου και ανάλογα με τον ξενιστή

Θέση	Πορτοκαλιά		Μανταρινιά	
	ατομ/καρπ	θησιμ. %	ατομ/καρπ.	θησιμ. %
Κορυφή	1,87	15,41	0,12	10,41
Εξ. κόμη	5,25	4,83	0,40	0
Εσ. κόμη	6,57	21,03	0,60	0
Σύνολο	13,69	—	1,12	—
Εφαπτόμ.	16,30	5,82	32,7	6,25
Μή εφαπτόμ.	8,00	5,00	2,6	0

Συγκρίνοντας εφαπτόμενους και μη καρπούς διαπιστώνται στους εφαπτόμενους καρπούς της πορτοκαλιάς η πυκνότητα των πληθυσμών του κοκκοειδούς είναι διπλάσια από ότι στους μη εφαπτόμενους, ενώ στην μανταρινιά βρέθηκαν 12,5 φορές περισσότερα άτομα του *P.citri* στους εφαπτόμενους καρπούς απ'ότι στους μη εφαπτόμενους.

Από τη σύγκριση των δύο κυρίων ειδών εσπεριδοειδών που καλλιεργούνται στη Κρήτη η πορτοκαλιά προσβάλλεται πολύ περισσότερο απ'ότι η μανταρινιά. Μόνο στην περίπτωση των εφαπτομένων καρπών η μανταρινιά φιλοξενούσε μεγαλύτερους πληθυσμούς απ'ότι η πορτοκαλιά. Αυτό φαίνεται ότι είναι συνδεδεμένο με τα καταφύγια που είναι δυνατόν να προσφέρει το κάθε είδος στο έντομο. Στην μανταρινιά τα κοκκοειδή συγκεντρώνονται στο μοναδικό σχεδόν καταφύγιο που τους προσφέρεται από την επαφή των καρπών. Στην μανταρινιά εξ άλλου εφάπτονται συνήθως περισσότεροι του ενός καρπού.

Φαίνεται όμως ότι κατά την διάρκεια του έτους γίνονται μετακινήσεις των πληθυσμών του εντόμου από το ένα στο άλλο μέρος της κόμης του δένδρου. (είκόνα 6). Έτσι ενώ στις αρχές του καλοκαιριού και του φθινοπώρου ο Νότος που προσφέρει πιο ζεστό περιβάλλον φιλοξενεί μεγαλύτερες πυκνότητες των πληθυσμών του κοκκο

ειδούς, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού εμφανίζονται μεγαλύτερες πυκνότητες στο Βορρά που προσφέρει δροσερότερες συνθήκες. Αυτό είναι περισσότερο επίδραση της προτίμησης του εντόμου παρά μιας διαφορετικής θνησιμότητας που προκλήθηκε από δυσμενείς συνθήκες σ'ορισμένες από τις διευθύνσεις γιατί δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στο ποσοστό της θνησιμότητας από διεύθυνση σε διεύθυνση.

### 7. Χημική καταπολέμηση του *P.citri*

Συγκριτικές δοκιμές εντομοκτόνων έγιναν σε δύο πειραματικούς αγρούς το 1982, στους Αρμένους και Νεροκούρου Χανίων. Και στις δύο περιπτώσεις η προσβολή ήταν γενικά πολύ μικρή. Σ'όλα τα πειραματικά τεμάχια ο αριθμός των ατόμων του *P.citri* ανά καρπό ήταν μικρότερος του 2 εκτός από τον Μάρτυρα που ξεπέρασε τα 2 άτομα/ καρπό. Μεταξύ των εντομοκτόνων δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές. Ο Μάρτυρας διαφέρει σημαντικά με όλα τα εντομοκτόνα και στους δύο πειραματικούς. (πίνακας IV). Στον πρώτο πειραματικό τα λιγώτερα κοκκοειδή βρέθηκαν στην περίπτωση του Trimidan ενώ στο δεύτερο στην περίπτωση του Marshal.

Πίνακας IV .Ατομα του *P.citri*/ καρπό έπειτα από ψεκασμούς με εντομοκτόνα (Μέσος όρος 4 επαναλήψεων στους Αρμένους και 6 στα Νεροκούρου).

Α. ΑΡΜΕΝΟΙ		Β. ΝΕΡΟΚΟΥΡΟΥ	
Εντομοκτόνα	Ζ. άτομα του <i>P.citri</i> /καρπό	Εντομοκτόνα	Ζ. άτομα του <i>P.citri</i> / καρπό
Μorfotox	0,23 (α) (1)	Imidan	0,30 (α) (2)
Ultracid	0,87 (β)	Basf	0,15 (α)
Trimidan	0,18 (α)	Marshal	0 (α)
Dursban	0,43 (αβ)	Totac	1,35 (α)
Μάρτυρας	2,12 (γ)	Μάρτυρας	2,60 (β)

(1)  $F = 13,84$   $F_{0,05}$  για 4 και 12  $\beta. \epsilon = 3,26$ ,  $S\bar{x}$  Duncan = 4,191

(2)  $F = 5,68$   $F_{0,05}$  για 4 και 20  $\beta. \epsilon = 2,87$ ,  $S\bar{x}$  Duncan = 1,791

### 8. Βιολογική καταπολέμηση του *P.citri*

Για τα πειράματα της βιολογικής καταπολέμησης του *P.citri* εισάχθηκαν και εκτρέφθηκαν στο εντομοτροφείο του Ινστιτούτου Χανίων τα αρπακτικά *Cryptolaemus montrouzieri* MUSL (Coleoptera, coccinellidae) και *Nephus reunioni* FURS (col.scymnidae) από το Portici το πρώτο και από τις Antibes Γαλλίας το δεύτερο.

Οι πρώτες προσπάθειες μας αφορούσαν την μελέτη των βιολογικών χαρακτηριστικών του *C.montrouzieri* στο εργαστήριο αλλά και στη φύση.

Σε κονδύλους πατάτας που μολύνθηκαν τεχνητά στο εργαστήριο το αρπακτικό εξελίσσεται από το αυγό μέχρι την εμφάνιση του πρώτου τελείου θηλυκού σε  $27 \pm 2$  ημέρες. Η μέση διάρκεια κάθε σταδίου σε ημέρες φαίνεται στον (πίνακα V)

Στη φύση η μελέτη της εξέλιξης του αρπακτικού έγινε σε 4 βλαστούς επαναλήψεις που περιείχαν περισσότερους από 20 καρπούς ο καθ'ένας. Οι βλαστοί καλύφθηκαν με μουσελίνα και μολύνθηκαν με τέλεια του *C.montrouzieri*. Κάθε τρεις ημέρες συνελέγοντο 2 καρποί από κάθε βλαστό και εξετάζονταν στο εργαστήριο. Η μέση

διάρκεια του βιολογικού κύκλου του αρπακτικού στη φύση κατά το μήνα Αύγουστο βρέθηκε να είναι 30<sup>+</sup> 2. φαίνεται ότι το στάδιο

Πίνακας V. Διάρκεια σταδίων του C.montrouzieri στο εργαστήριο

Στάδιο εξέλιξης	Ημερομηνία	Διάρκεια (ημέρες)
Υόλυνση	12-16/8	
αυγό	16/8	1 à 4
L <sub>1</sub>	18/8	2
L <sub>2</sub>	24/8	6
L <sub>3</sub>	29/8	5
L <sub>4</sub>	1/9	3
Τέλειο	10/9	9

με την μικρότερη διάρκεια ζωής είναι το 1<sup>ο</sup> ενώ με τη μεγαλύτερη διάρκεια η νύμφη. Στη φύση διαπιστώθηκαν μεγάλες διακυμάνσεις της διάρκειας του ίδιου σταδίου. Έτσι η διάρκεια του 1ου σταδίου ποικίλλει από 2-12 ημέρες ενώ της νύμφης από 8-14 ημέρες.

Από προηγούμενα πειράματα μας βρέθηκε ότι ένα άτομο του C.montrouzieri αντιστοιχεί στην καταστροφή 70 περίπου ατόμων του P.citri όλων των σταδίων σε ένα διάστημα τριών μηνών κατά τους φθινοπωρινούς μήνες.

Ένα πείραμα βιολογικής καταπολεμήσεως του P.citri πραγματοποιήθηκε σε ένα εσπεριδοειδώνα στον Αλικιανό που περιείχε χίλια (1000) δένδρα της ποικιλίας W.navel. Εξαπολύθηκαν περί τις 5.000 τέλεια του C.montrouzieri. Παρατηρήθηκε σε αυτό τον πειραματικό, μια σημαντική πτώση των πληθυσμών από της ενάρξεως των εξαπολύσεων μέχρι την συγκομιδή (είκόνα 7). Έτσι ενώ τον μήνα Ιούλιο είχαμε μια μέση προσβολή 10 κοκκοειδών/καρπό κατά την συγκομιδή ήταν μόνο 1,6 άτομα ανά καρπό. Πλην όμως κατά τον μήνα Αύγουστο υπήρξε μια αύξηση των πληθυσμών του ψευδοκόκκου.

Για συγκριτική μελέτη της βιολογικής και της χημικής καταπολεμήσεως έγινε το 1982 στον Αλικιανό σε εσπεριδοειδώνα που περιείχε επίσης 1000 δένδρα της ποικιλίας W.navel. Πέντε πειραματικά τεμάχια των 100 δένδρων καθ ένα αποτέλεσαν το αντικείμενο της βιολογικής καταπολεμήσεως με εξαπολύσεις του C.montrouzieri και του N.reunioni ενώ άλλα 5 τεμάχια του ίδιου μεγέθους αποτέλεσαν τους μάρτυρες. (χημική)

Εξαπολύθηκαν συνολικά 800 άτομα του C.montrouzieri και 200 του N.reunioni ανά πειραματικό τεμάχιο. Κατά τον Αύγουστο του 1982 παρατηρήθηκε και εδώ μια αύξηση των πληθυσμών του P.citri πύ εφθασε τα 54,2 άτομα/καρπό στα τεμάχια της βιολογικής καταπολεμήσεως και τα 12,9 άτομα ανά καρπό στα τεμάχια της χημικής. Γενικά από αυτόν τον πειραματικό συμπεραίνεται (πίνακας VI).

- Στην αρχή του Καλοκαιριού οι πληθυσμοί στα τεμάχια που ψεκάστηκαν είναι γενικά μικρότεροι από ότι στα τεμάχια της βιολογικής καταπολεμήσεως. Εξαιρέση αποτελούν τα τεμάχια του Imidan.

- Και στα εντομοκτόνα και στη βιολογική καταπολέμηση παρατηρείται αύξηση των πληθυσμών κατά τους πρώτους θερινούς μήνες. Η αύξηση αυτή είναι πολύ σημαντικότερη στα τεμάχια της βιολογικής καταπολεμήσεως, πράγμα που σημαίνει ότι τα αρπακτικά δεν είναι δραστήρια κατά την εποχή αυτή.

- Κατά την περίοδο αυτή η αύξηση της πυκνότητας των πληθυσμών είναι μεγαλύτερη εφ' όσον υπολογίζονται στους πληθυσμούς

Πίνακας VI. Διακυμάνσεις των πληθυσμών του *Planococcus citri* έπειτα από ψεκασμούς με εντομοκτόνα η εξαπολύσεις αρπακτικών.

Περίπτωση	ατομ. P. citri ανά 10 καρ. μεταβ. %			ατομ. P. citri ανά 10 καρ. μεταβ. %		
	Ιούλ	Αύγ.		Αύγ.	Ιαν.	
με ωά Imidan	462	411	-11,04	411	85	-79,32
χωρ.ωά	210	235	+10,64	235	23	-90,21
με ωά Marshal	8	24	+66,67	24	603	+96,02
χωρ.ωά	8	24	+66,67	24	30	+20,00
με ωά Morfotox	2	1	-50,00	1	90	+98,90
χωρ.ωά	2	1	-50,00	1	29	+96,55
με ωά Ultracid	38	82	+53,66	82	69	-15,85
χωρ.ωά	0	41	+100	41	15	-63,41
με ωά BASF	1	48	+97,92	48	72	+33,33
χωρ.ωά	1	48	+97,92	48	6	-87,50
με ωά Σύν. εντομ.	511	566	+9,72	566	960	+38,48
χωρ.ωά	221	349	+36,68	349	103	-70,49
με ωά Βιολ. καταπ.	167,2	663	+74,78	663	109	-83,56
χωρ.ωά	35,8	505	+92,92	505	13,2	-97,39

και τα αυγά.

- Από τον Αύγ ύστο μέχρι την συγκομιδή παρατηρείται αύξηση του αριθμού των αυγών στα τεμάχια των εντομοκτόνων και σημαντική ελάττωση στα πειραματικά τεμάχια της βιολογικής καταπολέμησης (97%). φαίνεται ότι τα αρπακτικά είναι αποτελεσματικότερα αυτή την περίοδο. Οι πληθυσμοί των υπολοίπων σταδίων μειώνονται και στις δύο περιπτώσεις λόγω συνθηκών αλλά αυτή η μείωση είναι μεγαλύτερη στα τεμάχια της βιολογικής καταπολέμησης. Τα αυγά επομένως που θα διαχειμάσουν είναι πολύ περισσότερα στα τεμάχια της χημικής καταπολέμησης και αυτό πρέπει να έχει επίδραση στις προσβολές του επομένου έτους. Η αποτελεσματικότητα όμως του *C. montrouzieri* δεν θεωρείται ικανοποιητική λόγω των μεγίστων που παρουσιάζονται το μήνα Αύγουστο και που ξεπερνούν το όριο των δύο κοκκοειδών ανά κάλυκα καρπού.

Η απλή σύγκριση εντομοκτόνων και βιολογικών μέσων καταπολεμήσεως του P.citri επαναλείφθηκε το 1983 στους Αρμένους σ ένα εσπεριδοειδώνα που περιλάμβανε 800 περίπου Grape-fruit. Ο πειραματικός χωρίστηκε σε τρία τεμάχια. Στο τεμάχιο ΙΙ εφαρμόστηκε η χημική καταπολέμηση ενώ στα άλλα δύο εξαπολύθηκαν τα αρπαικτικά C. montrouzieri και N. reunioni. Υπολογίζεται ότι στο 1ο τεμάχιο εξαπολύθηκαν συνολικά 9 άτομα του C.montrouzieri και 4 άτομα του N. reunioni ανά δένδρο ενώ στο τρίτο 18 και 8 αντίστοιχα. Στις αρχές Σεπτεμβρίου στο 1ο τεμάχιο βρέθηκαν 51,3 ζώντα του P.citri / καρπό, στο 2ο 11,9 και στο 3ο 8,6. Κατά τις αρχές Οκτωβρίου βρέθηκαν 21,5, 4,6 και 4,4 άτομα/καρπό αντίστοιχα (εικόνα 8).

#### 9. Συνδιασμός διαφόρων μεθόδων καταπολεμήσεως του P.citri

Τα πειράματα που έγιναν το 1983 με τη χρησιμοποίηση χημικών βιολογικών και καλλιεργητικών μεθόδων καταπολεμήσεως του P.citri έδειξαν ότι ο συνδιασμός της δράσεως των αρπαικτικών C. montrouzieri και του N. reunioni με το κλάδευμα μπορούν να ελαττώσουν σημαντικά τις πυκνότητες των πληθυσμών του κοκκοειδούς κυρίως κατά τα τέλη του καλοκαιριού ή τις αρχές του φθινοπώρου (εικόνα 9).

Ετσι ενώ κατά τις 20 Αυγούστου οι πληθυσμοί στον Μάρτυρα και στα υπόλοιπα αφέκαστα τεμάχια είναι παραπλήσιοι, ένα μήνα αργότερα δηλ. στις 15 Σεπτεμβρίου 1983 ο μάρτυρας είχε σχεδόν διπλάσια προσβολή από εκείνη των τεμαχίων που δέχθηκαν το κλάδευμα και τα αρπαικτικά (896 και 497 άτομα στους 30 καρπούς αντίστοιχα) και πενταπλάσια των τεμαχίων της χημικής καταπολεμήσεως (181 άτομα / 30 καρπούς). Τα πειραματικά τεμάχια που δέχθηκαν μόνο τα αρπαικτικά είχαν μικρή διαφορά από τον μάρτυρα.

Κατά τον μήνα Οκτώβριο (20-10-83) η πτώση των πληθυσμών ήταν πολύ σημαντική στα τεμάχια που εφαρμόστηκε η βιολογική καταπολέμηση. Μετρήθηκαν 97 άτομα/30 καρπούς, έναντι 166 της χημικής, 168 του κλαδεύματος και της βιολογικής και 302 του μάρτυρα. Εδώ φαίνεται για άλλη μια φορά ακόμη η δράση του αρπαικτικού κατά τους φθινοπωρινούς μήνες.

#### 10. Μελέτη του Κοκκοειδούς Anidiella aurantii

Η πυκνότητα των πληθυσμών του A.aurantii παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Οι πρώτες εξάρσεις των πληθυσμών εντοπίζονται και στα δύο χρόνια των παρατηρήσεων μας κατά το μήνα Μάιο ενώ άλλα μέγιστα των πληθυσμών παρουσιάζονται κατά τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

Τρεις γενιές του κοκκοειδούς παρατηρούνται γενικά στις συνθήκες της Κρήτης. Η πρώτη μαζική αναπαραγωγή των εγκατεστημένων προνυμφών ( $L_1$ ) παρατηρείται από τις πρώτες ημέρες του Ιουνίου, η δεύτερη κατά τα τέλη του Αύγουστου και η τρίτη από τον Οκτώβριο και μέχρι το Νοέμβριο. Ειδικά για το 1982 φαίνεται ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του τελευταίου 10ημέρου του Νοεμβρίου ( $21^{\circ}\text{C}$  μέση ημερήσια θερμοκρασία) επέτρεψαν την εμφάνιση μιας τέταρτης γενιάς που εξελίχθηκε μέχρι το μήνα Μάιο του 1983. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την πλήρη αλληλοκάλυψη των γενιών κατά το 1983 (εικόνα 10). Η πρώτη μαζική εμφάνιση των κινουμένων παρατηρείται πάντοτε κατά τα τέλη Μαΐου ή αρχή Ιουνίου πράγμα που δικαιολογεί και την ύπαρξη μεγάλων ποσοστών των εγκατεστημένων προνυμφών 1ου σταδίου κατά τα μέσα του ίδιου μήνα. Ο παρασιτισμός του

Από τα μέχρι σήμερα στοιχεία στη βιοοικονομία των Κοκοει-  
 δων των εσπεριδοειδών αλλὰ και από προηγούμενα περιγράμματα μας  
 στην αντιμετώπιση της νόσου της Parlatoria zizyphus του Planio  
coccus citri. φαίνεται ότι για επέμβαση κατά τα τέλη Μαΐου-αρχές  
 Ιουνίου είναι απαραίτητη για τον έλεγχο των κοκοειδών αυτών.  
 Για τα είδη που έχουν εναπομείνει από την χημική καταπολέ-  
 ηση. Parlatoria zizyphus και Aspidiotiphagus citrinus GRAM που  
 βυθίζονται στον εναπομείναντα από την επεξεργασία των

13. Συμπεράσματα - συζήτηση

Από τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα μας φαίνεται ότι η πόση  
 αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών του αλλὰ και της πορτοκαλίδας εν-  
 τόνιζονται στο 30 Ιούνη του Απριλίου ως στο τέλος του καλοκαι-  
 ρίου. Τα αποτελέσματα των εναπομεινώντων από την αντιμετώπιση  
 του Parlatoria zizyphus και του Aspidiotiphagus citrinus GRAM  
 από την αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών του αλλὰ και της πορτοκα-  
 λίδας φαίνεται ότι η πόση αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών του  
 αλλὰ και της πορτοκαλίδας εντόνιζονται στο 30 Ιούνη του Απρι-  
 λίου ως στο τέλος του καλοκαιριού. Τα αποτελέσματα των εναπο-  
 μεινώντων από την αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών του αλλὰ και  
 της πορτοκαλίδας φαίνεται ότι η πόση αντιμετώπιση των εσπεριδοει-  
 δών του αλλὰ και της πορτοκαλίδας εντόνιζονται στο 30 Ιούνη του  
 Απριλίου ως στο τέλος του καλοκαιριού.

12. Διασπορά των πληθυσμών του Aculus delikassi

Σε όλη τη πορτοκαλίδας παρατηρείται μια μικρή αύξηση  
 της πυκνότητας των πληθυσμών του P. zizyphus από το 1982 μέχρι  
 το 1983. Ετσι κατά το πρώτο ετήσιο πείραμα του μήνα Απριλίου  
 1982 η πυκνότητα του κοκοειδούς ήταν 18,56 ζώα/κοκοειδής/  
 εναπομεινώντα από την επεξεργασία των εσπεριδοειδών του  
 αλλὰ και της πορτοκαλίδας (εικόνα 11). Η  
 αύξηση της πυκνότητας των πληθυσμών στα τέλη Μαΐου, εως  
 στην αρχή του Απριλίου του 1982 κατα-  
 μένει πολύ σημαντική. Ετσι εως τον Απριλίο του 1982 κατα-  
 μένει 35,70 (εικόνα 12).  
 Οι πρώτες ποσοτικές μετρήσεις έγιναν τον Απριλίο του  
 1982 και φαίνεται ότι η πόση αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών  
 του αλλὰ και της πορτοκαλίδας εντόνιζονται στο 30 Ιούνη του  
 Απριλίου.

11. Μέλη του κοκοειδούς Parlatoria zizyphus

Εντόμοι από το εντομοπαράσιτο Aphytis melinus DEBACH και το ενδο-  
 παράσιτο Comperiella difasciata Hovl δεν πρέπει να παύσουν σημαντική  
 ρόλο στην αντιμετώπιση του κοκοειδούς.  
 Η χρησιμοποίηση των εσπεριδοειδών αλλὰ του A. aurantii βελτιού-  
 νται μετά τις επεξεργασίες των εσπεριδοειδών και της επεξεργασίας των  
 εναπομεινώντων από την επεξεργασία των εσπεριδοειδών. Οι πρώτες  
 μετρήσεις έγιναν τον Απριλίο του 1982 και φαίνεται ότι η πόση  
 αντιμετώπιση των εσπεριδοειδών του αλλὰ και της πορτοκαλίδας εν-  
 τόνιζονται στο 30 Ιούνη του Απριλίου ως στο τέλος του καλοκαι-  
 ρίου.

Πίνακας VII Κατανομή του P.zizyphus

α) Ανάλογα με την επιφάνεια του φύλλου		Kομ/100cm <sup>2</sup>	Kομ/100cm <sup>2</sup>	%	%	β) Ανάλογα με το φύλλο (αρσ.η θηλ.)				%	%					
Αρ. κομ/128φύλλ	παλ vεα					θνησ. % παλ vεα	Πορτοκ.	Ανδ. κομ	Αρδ. κομ			%	θνησ. %			
1) Πορτοκ.	Ανω επιφ. 1124	65	31,93	43,07	παλ. φύλλ vεα φύλλ βλαστοί	20,39 1,85 0,42 0,91	31,97 43,07 80,02 25,64	Κάτω επιφ. 299	0	32,10	-	-	-	-	-	
	2) θνησιμ. %	45,65	50,32	48,31	52,76	Ματαρ. κομ. θνηση	214,12		37,36	21,42	10,66	77,19	88,55	32,36	30,81	37,99
1) Κομ/φύλλ	zωvταvδ vεκρδ σvυλo θηλvκιδ	5,97 2,80 8,77 3,86 4,70	1,58 0,75 2,33 1,21 1,17	6,18 4,10 10,28 5,32 4,79	2,24 0,93 3,17 1,55 1,57	εσωτ. κομ η κδρvση	171,62	31,17	48,00	48,00	48,00	48,00	32,36	30,81	37,99	29,25
	2) θνησιμ. %	45,65	50,32	48,31	52,76	Ματαρ. κομ. θνηση	214,12	37,36	21,42	10,66	77,19	88,55	32,36	30,81	37,99	29,25

αποτελεί το ποσοδικό παρόμοιο του P. zizyphus ελάχιστο συμβάλλει στη θνησιμότητα του κοκκοειδούς. Εξ άλλου τα δύο αρπαικικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τα τελέυτα 2 χρόνοια εναλλόν του Plano-coccus citri ελέχον τον πληθυσμό του κοκκοειδούς κατά το 2ο ήμισυ του καλοκαιρίου και το φθινόπωρο.

Είναι αποδεδειγμένο εξ άλλου ότι ένας ψεκασμός κατά τα τέ-λη Μαλου-αρχές Ιουνίου δεν είναι αρκετός τα περισσότερα χρόνοια να καταθροι τον πληθυσμό του κοκκοειδούς σ απεχτή επίεδα. Τα δύο αρπαικικά Cryptolaemus montrouzieri και Nephus rennioni που δοκιμάστηκαν τα δύο τελέυτα 2 χρόνοια ε αποτεύσαν κατά πvο βοικνιδόσην εναλλακτικά σ του 2ο η 3ο ψεκασμό που γύνο-νται σ ημερα εναλλόν του ψυδοκκινου, κατά τα τέλη του καλοκαι-ρίου - αρχές φθινόπωρου. Ένας ψεκασμός επόμεως με εναλλόνην κατά τα τέλη του Μαλου - αρχές Ιουνίου μπορεί να ελέχνη πάηρωσ τη κοκκννη και παρηψωσ και τα ακαρωσ και ημερικώς του ψυεδ-ο κοκοvνε κατά τη διάρκεια του καλοκαιρίου ο πέρταίρω ελέγχοσ του τελέυτα 2 χρόνοια ε αποτεύσαν κατά πvο βοικνιδόσην εναλλόνην ελέχον τον 2ο η 3ο ψεκασμό του 2ου ήμισυ του καλοκαιρίου και το φθινόπωρο.

Πίνακας VIII. Κατανομή του *P.zizip<sup>hus</sup>* ανάλογα με τη διεύθυνση στην κόμη του δένδρου (άτομα στα 16 φύλλα= 8 δένδρα X 2 φύλλα / διεύθυνση)

Δ/υση	Ατομα / 16 φύλλα (1)	Θνησιμότητα %
E	84,33 (α) (2)	36,18
W	52,50 (β)	40,30
N	91,28 (α)	39,04
S	73,50 (αβ)	40,76

(1) Μέσος όρος 18 επαναλήψεων - δειγματοληψιών από 4-1-1982 μέχρι 30-11-1982

(2) F 3,19 , F<sub>0,05</sub> για 3 και 51 β.ε= 2,79, S<sub>X</sub> DUNCAN = 9,48

από αέρος ψεκασμούς που εκτελούνται κανονικά εναντίον του δάκου της ελιάς.

#### REFERENCES

- ALEXANDRAKIS V. 1980.- Essai d'appréciation des dégâts provoqués sur oranger en Crète par la présence d *Aonidiella aurantii* (MASK) (Hom. Diaspididae).Fruits-Vol.35 , no 9 , 1980 , 555 - 560
- ALEXANDRAKIS V et BENASSY C 1981. Essai de lutte biologique sur olivier en Crète par utilisation d *Aphytis melinus* DeBach (Hym.Aphelinidae) parasite d *Aspidiotus nerii* BOUCHE (Hom.Diaspididae).Acta Oecol Oecol.Applic.1981,vol.2,n<sup>o</sup> 1 , 13-25
- BODENHEIMER (F.S).1951.- Citrus entomology,W.Junk Ed.S.Gravenhague,663 p.
- PANIS A.1978.Modalités d'emploi des auxiliaires Contre les Cochenilles farineuses et lécanines.L<sub>4</sub> AGRO - B.T.I 1978,323-333
- VIGGIANI G.1975.- La lutte Intégrée dans les vergers d Agrumes.Expérience sur le contrôle de *Planococcus citri* (RISSO).Fruits,30 (4),421-265.



Fig.1 Densité des populations de Planococcus citri sur oranger à Psygia

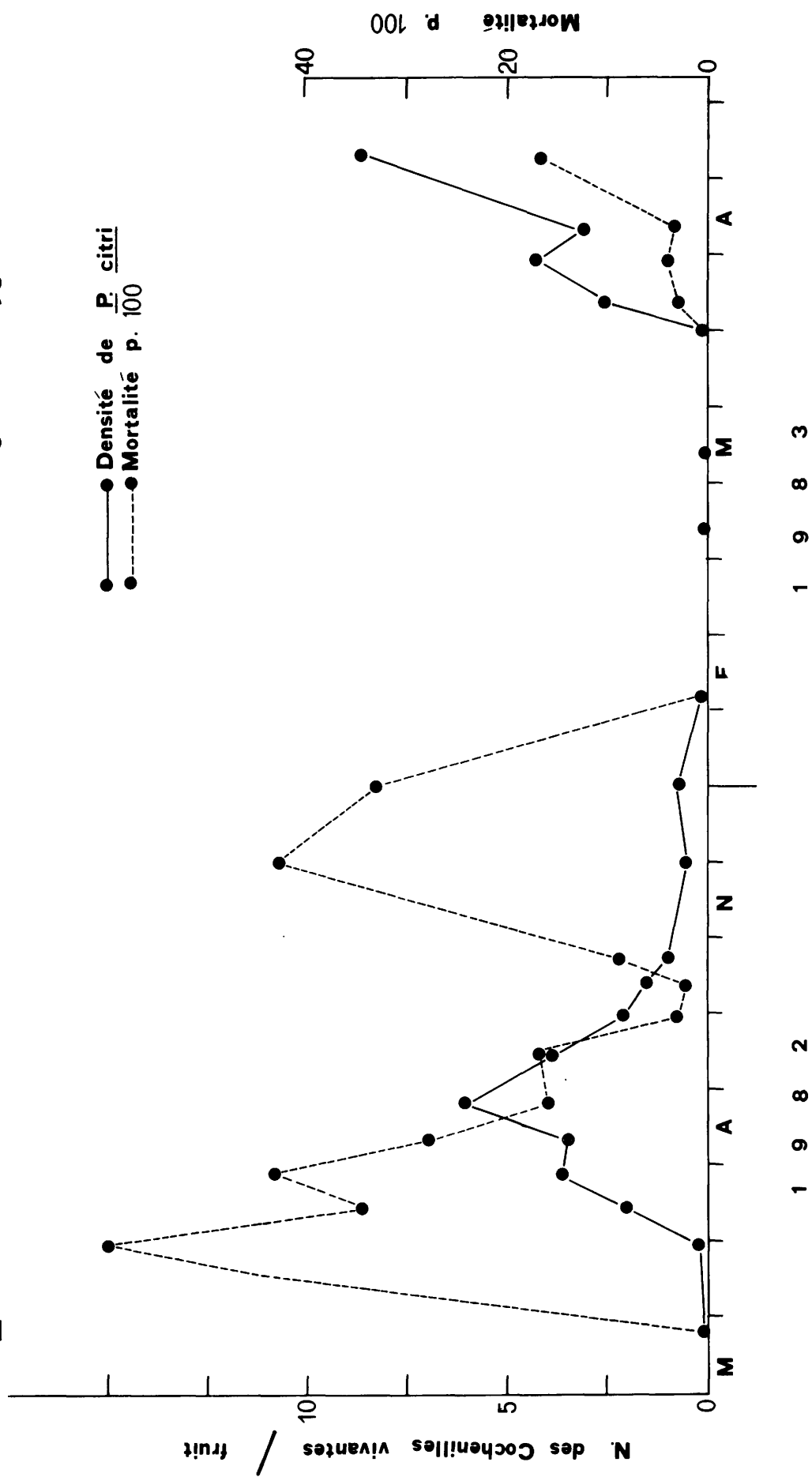


Fig.2 Densité des populations de P. citri sur mandarinier à Psygia

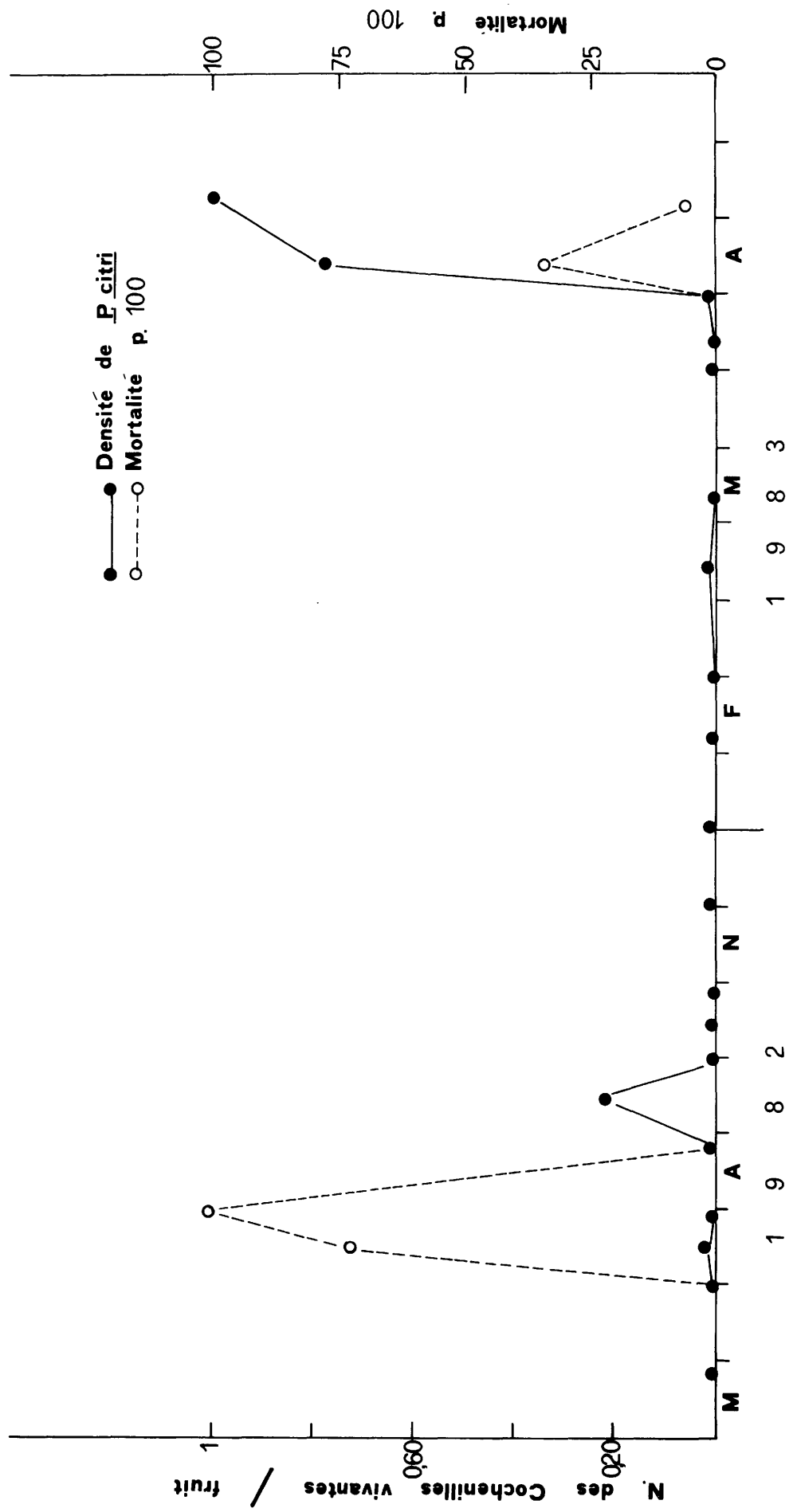


Fig.3 Densité des populations de P. citri à Armeni

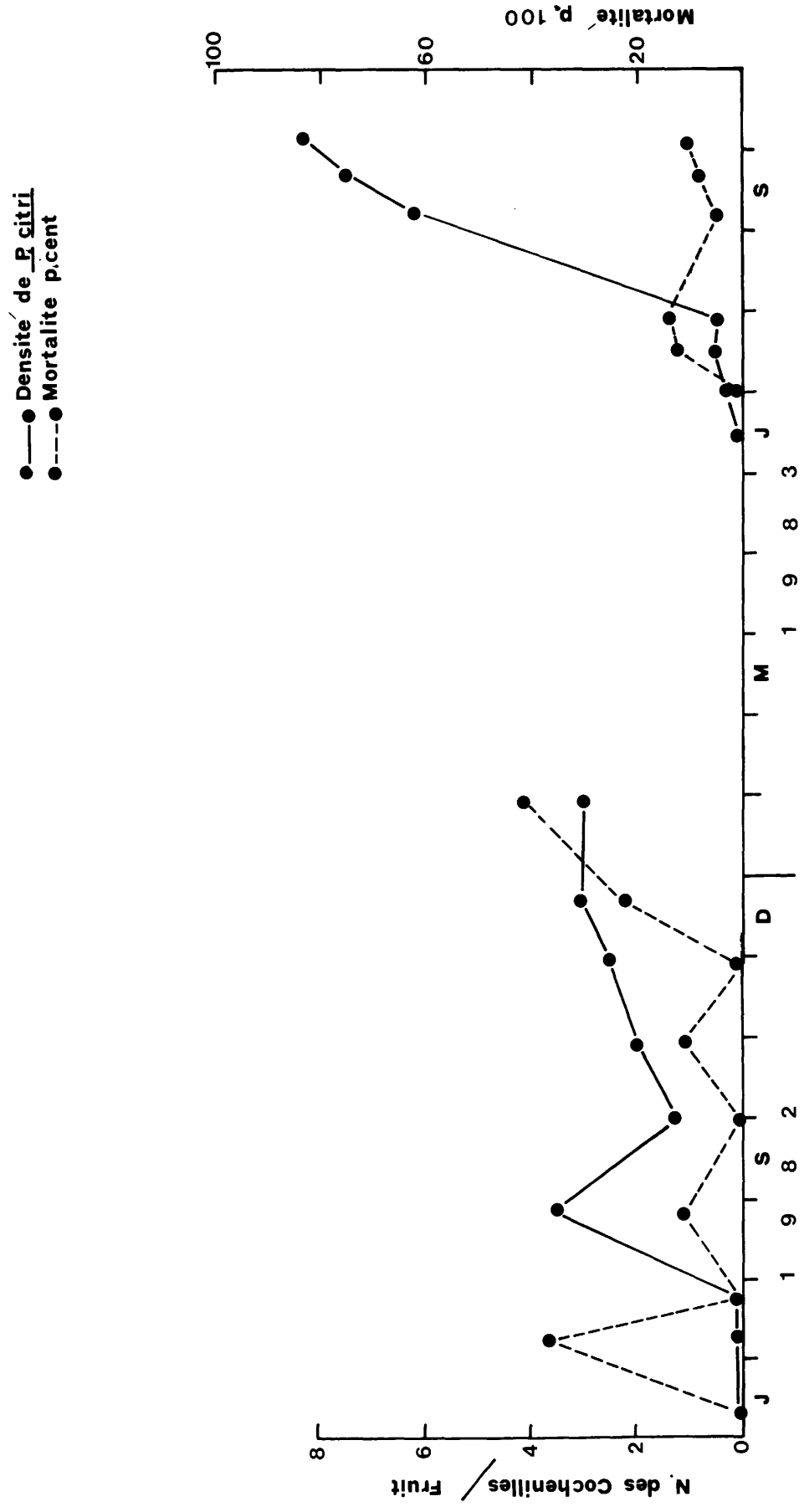
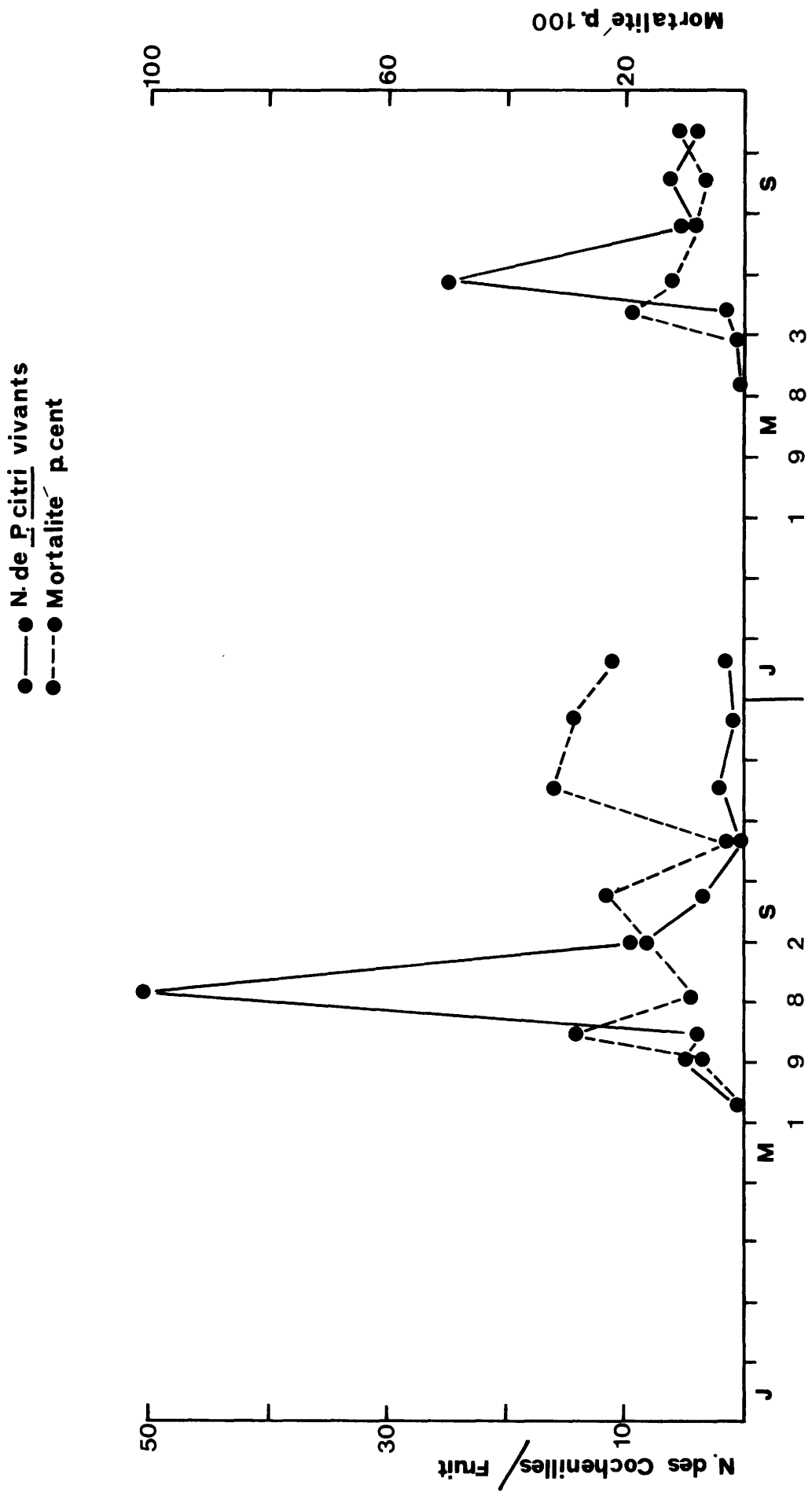


Fig.4 Densité des populations de P. citri à Alikianos



**Fig 5 Evolution des populations de P citri à Psygia**

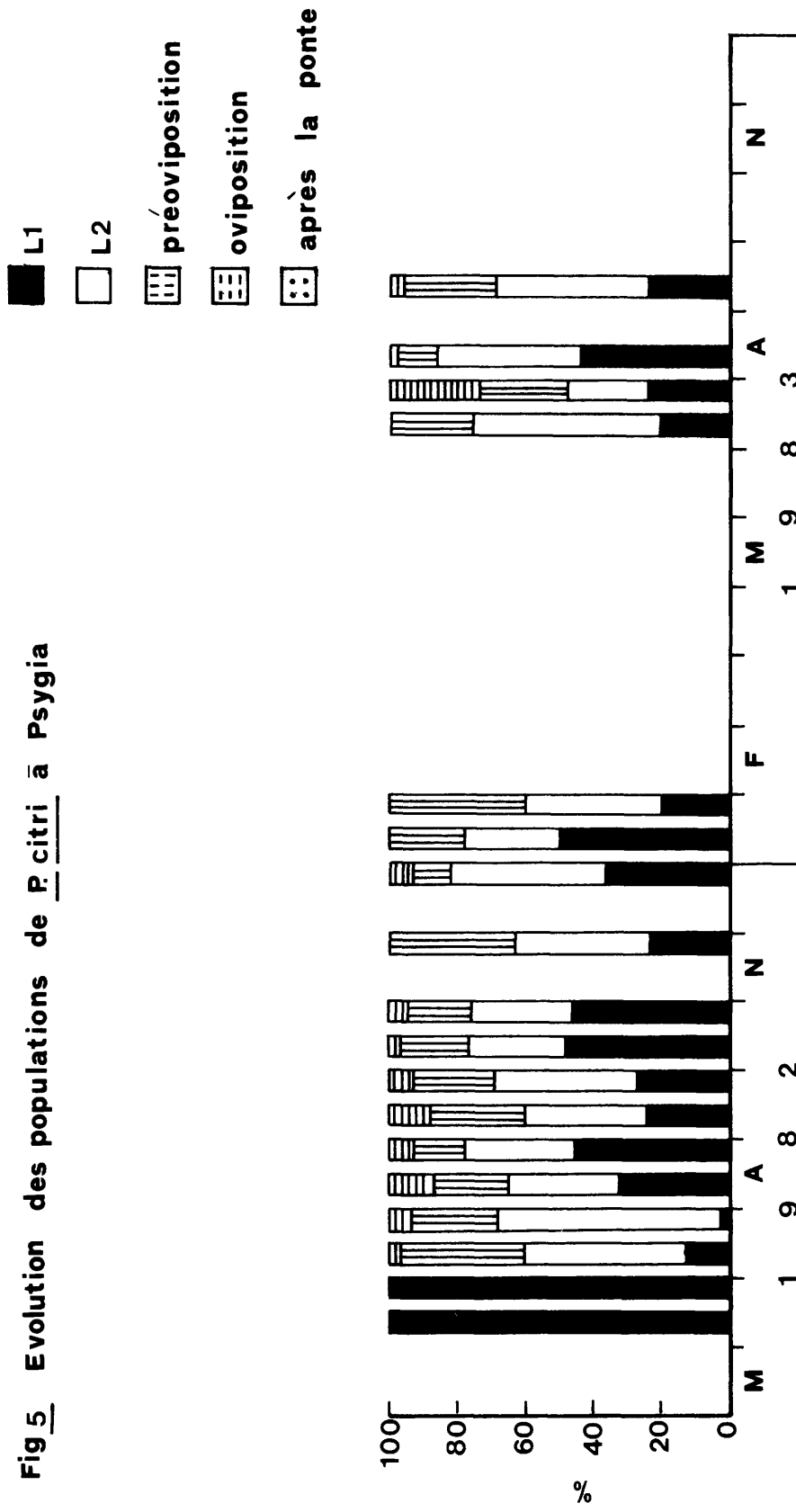
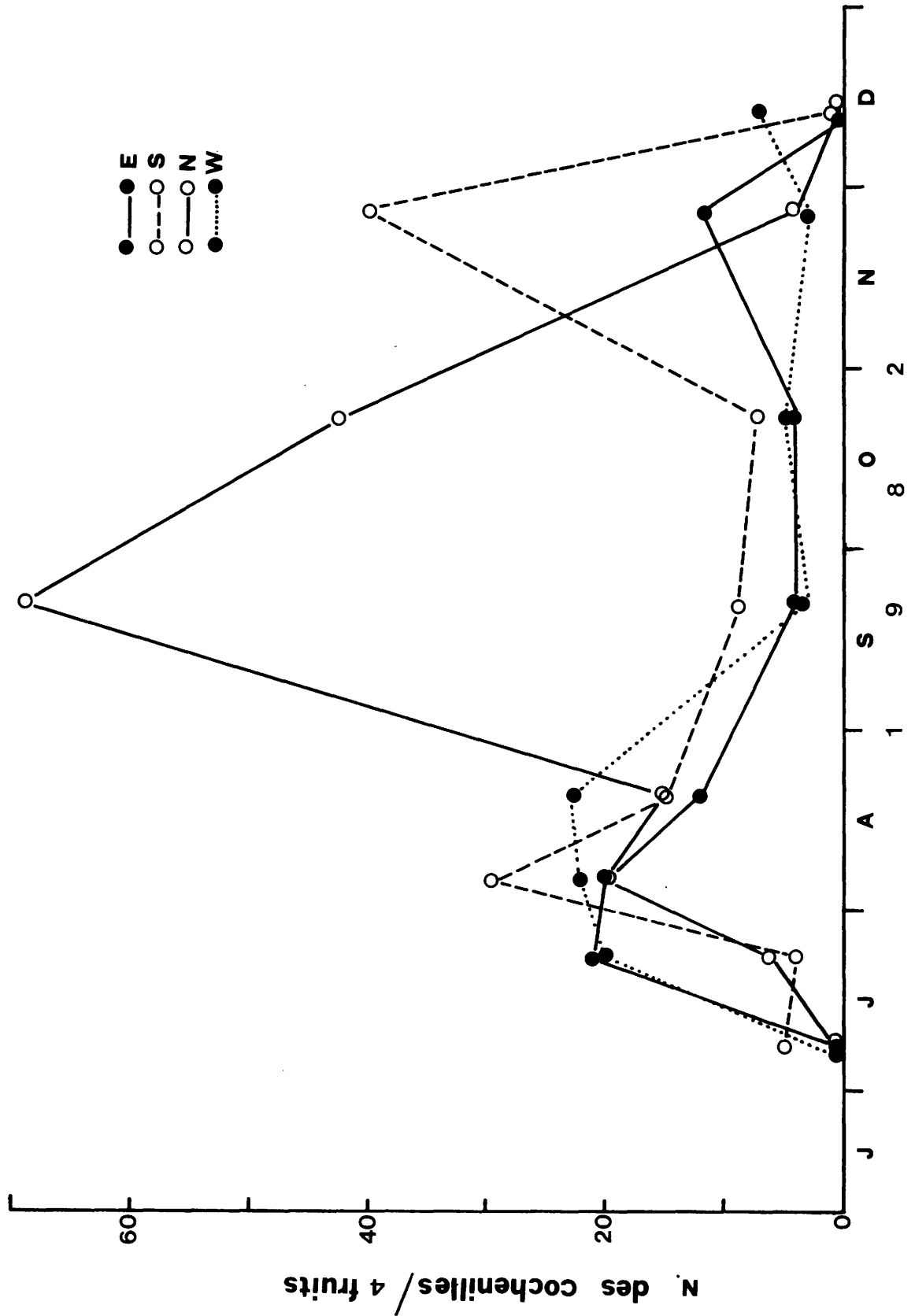


Fig.6. Distribution de P. citri en fonction de l'orientation durant une saison



**Fig.7 - Evolution des populations de P. citri après les lâchers de C. montrouzieri.**

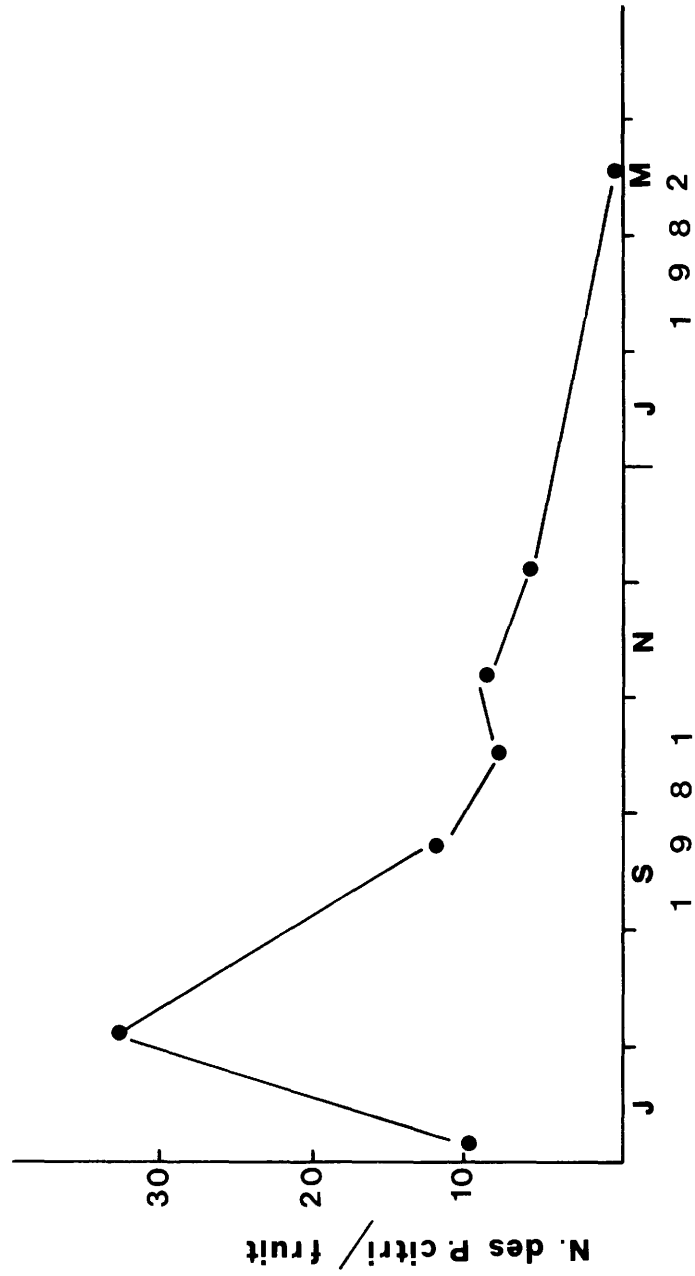
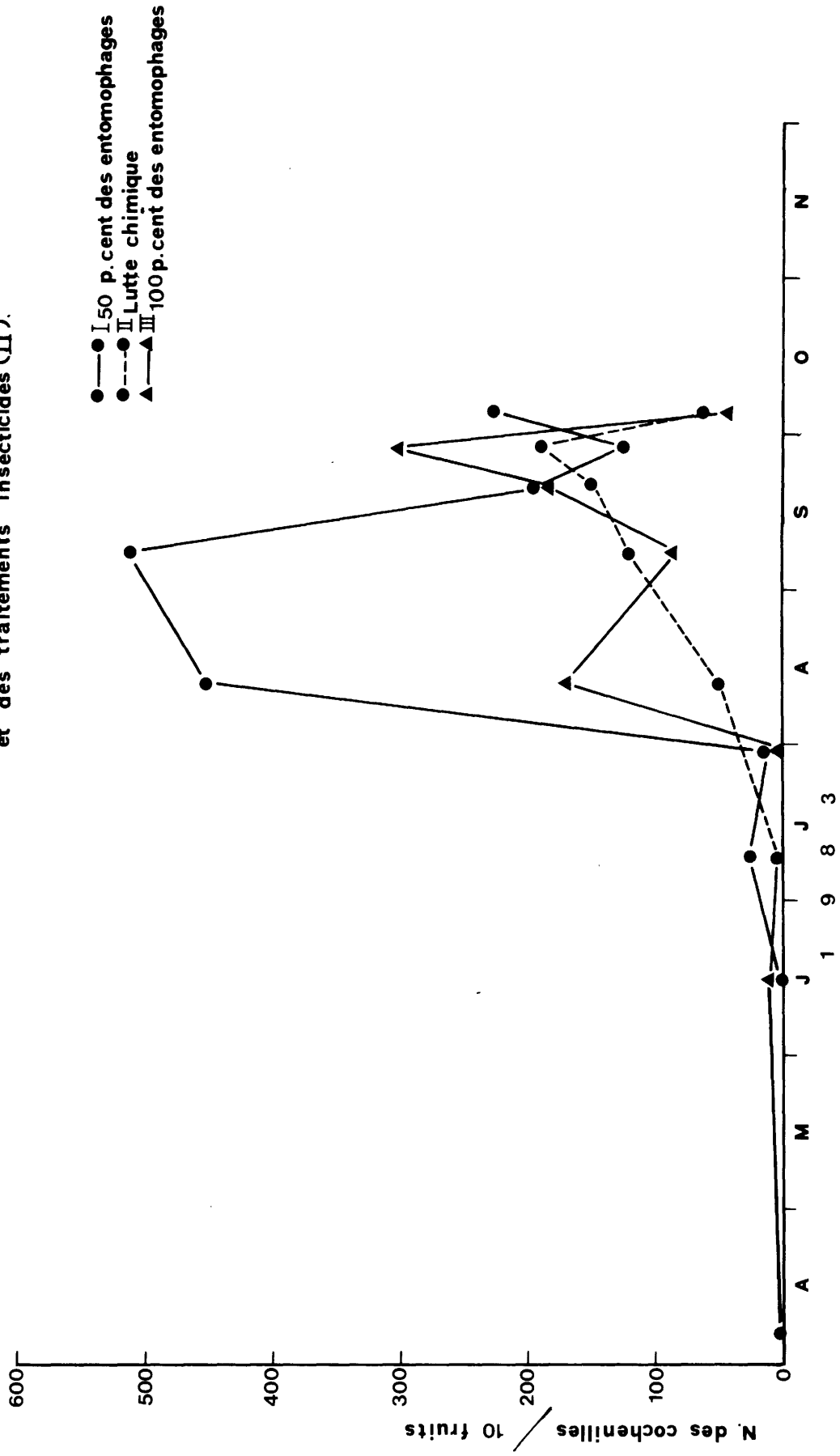


Fig.8. Evolution comparée des populations de p. citri après des lâchers des prédateurs(I+III) et des traitements insecticides(II).





**Fig.9. Evolution comparée des populations de *P.citri* après applications de diverses méthodes de lutte**

- Témoïn
- - - Taille + Prédateurs
- .....● Prédateurs
- Lutte chimique

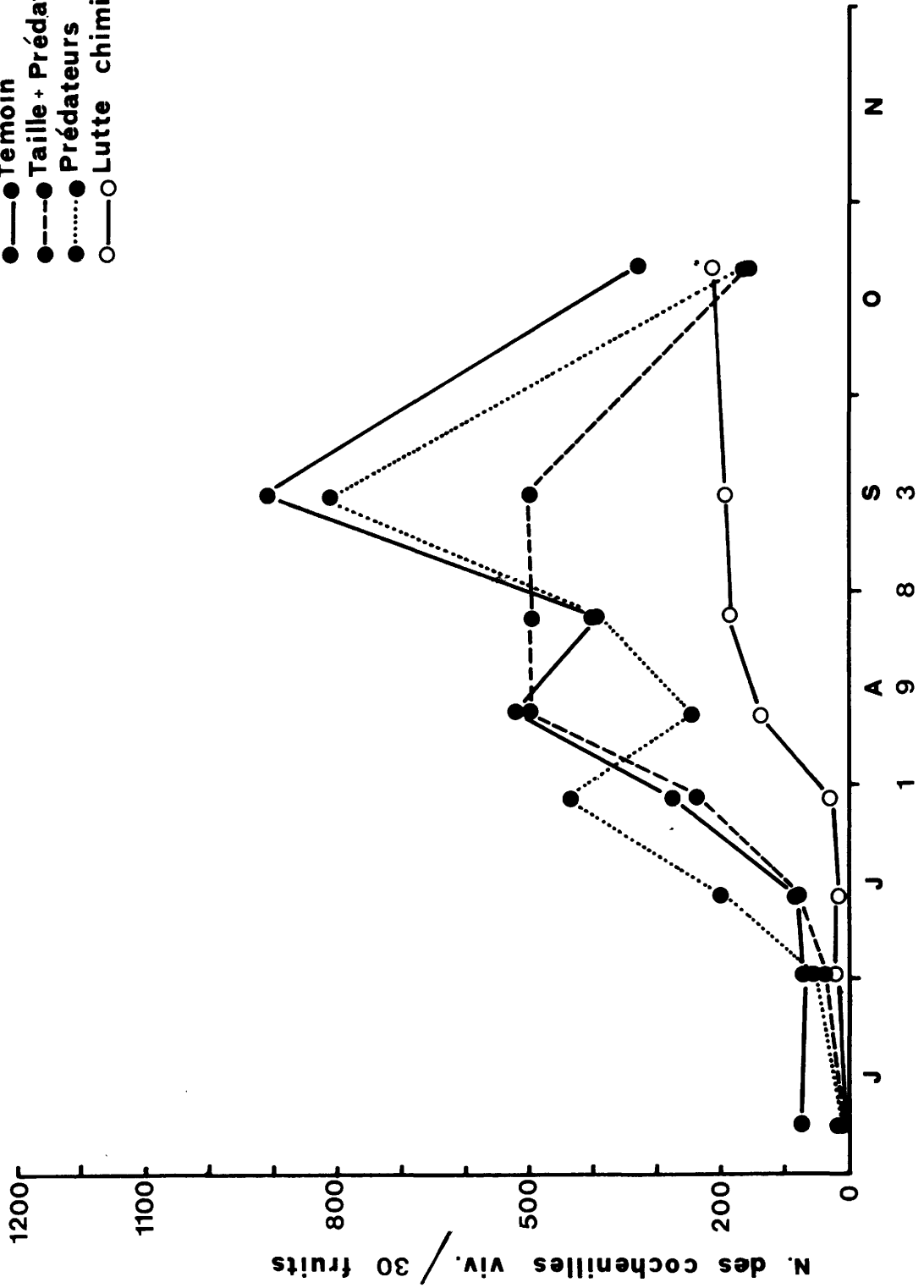


Fig.10. Evolution des populations de A.aurantii sur citronnier

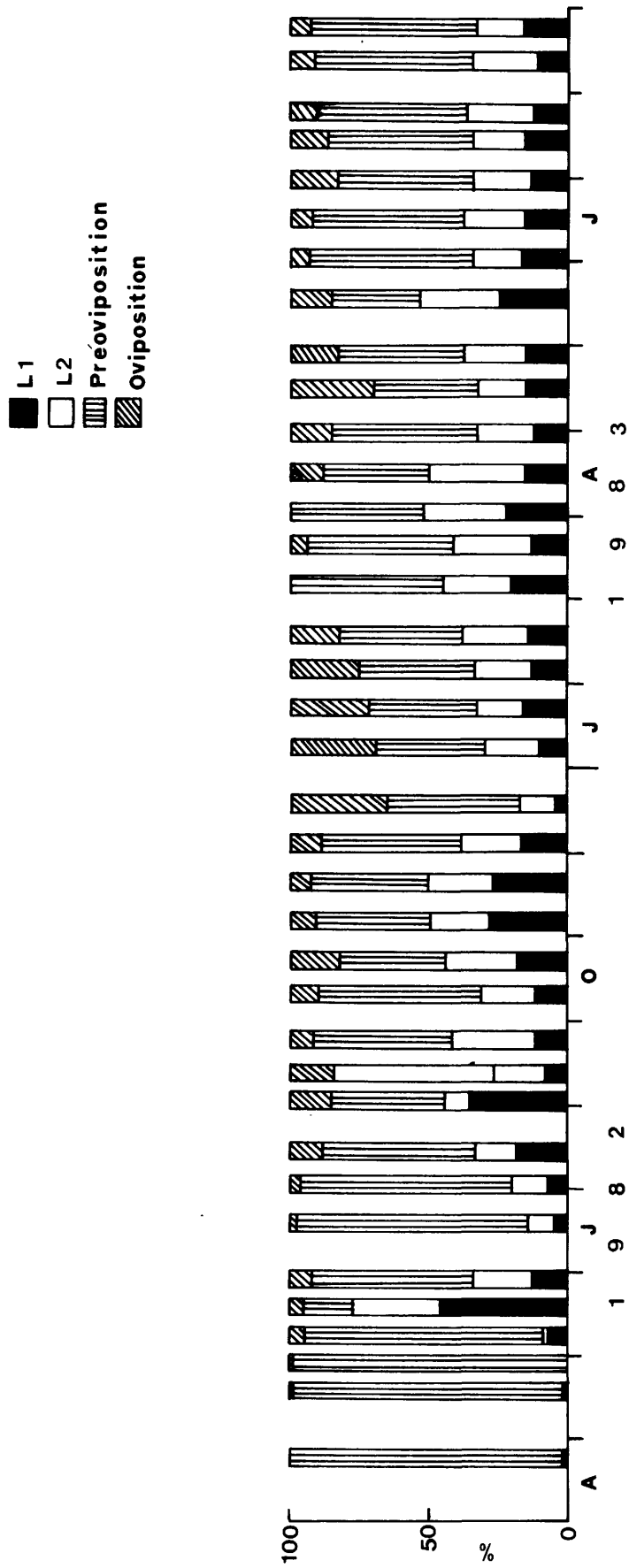
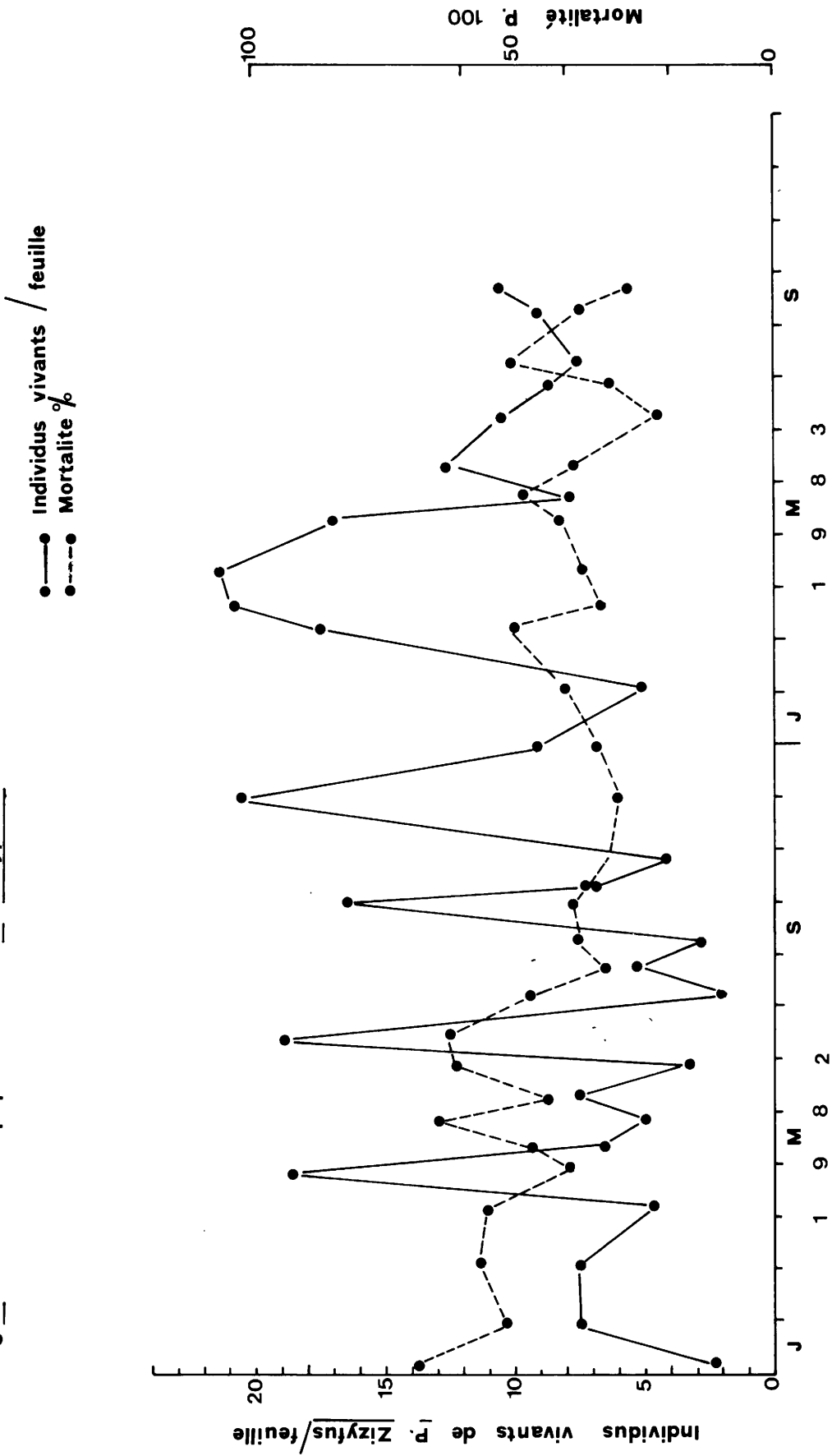


Fig. 11 Densité des populations de P. zizyphus sur oranger



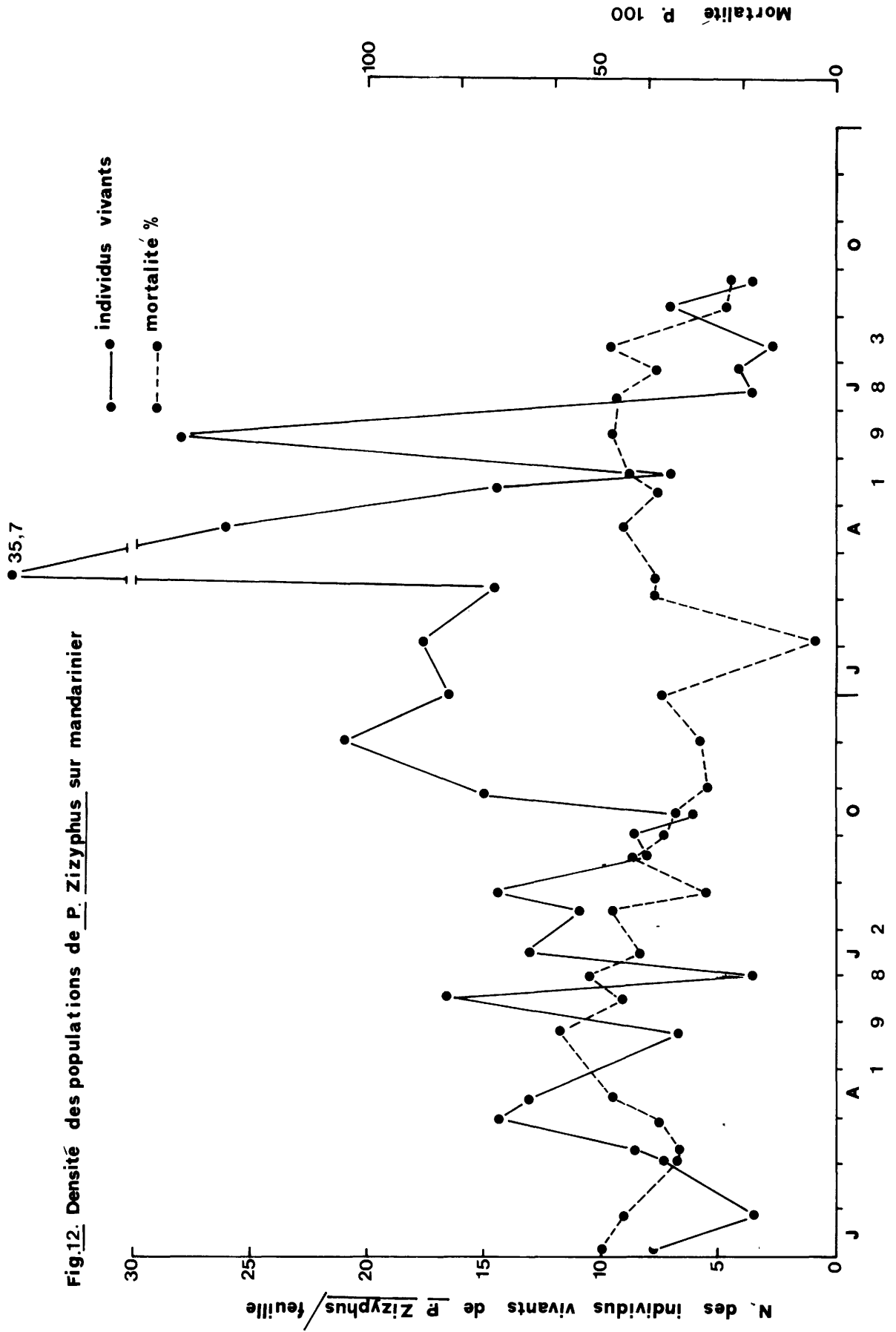


Fig.12. Densité des populations de *P. Zizyphus* sur mandarinier

## **Integrated Pest Control in Lemon Groves in Sicily : Five Years of Demonstrative Tests and Present Feasibilities of Transferring Results**

A. Nucifora

Institute of Agricultural Entomology, University, Catania (Italy)

### Summary

Integrated pest control carried out during the last five years (1979–1983) in lemon culture by C.E.C. project 0730 confirms the selective results of white oil treatments for beneficial insects and mites and their integrating action against Dialeurodes citri, scale insects and some phytophagous mites. The preying results of beneficial indigenous mite (8 Phytoseid and 6 other species of 5 families) and entomophage populations have been investigated. Natural biological balance arose in the pilot area and the determinant role of predators and parasites in controlling the principal phytophagous infestation clearly appeared.

The rate of biological Tetranychus urticae and Panonychus citri control by acarophages and entomophages and the action against Dialeurodes citri by introduced Encarsia lahorensis was verified. Toxoptera aurantii by Lysiphlebus testaceipes, Pericerya purchasi by Rodolia cardinalis and Planococcus citri by Anagyrus pseudococci have been strongly reduced. Aonidiella aurantii and Aspidiotus nerii resulted poorly controlled by Aphytis melinus and Aphytis chilensis in the two white oil treatments.

The Prays citri was satisfactorily reduced by anticipated interruption of the "secca".

### LUTTE INTEGREE DANS LA CULTURE DE CITRONS EN SICILE : 5 ANNEES D'ESSAIS PROBATOIRES ET POSSIBILITES ACTUELLES DE TRANSFERT DE RESULTATS.

#### Résumé

Les résultats obtenus, en plein champ dans l'aire-pilote du projet 0730 en lutte intégrée dans la culture du citron sur une durée de 5 ans (1979–1983) ont confirmé la sélectivité, pour l'arthropodofaune utile, des interventions avec l'emploi exclusif de l'huile blanche et son effet intégrant contre Dialeurodes citri, les cochenilles et certains acariens phytophages. Les connaissances sur le degré de prédation des acarophages indigènes (8 espèces de phytoseides et 6 espèces appartenant à d'autres familles) et des entomophages ont été approfondies.

On va assister dans l'aire-pilote au rééquilibre biologique et au rôle déterminant que les prédateurs et les parasites exercent en contenant les infestations de certains phytophages-clefs. On a confirmé le résultat désinfectant de plusieurs acariens et insectes prédateurs contre les attaques de Tetranychus urticae et Panonychus citri et des Encarsia lahorensis contre Dialeurodes citri. Toxoptera aurantii a été d'une manière satisfaisante contenu par l'action de Lysiphlebus testaceipes et Pericerya purchasi par la prédation de Rodolia cardinalis. Planococcus citri a été

combattu par l'Anagyrus pseudococci. Aspidiotus nerii et Aonidiella aurantii ont été faiblement contenus par Aphytis chilensis et Aphytis melinus et par deux interventions avec l'huile blanche.

Le Prays citri a été contenu en avançant l'interruption de la "secca".

## LA LOTTA INTEGRATA NEI LIMONETI IN SICILIA: 5 ANNI DI PROVE DIMOSTRATIVE E POSSIBILITA' ATTUALI DI TRASFERIMENTO DEI RISULTATI

### 1 INTRODUZIONE

Il progetto C.C.E. 0730, sull'esito finale del quale sono stato chiamato a riferire in questo incontro conclusivo dei responsabili, si proponeva di affrontare il problema della difesa dei limoneti nelle principali aree agrumetate della Sicilia, ricorrendo a tecniche di lotta integrata, tali da farci ridurre al minimo indispensabile gli interventi con fitofarmaci, basando la difesa della coltura nel suo insieme sulla ricostituzione degli equilibri biologici, ai quali si pensava di dovere affidare in gran parte la protezione delle piante e la qualità e quantità della produzione.

Si mirava a rompere la spirale degli interventi che l'introduzione dei trattamenti con i vari fitofarmaci di sintesi aveva innescato e a ridurre la già ampia problematica della lotta settorializzata, per cui vengono suggeriti trattamenti particolari contro questo o quel presidio, senza tener conto e ignorando, volutamente o di fatto, le ripercussioni negative che ciascuno di questi interventi porta con sé.

Lo scopo del progetto 0730 era tutt'altro: non tanto quello di affrontare il singolo caso isolatamente, quanto piuttosto di vederlo inserito nella problematica di protezione globale della coltura, lasciando perciò ampio spazio d'azione alle forze antagoniste che ne ostacolano in natura la manifestazione patologica e limitando l'intervento dell'uomo a fatti che potessero giovare ad integrarne l'effetto e a creare condizioni agroambientali favorevoli all'estrinsecarsi dei fattori naturali di controllo.

Io e i miei collaboratori abbiamo sempre creduto in questa visione del problema, forti di un'esperienza maturata negli anni, ottenuta da una vasta casistica di interventi differenziati di campo. Da ciò nacque il progetto e il programma degli interventi da noi proposto e realizzato.

Oggi dopo cinque anni di verifica sperimentale, siamo in grado di confermare le premesse d'allora e riteniamo maturi i tempi per il trasferimento dei risultati. Abbiamo chiesto a tale scopo l'aiuto della Cassa per il Mezzogiorno, un organo statale che cura in Italia gli interventi per il progresso dell'agricoltura nel meridione e nelle isole, ed abbiamo ottenuto un adeguato finanziamento per allevamento di entomofagi e per il trattamento di ha 350 di agrumi con i sistemi di lotta integrata, messi a punto con il progetto 0730. Tale trasferimento dei risultati, coordinato dall'Istituto di Entomologia agraria (cattedra di Lotta biologica e integrata) dell'Università di Napoli, sarà curato dalle stesse Unità operative che hanno contribuito in varia misura alla realizzazione del progetto 0730, al quale resta perciò assicurata la finalizzazione applicativa che la C.C.E. si proponeva di ottenere. Noi ci auguriamo che essa voglia e possa continuare a coordinare gli incontri fra quanti in Europa hanno lavorato nei progetti C.C.E. in agrumicoltura.

### 2 TECNICA D'INTERVENTO

La tecnica di lotta integrata, proposta col progetto 0730 e attuata nel corso dei cinque anni, ha utilizzato sistemi d'intervento agronomico (potatura di rimonda e di sfoltimento, concimazioni bilanciate sul terreno e fogliari), biologico (allevamento e lancio di parassitoidi; creazione di condizioni ambientali favorevoli allo sviluppo

di entomofagi e acarofagi indigeni) e chimico-selettivo (uso esclusivo di olio minerale bianco emulsionato).

### 2.1 Potatura e concimazione

La potatura di rimonda è servita a ringiovanire le piante, ridando nuovo vigore alla vegetazione e sfoltendo adeguatamente la chioma; abbiamo operato in limoneti di antico impianto, che rappresentano la condizione comune media dei nostri agrumeti, per ottenere risposte passibili di essere poi trasferite in pratica. Annualmente è stata anche attuata la potatura di sfoltimento, il cui scopo principale è quello di asportare con taglio le parti di pianta affette da mal secco (Phoma tracheiphila Kanc e Ghik.) e di mantenere un adeguato arieggiamento della chioma. È stata pure effettuata a partire dal 1980, in primavera, una concimazione fogliare con azoto ureico, solfato di zinco e solfato di manganese, che ha contribuito a ridurre in misura elevata i sintomi di carenza di zinco e manganese, rilevati sugli alberi. Non sono stati usati diserbanti e si è proceduto a fresare il terreno ogni qual volta le erbe raggiungevano l'altezza di 50-70 cm, il che è avvenuto 3 o 4 volte in un anno. L'irrigazione è stata effettuata con il sistema a pioggia sottochioma.

### 2.2 Fattori biologici

Gli interventi biologici utilizzati nell'ambito della lotta integrata riguardano l'allevamento e il lancio di Encarsia lahorensis (How.) contro Dialeurodes citri (Ashm.) e il tentato allevamento su piante banca dei parassitoidi indigeni endofagi di Aonidiella aurantii (Mask.) e di Aspidiotus hederæ Bouché. Il primo ha avuto successo ed esito altamente positivo; l'altro finoggi è stato fallimentare. Durante il 1982 e 1983 sono stati mantenuti attivi allevamenti di Leptomastix dactylopii (How.), di Cryptolaemus montrouzieri (Muls) e di Scymnus reunioni (Furs), ma non c'è stata necessità di effettuare lanci in campo di questi entomofagi. Per il resto ci si è basati sulla creazione di condizioni idonee per lo sviluppo ottimale in campo di entomofagi e acarofagi indigeni, riuscendo pienamente nello scopo.

Particolare attenzione è stata posta anche nella salvaguardia degli insetti pronubi e nel potenziamento della loro attività con transumanze di alveari di Apis mellifera sicula Grassi negli agrumeti sottoposti a lotta integrata durante le fioriture principali e non tanto per il beneficio che l'impollinazione incrociata può apportare alle piante d'agrumi a livello di produzione - problema sul quale poco di certo si conosce ancora - quanto per quel rispetto ecologico della natura e per lo sfruttamento di tutte le risorse che essa offre, che è filosofia portante degli interventi integrati.

### 2.3 Fitofarmaci e trattamenti

Gli interventi chimici di lotta sono stati effettuati esclusivamente con olio minerale bianco emulsionato; rari sono risultati i casi in cui si è dovuto intervenire, in qualche area collaterale, per risolvere qualche problema particolare, con olio minerale bianco attivato o con acaricidi.

Nell'azienda pilota, estesa ha 10 circa, e nella quale all'atto dell'inizio del progetto 0730 si operava già con olio minerale bianco - e per tale motivo essa venne scelta per effettuarvi le ulteriori prove dimostrative di lotta integrata - sono stati eseguiti annualmente uno o due trattamenti con olio minerale bianco senza alcuna aggiunta di insetticidi, acaricidi o anticrittogamici di sorta. Gli interventi effettuati dall'agosto 1979 a tutt'oggi in questa azienda sono riportati nella tabella N. 1.

### 3 RISULTATI CONSEGUITI

I risultati conseguiti durante i trascorsi 5 anni e lo stato attuale della situazione viene trattato per gruppi di fitofagi. Nell'ambito di ciascun gruppo si fa riferimento esclusivo ai fitofagi-chiave in cui ci siamo imbattuti nel corso delle prove dimostrative di lotta integrata e che costituiscono, per la coltura del limone e nell'ambiente in cui si è operato, fattori reali di possibile danno.

Tab. N.1 - Schema degli interventi di lotta integrata, effettuati nel quinquennio 1979-1983 nell'azienda pilota dimostrativa (ha 10).

DATA		TIPO DI INTERVENTO		
Anno	Mese	Trattamento (fitofarmaco e dose)	Altre pratiche fitosanitarie	
1979	Agosto	olio minerale bianco Kg 2/hl	taglio "mal secco"	
	Settembre- ottobre			
1980	Gennaio	olio minerale bianco Kg 2/hl	potatura di rimonda e taglio "mal secco"	
	Marzo- Luglio			
	Agosto	olio minerale bianco Kg 1,5/hl		
1981	Gennaio	olio minerale bianco Kg 3,5/hl	concimazione fogliare (Urea fogliare + Zn SO <sub>4</sub> + Mn SO <sub>4</sub> ) lancio <u>Encarsia lahorensis</u> rottura anticipata della secca (1 <sup>a</sup> irrigazione di forzatura)	
	Maggio			
	Giugno			
	Luglio (2 <sup>a</sup> decade)			
	Agosto			olio minerale bianco Kg 2/hl
	Settembre- ottobre			
1982	Giugno	olio minerale bianco Kg 2/hl	concimazione fogliare (Urea fogliare + Zn SO <sub>4</sub> + Mn SO <sub>4</sub> )	
	Settembre		mass-trapping	
	Marzo- ottobre		potatura di sfoltimento e taglio "mal secco"	
1983	Febbraio	olio minerale bianco Kg 2/hl	concimazione fogliare (Urea fogliare + Zn SO <sub>4</sub> + Mn SO <sub>4</sub> ) mass-trapping	
	Giugno			
	Luglio			
	Ottobre			olio minerale bianco Kg 2/hl
	Marzo- ottobre			



### 3.1 Aleyrodidae

Due sono le specie fitofaghe importanti, o potenzialmente tali, per la limonicoltura in Sicilia: il "dialeurode" (Dialeurodes citri (Ashm.)) e la "mosca bianca fioccosa degli agrumi" (Aleurothrixus floccosus (Mask.)). La prima ha costituito oggetto di studio durante i 5 anni di attuazione del programma CEE di lotta integrata; essa è stata riscontrata in Sicilia fin dal 1969. L'altra è stata rinvenuta per la prima volta nel trapanese nel 1980 e non è ancora presente nei limoneti dell'area pilota; essa è stata studiata fin dalla sua prima comparsa dall'Unità operativa dell'Università di Palermo e a partire da quest'anno anche da quella di Catania, ma al di fuori dei programmi d'intervento previsti dal progetto 0730. Per il momento rappresenta un potenziale pericolo per la sanità delle nostre colture agrumicole.

#### 3.1.1 Dialeurodes citri (Ashm.)

Contro questo aleirode si è operato nei trascorsi 5 anni soltanto con olio minerale bianco e con lanci di Encarsia lahorensis (How.).

L'effetto di tali interventi è stato risolutivo.

Nell'azienda pilota durante il trascorso quinquennio la massima presenza media di neanide per foglia è stata di 6,3 individui; il livello di "soglia economica" sul limone per questo fitofago è di 20-30 neanidi a foglia: ci siamo quindi trovati costantemente e ampiamente al disotto dei livelli di soglia. L'azione letale diretta dell'olio minerale bianco sulle neanidi ha assicurato tali risultati. Nell'annata in corso (1983) rilevamenti conclusivi sulla diffusione di questo fitofago nell'azienda in oggetto ci hanno fatto registrare nella zona più attaccata di essa percentuali medie di 1,06 neanidi a foglia, con il 25% di individui parassitizzati da E. lahorensis. L'infestazione è risultata confinata alla parte sud-est dell'azienda, dove la sua presenza era stata rilevata fin dal 1980; il fitofago, pertanto, non si è ulteriormente diffuso nell'ambito di essa.

Il lancio dell'afelinide endofago, E. lahorensis, effettuato in quest'area nell'estate 1981 e non più ripetuto, ha dato luogo al lento insediamento del parassitoide. È stata anche notata la presenza del coccinellide predatore indigeno, Clitostethus arcuatus (Rossi), che avrà contribuito in qualche modo a contenerne l'espansione. Questo predatore si è mostrato particolarmente utile nel palermitano, dove è risultato uno dei nemici più attivi del fitofago in oggetto, mentre nell'area pilota di Cannizzaro (Sicilia orientale), fortemente infestata dal fitofago, solamente E. lahorensis è riuscita a colonizzare abbondantemente le popolazioni del dialeurode, giungendo a tassi di parassitizzazione elevata. In quest'area, all'inizio delle prove, foglie e frutti risultavano ampiamente coperte da fumaggine; per tale motivo essa era stata scelta e inserita nei piani particolari di sperimentazione. In essa nel gennaio 1980 si erano rilevati valori medi di attacco di 120 neanidi/foglia; nell'ottobre del 1983, a 40 mesi dal secondo lancio di E. lahorensis e a quasi quattro anni dall'ultimo trattamento con olio minerale bianco al 2,5%, fatto appunto nel febbraio del 1980, è stata rilevata una presenza media di 21 neanidi/foglia, il 38% delle quali parassitizzato. Già nel corso del 1981, ai primi di settembre di quell'anno, l'effetto degli interventi di lotta integrata applicati nella coltura a partire dall'agosto del 1979, avevano fatto abbassare i livelli di presenza del dialeurode in media a 7 neanidi/foglia, con totale scomparsa sulle piante dei sintomi di fumaggine che appena 20 mesi prima risultavano ancora assai gravi. Tale effetto fu dovuto soprattutto all'azione

dell'afelinide endofago, lanciato una prima volta senza apparente successo nel 1979 e poi rilanciato nel maggio del 1980; la sua azione alla fine di quell'anno era già sfociata in tassi di parassitizzazione di oltre il 40% delle neanidi presenti, che si elevarono ulteriormente fino ad interessare il 70% circa di esse nel corso del 1981. In quest'area non sono stati più effettuati trattamenti chimici, dopo quello fatto nel febbraio 1980, onde saggiare gli effetti negli anni della lotta biologica naturale, operata da E. lahorensis contro il dialeurode (2).

Oggi la presenza di questo aleirodide nell'area in oggetto risulta estremamente contenuta.

### 3.1.2 Aleurothrixus floccosus (Mask.)

Questa specie, rilevata per la prima volta in Sicilia nel 1980 da Liotta negli aranceti del trapanese, è stata rinvenuta nel corso di quest'anno (1983) nei limoneti di S. Tecla (in agro di Acireale) e in contrada Monte Po di Catania; risulta presente anche nelle aree agrumetate di altre zone in provincia di Catania. Pare che sia possibile anche da noi aggredirla biologicamente con Cales noacki How., un afelinide che introdotto nel trapanese (Sicilia), a più riprese, dal dicembre 1980 al giugno 1981, vi si è facilmente acclimatato, giungendo nelle prime aree di lancio a parassitizzare fino al 76,96% delle neanidi presenti (6).

## 3.2 Aphididae

Delle 10 specie che costituiscono in Sicilia l'afidofauna degli agrumi, solamente una è apparsa presente in quantità rilevante nei limoneti dell'area pilota di lotta integrata, restando le altre assenti o di nessun interesse pratico. L'infestazione è stata annualmente sostenuta in primavera, alla ripresa dell'attività vegetativa delle piante, quasi esclusivamente da Toxoptera aurantii (B.d.F.); essa si è presentata non di raro su un cospicuo numero di germogli, senza tuttavia toccare mai la soglia d'intervento, che è stabilita per questo fitomizo a livelli del 25% in media di germogli infestati. Si è sempre trattato di colonie non dense, per via del fatto che presto si insediano su di esse alcuni imenotteri endofagi, che ne decimano puntualmente le popolazioni. In tutte le annate è stato visto che entro un mese circa da quando vengono notate le prime colonie, l'effetto di questi parassitoidi, che inducono la mummificazione degli individui attaccati, ne riduce a zero la capacità di infestazione. La lotta biologica naturale ha, perciò, risolto annualmente il problema, senza necessità alcuna di ricorrere a trattamenti afidici di sorta. Essa è sostenuta da 4 specie di Afidiidi, fra le quali predomina Lysiphlebus testaceipes (Cr.) il cui rapporto numerico nei confronti delle altre due specie congeneri, L. fabarum (Marsh.) e L. confusus Trmb. et Eady e di Trioxys angelicae (Hal.) è di 2/3 circa; esso riesce a parassitizzare spesso fin quasi il 100% degli individui di T. aurantii ed è in grado di vicariare in breve tempo le altre tre specie, capaci anch'esse di esercitare nelle aree e nei periodi in cui conservano un certo predominio, il controllo biologico pressoché totale dell'afide bruno (9).

Di più limitato effetto e alquanto ritardata rispetto all'azione degli entomoparassiti endofagi sopraindicati, è risultata la predazione da parte di coccinellidi (Adalia bipunctata L., Adonia variegata Goeze, Coccinella septempunctata L. in particolare), di sirfidi e di Crisopodi.

### 3.3 Pseudococcidae

La sola cocciniglia appartenente a questa famiglia, la cui presenza ha costituito problema fitosanitario nei limoneti dell'area sottoposta a lotta integrata, è il Planococco o "cotonello degli agrumi".

#### 3.3.1 Planococcus citri (Risso)

Contro questo pseudococcide sono state recentemente sperimentate in Sardegna trappole al feromone sessuale, sia come "monitoring", sia come mezzo diretto di lotta con la tecnica del "mass-trapping". In Sicilia esse non sono state usate; la tecnica seguita nei 5 anni di prove di lotta per rilevare il grado di presenza e il livello di infestazione di questa cocciniglia si è basata sull'esame visuale diretto dei frutti infestati.

Il campionamento è stato effettuato contando la presenza di forme mobili della cocciniglia su 20 frutti per pianta, presi a caso dal 10% delle piante in esame. "Soglia d'intervento" è stata considerata la presenza del 5-10% in estate e del 15% in autunno di frutti con piccole colonie del fitofago.

Nel corso dei trascorsi 5 anni solamente in un'area collaterale, quella di Furci Siculo (ME), e per una sola annata (estate 1981), l'infestazione di questa cocciniglia ci ha colto di sorpresa, costringendoci ad un intervento fuori programma con olio minerale bianco attivato al metil-parathion, appena un mese dopo che nella stessa azienda era stato effettuato, il 14 agosto, un trattamento contro lo "acaro delle meraviglie" con il solo olio minerale bianco al 2%; quest'ultimo trattamento non fu in grado di bloccare l'infestazione già in atto del planococco (10% o più di frutti con presenza di colonie in fase di attiva formazione), tanto che a metà settembre le piante apparivano abbondantemente coperte di fumaggine con presenza di colonie attive sul 40% dei frutti e si dovette intervenire di nuovo nel modo anzidetto, curando di bene bagnare col getto tutta la chioma. Ne deriva che è meglio considerare soglia d'intervento in estate preferibilmente il 5%, anziché il 10% dei frutti infestati dal fitofago.

L'effetto del trattamento con olio minerale attivato è stato del resto parziale, essendo rimaste vive le colonie più protette all'interno della chioma o gli individui alloggiati nei punti di contatto fra i frutti, nei quali siti il getto insetticida mal raggiunge la colonia stessa; le piante rimasero abbondantemente coperte di fumaggine e alla raccolta risultò elevata la percentuale di scarto. Perciò anche l'uso dell'olio attivato, ad infestazione avanzata, poco giova a risolvere il caso. L'esperienza maturata durante il quinquennio ci fa dire che se i livelli di attacco non superano entro la fine di Luglio il 5% di frutti, l'olio minerale bianco da solo basta. Esso in tali condizioni è sufficiente ad integrare l'azione degli entomofagi indigeni che vivono a spese del planococco; si tratta degli encirtidi indigeni, Anagyrus pseudococci Git. e Leptomastoidea abnormis (Git.), i quali riescono a stabilirsi con profitto sulle colonie del fitofago, riducendone progressivamente la potenzialità d'infestazione. Il primo di essi è giunto a parassitizzare nei limoneti dell'area pilota di lotta integrata fino al 60% delle neanidi di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> età e delle femmine adulte del planococco; il secondo ugualmente diffuso, ma meno efficace, ha raggiunto tassi di parassitizzazione del 10% delle neanidi di 1<sup>a</sup> età della cocciniglia. Fra i predatori indigeni è risultato presente il neurottero Hemerobiidae, Symphorobius amicus (Navas)

e diversi coccinellidi, di cui il più frequente è Scymnus includens Kirch. Presenti in tutte le aree sottoposte a lotta integrata sono due ditteri: Dicrodiplosis sp. (Cecidomyiidae) e Leucopsis sp. (Ochthiphilidae), le cui larve, soprattutto in autunno, predano uova e neanidi di 1<sup>a</sup> età del planococco, proteggendosi fra gli ammassi cerosi della colonia (1).

Nel corso di questi due ultimi anni sono stati mantenuti attivi in laboratorio allevamenti di Leptomastix dactylopii (How.), di Cryptolaemus montrouzieri (Muls.) e di Scymnus reunioni (Furs) nella prospettiva di una loro eventuale utilizzazione, qualora improvvise infestazioni fossero insorte. Non si è reso tuttavia necessario effettuare lanci dei tre suddetti entomofagi, essendo bastati nelle condizioni di equilibrio biologico ricostituito, gli entomofagi indigeni a contenerne l'attacco, mantenendolo ampiamente al disotto dei livelli di "soglia economica".

### 3.4 Lecaniidae

3.4.1 Saissetia oleae (Oliv.), Ceroplastes rusci L., Coccus hesperidum (L.) e Coccus pseudomagnoliarum (Kuw.) sono risultati rari nell'area pilota di lotta integrata; essi, pertanto, non sono stati oggetto di lotta diretta, non essendosene presentata la necessità.

Fra gli entomofagi che ne limitano in natura la moltiplicazione è risultata frequente la presenza di Scutellista cyanea Mats, un imenottero calcidoideo che ne distrugge le uova.

### 3.5 Monophlebidae

3.5.1 Pericerya purchasi (Mask.)

Le colonie di questa cocciniglia sono state annualmente distrutte dal coccinellide Rodolia cardinalis (Muls), che riesce in Sicilia a sopravvivere allo stato di adulto nel corso dell'inverno in ricoveri vari.

L'azione di questo predatore, che riappare in primavera, e la sua rapida moltiplicazione hanno sempre bloccato i focolai d'infestazione e distrutto del tutto a fine maggio-giugno le colonie, presenti qualche volta in abbondanza su piante di siti riparati esposti a levante.

### 3.6 Diaspididae

Due sono i diaspididi presenti a livello di interesse economico nell'area limoncola sottoposta a lotta integrata e precisamente la "bianca dei limoni" (Aspidiotus nerii Bouché) e la "cocciniglia rossa forte" (Aonidiella aurantii (Mask.)). Di nessun interesse pratico è stata la presenza in essa di Lepidosaphes beckii (New.) e di Parlatoria pergandei (Comst.).

3.6.1 Aspidiotus nerii Bouché

Contro la "bianca dei limoni" gli interventi con olio minerale bianco sono apparsi debolmente efficaci, riuscendo a mantenere l'attacco entro i limiti della sopportabilità, ma senza riuscire ad eradicarne, come si sarebbe desiderato, l'infestazione. Esso costituisce ancora oggi un problema parzialmente insoluto. Contro questo fitofago è importante l'epoca in cui si effettuano gli interventi. Così operare il trat-

tamento estivo all'inizio dell'autunno (2<sup>a</sup> metà di settembre-ottobre), ha migliorato notevolmente nel 1982 la situazione. Non è stato possibile ottenere nel corso di questi due ultimi anni i previsti allevamenti massali degli endofagi indigeni per rafforzare le popolazioni già operanti in campo.

Nelle aree pilote della Sicilia orientale questa cocciniglia è risultata parassitizzata da Aphytis chilensis (How.), il cui grado di parassitizzazione ha interessato in primavera il 12% circa e in estate il 40% delle ♀♀ del diaspidide, e da Aphytis melinus De Bach, presente in misura assai più ridotta.

Nell'area limonicola palermitana (Sicilia occidentale) l'infestazione di Aspidiotus nerii Bouché, dal 1980 al 1982, ha interessato circa il 10% dei frutti presenti sugli alberi; la parassitizzazione dovuta all'afelinide ectofago, Aphytis chilensis (How.) e all'afelinide endofago Encarsia (= Aspidiotiphagus) citrina (Craw) ha interessato nell'insieme fino al 60% degli individui della cocciniglia, parassitizzando in misura pressoché uguali maschi e femmine del diaspidide. A. chilensis è apparso più attivo dell'altro a partire dalla primavera del 1981 e per tutto il 1982, e può ritenersi a ragione più efficace nel contenere l'infestazione del diaspidide(4).

### 3.6.2 Aonidiella aurantii (Mask.)

Questa cocciniglia è risultata la meno combattuta dal trattamento con olio minerale bianco. Femmine ovigere e di conseguenza neanidi di prima età di questa specie si trovano durante tutto l'anno, prevalentemente durante il periodo estivo.

La parassitizzazione è sostenuta da Aphytis melinus De Bach e da Aphytis chrysomphali Merc., i quali attaccano le neanidi di 2<sup>a</sup> età e le giovani femmine, giungendo a tassi di parassitizzazione alquanto sostenuti, ma non sufficienti a riportare l'attacco nei limiti di una presenza accettabile.

Sono state rilevate percentuali di parassitizzazione fino a circa il 50% delle neanidi di 2<sup>a</sup> età e fino al 100% delle femmine giovani. Ciò malgrado l'infestazione non resta diminuita. Essa nell'ambito dei limoneti mai è omogenea, presentandosi su singole piante o su gruppi di piante, nelle quali soltanto raggiunge o supera la "soglia d'intervento"(5).

Interventi con olio minerale bianco a dosi elevate (2,5 %) danno scarsi livelli di mortalità; trattamenti localizzati nelle aree di maggiore presenza con olio minerale bianco attivato con metidathion, effettuati nel settembre 1982, hanno riportato gli attacchi del diaspidio a livelli di piena sopportabilità, contribuendo a risolvere con piena soddisfazione il problema; nella restante parte dell'agrumeto è stato usato olio bianco non attivato, così che nell'insieme è rimasta alquanto rispettata la carica d'inoculo di entomofagi, che successivamente si sono riversati nelle zone trattate con gli oli attivati, accelerando in esse il processo di ricolonizzazione.

### 3.7 Hyponomeutidae

In questa famiglia è inclusa la "tignola della zagara" (Prays citri Mill) contro cui sono stati sperimentati in Sicilia nel corso del trascorso quinquennio sistemi sostitutivi di lotta, con tecniche agronomiche e uso di feromone sessuale.

#### 3.7.1 Prays citri Mill

La "tignola della zagara" è uno degli insetti-chiave fra quelli che affliggono la

nostra limonicoltura. Contro di essa esperimenti con trappole a feromone sessuale sono state effettuate nel 1980 e 1981 nell'area pilota collaterale di S. Flavia nel Palermitano; nell'azienda pilota di Acireale (Catania) sono state effettuate a partire dal 1981 annualmente tentativi di lotta con la tecnica del "mass-trapping", i quali finoggi, per il sovrapporsi di fattori agronomici non voluti (periodi di siccità, a cui si son dovute far seguire necessariamente irrigazioni non previste, 1982, e per converso, nel 1983, impossibilità di ripetere irrigazioni previste per calo delle sorgenti di irrigazione con conseguente scarsa produzione di fiori verdelliferi) hanno dato risposte non significative. La tecnica agronomica della rottura anticipata della "secca", sperimentata con successo a partire dal 1980, resta per il momento la pratica più certa ed economicamente più conveniente per ottenere buoni risultati; essa ci mette in condizioni di evitare gli interventi chimici, con cui la quasi totalità dei limonicoltori siciliani tenta ancora oggi di risolvere il problema, innescando involontariamente ripercussioni collaterali negative a danno dell'entomofauna utile. La lotta integrata, da noi proposta, non può accettare l'uso di tali interventi, effettuati peraltro in una fase vegetativa della pianta (periodo di fioritura) nella quale è intensa l'attività dei pronubi col danno che ne consegue agli stessi.

La tecnica agronomica dell'anticipo dell'irrigazione nel periodo della forzatura per la produzione dei verdelli, nel corso dell'estate, si è rivelata finoggi idonea a risolvere il problema. Seguendo i voli degli adulti di questa tignola con trappole monitoring al feromone sessuale si è potuto constatare, tanto nelle aree agrumetate del palermitano, quanto in quelle del catanese, un notevole vuoto di presenze in coincidenza del periodo estivo più caldo dell'anno (luglio-prima metà di agosto); con la 3<sup>a</sup> decade di agosto e in settembre i voli ridiventano numerosi e ciò spiega perchè la fioritura durante la fine dell'estate e all'inizio dell'autunno venga attaccata in misura sempre più grave, fino ad interessare il 100% dei fiori con totale distruzione della produzione forzata. Per sfuggire a tale attacco e ottenere produzioni accettabili bisogna mettere in "secca" le piante precocemente ed effettuare la prima irrigazione di rottura al massimo nella seconda decade di luglio, in modo che la piena fioritura cada nella prima metà di agosto e si possa concludere entro la 1<sup>a</sup> decade di settembre o prima. Questo accorgimento ci porta ad evitare l'attacco del lepidottero in misura sufficiente per ottenere produzioni verdellifere soddisfacenti.

Tecniche di lotta biologica mediante lancio di entomoparassiti sono stati tentati da Mineo nel palermitano, ma non hanno dato risultati positivi. Egli allevò in laboratorio un ceppo di Agonaspis fuscicollis Dalm. var. praysincola Silv., ottenuto da Prays oleae Bern. che, liberato in campo nei mesi di aprile e maggio, non è riuscito a insediarsi (7).

Del resto la fioritura primaverile sfugge, almeno nell'area agrumetata della Sicilia orientale, all'attacco della tignola. Malgrado un buon numero di adulti resti catturato dalle trappole monitoring nel corso della stessa, fiori infestati dalle larve della tignola non si sono rinvenuti, durante i 5 anni nei limoneti dell'azienda pilota e nelle aree collaterali di lotta integrata della costa ionica, fino alla 1<sup>a</sup> decade di giugno, quando la fioritura primaverile risulta già conclusa. Di conseguenza la necessità di una lotta per proteggere questa prima fioritura dell'annata sui limoni non si pone.

La "soglia di intervento" per questo fitofago, stabilita dal nostro gruppo di lavoro negli ultimi due incontri (1981 e 1982), è del 50% di fiori attaccati. Indagini effettuate nel corso dell'ultimo biennio per verificare l'attendibilità di tale valore ci hanno portato a concludere che esso non può essere fisso, stante che è in relazione con l'entità della fioritura da proteggere e con l'epoca in cui si interviene. Più alta è la fioritura, maggiori risultano i livelli di soglia che possono raggiungersi senza ripercussioni negative a livello di produzione vendibile; in tali casi si possono sopportare livelli d'attacco fino al 70% dei fiori presenti; più tardiva è l'infestazione, maggiore è la potenziabilità d'attacco, a cui la fioritura resta soggetta, e più basso risulta di conseguenza il valore di "soglia economica", che fa scattare l'eventuale intervento chimico.

Per quanto riguarda la limonicoltura, però, il problema della soglia risulta superato, in quanto le pratiche d'intervento integrato non prevedono l'uso di insetticidi di sintesi, che sono i soli che per il momento possono venire consigliati, qualora si dovesse ricorrere ad un'eventuale lotta chimica diretta. Questa, d'altra parte, non ha dato finoggi risultati di rilievo, data la scarsità della fioritura e la persistenza limitata dei fitofarmaci adoperati. Mineo e altri nel palermitano (8) non hanno ottenuto differenze significative a livello di produzione vendibile in limoneti con fioritura infestata al 50% fra le parcelle sottoposte ad intervento chimico con fosfororganici e quelle testimoni. Ciò confermerebbe appunto la scarsa utilità di tali interventi sul piano pratico-operativo e dà forza alla nostra convinzione che è opportuno ricorrere per questo fitofago a tecniche alternative di lotta.

### 3.8 Acari

Le conoscenze sull'acarofauna degli agrumi in Italia sono relativamente modeste. Finoggi era nota con certezza la presenza di 8 specie dannose, di un gruppo di predatori, i fitoseidi - quest'ultimi studiati in Sicilia particolarmente da Ragusa (Unità operativa di Palermo) - e di 3-4 specie indifferenti, innocue per le piante, ma non di raro ritenute specie fitofaghe da agricoltori e da tecnici e perciò oggetto di interventi di lotta, inutili o addirittura dannosi. Ricerche effettuate da Vacante nei trascorsi 5 anni nei limoneti dell'area pilota di lotta integrata hanno contribuito ad arricchirne la lista, per cui oggi risultano individuate 29 specie di 13 famiglie diverse.

Nella tabella N. 2 viene riportato l'elenco delle specie finoggi rinvenute nei limoneti protetti con i metodi della lotta integrata; altre specie, raccolte ma non ancora determinate, non sono incluse in esso.

Volendo raggruppare le 29 specie in base alla loro specializzazione trofica, distinguiamo 8 specie fitofaghe, di cui solamente 4 (Eriophyes sheldoni Ewing., Tetranychus urticae Koch, Panonychus citri (Mc Gregor), Aculops pelekassi (Keifer)) hanno interesse agrario di rilevante portata, 14 specie predatrici e 7 specie micetofaghe e/o detritivore.

Gli acari predatori finoggi rinvenuti nell'area pilota sono rappresentate da 8 specie di fitoseidi, già citate in precedenti relazioni e riportate in elenco, e da Proctolaelaps pygmaeus (Muller), Zetzellia graeciana Gonzales, Hemisarcoptes malus (Shimer), Cheletogenes ornatus (Can. & Fanz.), Tydeus californicus (Banks) e Triophtydeus triophthalmus (Oudemans).

Tab. N. 2 - Elenco delle specie di Acari rinvenute da Vacante in Sicilia nei limoneti sottoposti a lotta integrata nel quinquennio 1979-1983.

Costume delle specie	POSIZIONE SISTEMATICA			
	ordine	sottordine	famiglia	specie
Fitofaghe	Acariformes	Actinedida	Eriophyidae	Aculops pelekassi (Keifer) Eriophyes sheldoni Ewing.
			Tetranychidae	Panonychus citri (Mc Gregor) Tetranychus urticae Koch
			Tarsonemidae	Polyphagotarsonemus latus (Banks)
			Tenuipalpidae	Brevipalpus phoenicis (Geijskes) Brevipalpus obvatus Donnadieu Brevipalpus californicus (Banks)
Predatrici	Parasitiformes	Gamasida	Phytoseidae	Amblyseius stipulatus A.H. Amblyseius potentillae Garman Iphiseius degenerans (Berl.) Phytoseiulus persimilis A.H. Seiulus amaliae Ragusa e Swirski Typhlodromus rhenanoides A.H. Typhlodromus cryptus A.H. Typhlodromus exhilaratus Ragusa
	Acariformes	Actinedida	Ascidae Tydeidae Cheyletidae Hemisarcoptidae Stigmaeidae	Proctolaelaps pygmaeus (Muller) Tydeus californicus (Banks) Triophtydeus triophthalmus (Oudemans) Cheletogenes ornatus (Can. & Fanz.) Hemisarcoptes malus (Shimer) Zetzellia graeciana Gonzales
Micetofaghe, alghivore o detritivore	Acariformes	Actinedida	Tydeidae	Pronematus ubiquitus (Mc Gregor) Orthotydeus foliorum (Schrank) Tydeus formosa (Cooreman)
		Acaridida	Acaridae	Tyrophagus putrescentiae (Schrank)
		Oribatida	Saprogllyphidae Oribatididae	Calvolia hebeclinii (Sicher) Siculobata sicula (Berl.) Humerobates rostromellatus Grandjen

Fra queste e le fitofaghe si è stabilita nell'area indagata una simbiosi antagonista, tale da mantenere due di esse (T. urticae e P. citri) costantemente al disotto dei livelli di soglia e da rendere non più necessario il trattamento chimico per il loro controllo; resta, invece, non ancora soddisfacentemente risolto il problema della lotta contro E. sheldoni; saltuariamente pericolosa è risultata anche l'infestazione di A. pelekassi. Interessante fra le specie predatrici riportate in elenco è la



presenza di Hemisarcoptes malus (Shimer), un piccolo acaro (300  $\mu$ ), che vive a spese di uova e forme postembrionali di cocciniglie diaspididi, su cui esercita un apprezzabile controllo biologico.

Delle specie micetofaghe e detritivore, che possiamo anche definire indifferenti per il tipo di cibo che assumono, alcune risultano numericamente abbondanti. La presenza di queste spesso è tale da essere macroscopicamente rilevabile ad occhio. È facile, per esempio, rinvenire sul tronco in inverno e all'inizio della primavera colonie di Siculobata sicula (Berl.) e di Humerobates rostromellatus Grandjen o vederle vagare sulle foglie in aprile-maggio; così è pure frequente rinvenire su foglie con abbondante fumaggine colonie di Tydeus formosa (Cooreman), micetofago e, sembra, saltuariamente fitofago. Ciò si è potuto notare nell'area collaterale di Furci Siculo, in seguito alla infestazione di Planococcus citri. Infine altre specie micetofaghe o detritivore come Orthotydeus foliorum (Schrank), Tyrophagus putrescentiae (Schrank), Calvolia hebeclinii (Sicher) e alcune specie di Tarsonemidi, si incontrano con frequenza all'esame microscopico di frutti, foglie e rametti di limone, senza che diano mai luogo a manifestazioni che possano venire apprezzate macroscopicamente. Per i nostri scopi interessa ora parlare dei risultati ottenuti nei 5 anni contro i 4 acari fitofagi più importanti.

### 3.8.1 Tetranychus urticae Koch

L'infestazione di quest'acaro fitofago, chiamato "ragno rosso", è stata contenuta biologicamente dall'azione naturale di Phytoseiulus persimilis A.H., predatore specifico indigeno dello stesso. In tutte le aziende dell'area pilota dimostrativa di lotta integrata fin dal primo anno d'intervento l'acarofauna utile si è ampiamente e naturalmente sviluppata. Essa oggi risulta rappresentata, oltre che dalla specie sopraindicata, da altre 7 specie di fitoseidi (Amblyseius stipulatus A.H., A. potentillae Garman, Typhlodromus rhenanoides A.H., T. exhilaratus Ragusa, T. cryptus A.H., Seiulus amaliae Rag. & Swirski, Iphiseius degenerans (Berl.)) e da specie predatrici appartenenti alle varie famiglie citate in elenco. Poche fra esse e in modo generico contribuiscono nella lotta biologica naturale al "ragno rosso", che resta affidata quasi esclusivamente all'azione specifica di P. persimilis o, laddove questi risulta carente, al coccinellide predatore Stethorus punctillum Ws., che lo vicaria. Di scarso o di nessun rilievo è stata l'azione dell'altro coccinellide predatore indigeno, Clitostethus arcuatus (Rossi).

Contro il "ragno rosso" nel corso dei 5 anni di lotta integrata non è stato necessario intervenire chimicamente con acaricidi specifici, essendo rimasta l'infestazione costantemente sotto il livello di soglia. I danni che questo fitofago induce sui frutti, caratterizzati tipicamente dalla cosiddetta "nasca di ferro", hanno inciso annualmente sulla produzione vendibile in misura media dello 0,6%. Si tratta di un tasso di scarto largamente tollerato dagli agricoltori.

La "soglia d'intervento" per quest'acaro è definita dalla presenza di colonie attive sul 2% dei giovani frutti e/o sull'8-10% delle foglie di ultima vegetazione. Nel corso dei nostri rilevamenti abbiamo qualche volta notato sintomi d'attacco in un numero di frutti superiore a quello previsto dai livelli di soglia: si è trattato però, per lo più di colonie inattive, già debellate dall'azione dei predatori; purtroppo lo stato di vitalità o meno delle colonie non si può rilevare con certezza ad occhio nudo

e l'agricoltore può essere perciò indotto a considerare soglia, ciò che soglia non è; è necessario, perciò, ricorrere a sistemi d'ingrandimento ottico.

### 3.8.2 Panonychus citri Mc Gregor

L'infestazione di questo tetranichide, che all'inizio del trascorso quinquennio costituiva un problema di primaria importanza nell'area collaterale di Scillichenti – appositamente scelta allo scopo – è oggi completamente rientrata; nè si sono verificati casi d'infestazione in altre aziende dell'area pilota sperimentale, malgrado ad esempio, in qualche zona dell'azienda pilota la presenza del fitofago fosse stata riscontrata all'inizio sul 5% in media delle foglie esaminate. L'infestazione è però rimasta contenuta per azione degli acari fitoseidi, principalmente di Amblyseius stipulatus A.H., e chimicamente per l'effetto acaricida espletato su di essa dall'olio minerale bianco. In Sardegna è stata notata anche l'azione debellante di una malattia virale, che non è da escludere possa essere presente anche in Sicilia, ma sul conto della quale non si sono raccolti dati di sorta. L'olio minerale bianco nei confronti di questa specie esplica una marcata azione ovo-larvi-adulticida. Nell'inverno 1980-81 un trattamento con tale sostanza al 3% (\*) portò alla morte del 100% delle forme mobili e del 94% delle uova presenti. All'atto dell'intervento la soglia di frequenza (data in questo periodo dal 40% di foglie infestate di ultima vegetazione) non risultava ancora superata. L'infestazione in seguito al trattamento venne azzerata e rimase praticamente assente fino a tutto il mese di aprile; essa riprese lentamente a manifestarsi in maggio e già alla fine di giugno interessava il 10% delle foglie più giovani. A partire da questo periodo si inserì su di essa in modo palese la azione abbattente dei fitoseidi, per cui alla fine di luglio era stata già riportata a livelli medi del 5,05% di foglie infestate con un rapporto fitoseide/preda di 1/7,6. Ciò spiega perchè, come si è visto in Sardegna, i trattamenti anticoccidici estivi con prodotti non selettivi, eliminando i predatori, causano l'esplosione delle popolazioni di P. citri in autunno (3). Questo non si è mai verificato in Sicilia nei 5 anni di lotta integrata nei limoneti dell'area pilota, dove non si è avuta necessità alcuna di intervenire con trattamenti acaricidi specifici. Viceversa nella limonicoltura locale se ne effettuano di norma almeno uno contro T. urticae e 2-3 contro P. citri, laddove questo fitofago risulti presente. In una prova effettuata con dicofol e tetradifon nell'area collaterale di Scillichenti nella primavera del 1980 si ebbe un calo molto marcato dell'acarofauna utile, tanto che in estate sviluppò nella parcella così trattata solamente il coccinellide predatore Stethorus punctillum, laddove nel testimone erano presenti in larga misura i fitoseidi dianzi citati. L'infestazione nella parcella così trattata, dopo appena 20 giorni dall'effettuazione del trattamento, interessava già il 47% delle foglie con alto numero di forme mobili per foglia. L'azione di S. punctillum in questa parcella e quella dei fitoseidi nel testimone fu tale nel corso dell'estate da fare abbassare del 60% il grado d'attacco, riportandolo dal 100% di foglie infestate con forme mobili e attive, rinvenute nei due casi alla fine di luglio, al 33 e 47% rispettivamente in settembre; ciò dimostra la capacità di questi fattori biologici naturali di controllare l'infestazione di quest'acaro.

---

(\*) Si è operato nell'area collaterale di Scillichenti. Il trattamento era diretto contro l'acaro delle meraviglie.

### 3.8.3 Aceria sheldoni Ewing

L'infestazione di questo eriofide è stata e resta un problema parzialmente insoluto, non essendo riusciti a debellare convenientemente l'infestazione, nè a ridurla stabilmente al disotto del valore di soglia, finoggi stabilito a livelli del 30% circa di gemme infestate. Tale valore, in base ai riscontri delle ultime ricerche, va elevato.

Indagini effettuate da Ragusa nell'area collaterale palermitana di S. Flavia, durante i mesi di novembre 1981-marzo 1982, hanno evidenziato attacchi sull'84,50% in media delle gemme esaminate. All'atto della vegetazione primaverile il 45,63% di germogli e fiori appariva danneggiato. Sta di fatto, come è stato visto nel corso dei trascorsi cinque anni, infestazioni con tasso del 90-100% di gemme colpite si possono frequentemente raggiungere nel giro di pochi mesi, partendo da condizioni d'attacco del 20-30% o meno di gemme infestate.

Contro quest'eriofide scarso è l'effetto immediato degli acari predatori, attivi contro i tetranichidi, anche se non si può escludere che possano nel tempo risultare apprezzabilmente utili. Ciò sembrerebbe dimostrato dal fatto verificatosi nel 1981 nell'area collaterale di Cannizzaro, nella quale l'ultimo trattamento chimico con olio minerale bianco al 2,5% era stato effettuato nel febbraio 1980: nell'estate di questo stesso anno si riscontrarono in quest'area attacchi sul 100% delle gemme; in novembre essi interessava il 76,6% delle gemme esaminate; ciò coincise con un'alta presenza (0,29 in media/X foglia) sulle piante di acari fitoseidi. Tale percentuale si è ulteriormente abbassata, tanto che nel maggio dell'anno dopo (1981) sulle stesse piante non più trattate risultava infestato il 56,2% delle gemme, con contemporanea presenza di 136 forme mobili e 67 uova di fitoseidi in media per 100 foglie esaminate.

La lotta chimica resta comunque il mezzo diretto più idoneo per combatterlo. L'olio minerale bianco è risultato il fitofarmaco che meglio agisce contro quest'eriofide, riuscendo ad ammazzarlo per asfissia nel sito in cui esso si trova. Prove di lotta a dosi differenziate (1,5-2-3%) con questo prodotto hanno dimostrato che l'efficienza dell'intervento non dipende tanto dalla dose, quanto invece, dall'accuratezza con cui l'intervento viene effettuato. La normale diligenza, che è d'uso comune nell'effettuare i trattamenti, non risulta sufficiente, portando normalmente a riduzioni dell'infestazione del 50-60%, laddove le stesse dosi, distribuite con cura, hanno assicurato riduzione fino al 96% dei livelli iniziali d'attacco.

Quest'eriofide è attivo durante tutto l'anno, ma in estate può rapidamente moltiplicarsi, riuscendo a raddoppiare le sue popolazioni e il numero delle gemme infestate nel giro di qualche mese. Così nell'azienda pilota di lotta integrata, nel 1981, l'acaro si rinveniva all'inizio di giugno sul 37,87% in media delle gemme esaminate, laddove 2 mesi più tardi (fine di luglio) era interessato dall'attacco l'83,00% in media di esse. Esso ha perciò capacità di moltiplicazione insospettata.

Così nell'area collaterale di Cannizzaro il 13 febbraio 1980, all'atto dell'intervento, si avevano livelli d'attacco del 16,66% e presenza media di 8,25 forme mobili per gemma infestata. Quindici giorni dopo l'intervento, effettuato alla dose del 2,5% con particolare diligenza, in modo da bagnare omogeneamente tutta la chioma, si era a percentuali del 2,34 con 5,14 individui in media per gemma infestata. Il 9 giugno, a 4 mesi dall'intervento, eravamo già a livelli del 76,78% e due mesi e mezzo più tardi, il 28 agosto, al 100% con 13,4 forme mobili in media per gemma. Nel corso dell'anno l'effettuazione di due trattamenti non disinfecta in modo definitivo le piante. Così nell'azienda pilota, nel 1981, si trattò il 5 gennaio con olio mi nera-

le a Kg.3,5 e poi di nuovo il 28 luglio con lo stesso fitofarmaco a Kg.2. All'atto del 1° trattamento si avevano livelli d'attacco del 71,58%; essi scesero al 9,7% subito dopo l'intervento, ma alla data del 28 luglio, quando venne effettuato il 2° trattamento dell'annata avevamo già raggiunto punte dell'87,50%. Il 10 settembre, 45 giorni dopo il 2° intervento, si avevano percentuali del 54,99%, a confronto dell'84,89% riscontrato in una parcella testimone. Se si fosse dovuto tener conto del livello di soglia finoggi definito dal 30% di gemme infestate, altri trattamenti sarebbero dovuti scattare. Eppure alla raccolta, scolarmente effettuata da gennaio a Luglio 1982, la produzione mostrò percentuali di scarto da acaro delle meraviglie pienamente accettabili a livello commerciale e quel che più conta produzioni vendibili/ettaro pienamente soddisfacenti. Ciò sta a dimostrare che i livelli d'attacco ai quali si è intervenuto possono essere tollerati senza traumi economici e che è perciò ad essi che va riportato il valore di soglia.

#### 3.8.4 Aculops pelekassi (Keifer)

Contro quest'eriofide fino a tutto il 1981 un trattamento con zineb o ziram nel corso dell'estate nel limoneto dell'area pilota di lotta integrata, annualmente infestato, aveva dato esito soddisfacente e il problema risultava così facilmente risolto. A partire dall'estate 1982, tale trattamento apparve inefficace, tanto che l'infestazione andò progressivamente aumentando e interessò aliquote sempre più alte di frutti giovani e vecchi.

Prove parcellari, eseguite allo scopo di indagare sul fenomeno nell'ottobre-novembre 1982, misero in evidenza che ci trovavamo già di fronte a popolazioni ormai resistenti all'azione dei due ditiocarbammati, per cui vennero sperimentati alcuni acaricidi e lo zolfo colloidale. L'azione di quest'ultimo alla dose dello 0,1% apparve pienamente soddisfacente; anche quella dell'amitraz, alla dose dello 0,04%, risultò risolutiva. Effetto insoddisfacente si ottenne, invece, con acarmate.

Contro quest'eriofide, laddove esso è presente, è indispensabile intervenire con gli acaricidi suddetti, che possono mescolarsi all'olio minerale bianco, adoperato in estate contro lo "acaro delle meraviglie" e contro attacchi di altri fitofagi.

Lo zolfo colloidale, invece, non è miscibile con olio minerale bianco e va adoperato a distanza di almeno un mese dal trattamento effettuato sulle piante con questo insetticida per evitare danni di fitotossicità, che la presenza contemporanea dei due fitofarmaci induce sulle piante. E' tuttavia meglio non adoperarlo e ricorrere a soluzioni compatibili con l'uso dell'olio minerale bianco.

#### 4. Conclusioni

Dal consuntivo dei risultati qui presentati si evince come l'esito delle prove dimostrative di lotta integrata sia stato pienamente soddisfacente. Oggi, a più di 4 anni dall'inizio delle prove (agosto 1979), siamo in grado di poter suggerire con tranquillità per la limonicoltura tecniche e modi per un intervento di lotta integrata, anche se qualche problema non è stato ancora risolto in modo pienamente soddisfacente.

L'olio minerale bianco emulsionato, con uno o due trattamenti allo 0,2% in inverno e/o in estate, e l'azione di predatori e parassitoidi indigeni e introdotti, appaiono in grado di risolvere quasi tutti i problemi fitoiatrici dovuti ad insetti e acari, connessi con tale coltura. Per la difesa della stessa da tali fitofagi non è necessa-

rio ricorrere all'uso di insetticidi di sintesi, da soli o in miscela con olio minerale bianco, come oggi ancora si usa fare nella generalità dei casi. Anche l'uso di acaricidi, salvo il caso particolare di presenza di Aculops pelekassi, risulta superfluo, per cui non c'è necessità di ricorrere ad essi. Accorgimenti particolari, quale l'anticipo dell'irrigazione nel caso della forzatura dei limoni per la produzione dei verdelli, ci aiutano a risolvere soddisfacentemente problemi, quale quello della "Tignola della zagara", non altrimenti risolvibili in modo conveniente.

La potatura, applicata con sistematicità, pone le piante nelle condizioni di meglio reagire all'infestazione dei fitofagi, serve ad asportare meccanicamente le branche o i rami affetti da "mal secco" e crea un ambiente più favorevole all'azione dei fattori biologici di controllo.

Queste in sintesi le principali linee operative che vanno tenute in conto per il trasferimento dei risultati.

#### REFERENCES

1. BARBAGALLO S. e LONGO S. (1982) Rilievi sulla biocenosi di Planococcus citri per il potenziamento degli entomofagi nel quadro di interventi di lotta integrata contro la Cocciniglia. in Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., EUR 8404EN-FR-IT, 17.
2. BARBAGALLO S. e PATTI I. (1980) Note e osservazioni condotte nel 1980 sul Dialeurode e gli Afidi nell'azienda pilota e in aree collaterali. Comunicazione presentata a "Reunion Groupe d'Experts - Lutte intégrée en Agrumiculture - Catania 12-13 giugno 1980 (non pubblicata).
3. DEL RIO G. (1982) Un quadriennio di osservazioni su Panonychus citri in Sardegna. in Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., EUR 8404 EN-FR-IT, 19.
4. LIOTTA G. (1982) Dinamica delle popolazioni di Aspidiotus nerii Bouché e dei suoi parassitoidi su limone. in Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., EUR 8404EN-FR-IT, 21.
5. LIOTTA G. (1982) Dinamica delle popolazioni di Aonidiella aurantii (Mask.) e dei suoi parassitoidi su limone. in Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., EUR 8404EN-FR-IT, 22.
6. LIOTTA G. (1982) La mosca bianca fioccosa degli agrumi. Informatore fitopatologico, 32 (12): 11-16.
7. MINEO G. (1982) Ulteriori esperimenti di lotta biologica contro Prays citri Mill. con Ageniaspis fuscicollis Dalm. var. praysincola Silv. in Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., EUR 8404EN-FR-IT, 25.
8. MINEO G., SINACORI A. e VIGGIANI G. (1979) Contributi per la lotta integrata nel limoneto 1°. Valutazione del danno dovuto a Prays citri Mill. (Lep. Plutellidae). Bollettino Laboratorio Entomologia agraria, Portici, XXXVI, 31-37.

9. TREMBLAY E., BARBAGALLO S., MICIELLI DE BIASE L., MONACO R. e ORTU S. (1980) Composizione dell'entomofauna parassitica vivente a carico degli afidi degli Agrumi in Italia (Hymenoptera Ichneumonoidea, Homoptera Aphidoidea). Bollettino lab. di Entomologia agr., Portici, XXXVII, 209-216.

### Publications - Contract No. I-0730

- PATTI I., RAPISARDA C. (1980) Efficacia dell'entomofago *Encarsia lahorensis* (How.) nel controllo biologico del Dialeurode degli agrumi. *Tecnica Agricola*, XXXII, p. 8, Catania
- VACANTE V., LONGO S., BENFATTO D. (1980) Prove sperimentali di lotta contro *Panonychus citri* (McGregor). *Tecnica Agricola*, XXXII, p. 6, Catania
- BARBAGALLO S., NUCIFORA A. (1981) Sampling methods and economic threshold for the control of lemon pests in Italy. In: Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards. San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, EUR 7342, EN-FR-IT, 27-34
- DI MARTINO E. (1981) L'impiego degli oli bianchi in agrumicoltura e loro influenza sulle produzioni. In: Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards. San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, EUR 7342, EN-FR-IT, 117-126
- MINEO G., MIRABELLO E., DEL BUSTO T., VIGGIANI G. (1981) Use of the pheromone traps for the citrus flower moth (*Prays citri* Mill.). In: Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards. San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, EUR 7342, EN-FR-IT, 67-72
- NUCIFORA A. (1981) Stato di avanzamento nella lotta integrata contro i fitofagi del limone in Sicilia. In: Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards. San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, EUR 7342, EN-FR-IT, 103-146
- NUCIFORA A. (1983) Pilot project for biological control in citrus culture in CEC Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux. EUR 8273 EN, 79-88
- CALABRETTA C., CALTABIANO G. "in press" La tecnica del mass-trapping contro *Prays citri* Mill. in limonicoltura. Atti Giornate Fitopatologiche, Bologna
- NUCIFORA A. "in press" La pratica della rottura anticipata della secca contro *Prays citri* Mill. in limonicoltura. Atti Giornate Fitopatologiche, Bologna
- NUCIFORA A., VACANTE V. "in press" La "Tignola della zagara" (*Prays citri* Mill.): Importanza e valore della soglia d'intervento: 1° contributo. Atti Giornate Fitopatologiche, Bologna
- VACANTE V., NUCIFORA A. "in press" L'acaro delle meraviglie (*Aceria sheldoni* Ew.): soglia d'intervento e trattamenti. 1° Contributo. Atti Giornate Fitopatologiche, Bologna

## Results of Five Years of Integrated Control in Sardinia Orange Groves

R. Prota, S. Ortu, G. Delrio

Institute of Agricultural Entomology, University, Sassari (Italy)

### Summary

The five-year study programme (1979-83) effected in various experimental orange groves in Sardinia has clarified the biocoenotic complex and concretized the methodology essential for an integrated control. The techniques applied, including the new introduction and periodical release of laboratory reared beneficial insects together with the reduction of chemical intervention, have progressively improved the situation. The average cost of the integrated control operations resulted in 15% of the saleable gross production, compared with 13.8% using traditional methods. The higher cost was mainly due to the expense of infestation monitoring, which, in large commercial cultivations, could be substantially reduced by monitoring only sample groves. Important advantages such as improvement in quality of yield as well as considerable reduction in environmental pollution justify the adoption on integrated control systems, but the availability on a large scale of the biotechnical and biological means required must first be organized. A technical service, specialized in all aspects of integrated control, must also be instituted in order to ensure the correct application of monitoring methods and intervention thresholds established in this five-year programme.

Résultats de 5 ans de lutte intégrée dans la culture des oranges en Sardaigne.

### Résumé

Le programme développé en Sardaigne pendant les années 1979-83 sur des zones expérimentales a permis de déterminer avec beaucoup de clarté le cadre biocénotique général et d'approfondir la connaissance sur les éléments indispensables pour une application concrète des méthodologies de lutte intégrée. Les techniques appliquées ont amélioré progressivement la situation avec la réduction des interventions chimiques et la libération périodique des auxiliaires utiles élevés en laboratoire ou introduits directement. Les opérations effectuées ont permis de quantifier économiquement les résultats obtenus avec la rationalisation des interventions phytosanitaires. Dans l'ensemble, ces derniers ont

chargé en moyenne pour le 15% sur la production brute vendable contre une incidence du 13,8% des systèmes traditionnels fondés sur la lutte à calendrier. Les coûts plus élevés de la lutte intégrée, dûs surtout aux dépenses pour l'estimation des infestations, pourraient, au contraire, être réduits en limitant le contrôle à des parcelles d'échantillons. Les avantages que l'on peut obtenir de l'amélioration de la production et de la réduction de la pollution du milieu, justifient l'adoption des techniques acquises même sur des surfaces plus étendues. Mais on devra dépasser les difficultés que se rencontrent dans l'utilisation des moyens biotechniques et biologiques, dont la disponibilité est liée à l'existence de structures appropriées. D'une grande importance sera l'institution d'un service d'assistance technique spécialisée dans le secteur de la lutte intégrée sans lequel il sera difficile d'appliquer les méthodologies d'échantillonnage et les seuils d'intervention établis et conseillés dans le cours du programme quinquennal.

## RISULTATI DI UN QUINQUENNIO DI LOTTA INTEGRATA IN ARANCICOLTURA IN SARDEGNA

### 1. PREMESSA

Il programma di "Lotta integrata in agrumicoltura" sviluppato in Sardegna (dal 1979 al 1983) sull'arancicoltura, può considerarsi un esempio di intervento coordinato a favore di un settore agricolo che al tempo godeva di interventi finanziari destinati solo per il miglioramento fondiario, l'incremento e la valorizzazione della produzione, la riconversione varietale e l'individuazione di nuove cultivar più idonee per l'utilizzazione diretta e l'industria conserviera.

Il progetto ha coperto pertanto l'aspetto trascurato della ricerca relativa al campo fitosanitario, inducendo un riesame della efficacia e della convenienza delle pratiche sino allora utilizzate, sollecitando la riduzione dell'uso massiccio di certi fitofarmaci, puntando sulla definizione delle soglie di intervento e sull'uso dei mezzi biologici, al fine di integrare quanto disponibile alla luce sia dell'impiego di metodologie più sofisticate e sia delle nuove introduzioni varietali effettuate.

### 2. SITUAZIONE COLTURALE

La superficie agrumicola sarda interessa poco più di 5.000 etta-



ri a coltura specializzata e circa 4.400 ettari a coltura promiscua, rappresentando nel complesso uno dei comparti agricoli più importanti per l'economia dell'isola.

La produzione è costituita fundamentalmente da arance (70%), da mandarini e clementine (22%) e da limoni (8%).

Il quadro varietale delle cultivar di arancio riflette quei tipi maggiormente richiesti dai mercati europei, sia a polpa bionda (60%) che pigmentati (40%).

La dislocazione delle coltivazioni, dove, tra l'altro, è stato sviluppato il programma di ricerche, riguarda le pianure meridionali e la fascia costiera medio-orientale.

La produzione annua, attualmente non molto elevata (650.000 q.li) è assorbita quasi tutta dal mercato regionale interno; in virtù però della decisa espansione dell'area colturale appare destinata ad una forte esportazione verso il continente.

Le perdite per attacchi parassitari (che incidono per il 15-17% della produzione totale), pur risultando quasi il doppio di quelle stimate sulla produzione nazionale (9%), manifestano una evidente riduzione rispetto al periodo immediatamente precedente allo sviluppo del programma, quando i danni erano valutati ad oltre un miliardo e mezzo di lire.

### 3. IMPOSTAZIONE DELLE RICERCHE

Le indagini sviluppate nel quinquennio, hanno trovato all'inizio un valido supporto nelle ricerche preliminari condotte sull'entomofauna generale presente nelle biocenosi interessate, nonché nella dinamica di popolazione dei principali fitofagi ed ausiliari. Ciò ha consentito la sollecita individuazione delle aree sperimentali e delle direttrici fondamentali delle ricerche, compresi alcuni allevamenti massali eseguiti in laboratorio.

I biotopi scelti per le indagini sono stati individuati tenendo conto di condizioni pedoclimatiche, floristiche e faunistiche particolarmente distinte, al fine di valutare in ambienti diversi i risultati degli interventi di lotta infine proposti, e quindi trasferire

quanto acquisito con maggiore sollecitudine e cognizione.

In tali aree, malgrado la presenza di strutture agricole organizzate, la protezione fitosanitaria era condotta prevalentemente con vecchi criteri, al di fuori da qualsiasi convenienza economica e senza alcun riguardo per l'aspetto tossicologico.

### 3.1 Rilevamenti bio-ecologici in campo

Le numerose osservazioni compiute settimanalmente hanno avuto lo scopo di: riconfermare i dati sulla composizione e consistenza faunistica e evidenziare i fitofagi chiave presenti; mettere a punto alcuni metodi di campionamento; definire certe soglie di intervento, indispensabili per una razionale applicazione dei concetti di lotta integrata. Buona parte dei rilievi quali- e quantitativi delle popolazioni presenti sono stati eseguiti, oltre che con prelievi e osservazioni dirette (infestazione fogliare o dei frutti, ecc.), mediante l'impiego di mezzi attrattivi di vario genere: visivi ed olfattivi (di tipo alimentare o feromonico).

Tali strumenti, diversificati a seconda della fauna da censire, hanno permesso l'acquisizione di importanti elementi sulla dinamica di popolazione tanto dei fitofagi che degli entomofagi e, pertanto, l'accertamento dei periodi ottimali per la lotta chimica e/o biologica. Non sono state trascurate indagini sull'impiego contemporaneo di stimoli diversi per facilitare maggiormente la raccolta dei dati e rendere, pertanto, più agevole una generalizzazione del controllo su tutta la superficie agrumicola. In ultimo non sono stati tralasciati i sistematici esami sulle variazioni dello stato vegetativo della coltura durante le diverse stagioni. Tali ultime indagini hanno permesso (con rilevazioni microclimatiche e sulla pratica irrigua) di stabilire i tempi di emissione di nuova vegetazione e di presumere, quindi, i momenti di intervento contro agenti nocivi specifici (particolarmente legati a tali condizioni) come, ad esempio, afidi, aleurodidi ed acari.

### 3.2 Allevamenti massivi

Contemporaneamente alle indagini di campo, venivano avviati in laboratorio allevamenti in massa di Ceratitis capitata Wied. sia per la produzione di adulti, destinati a ricerche ecologiche e per alcune prove di sterilizzazione, sia per ottenere un substrato larvale di pa rassitizzazione per alcuni entomofagi allora in via di introduzione come gli Im. Braconidi Opius concolor Szèpl. e Biosteres longicaudatus Ashm..

Nello stesso tempo venivano allevati i coccidifagi: Leptomastix dactylopii How. e Cryptolaemus montrouzieri Muls. (rispettivamente pa rassita e predatore di Planococcus citri (Risso)), Metaphycus helvolus (Comp.) e M. bartletti Ann. et Mynh. (parassiti di Saissetia oleae Oliv.).

## 4. DISCUSSIONE E RISULTATI

Al momento in cui partiva il progetto, la situazione fitosanitaria, piuttosto precaria, presentava 23 fitofagi di varia importanza economica. Dopo il primo biennio di studio, sulle coltivazioni agrumi cole poste nelle aree sotto controllo, venivano riscontrate ben altre 16 specie (tra insetti di vario ordine ed acari), alcune delle quali di recente introduzione:

Dialeurodes citri (Ashm.), Aleurothrixus floccosus (Mask.), Aphis cracivora Koch., Myzus persicae (Sulzer), Macrosiphum euphorbiae (Thomas), Aulacorthum solani (Kalt.), Pseudococcus calceolariae (Mask.), Pseudococcus longispinus Targ., Prays citri Mill., Myelois ceratoniae Zell., Panonychus citri (Mc Greg.), Tetranychus urticae Koch, Brevipalpus phoenicis Geijskes, Lorrya formosa Cooreman.

Particolarmente intense figuravano al tempo le infestazioni di Planococcus citri (Risso), Dialeurodes citri (Ashm.), Ceratitis capitata Wied., Panonychus citri (Mc Greg.) e di Afidi (Aphis citricola (V.d.G.), Aphis gossypii Glov. e Toxoptera aurantii (B.d.F.)).

Non meno gravi, ma su aree limitate, venivano a manifestarsi nel

corso delle ricerche, attacchi da parte di Aleurothrixus floccosus (Mask.), recentemente introdotto nell'Isola. Gli interventi di lotta erano concentrati su tali specie con un numero spesso elevato di trattamenti annuali (talvolta superiori a 6) quasi sempre inopportuni, in tempestivi, per lo più eseguiti con prodotti impropri e spesso ad elevata tossicità.

Partendo da questa situazione di base, le osservazioni condotte sull'insieme dei fitofagi, ma particolarmente orientate sul dinamismo degli agenti chiave nei diversi biotopi colturali, sono state via via affiancate da indagini sui più attivi entomofagi indigeni (Leptomastidea abnormis Grlt., Anagyrus pseudococci Grlt., Clitostethus arcuatus (Rossi), Stethorus punctillum (Weis) compresi predatori e parassiti di afidi (Coccinella septempunctata L., Adalia bipunctata L., Propilea 14-punctata L., Thea 22-punctata L., Scymnus sp., Braconidi Afidiini).

Dopo questa prima fase, allo scopo di migliorare il precario controllo biologico naturale dei fitofagi, si è intrapresa l'introduzione e la diffusione di alcuni importanti entomofagi, provenienti da allevamenti allestiti in loco o avuti da altre istituzioni di ricerca italiane e straniere. Oltre agli ausiliari prima citati e moltiplicati nei nostri laboratori, sono stati immessi in Sardegna ceppi di Nephus reunioni Furs., Encarsia lahorensis (How.), Lysiphlebus testaceipes (Cr.) e Cales noacki How. (Tab. 1). Attualmente la situazione relativa a ciascun fitofago può essere sintetizzata come indicato di seguito.

#### 4.1 Planococcus citri (Risso)

Le infestazioni di questa cocciniglia, che nelle aree più meridionali possono talvolta raggiungere percentuali di attacco superiori al 60%, sono state contenute mediante un solo trattamento chimico (olio bianco + estere fosforico). In alcuni casi buoni risultati sono stati ottenuti utilizzando esclusivamente olio bianco. L'azione dell'intervento chimico è stata completata dal lancio di Cryptolaemus montrouzieri, Leptomastix dactylopii e Nephus reunioni in appoggio ai nemici naturali indigeni: Chrysopa sp., Leptomastidea abnormis e

TAB. 1 - ARTROPODOFAUNA DANNOSA AGLI AGRUMI E RELATIVI ENTOMOFAGI IN SARDEGNA

FITOFAGI	ENTOMOFAGI	
	INDIGENI	INTRODOTTI
<u>Planococcus citri</u> (Risso)	<u>Anagyrus pseudococci</u> (Grlt.) <u>Leptomastidea abnormis</u> (Grlt.)	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> (Muls.) <u>Leptomastix dactylopii</u> (How.) <u>Nephus reunioni</u> Furs
<u>Dialeurodes citri</u> (Ashm.)	<u>Clitosthetus arcuatus</u> (Rossi)	<u>Encarsia lahorensis</u> (How.)
<u>Aphis citricola</u> V.d.G. <u>Aphis gossypii</u> Glov. <u>Toxoptera aurantii</u> (B.d.F.)	<u>Chrysopa</u> sp. <u>Syrphus corollae</u> Fabr. <u>Coccinella septempunctata</u> L. <u>Adalia</u> sp. <u>Scymnus</u> sp. <u>Pullus</u> sp. <u>Aphidius matricariae</u> Hal. <u>Ephedrus plagiator</u> (Nees.) <u>Lysiphlebus fabarum</u> (Marsh.) <u>Praon volucre</u> (Hal.)	<u>Lysiphlebus testaceipes</u> (Cr.)
<u>Aleurothrix floccosus</u> Maak.	<u>Clitosthetus arcuatus</u> (Rossi) <u>Chilocorus bipustulatus</u> (L.) <u>Chrysopa</u> sp.	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> (Muls.) <u>Cales noacki</u> How.
<u>Saissetia oleae</u> Bern.	<u>Chilocorus bipustulatus</u> (L.) <u>Coccophagus lycimnia</u> Walker <u>Moranila californica</u> (How.) <u>Scutellista cyanea</u> Motsh.	<u>Metaphycus lounsburyi</u> (How.) <u>Metaphycus helvolus</u> (Comp.) <u>Metaphycus bartletti</u> Ann. et Mynh.
<u>Panonychus citri</u> Mc Gr. <u>Tetranychus urticae</u> (Koch)	<u>Phytoseiidae</u> <u>Stethorus punctillum</u> Weis	

(Fig. 1) Anagyrus pseudococci salvaguardati, per quanto è stato possibile, dai trattamenti chimici.

In caso di attacchi non elevati un contributo apprezzabile è stato ottenuto mediante l'impiego contemporaneo di trappole cromotropiche di colore giallo innescate con il feromone sessuale femminile.

Seguendo tale metodologia, la percentuale dei frutti infestati al momento della raccolta è stata ridotta nelle aree più favorevoli al di sotto del 5%.

Per definire la soglia di intervento, stabilita nel 5-10% (estate) e 15% (autunno) di infestazione sulle arance, sono stati esaminati ogni tre settimane 10 frutti/albero, sottoponendo a controllo il 20% delle piante.

#### 4.2 Dialeurodes citri (Ashm.)

La presenza di questo aleurodide può considerarsi generalizzata

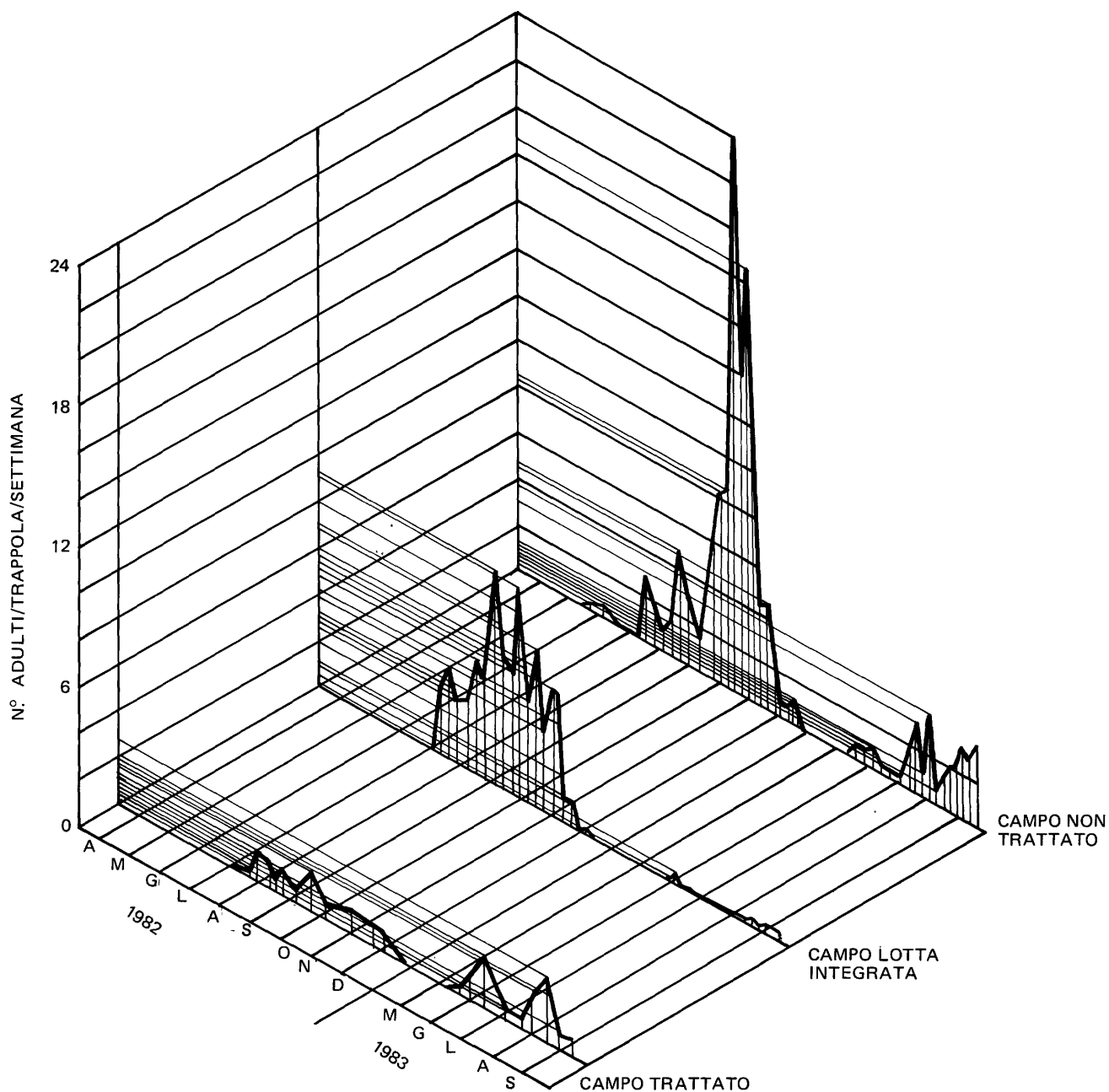


Fig. 1 - Andamento delle catture di Leptomastidea abnormis Grt. (Oristano)

con attacchi più o meno imponenti a seconda delle pratiche fitosanitarie adottate.

Nella maggior parte dei casi la riduzione dell'infestazione è ottenibile salvaguardando dai trattamenti chimici le popolazioni di Clitosthetus arcuatus (Fig. 2), presente in tutte le zone agrumicole e capace di distruggere anche l'80% delle uova dell'ospite, ma maggiori risultati sono ottenibili introducendo ceppi di Encarsia lahorensis, la cui rapida diffusione ed efficacia porta a colonizzare talvol

ta anche il 90% delle foglie attaccate, con tassi di parassitizzazione dell'ospite superiore al 22%.

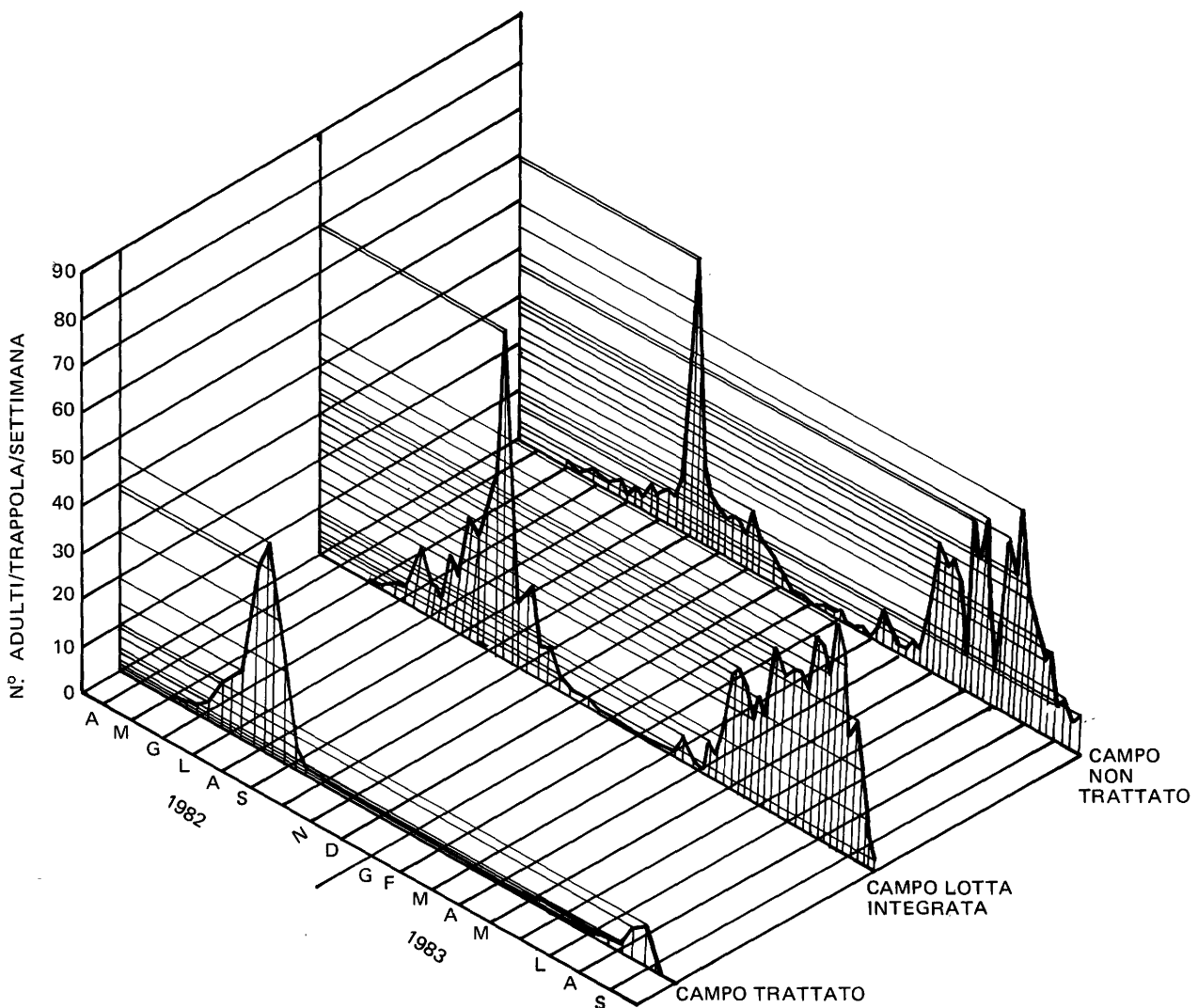


Fig. 2 - Andamento delle catture di *Clitosthetus arcuatus* (Rossi) (Oristano).

Nei campi sperimentali in cui è stata curata per anni la diffusione dell'Afelinide, l'infestazione da *D. citri* ha subito costanti riduzioni, attestandosi infine su valori decisamente al di sotto della soglia economica di intervento.

Per definire tale soglia, fissata in 20-30 neanidi per foglia "stabilizzata", è stato suggerito di campionare 5-10 foglie sul 10% delle piante prese in esame.

#### 4.3 Afidi

I danni causati dagli afidi (*Aphis citricola*, *A. gossypii* e *To-*

xoptera aurantii) sono stati quasi sempre assai variabili come distribuzione ed intensità a causa dell'intervento di vari fattori abiotici e biotici. Quelli più preoccupanti si sono verificati nella costa orientale, nel periodo primaverile, caratterizzato da una maggiore presenza di nuova vegetazione.

Una notevole riduzione delle loro popolazioni è ottenibile con trattamenti localizzati con aficidi specifici (es. Etiofencarb, Pirimicarb) migliorabili mediante l'immissione del Braconide Afidino Lysiphlebus testaceipes (Cr.).

Per l'Aphis citricola (specie responsabile di notevoli alterazioni causate alle piante in fase di germogliazione) è stata stabilita una soglia di intervento pari al 10% di germogli attaccati rilevabili settimanalmente in uno spazio vegetativo di  $1/4$  di  $m^2$  sul 10% delle piante.

#### 4.4 Ceratitis capitata Wied.

La situazione riguardante la C. capitata, seguita particolarmente nel versante orientale, ha subito nel corso del quinquennio di osservazioni una chiara evoluzione dinamica attribuibile molto probabilmente alle condizioni climatiche generali.

L'andamento delle popolazioni, controllate mediante l'impiego di cartelle invischiate innescate con trimedlure, ha evidenziato una progressiva diminuzione della popolazione dal 1979 al 1981 ed una ripresa nel biennio 1982-1983 (Fig. 3).

Gli interventi di lotta chimica, con esche proteiche più Fenthion orientati sulla porzione sud della chioma, sono stati eseguiti solo durante il primo anno ed hanno permesso di limitare la perdita di produzione al 2%. Tentativi di lotta a bassi livelli di infestazione mediante l'utilizzazione di trappole cromotropiche (Tipo Rebell 78) hanno lasciato intravedere il loro pratico impiego quando alla stimolazione visiva delle cartelle gialle si è associata quella olfattiva proveniente da tamponi imbevuti di proteine idrolizzate.

Ulteriori esperienze, tutt'ora in corso, sono indirizzate a veri



ficare l'opportunità di eliminare il colore giallo ed introdurre altre

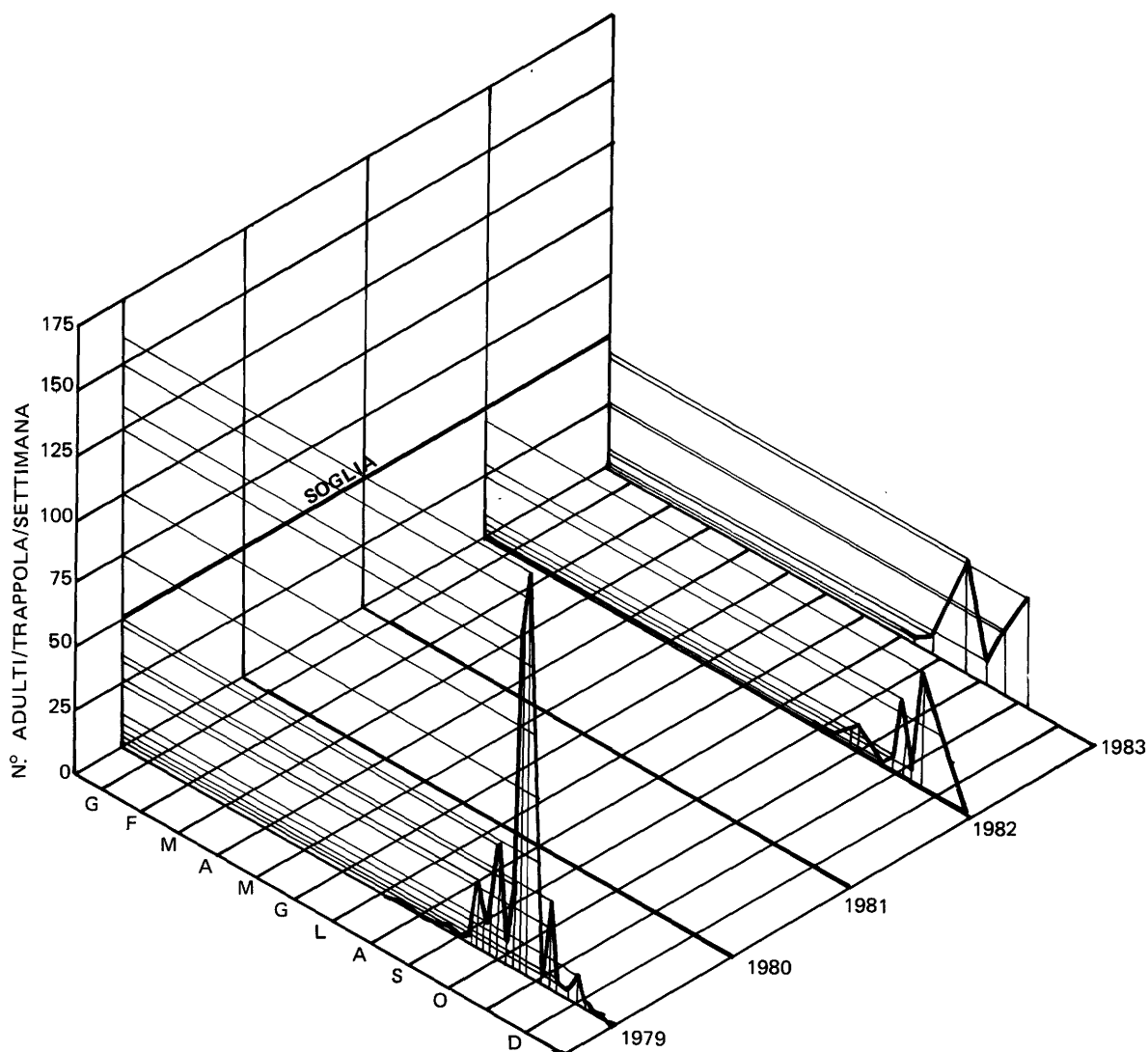


Fig. 3 - Andamento delle catture di Ceratit capitata Wied. (Siniscola).

sostanze attrattive di tipo paraferomonico anche per ridurre l'azione di drenaggio sull'entomofauna utile.

La soglia di intervento è stata stabilita per il periodo autunnale in 40-50 adulti/trappola/settimana, campionando gli insetti mediante trappole bianche innescate con trimedlure nella misura di 10/ettaro.

#### 4.5 Acari

Gli attacchi delle due specie principali: Tetranychus urticae

Koch e Panonychus citri Mc Gregor sono apparsi dipendenti dalle scorrette pratiche agronomiche e fitosanitarie. Le infestazioni della prima specie sono risultate infatti più elevate nei campi in cui non venivano opportunamente eliminate le piante spontanee infestanti.

Negli agrumeti trattati frequentemente con organofosforici, inoltre, le popolazioni di Panonychus citri sono risultate elevate a causa della distruzione degli acari Fitoseidi (Fig. 4).

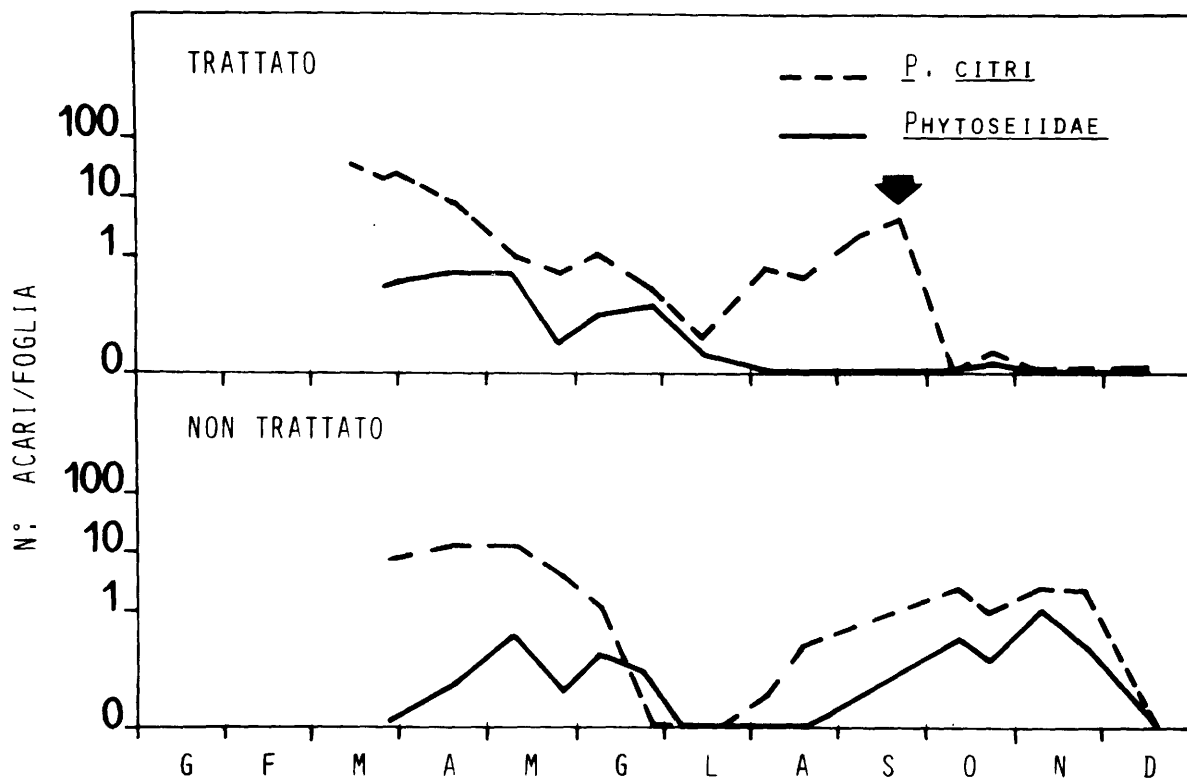


Fig. 4 - Andamento della popolazione di Panonychus citri e degli acari predatori (Oristano, 1982)

Con l'attuazione della lotta integrata nell'agrumeto le popolazioni di questo acaro, che raggiungono il massimo in autunno, sono state ridotte dai predatori (in particolare Amblyseius stipulatus A. H.). Solamente nei casi in cui è stata superata la soglia di intervento, è stato necessario trattare con olio bianco talora miscelato ad acaricidi specifici.

Osservazioni recenti sull'arancio in Sardegna hanno portato a stabilire come soglia di intervento il 55% di foglie occupate.

La nuova metodologia di campionamento sequenziale adottata, ha indotto una notevole riduzione dei costi di rilevamento.

## 5. APPROCCIO DI INTEGRAZIONE

Dalle esperienze condotte e dai risultati raggiunti si possono trarre alcune considerazioni. Innanzitutto ci pare importante sottolineare il principio di utilizzare metodologie di lotta diverse, differenziate a seconda dell'insetto chiave e delle caratteristiche della coltivazione da difendere (ampiezza e destinazione commerciale del prodotto ottenibile).

Secondariamente non deve essere sottovalutata l'importanza che ha la scelta dei mezzi di rilevamento per l'utilizzazione di un sistema di previsione degli attacchi.

Nel nostro caso specifico si può dire che quanto riferito a proposito di ogni singolo fitofago (relativamente all'incidenza di danno, alla dinamica di popolazione, ai fattori di limitazione ed ai rapporti con la pianta ospite nonché alle soglie di intervento ed ai mezzi di lotta impiegati) costituisce la base per una corretta applicazione della lotta.

Sulle colture agrumicole che offrono, in considerazione dell'ampio periodo produttivo, condizioni favorevoli di relativa stabilità per giungere ad una positiva utilizzazione degli agenti naturali di controllo, non è ipotetica infatti l'applicazione della lotta integrata se si ha la accortezza di evitare l'eccessivo impiego di insetticidi di a largo spettro di azione.

Uno schema di lotta integrata previsto per l'ambiente in cui si è operato, adottabile solo a superamento delle soglie citate, può seguire i punti seguenti: 1) interventi localizzati primaverili contro gli afidi accartocciatori di foglie (con Etiofencarb o Pirimicarb) in coincidenza con il manifestarsi della ripresa vegetativa spesso collegata con la pratica irrigua; 2) interventi contro Planococcus citri esclusivamente a base di olio bianco nel corso della stagione estiva; 3) trattamenti contro Panonychus citri (con olio bianco) solo in caso di estrema necessità; 4) interventi localizzati conesche proteiche avvelenate (Buminal con Fenthion) per contenere le popolazioni di C. ca

DIALEURODES CITRI (ASHM.)	ENCARSIA LAHORENSIS												OLIO BIANCO 2%											
	CATTURE MASSALI																							
PLANOCOCCUS CITRI (RISSO)	CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI												OLIO BIANCO 2%											
	NEPHUS REUNIONI																							
	LEPTOMASTIX DACTYLOPII																							
AFIDI (A. CITRICOLA V.D.G. A. GOSSYPHII GLOV. T. AURANTII B.D.F.)	ETIOFENCARB 0.05%												ETIOFENCARB 0.05%											
	LYSIPHEBUS TESTACEIPES																							
PANONYCHUS CITRI Mc GREG.													OLIO BIANCO 2%											
CERATITIS CAPITATA WIED.	CATTURE MASSALI																							
	ESCA PROTEICA 1% + FENTHION 0.1%																							
	GEN.	FEB.	MAR.	APR.	MAG.	GIU.	LUG.	AGO.	SET.	OTT.	NOV.	DIC.												

Fig. 5 - Proposta di lotta integrata nell'arancicoltura sarda.

pitata (Fig. 5).

In molti casi, nell'ambiente in cui si è svolto il programma, un solo trattamento con olio bianco può essere sufficiente a controllare contemporaneamente le popolazioni delle specie nocive presenti nel periodo estivo, ad eccezione del Tripetide.

A questi interventi di natura chimica, con prodotti a discreta azione selettiva soprattutto in senso ecologico, devono essere opportunamente associati lanci periodici e pratiche di diffusione di importanti parassitoidi e predatori e l'uso infine di trappole ad azione complessa capaci di ridurre il livello delle popolazioni nocive, specialmente negli anni di non forte infestazione.

Migliori risultati sul complesso del sistema potranno essere ottenuti in futuro se verranno modificati gli interventi di lotta chimica attualmente compiuti contro la Ceratitis capitata (molto spesso generalizzati in assenza di popolazioni dannose, con riflessi negativi su tutta la fauna utile autoctona e di recente immisione), facendo

opportunamente ricorso ai mezzi di avvertimento esistenti per la definizione delle soglie di intervento.

## 6. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

In conclusione si può affermare che l'applicazione sperimentale della lotta integrata in arancicoltura lascia intravedere un deciso miglioramento della situazione fitosanitaria. Le metodologie di campionamento e le soglie di intervento definite per buona parte dei fitofagi hanno consentito di limitare fortemente il numero dei trattamenti fitosanitari, chemioterapici, ed hanno garantito una buona produzione, permettendo inoltre una maggiore attività delle popolazioni entomofaghe ed un sostanziale progresso dal punto di vista tossicologico.

Nei campi sperimentali le metodologie di lotta integrata adottate contro i principali fitofagi, hanno inciso mediamente, negli ultimi anni, per il 15% su una produzione lorda vendibile di Lit. 7 milioni ad ettaro, mentre con tre interventi chimici effettuati, secondo la tradizione del luogo, a calendario, l'incidenza è stata del 13,8%.

Il costo complessivo del nuovo tipo di lotta è in larga parte dovuto alle operazioni di campionamento (che incidono per il 60% del costo totale); generalizzando però gli interventi su tutta la superficie regionale, con rilevamenti indirizzati su campi rappresentativi (dal punto di vista pedoclimatico, colturale e faunistico) delle maggiori aree agrumicole, i costi potrebbero essere notevolmente ridotti.

L'introduzione di alcuni agenti biologici si è dimostrata efficace; infatti, essi si sono acclimatati e diffusi in tutte le aree di lancio. Difficoltà non lievi sorgono per certi entomofagi (come ad es. Leptomastix dactylopii) i quali necessitano della disponibilità di strutture ad hoc per l'allevamento e la diffusione periodica.

L'impiego dei mezzi biotecnici, ancora lontani da uno sviluppo di massa e quindi economico, incontra purtroppo serie difficoltà per un ampio ed auspicabile trasferimento su grandi superfici.

La soluzione di tale problema presuppone inoltre la qualificazione dei quadri tecnici e l'istituzione di adeguati servizi di assistenza atti ad indirizzare gli operatori agricoli verso le moderne tecniche di produzione integrata, seguendo dei piani di divulgazione dei risultati via via acquisiti.

Purtroppo, dobbiamo rammaricarci, almeno per il nostro Paese, che tra le attività previste dal II° piano agrumicolo nazionale finanziate con 1.000 miliardi (di cui la metà a carico della Comunità), non figura alcuna voce relativa alla protezione fitosanitaria. Con tale provvedimento sarà difficile avere sollecitamente quanto è necessario per trasferire in tutta la superficie agrumicola interessata i nuovi indirizzi acquisiti nell'ambito del contratto esaurito con l'anno in corso.

Corsi di formazione professionale, potenziamento dei nuclei di assistenza tecnica, creazione di centri per l'incremento della lotta biologica devono rappresentare in questo momento delle richieste prioritarie: se esse non saranno soddisfatte sarà disperso quanto è stato acquisito sino ad ora, ed improduttivi rimarranno i capitali investiti dalla C.C.E. a favore del nostro Paese.

## Publications - Contract No. I-0731

- DELRIO G., ORTU S., PROTA R. (1979) Fattori che influenzano l'attrazione di *Dacus oleae* Gmelin e *Ceratitis capitata* Wiedemann alle trappole chemio e cromotropiche. Redia, LXII: 229-255
- DELRIO G., ORTU S., PROTA R. (1980) Prospettive di lotta integrata nella agrumicoltura sarda. "Studi Sassaesi", Ann. Fac. agr. Sassari, XXVII: 205-232
- DELRIO G., PROTA R. (1980) Comparazione tra trappole cromotropiche e chemiotropiche per *Ceratitis capitata* Wied. In "Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 7342 EN-FR-IT, 87-102
- ORTU S., PROTA R. (1980) Validità dei metodi di campionamento e delle relative soglie di intervento per il controllo dei principali fitofagi della arancicoltura. In "Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 7342 EN-FR-IT, 35-52
- DELRIO G., ORTU S., PROTA R. (1981) Fitofagi di recente introduzione nelle colture agrumicole della Sardegna. "Studi Sassaesi", Ann. Fac. agr., Sassari, XXVIII: 57-64
- DELRIO G. (1982) Un quadriennio di osservazioni su *Panonychus citri* in Sardegna. In: Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests. Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 8404 EN-FR-IT, 19
- DELRIO G., ORTU S. (1982) Prove preliminari di lotta contra *Planococcus citri* (Risso) con il feromone sessuale. In: Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests. Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 8404 EN-FR-IT, 19-20
- ORTU S. (1982) Appunti sulla verifica di alcune soglie di intervento riguardanti *Planococcus citri* (Risso), *Dialeurodes citri* (Ashm.), Afidi e *Panonychus citri* (Mc Greg.). In: Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests. Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 8404 EN-FR-IT, 27
- ORTU S. (1982) Una nuova introduzione in Sardegna: *Aleurothrixus floccosus* (Mask.) nocivo agli agrumi. In: Integrated Control in Citrus Orchards: sampling methodology and threshold for intervention against the principal phytophagous pests. Eds. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ. Sassari, EUR 8404 EN-FR-IT, 27-28
- ORTU S. (1982) Osservazioni sulla resistenza temporanea dei frutti di alcune specie di agrumi agli attacchi della *Ceratitis capitata* Wied. in Sardegna. "Studi Sassaesi", Ann. Fac. agr. Sassari, XXIX
- ORTU S. (1982) Osservazioni su *Planococcus citri* (Risso) nelle coltivazioni agrumicole della Sardegna. "Studi Sassaesi", Ann. Fac. agr. Sassari, XXIX
- ORTU S., DELRIO G. (1982) Osservazioni sull'impiego in campo del feromone sessuale di *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera, Coccoidea) Redia, LXV: 341-353
- ORTU S., DELRIO G. (1983) Le trappole a feromoni nella programmazione della lotta al *Planococcus citri* (Risso) in Sardegna. Atti XIII Congr. Naz. It. Ent., Sestriere Torino, 253-258
- PROTA R. (1983) Integrated control in citrus fruit culture in Sardinia during the years 1979-1981. In C.E.C. Programme on Integrated and Biological control. Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux. EUR 8273 EN, 89-100





Part 1.c

# **Integrated Control in Olive groves**

F - 0702  
GR - 0711  
GR - 0712  
GR - 0713  
GR - 0714  
I - 0732



## Integrated Production and Biological Control in Olive Growing

Y. Arambourg, J.P. Marro, A. Panis, R. Pralavorio  
INRA - Zoological and Biological Control Station, Antibes (France)

### Summary

Results obtained from 1979 to 1983, in bio-ecology of main pests and technical experiments, allowed agricultural services to start to extend an integrated system of olive protection. This control system of insects and diseases fits economical aims of growers, saving money and improving olive and oil quality, in the various olive agrosystems of Southern France, including Corsica. Key-pest, the Olive Fly Dacus oleae GMELIN, is controlled by insecticidal bait sprays on small part of olive canopy, preventing early injuries by trap forecasting. Such a limited spraying being without noxious side effects, it allows efficient biological control practices against two other pest insects, the Olive Moth Prays oleae BERNARD and the Olive Black Scale Saissetia oleae (OLIVIER). When necessary, fungicides are directed toward the two main diseases, i.e. Sooty Mould and Spilocoea oleagina, coppery products and organo-metallic compounds allowing beneficial insects to be efficient. At least two years pruning, moderate nitrogen fertilization are also recommended as control measures, both with monthly survey of plots to be continued from harvesting till to early spring.

### PRODUCTION INTEGREE ET LUTTE BIOLOGIQUE DANS LA CULTURE DES OLIVES.

#### Résumé

Les résultats obtenus de 1979 à 1983, en bio-écologie des principaux ravageurs et par les expérimentations techniques, ont permis aux services professionnels agricoles de commencer la vulgarisation d'un système intégré de protection de l'olivier. Ce système de lutte contre les insectes et les maladies est adapté aux objectifs économiques des cultivateurs, en faisant faire des économies et en améliorant la qualité des olives de table et de l'huile, dans les différents agrosystèmes d'olivier du Sud de la France, y compris la Corse. L'insecte-clé, la Mouche de l'Olive Dacus oleae GMELIN, est combattu par pulvérisation d'appât insecticide sur une faible portion de la frondaison de l'olivier, en prévenant les attaques précoces par avertissement à l'aide du piégeage. Cette pulvérisation limitée étant sans effet néfaste non intentionnel, elle permet de pratiquer une lutte biologique efficace contre deux autres insectes nuisibles, la Teigne de l'Olivier Prays oleae BERNARD et la Cochenille noire de l'Olivier Saissetia oleae (OLIVIER). Lorsque c'est nécessaire, des fongicides sont dirigés contre les deux principales maladies, c'est-à-dire la Fumagine et la Tavelure de l'Olivier, Spilocoea oleagina, les produits cupriques et organo-métalliques ne contrariant pas l'efficacité des insectes auxiliaires. La taille au moins tous les deux ans et une fertilisation azotée modérée sont également recommandées comme mesures de lutte, de même qu'une surveillance mensuelle des parcelles est à poursuivre entre la récolte et le début du printemps.

1. MISE AU POINT DES TECHNIQUES D'AVERTISSEMENT AU NIVEAU DU VERGER ET DE LUTTE, CONTRE LA MOUCHE ET LA TEIGNE (par Y. ARAMBOURG et R. PRALAVORIO)

1.1. Mouche de l'Olive

Compte-tenu :

- de l'importance de l'espèce (clé)
- de l'impossibilité de la contrôler par des méthodes biologiques (parasitoïdes, entomopathogènes, technique des mâles stériles),
- des effets secondaires des traitements de couverture tels qu'ils sont pratiqués dans les pays méditerranéens, en particulier leur incompatibilité avec la lutte biologique contre la Cochenille noire et les autres cochenilles,
- des risques de développement de races résistantes à la suite de la répétition, pendant de nombreuses années, des interventions chimiques,
- des risques de résidus toxiques dans la production oléicole française,

le programme 1979-1983 de recherches et d'expérimentation a été orienté vers :

a). L'étude des possibilités d'utilisation des traitements-appâts, en prenant en considération :

- leur efficacité,
- leurs effets secondaires,
- les modalités de leur utilisation,
- leur compatibilité avec d'autres types d'interventions dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

b). L'étude des possibilités d'avertissement, par utilisation d'un type de piégeage fiable et pouvant être utilisé directement par les praticiens (pièges mixtes ou alimentaires, olfactifs, chimiotropiques, sexuels).

Même si certains aspects du programme demandent encore à être approfondis, on peut estimer qu'au terme des cinq années de contrat, la plupart des buts fixés ont été atteints, à savoir :

a). Le contrôle de D. oleae à l'aide des traitements-appâts est possible et permet, au moins en ce qui concerne les récoltes destinées à l'huilerie, une protection suffisante. Toutefois, il demande des interventions plus fréquentes qu'avec les traitements de couverture et, dans des situations particulièrement favorables au ravageur comme celles de la bande côtière des Alpes-Maritimes et du Var (5) et de la Corse, il doit être effectué à cadence relativement rapprochée au moment de l'explosion démographique du trypétide (Octobre). Un effort de recherche particulier serait à envisager pour l'amélioration de la durée d'efficacité de l'attractif (hydrolysate de protéine micro-encapsulé, mélange avec des retardants d'évaporation).

Ce type d'intervention très ancien et remis à l'ordre du jour, maintenant utilisé dans la pratique courante par la profession, se montre parfaitement compatible avec un programme de lutte intégrée. Son incidence sur la faune entomophage, indigène ou introduite sur olivier, s'avère pratiquement nulle.

b). Les différents modes de piégeage de D. oleae présentent tous une efficacité satisfaisante pour une surveillance correcte des populations du phytophage. Toutefois, la sélectivité des attractifs, notamment avec la phéromone sexuelle, amène une remarquable simplification de la surveillance du verger par piégeage. Encore en phase d'étude et d'expérimentation comparative, on peut tout de même estimer que le piège sexuel est destiné à se substituer aux autres types.

## 1.2. Teigne de l'Olivier

Pour les mêmes raisons que pour D. oleae, le programme de recherche sur ce microlépidoptère a été orienté vers l'étude de l'efficacité des insecticides "tertiaires", en remplacement des classiques. Par ailleurs, la disponibilité d'une méthode de piégeage a permis d'envisager son utilisation dans le cadre de l'avertissement et comme méthode de lutte directe.

### a). Utilisation d'insecticides tertiaires

Bacillus thuringiensis peut se substituer aux insecticides classiques, avec une efficacité satisfaisante dans la plupart des situations. Toutefois, dans les zones, somme toute très limitées en France, où apparaissent de fortes densités de population, il sera peut être nécessaire d'envisager une modification dans la stratégie d'intervention. Dans ces zones, les expérimentations feront l'objet d'une phase ultérieure d'étude, avec un choix parmi d'autres formules d'insecticides "tertiaires" (par exemple le Diflubenzuron).

b). Les campagnes de piégeage sexuel ont permis de fixer les possibilités et les limites d'utilisation. Si ce piégeage peut servir à cerner les foyers du ravageur, ses périodes d'activité, et de préciser les dates les plus favorables à une intervention, il n'est pas encore possible dans l'état actuel des recherches, de l'utiliser pour la prévision du risque de dégâts. De même, les essais de lutte par confusion se sont soldés par des échecs.

c). Les observations actuellement en cours, sur la définition des seuils de nuisibilité, devraient permettre d'améliorer la stratégie de lutte.

## 2. STRUCTURE ET OBJECTIFS OLEICOLES (par J.P. MARRO et A. PANIS)

L'olivier occupe des terres impropres aux autres cultures, même s'il tend à gagner des sols irrigables. La majorité des oléiculteurs est âgée ; la fraction jeune modernise (nouvelles plantations, récolte mécanique, irrigation localisée) et obtient de hauts rendements (2-3 tonnes/ha). En 1982, notre pays a produit 2.000 tonnes d'huile et 2.600 tonnes d'olives de table et en a consommé respectivement 11.000 et 27.500 . Il y a une incitation à combler la différence, le produit national étant de 9 % de la consommation (importations : 60 % d'Espagne, 30 % du Maroc). Les tableaux 1 et 2 donnent les principales structures oléicoles. Les moyens financiers et en personnel des organismes oléicoles restent faibles (une dizaine d'ingénieurs, techniciens, secrétaires travaillent à temps complet) (huile = 0,3 % du total C.E.E.).

### 2.1. Principaux caractères de l'agrosystème olivier (2)

Dans la plupart des exploitations, l'olivieraie est un appoint, associé à d'autres cultures :

- les agrumes ou la vigne en Corse,
- la vigne (Pyrénées Orientales, Aude, Hérault, Gard, Vaucluse, Var),
- la vigne et l'arboriculture (Drôme),
- cultures maraîchères (Sud-Ouest des Bouches du Rhône),
- céréales (Alpes de Haute Provence),
- horticulture et élevage (Alpes-Maritimes, Ardèche).

Depuis les années 80, la commercialisation et les pratiques culturales se modernisent sensiblement, ce qui permet à cette spéculation de tenir face aux importations. L'arbre est largement protégé pour plusieurs raisons, en particulier comme pare-feu excellent, pour éviter l'érosion des sols, comme partie intégrante du paysage. Mais surtout il utilise la main d'oeuvre à des moments où il n'y a pas d'importants travaux sur l'exploitation. Taille, récolte, moulins, confiseries, coopératives emploient une fraction appréciable de la population rurale restée dans sa région d'origine.

## 2.2. Objectifs de la production intégrée (2)

Les différentes institutions de niveau 4 (tableau 2) apportent une aide importante au personnel permanent des organismes oléicoles, pour définir les objectifs, assurer leur mise au point et leur vulgarisation. En plus de ceux qui sont mentionnés sur le tableau 4, il s'agit de firmes privées, de l'E.N.S.A. de Montpellier, de sociétés et de services semi-publics (notamment les techniciens des Chambres d'Agriculture pour la vulgarisation des progrès techniques récents, les services émanant des instances régionales, départementales, les actions pédagogiques dans les écoles primaires et les collèges de certaines communes particulièrement oléicoles). L'ensemble des études techniques et des actions est coordonné par le Centre Technique de l'Olivier, aidé dans sa tâche par le Service Régional de l'Oléiculture, le Comité de l'Olive de Table, les techniciens économistes des Chambres d'Agriculture et des Directions Départementales de l'Agriculture, du Conservatoire de Botanique de Porquerolles.

Les actions coordonnées visent trois objectifs essentiels :

### 2.2.1. Augmenter les rendements et diminuer l'alternance

L'action la plus ancienne concerne l'amélioration des variétés locales les plus intéressantes pour la qualité et le rendement en huile et en fruits de gros calibre (objectif largement en progrès en 1982). Les résultats de lutte intégrée établis de 1979 à 1983 trouvent leur plus grande expansion dans ces vergers traditionnels. L'action la plus récente comprend la mise au point de l'exploitation en forte densité (les premières observations montrent qu'il faudra y surveiller particulièrement les risques de Tavelure, Teigne ou Fumagine suivant les conditions climatiques de l'agrosystème), l'irrigation et la fertirrigation. Mais les besoins en eau sont encore mal connus, ainsi que les doses et les périodes (de l'ordre de 3.000 m<sup>3</sup>/ha/an, le micro-jet étant le mieux adapté au système racinaire). Pour des densités de 270 arbres/ha et au-delà, en irrigué, les risques de fumagine et le nombre de générations de *S. oleae* augmentent. Si ce type de conduite s'étend, il faudra réviser les méthodes de lutte (comportant une attention particulièrement à la fréquence de la taille et des apports d'engrais azotés). La création de nouveaux cultivars est au stade de la recherche et susceptible de modifier complètement les techniques culturales actuelles.

### 2.2.2. Production de qualité (2)

Les labels d'olives et d'huiles de pays sont à l'étude ou déjà réalisés. Ils posent des questions techniques de trituration ou de façonnage des olives. La modernisation des moulins et du calibrage est pratiquement résolue. Ceci confère une bonne qualité de départ, permettant de différencier les labels des huiles, par leur onctuosité et leur acidité. Le volume d'huiles vierges (d'acidité 0), extra (0-1), fines (1-1,5) est élevé par rapport à celui de qualité courante (1,5-3). Pour ce qui concerne l'incidence des maladies et des insectes, l'absence de résidus pesticides a été retenu comme critère (consistance et goût des olives), d'autant que l'effort pour obtenir une grande valeur diététique de l'huile augmente. Ceci explique en partie l'intérêt croissant de 1979 à 1983, pour un apport maximum de moyens biologiques dans la protection intégrée de l'olivier (Tableau 3).

### 2.2.3. Diminuer les coûts

Pour la taille, le Centre Technique de l'Olivier, en liaison avec divers partenaires, a permis la diffusion d'un sécateur hydraulique coupant les branches jusqu'à 4 cm de diamètre. Il a contribué également à la mise au point d'un vibreur adapté sur tracteur, commercialisable dès 1984. Cet appareil de récolte fait tomber 80 % des fruits à raison de 10-15 arbres mono-tronc/heure. Les trois principaux postes de main d'oeuvre oléicole sont, dans l'ordre décroissant : récolte, taille, protection phytosanitaire.

Les calculs sur l'économie de main d'oeuvre et d'amortissement des produits et appareils ne sont pas connus. Pour la protection phytosanitaire en vergers modernes et traditionnels, les données sont rudimentaires (Tableau 4). Toutefois, en l'absence de traitement microbiologique contre la Teigne, le prix de la lutte intégrée serait de 4 à 5 fois plus faible que celui de la lutte chimique classique (coût estimé en 1976) (6). Etant donné le cycle biologique de S. oleae, il y a souvent différents stades larvaires présents au moment d'une pulvérisation insecticide dirigée contre les larves de premier stade surtout. L'action incomplète épargne beaucoup de larves des autres stades. Ceci pourrait expliquer que certains techniciens estiment à 10-15% le reliquat d'individus vivants après un traitement. Selon une étude récente (2), l'objectif de la lutte biologique contre cette cochenille est non seulement la qualité de l'huile et des olives de table, mais aussi son efficacité à résoudre ces problèmes de protection. Beaucoup d'oléiculteurs souhaitent acheter des Metaphycus et ne pas faire d'élevage. L'idée de vendre du matériel d'élevage en kit a été proposée. Mais il convient de souligner que les agriculteurs disposent d'une méthode artisanale (1) qui, transposée à une multiplication massive (de type industriel) serait vouée à l'échec. La mise au point "technologique" a été évoquée en 1983. Elle nécessite un calcul sérieux des coûts de production et une prospection de ce nouveau produit à usage spécifiquement oléicole.

### 3. SYSTEME DE LUTTE RAISONNEE POUR UNE PRODUCTION INTEGREE (par J.P. MARRO et A. PANIS).

Dans des vergers qui ne sont pas denses (jusqu'à 200 arbres/ha environ) en sec ou en irrigué, deux traitements annuels contre la Tavelure, si le cultivar est sensible (produit cuprique), un à deux contre la Fumagine en l'absence de lutte biologique contre la Cochenille, sont les seules applications fongicides nécessaires dans la plupart des situations de l'Oléiculture.

Les principaux résultats bio-écologiques permettant d'orienter la lutte contre la Cochenille ont été exposés en cours de contrat (4). Les mesures au poromètre effectuées par les bioclimatologistes (I.N.R.A. Avignon) montrent que la fumagine gêne la respiration et la photosynthèse et qu'une feuille fumagée est vieillie prématurément. C'est cette maladie qui est responsable d'une baisse de production. Il devient inutile de vouloir l'éliminer et mieux vaut protéger le nouveau feuillage.

L'intervention doit être préventive et non curative. En France, elle est presque toujours la manifestation secondaire d'une pullulation de cochenille dont l'excrétion de miellat constitue le substrat nutritif. Ceci a conduit à maintenir préventivement le verger expérimental indemne de fumagine. Par lui-même, S. oleae s'est avéré peu dangereux. Combattre la fumagine par des produits cupriques ne s'est pas montré incompatible avec les objectifs de qualité définis plus haut, à condition de ne pas traiter un mois environ avant récolte. Par contre, les couvertures chimiques de l'Oliveraie par des insecticides efficaces contre la Cochenille rencontrent quelques difficultés, communes à tout traitement nécessitant un approvisionnement en eau facile (voies d'accès difficiles aux vergers de demi montagne). Bien qu'aucune résistance de la cochenille aux insecticides ne soit démontrée, elle devient difficile lorsque plusieurs stades larvaires de S. oleae sont présents au moment de l'intervention chimique. L'ensemble des difficultés de traiter contre les trois insectes nuisibles en France (D. oleae, P. oleae, S. oleae) a été détaillé (1). Cela peut se résumer comme suit :

Il est possible de remplacer le fongicide contre la fumagine par un "traitement biologique" peu coûteux, facile à utiliser même dans les oliveraies peu accessibles, sans effet secondaire néfaste. Cependant, il est

conseillé de commencer par tailler correctement les arbres (taille d'aération au moins tous les deux ans) et d'éviter les apports massifs d'engrais azotés solubles (un allongement progressif des rameaux ne stimule pas le développement de S. oleae autant qu'une poussée de sève rapide et mettant plus longtemps à s'aouïter).

Les Chalcidiens (hyménoptères parasitoïdes de la cochenille) lâchés en verger, ont un mode de dissémination correspondant bien au caractère épidémique d'une infestation de fumagine. A l'usage, la plupart des oléiculteurs (adoptant les traitements biologiques) utilisent des lâchers printaniers de Metaphycus bartletti ANNECKE et MYNHARDT. De plus en plus, les lâchers automnaux avec M. bartletti ou Metaphycus helvolus (COMPERE) sont pratiqués, parce qu'il est plus facile de contaminer les boutures de laurier-rose en cochenille (substrat de multiplication des parasitoïdes ou insectes auxiliaires à lâcher) au cours de l'été. Il n'est pas évident que les traitements automnaux soient aussi efficaces que ceux de printemps, bien que le froid hivernal n'arrête le développement de Metaphycus que vers la mi-October ou la fin Décembre selon les micro-régions (les insectes auxiliaires s'acclimatant de mieux en mieux au froid, par ailleurs). L'emploi de Diversinervus elegans SILVESTRI régresse, bien qu'il soit incomparablement plus aisé à multiplier (substrat de multiplication constitué de courges ou pastèques contaminées par Chloropulvinaria urbicola COCKERELL) et aussi efficace que M. bartletti (mais plus sensible au froid et plus résistant à la sécheresse estivale). Les dégâts disparaissent en 1-2 ans après lâcher. Mais cet effet bénéfique ne persiste pas plus de trois ans, si les conditions locales sont favorables au développement de la cochenille et de la fumagine. Un traitement biologique utilise toujours des doses relativement faibles d'insectes auxiliaires d'élevage. D'autre part, force est de constater que les cas sont nombreux (Bouches-du-Rhône, Corse, Var, Alpes-Maritimes) où les pullulations de cochenilles cessent par suite du parasitisme s'étendant bien au-delà des vergers de lâcher. Par exemple, sur un ensemble de communes voisines des Alpes-Maritimes (Le Tignet, Peymeinade, Saint Cézaire, Spéracédès), où les agriculteurs ont traité environ 2.100 oliviers au total en 1982, il y a au moins 40.000 oliviers devenus indemnes de fumagine en deux ans (1982-1983). En 1981, la Cochenille commençait à pulluler partout et se trouve maintenant fortement parasitée dans les foyers résiduels de ces quatre communes.

Ainsi, cette méthode biologique peut être curative. Mais il est préférable d'éviter tout dégât en lâchant de très faibles doses de femelles de Metaphycus (1 à 10 par arbre) à titre préventif, localement dans les foyers naissants de fumagine. Elle n'a d'intérêt qu'en associant des traitements-appâts (donc à faible volume d'eau et d'insecticide) contre D. oleae. Dans les vergers présentant un risque de teigne, elle est associée au traitement microbiologique (Bacillus thuringiensis) contre la génération anthophage. L'ensemble de l'avertissement du risque à l'échelle du verger, nécessite une surveillance par piégeage, pour Dacus et Prays (chapitre 1), et l'observation des arbres mensuellement, pour la fumagine. Cet effort de surveillance évite toute surprise, à la reprise de la végétation et en automne. Elle permet également à l'agriculteur de prévoir les quantités d'insectes auxiliaires qu'il devra produire au printemps ou à l'automne.

#### REFERENCES

1. MARRO J.P. & PANIS A. (1982). Pratique de l'élevage artisanal des parasites de la Cochenille noire de l'Olivier, Saissetia oleae (OLIVIER) (Homoptera, Coccoidea, Coccidae). C.R. Réunion d'Experts C.C.E. "Lutte intégrée en Oléiculture", Antibes, Nov. 1981 ; 169-178.

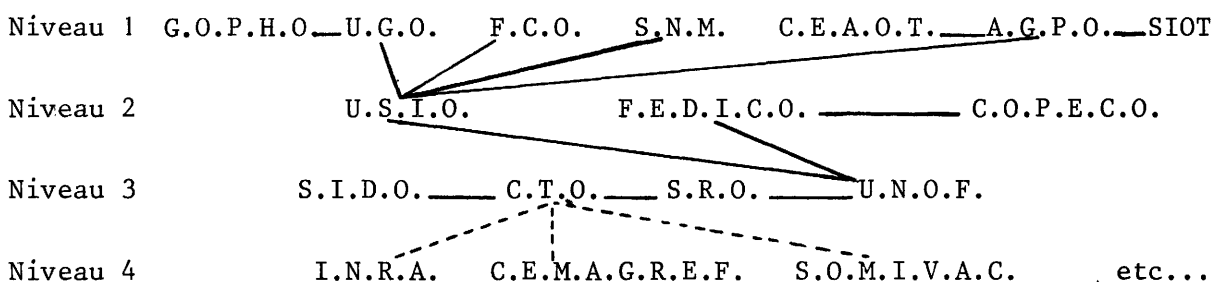


2. MONNET S. & PINATEL C. (1983). Lutte biologique contre la Cochenille noire de l'Olivier. L'Olivier en France. Pratique de la lutte raisonnée. Mémoire Etudes I.S.A.R.A. (Lyon) - C.T.O. (Aix en Provence) - 75 pp.
3. PANIS A. (1980). Lutte raisonnée contre deux ravageurs de l'Olivier dans les séries de végétation du chêne pubescent. C.R. Réunion D.G.R.S.T. Dieulefit (Drôme), Octobre 1979 ; 191-195.
4. PANIS A. (1982). Bases d'utilisation des parasites de la Cochenille noire de l'Olivier, Saissetia oleae (OLIVIER) (Homoptera, Coccoidea, Coccidae). C.R. Réunion d'Experts C.C.E. "Lutte Intégrée en Oléiculture", Antibes, Novembre 1981 ; 162-168.
5. PRALAVORIO R. (1983). Essais d'amélioration des traitements contre Dacus oleae et des méthodes d'avertissement. I.N.R.A. Antibes, 13 pp. polycopiées.
6. WILD D. & PIERART J. (1976). Aspects économiques de la lutte contre les ennemis de l'Olivier. L'Olivier 16 (1), 5-7.

TABLEAU 1 : EVOLUTION OLEICOLE FRANCAISE DEPUIS LE DERNIER GEL de 1956

	1956	1957	1960	1965	1971	1976	1980
Millions d'Oliviers....	8,6	2,3	3,8	3,1	3,7	4	4,1
Milliers d'hectares....	62	60	55	41	40	41	42

TABLEAU 2 : ORGANISATION OLEICOLE FRANÇAISE EN 1979-1983



- A.G.P.O. .... Association générale des producteurs d'oléagineux "section olives".
- C.E.M.A.G.R.E.F... Centre d'étude du matériel agricole du génie rural des eaux et forêts.
- C.E.A.O.T. .... Comité économique agricole de l'olive de table.
- C.O.P.E.X.O. .... Comité pour l'expansion de l'huile d'olive.
- C.T.O. .... Centre technique de l'olivier.
- F.C.O. .... Fédération des coopératives oléicoles.
- F.E.D.I.C.O. .... Fédération des syndicats du commerce et de l'industrie de l'huile d'olive.

- G.O.P.H.O. .... Groupements d'oléiculteurs producteurs d'huile d'olive (Corse, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes, créés en 1978 sur demande de la C.E.E. pour la gestion des aides communautaires).
- I.N.R.A. .... Institut National de la Recherche Agronomique
- S.I.D.O. .... Société interprofessionnelle des oléagineux.
- S.I.O.T. .... Syndicat interprofessionnel des olives de table de pays Provence-Midi.
- S.N.M. .... Syndicat national des mouliniers.
- S.O.M.I.V.A.C. ... Société de mise en valeur de la Corse
- S.R.O. .... Service régional de l'oléiculture.
- U.G.O. .... Union des groupements d'oléiculteurs producteurs d'huile d'olive de France.
- U.N.O.F. .... Union nationale d'oléiculture de France.
- U.S.I.O. .... Union syndicale interprofessionnelle oléicole.

TABEAU 3 : APPRECIATION (Mise à jour Novembre 1983) DU NOMBRE D'OLIVIERS (erreur par défaut inférieur à 10 %, \* de l'ordre de 10 %, \*\* de 15-30 %) protégés (1) par appât empoisonné en traitement localisé (insecticide + hydrolysate de protéine Buminal) contre la Mouche de l'Olive (2) par Bacillus thuringiensis (Bactospéine ou Thuricide) contre la Teigne de l'Olivier (3) par lâcher d'insectes auxiliaires contre la Cochenille noire (production unique-ment d'agriculteurs ou techniciens de la vulgarisation agricole), avec ou sans protection contre la Fumagine et la Tavelure (Bouillie bordelaise, Viricuire, Cuprosan, etc...) (4), nombre de cages de production d'auxiliaires.

	1	2	3	4
1979	550	-	1.000	2
1980	1.500*	4.100	5.000	5
1981	10.000*	11.100	10.600*	23
1982	15.500**	12.500**	16.800*	41
1983	21.800**	14.300**	32.500*	41

**TABLEAU 4 : COUT DE LA LUTTE CONTRE LES INSECTES DE L'OLIVIER, avec ou sans intervention contre la Cochenille noire ou la Fumagine. Sources d'information 1 : D.G.R.S.T., C.R. Réunion Dieulefit (Drôme) 1980, pp. 191-195 ; 2 : G.D.A. Est Varois ; 3 : Micro-région des Baux de Provence (Bouches-du-Rhône) comm. pers. ; 4 : "Los Pals" C.F.P.A. Pézénas (Hérault) N° 59 (Nov.-Déc. 1982) pp. 2-3. ; 06 : Alpes-Maritimes, 83 : Var, 13 : Bouches-du-Rhône, 34 : Hérault. Verger + moderne, - traditionnel (arbres hauts, irrégulièrement taillés). \* récolte non connue \*\* coût horaire du matériel de traitement non connu (estimé à 60 F/h). Intervention B : biologique contre la Cochenille ou microbiologique contre la Teigne (génération floricole) C : chimique de couverture contre les insectes, F : fongicide de cuprique contre la Fumagine, L : appât empoisonné localisé contre la Mouche.**

Source	1	2	2	2	3	3	3	4	4
Département	06	83	83	83	13	13	13	34	34
Verger	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arbres/ha	120	130	130	130	160	160	160	180	130
Cultivar	Cailletier	Bouteillan	Bouteillan	Bouteillan	Aglandau Grossane Salonenque	Aglandau Grossane Salonenque	Aglandau Grossane Salonenque	Picholine	Picholine
Récolte en	1978	1982	1982	1982	1981	1981	1981	1982	1982
Tonnes/ha	1,2	2	2	2	1,8	1,8	1,8	*	*
Dont olives de table	0,4	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9	1,4	*
Cochenille Fumagine	F	F	F	F	B	B	C	-	B
Mouche	L	L	L	L	L	L	C	L	L
Teigne	-	-	-	B	B	B	C	-	-
Coût F/ arbre	0,5	0,8	0,8	2,7	2,5	2,5	2,4	1,4**	1,1

## Publications - Contract No. F-0702

- ARAMBOURG Y. & PRALAVORIO R. (1979) Note sur certaines caractéristiques morphologiques de *Prays oleae* BERN. et de *Prays citri* MIL. (Lep., *Hyponomeutidae*). *Rev. Zool. agric. Pathol. Vég.*, 77, 143-146
- JARDAK T., PINTUREAU B. et VOEGELE J. (1979) Mise en évidence d'une nouvelle espèce de Trichogramme (Hym. *Trichogrammatidae*). Phénomène d'intersexualité, étude enzymatique. *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N.S.), 15 (4), 635-642
- PANIS A. (1979) La fumagine dell'olivo nei paesi mediterranei. *Inf. fitopatol.*, 29 (10), 29-30
- ALROUECHDI K. (1980) Les Chrysopides en vergers d'oliviers. Bioécologie de *Chrysoperla carnea*: relations comportementales et trophiques avec certaines espèces phytophages. *Thèse Doc. Ing. Paris VI*, 198 pp.
- ALROUECHDI K., CANARD M., PRALAVORIO R. et ARAMBOURG Y. (1980) Répartition des adultes et des pontes de Chrysopides (*Neuroptera*) récoltés dans une oliveraie de Provence. *Neut. int.* 1 (2), 65-74
- ALROUECHDI K., LYON J.P., CANARD M. & FOURNIER D. (1980) Les Chrysopides (*Neuroptera*) récoltés dans une oliveraie du Sud Est de la France. *Acta Oecologica. Oecol. Applic.*, 1, 2, 173-180
- ALROUECHDI K. et PANIS A. (1980) Les parasites de *Chrysoperla carnea* STEPH. (*Neuroptera, Chrysopidae*) sur Olivier en Provence. *Agronomie*, 1, (2), 139-141
- ARAMBOURG Y. et PRALAVORIO R. (1980) Premier essai de lutte par confusion contre *Prays oleae* (Lep. *Hyponomeutidae*) en oliveraie. *Colloques I.N.R.A. Colmar*, nov. 1980
- FOURNIER D., PRALAVORIO R. et ARAMBOURG Y. (1980) La compétition larvaire chez *Prays oleae* (Lep. *Hyponomeutidae*) et ses relations avec quelques paramètres démographiques. *Acta oecol. Oecol. appl.* 1, 3, 233-246
- JARDAK T. (1980) Etudes bioécologiques de *Prays oleae* BERN. (*Lepidoptera, Hyponomeutidae*) et de ses parasites oophages du genre *Trichogramma* (*Hymenoptera Trichogrammatidae*): Essai d'utilisation en lutte biologique. *Thèse Fac. Aix-Marseille*, 160 pp.
- PANIS A. (1980) Evaluation des pertes de récolte en oléiculture: Exposé des méthodes utilisables pour la Cochenille noire et la fumagine. Doc. travail n. 1, réunion F.A.O. "Protection de l'Olivier", Tunis, mars 80, 10 pp.
- PANIS A. (1980) Lutte raisonnée contre deux ravageurs de l'olivier dans les séries de végétation du chêne pubescent. *D.G.R.S.T. Ed.*, 191-195
- ALROUECHDI K., CANARD M., PRALAVORIO R. et ARAMBOURG Y. (1981) Influence du complexe parasitaire sur les populations de Chrysopides (*Neuroptera*) dans un verger d'oliviers du Sud-Est de la France. *Z. ang. Ent.*, 91, 411-417.
- ALROUECHDI K., PRALAVORIO R., CANARD M. et ARAMBOURG Y. (1981) Coïncidence et relations prédatrices entre *Chrysopa carnea* (STEPHENS) (Neur. *Chrysopidae*) et quelques ravageurs de l'olivier dans le Sud-Est de la France. *Mitt. Schweiz. entomol. Ges.* 54, 281-290
- ALROUECHDI K. et VOEGELE J. (1981) Prédation des Trichogrammes par les Chrysopes. *Agronomie* 1 (3), 187-190
- ARAMBOURG Y. et PRALAVORIO R. (1981) La sélectivité des pièges à phéromone de *Prays oleae*. *C.R. Réunion experts C.C.E. "Lutte intégrée en oléiculture"* Antibes nov. 1981, 224-226
- ARAMBOURG Y. et PRALAVORIO R. (1981) La Teigne de l'olivier. *Phytoma* 327, 13-17
- PANIS A. (1981) La lutte biologique contre le complexe cochenille-fumagine. *Nouvel Olivier*, 2, 53-54
- PRALAVORIO R. et ARAMBOURG Y. (1981) Etude de quelques particularités du développement larvaire et des facteurs de réduction de la génération carphophage de *Prays oleae* (Lep. *Hyponomeutidae*). *C.R. Réunion Experts C.C.E. Antibes*, nov. 1981 - 227-240
- PRALAVORIO R., JARDAK T., ARAMBOURG Y. et RENOU M. (1981) Utilisation du tétradécène Z 7 AL 1 pour la mise au point d'une méthode de piégeage sexuel chez *Prays oleae* BERN. (Lep. *Hyponomeutidae*). *Agronomie* 1, 2, 115-121
- ALROUECHDI K. (1982) Bioécologie de *Chrysoperla carnea* STEPH. (*Neuroptera Chrysopidae*), son impact entomophage en vergers d'oliviers. *Thèse Doc. Etat Toulouse*, 227 p.
- JARDAK T., PRALAVORIO R. et ARAMBOURG Y. (1983) Etude de la morphologie externe et des principales étapes du développement de l'oeuf de *Prays oleae* BERN. (*Lepidoptera Hyponomeutidae*). *Mitt. Schweiz. Entom. Gesell.* 56, 99-105
- MARRO J.P. et PANIS A. (1982) Pratique de l'élevage artisanal des parasites de la Cochenille noire de l'olivier *Saissetia oleae* OLIVIER (*Homoptera, Coccoidea, Coccidae*). *C.R. Réunion Experts C.C.E. "Lutte intégrée en oléiculture"* Antibes, nov. 1981, 169-178
- PANIS A. (1982) Bases d'utilisation des parasites de la Cochenille noire de l'olivier *Saissetia oleae* OLIVIER (*Homoptera, Coccoidea, Coccidae*). *C.R. Réunion Experts "Lutte intégrée en oléiculture"* Antibes, nov. 1981, 162-168
- ARAMBOURG Y. (1983) Pilot project for integrated pest control in olive groves, in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 - EN, 103-110
- CHERMITI B. (1983) Contribution à l'étude bioécologique du Psylle de l'Olivier, *Euphyllura olivina* COSTA (Homoptère *Psyllidae*) et de son endoparasite *Psyllaephagus euphyllurae* SILV. (Hym. *Encyrtidae*). *Thèse Fac. Sc. Aix-Marseille*, 134 pp.

## Present Status of Parasite Complex in Olive Groves in Greece

L.C. Argyriou

Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

### Summary

The most important parasites of Saissetia oleae in Greece are the Metaphycus helvolus and the Metaphycus lounsburyi. Third in importance is the Scutellista cyanea, on which a severe infestation by the ectoparasite mite Pyemotes herfsi has been observed in the recent years.

All three parasites were found in mainland wherever olive groves exist and their parasitism of the first two on S.oleae was up to 15% in September 1982.

The rate of parasitism of S.cyanea on S.oleae was up to 40% in August of 1982.

The appropriate manipulation of these biological control agents would suppress the population level of S.oleae.

### ETAT PRESENT DU COMPLEXE PARASITAIRE AUX OLIVERAIES DE GRECE

#### Résumé

Les parasites de Saissetia oleae les plus importants en Grèce sont les Metaphycus helvolus et Metaphycus lounsburyi. Un troisième parasite est le Scutellista cyanea, sur lequel fut observée pendant les dernières années une infestation sévère de l'acarien ectoparasite Pyemotes herfsi.

Ces trois parasites sont observés en Grèce continentale, dans toutes les régions où des oliveraies existent, et leur parasitisme sur S.oleae, a monté, des deux premiers au 15% en septembre 1982 et du troisième au 40% en août 1982.

La manipulation appropriée de ces agents de lutte biologique, aurait comme résultat la suppression de la population de S.oleae.

#### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λεκανίο της ελιάς Saissetia oleae (Olivier) είναι ένας σοβαρός εχθρός της ελιάς στην Ελλάδα. Έχει ένα μεγάλο κατάλογο φυτών ξενιστών ο οποίος περιλαμβάνει καλλιεργούμενα φυτά και καλλωπιστικά. Τα τελευταία χρόνια, στη δεκαετία του 70, το λεκανίο παρουσίασε μια ύφεση σαν εχθρός της ελιάς. Τούτο πιθανόν να αρείλεται στη χρήση δολωματικών ψεκασμών και όχι ψεκασμών καλύψεως για την καταπολέμηση του δάκου. Οι δολωματικοί ψεκασμοί επιδρούν λιγώτερο δυσμενώς στους φυσικούς εχθρούς του λεκανίου.

Οι βιολογικοί παράγοντες του λεκανίου, κυρίως τα παράσιτα και αρπακτικά επεμβαίνουν σοβαρά στην ρύθμιση των πληθυσμών του κοκκοειδούς. Πολλές εργασίες έχουν γίνει τα τελευταία είκοσι χρόνια στη χώρα μας πάνω στο θέμα αυτό.

Για να δούμε τα παράσιτα και τα αρπακτικά αυτά στους ελαιώνες της Ελλάδας μιά μελέτη έγινε τα τελευταία χρόνια πάνω στο θέμα αυτό.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά την διάρκεια των δύο τελευταίων ετών δειγματοληψίες έγιναν σχεδόν σε όλους τους προσβεβλημένους από το λεκάνιο ελαιώνες της Ελλάδας, για τον προσδιορισμό των παρασίτων και αρπακτικών, που υπάρχουν σήμερα στους ελαιώνες.

Την ίδια περίοδο, στην περιοχή Αταλάντης-Φθιώτιδος λήφθηκαν δείγματα προσβεβλημένων από λεκάνιο κλαδίσκων εληάς ποικιλίας "Αμφίσης" για να προσδιορίσουμε το ποσοστό παρασιτισμού του λεκανίου. Έτσι παίρναμε δείγματα κλαδίσκων εληάς μήλους περίπου 20 εκ. τυχαία από συστάδα 200 δένδρων περίπου. Τα δείγματα λαμβάνονταν ανά 20-30 ημέρες από τον Απρίλιο 1982 μέχρι τον Οκτώβριο του 1983.

Οι κλαδίσκοι μεταφέρονταν στο εργαστήριο, εξετάζονταν εκεί και προσδιοριζόταν η ανάπτυξη των σταδίων του *S.oleae*, η ύπαρξη παρασίτων και το ποσοστό παρασιτισμού, με εξέταση 500 ζώντων ατόμων λεκανίου. Κοκκοειδή με παράσιτο τοποθετούνταν σε φιαλίδια και σε θάλαμο με σχετική υγρασία  $75 \pm 5\%$ , και τα εξερχόμενα παράσιτα προσδιορίζονταν.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τις δειγματοληψίες που έγιναν κυρίως στην Κεντρική Ελλάδα (Φθιώτιδα, Φωκίδα, Μαγνησία, Εύβοια), στη Πελοπόννησο (Κορινθία, Αχαΐα, Αργολίδα) και στην Βόρειο Ελλάδα (Χαλκιδική), βρέθηκε μια πλούσια παρασιτική πανίδα του *S.oleae*.

Έτσι προσδιορίσαμε 6 παράσιτα και 5 αρπακτικά.

### Παράσιτα

<u>Encyrtidae</u>	: <u>Metaphycus flavus</u> Howard <u>Metaphycus helvolus</u> (Compere) <u>Metaphycus lounsburyi</u> (Howard)
<u>Aphelinidae</u>	: <u>Coccophagus pulchellus</u> West. <u>Coccophagus rusti</u> Compere
<u>Pteromalidae</u>	: <u>Scutellista cyanea</u> Motsch.

### Αρπακτικά

<u>Coccinellidae</u>	: <u>Exochomus quadripustulatus</u> L. <u>Chilocorus bipustulatus</u> L. <u>Rhyzobius forestieri</u> Mulsant <u>Platynaspis luteorubra</u> Goeze
<u>Noctuidae</u>	: <u>Eublemma scitula</u> Ramb.

Το M.flavus ένα ιθαγενές ενδοπαράσιτο του πρώτου σταδίου, βρέθηκε σε δύο μόνο δείγματα στις 10.9.82 και 5.11.82 στην Φθιώτιδα.

Το παράσιτο αυτό πριν την εισαγωγή και ελευθέρωση του M.helvolus (Argyriou and DeBach: 1968) ήταν το επικρατούν ωφέλιμο του λεκανίου. Μετά την εγκατάσταση του M.helvolus το γηγενές M.flavus αντικατάστησε τελείως το εισαχθέν.

Το M.helvolus που παρασιτεί το λεκάνιο στο δεύτερο στάδιο και κυρίως στο τρίτο βρέθηκε σε όλους τους ελαιώνες της Κεντρικής Ελλάδας, Ευβοίας και Πελοποννήσου. Ο παρασιτισμός του λεκανίου από το παράσιτο αυτό έφθασε στην περιοχή Αταλάντης το 20% των ζώντων σταδίων του λεκανίου, το Σεπτέμβριο του 1982. Το Σεπτέμβριο του 1983 ο παρασιτισμός ήταν μικρότερος και δεν ανέβηκε πάνω από 12%.

Το M.lounsburyi που προσβάλλει το λεκάνιο στο τρίτο στάδιο και κυρίως στο αιμαίο προ ωτοκίας εισάχθηκε στην Ελλάδα τυχαία (Argyriou and Michalakis 1975) και διαδόθηκε πολύ γρήγορα σε όλη την χώρα, όπου υπάρχουν ελαιώνες. Το βρήκαμε σε όλους τους ελαιώνες της Κεντρικής Ελλάδας, Ευβοίας, Χαλκιδικής και Πελοποννήσου.

Το C.pulchellus το βρήκαμε σε πολύ μικρό αριθμό, 7 ατόμων σε δείγματα λεκανίου από ελαιώνες της Β.Ευβοίας και σε 2 άτομα στην περιοχή Αγρινίου.

Το C.rusti το πήραμε από δείγματα λεκανίου στους ελαιώνες των Ροβιών

Ευβοίας, σε 10 άτομα. Το είδος αυτό είχε εισαχθεί από την Καλιφόρνια και είναι η πρώτη φορά που το βρήκαμε στην περιοχή αυτή όπου είχε ελευθερωθεί από το 1968.

Το S. cyanea είναι πολύ αποτελεσματικό παράσιτο του λεκανίου και άλλων ειδών της οικογενείας Coccidae, όπως του Ceroplastes rusci L., Ceroplastes sinensis Del Guer. κ.ά. Ο παρασιτισμός του στο λεκάνιο στην Αταλάντη, τον Αύγουστο του 1982, έφθασε στο 40%. Αυτό το παράσιτο κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να γίνει ένας καλός βιολογικός παράγοντας για την καταπολέμηση του λεκανίου. Τα τελευταία χρόνια το παράσιτο αυτό βρέθηκε να παρασιτείται στην μορφή της προνύμφης και της νύμφης, από το άκαρι Pyemotes herfsi Oudemans (Pyemotidae). (Argyriou 1983). Το παράσιτο αυτό βρέθηκε για πρώτη φορά το 1980 στην Αταλάντη. Αργότερα βρέθηκε και σε άλλες περιοχές όπως στο Μαραθώνα, στο Μαριόπουλο και αλλού. Το ποσοστό παρασιτισμού τον Οκτώβριο του 1982 ήταν 40% του πληθυσμού του S. cyanea στην περιοχή Αταλάντης. Από τα αρσενικά, τα είδη της οικογενείας Coccinellidae αποτελούν σημαντικό βιολογικό παράγοντα στην ισορροπία των πληθυσμών του λεκανίου. (Katsoyannos 1983). Το λεπιδόπτερο E. scitula το βρήκαμε μόνο σε μικρούς πληθυσμούς και δεν βοηθά πολύ στην μείωση του πληθυσμού του λεκανίου.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής δίνουν στοιχεία σχετικά με την αρέλιμη πανίδα του λεκανίου στους ελαιώνες της Ελλάδας. Από τα παραπάνω που αναφέρθηκαν παρατηρείται ότι, εκτός από το πρώτο στάδιο της έρπουσας και της σταθεροποιημένης νύμφης του λεκανίου, τα υπόλοιπα στάδια - δεύτερο, τρίτο και αιμαίο προ ωτοκίας - προσβάλλονται από τα παράσιτα, M. helvolus, (δεύτερο στάδιο και χωρίς τρίτο) και M. lounsburyi (τρίτο στάδιο και χωρίς αιμαίο προ ωτοκίας). Το S. cyanea καλύπτει την περίοδο της ζωής του λεκανίου από αιμαίο προ ωτοκίας μέχρι και αιμαίο σε ωτοκία. Τα στάδια πρώτο, έρπουσας και σταθεροποιημένη, δεν έχουν βέβαια παράσιτα, είναι όμως εκτεθειμένα στην προσβολή των αρσενικών κυρίως των Coccinellidae. Έτσι φαίνεται ότι οι ελαιώνες της Ελλάδας διαθέτουν εναντίον του λεκανίου μια παρασιτική πανίδα η οποία με τον κατάλληλο χειρισμό θα μπορούσε να διατηρήσει τον πληθυσμό του λεκανίου σε χαμηλά επίπεδα.

#### REFERENCES

1. ARGYRIOU, L.C., DeBach, P., 1968. Establishment and spread of Metaphycus helvolus (Compere) (Hym. Encyrtidae) in olive groves of Greece. Entomophaga, 13 (3): 223-228.
2. ARGYRIOU, L.C. et MICHELAKIS, S., 1975. Metaphycus lounsburyi (Hymenoptera: Encyrtidae), parasite nouveau de Saissetia oleae (Bern.) en Crète, Grèce. Fruits, vol. 30 (4) : 251-254.
3. ARGYRIOU, L.C., 1983. Scutellista cyanea and its parasites. Presented at Meeting of the Experts Group "Stage of advancement and Exchange of information on Integrated Control in Olive Groves" 11-13 Oct. Florence, Italy, unpublished.
4. KATSOYANNOS, P., 1983. The native complex and an introduced Coccinellidae predator against Saissetia oleae Oliv. (Hom., Coccidae) in an integrated control system for olive culture in Greece. in this publication, 179-190.





## The Native Complex and an Introduced Coccinellid Predator against *Saissetia oleae* Oliv. (Hom., Coccidae) in an Integrated Control System for Olive Culture in Greece

P. Katsoyannos

Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

### Summary

In the calendar of widespread chemical control, which is applied on olive groves in Greece mainly against *Dacus oleae* and occasionally against *Prays oleae*, there are two periods free from insecticides: the spring and the high-temperature summer period of about two months. Any activities of biological control agents in an Integrated Control program against the Black scale, *Saissetia olea*, have to be scheduled during these two periods.

The most important native Coccinellid predators of *S. oleae* are the univoltine *Exochomus quadripustulatus* and the trivoltine *Chilocorus bipustulatus*.

The overall effectiveness of these predators during the spring is marked by a full activity of larvae and adult populations of *E. quadripustulatus* throughout, and by low activity on the part of *C. bipustulatus* until mid April when the adults begin ovipositing and the larval population appears. During the summer, the overall effectiveness of these predators is characterized by a gap which is due, on the one hand, to the diapause of the adult *E. quadripustulatus* and, on the other hand, to a usually important rate of parasitism on the larval population of *C. bipustulatus*.

With the intention of filling these gaps the multivoltine (6 generations per year) Australian Coccinellid *Rhyzobius forestieri* was introduced, quarantined, studied, reared and released successfully in the Greek olive groves.

### LE COMPLEXE DES PREDATEURS COCCINELLIDES INDIGENES ET UN PREDATEUR COCCINELLIDE INTRODUIT CONTRE SAISSETIA OLEAE OLIV. (HOM., COCCIDAE) DANS UN PROGRAMME DE LUTTE INTEGREE POUR L'OLEICULTURE EN GRECE

### Résumé

Dans le calendrier de la lutte chimique bien répandue, appliquée en général contre *Dacus oleae* et occasionnellement contre *Prays oleae* sur les oliveraies grecques, il y a deux périodes d'absence d'insecticides: le printemps et la période de la chaleur estivale de deux mois environ. Toutes les activités des agents de lutte biologique contre la Cochenille noire de l'olivier, *Saissetia oleae*, dans un programme de Lutte Intégrée, doivent être ménagées pendant ces deux périodes.

Les Coccinellides indigènes, les prédateurs les plus importants de *S. oleae* sont le monovoltin *Exochomus quadripustulatus* et le trivoltin *Chilocorus bipustulatus*.

Au printemps, l'efficacité totale de ces prédateurs se caractérise par une pleine activité des larves et des adultes d'*E. quadripustulatus* pendant toute la durée de cette saison, et par une activité réduite de la part de *C. bipustulatus* jusqu'à mi-avril, où les adultes commencent

à pondre et la population larvaire paraît. En été l'efficacité totale de ces prédateurs est caractérisée par un défaut dû d'une part à la diapause des adultes d'E. quadripustulatus et d'autre part à un taux de parasitisme important sur la population larvaire de C. bipustulatus.

Avec l'intention d'améliorer ces défauts, le Coccinellide Australien Rhyzobius forestieri a été introduit; passé par quarantaine, étudié et lâché avec succès dans les oliveraies de la Grèce.

## INTRODUCTION

The most important insect problems in Greek olive culture are caused by Dacus oleae, Prays oleae and Saissetia oleae OLIVIER. A state-coordinated program of insecticide sprays against D. oleae covers most of the olive groves of Greece. Generally, these sprays are applied every year during the summer and autumn. During the time that the temperatures get very high, usually during July and August, the sprays are discontinued.

Insecticides are seldom used against P. oleae and they are applied only in cases of heavy moth infestations. Rarely are sprays applied against the Prays anthophagous generation during the spring.

Thus the spring and about two months of the summer are the periods when the olive groves are free from insecticide sprays against D. oleae and P. oleae. Strategies aimed at controlling the third very important enemy of olive trees, the scale S. oleae, must be developed in accordance with the time limits imposed by this widespread spraying program.

The action of natural enemies of the Black scale has proved to be a very efficient control factor, chemical control and useful cultural practices such as pruning aside. This is clearly appreciated in the minds of the farmers, who generally attribute Black scale outbreaks to wrong operations in the olive culture and, especially, to the bad use of insecticides.

The activities of the project "Studies on the Black scale of olive tree Saissetia oleae OLIVIER (Hom., Coccidae) contributing to the development of an integrated control system for olive culture" were mostly focused on research concerning the efficient use of the Black scale's natural enemies in ways which could be integrated into the existing phytosanitary program, as it is or slightly modified.

### 1. The S. oleae life history

Generally in Greece, the Black scale population develops synchronously and, in most olive groves, completes one generation per year. Ovipositions occur in June-July, larval development occurs through the summer, and the first females appear in early October (KATSOYANNOS & LAUDEHO, 1975). However, in some areas and under certain conditions, a second, autumn generation may be observed (CANARD & LAUDEHO, 1977).

### 2. The complex of natural enemies of S. oleae

The searching capacity of the Hymenoptera parasites and their contribution in maintaining S. oleae populations at low levels is well known. The introduced Encyrtid Metaphycus helvolus COMPERE (ARGYRIOU & DE BACH, 1968) as well as Metaphycus lounsburgi HOW and the Pteromalid Scutellista cyanea MOTSCH, are the most important Hymenoptera entomophagous of S. oleae in the Greek olive groves.

Coccinellid predators are more suitable for controlling hot spots or heavy Black scale infestations. The most important native species of this family in the Greek olive groves are Exochomus quadripustulatus L. and Chilocorus bipustulatus L. (ARGYRIOU & KATSOYANNOS, 1976).

E. quadripustulatus completes one generation per year. Ovipositions begin early (usually late February). A very intensive adult and larval predator activity is noticed on the part of this species during the spring, because of high nutritional needs created in the adult population by its reproductive activity and in the larval population by its fast development, which is completed by the end of May. In June, the newly emerged adults appear. In their brown unicolor form they enter an obligatory summer diapause which lasts until late September. They are then reactivated and take on their final melanized form. They pass through a period of quiescence during the winter (KATSOYANNOS, 1976).

C. bipustulatus is multivoltine, presenting two or even three generations per year, depending on the abundance of food. Ovipositions begin late (in mid-April). During the summer, an increasing rate of parasitism is observed on its larval population of the second and third generations. The C. bipustulatus adults, active throughout the summer, pass through a period of quiescence during the winter (KATSOYANNOS, 1976).

During the early spring, the overall effectiveness of the native Coccinellids is less than its full potential, due to the delay in ovipositing by C. bipustulatus. Although E. quadripustulatus is in full activity from late February, C. bipustulatus does not begin ovipositing until mid-April. During the summer the overall effectiveness is characterized by a much more important gap, firstly because E. quadripustulatus is in adult diapause and secondly because the remaining, active population of C. bipustulatus is weakened by a significant rate of parasitism on its larvae.

With the intention of enhancing the overall Coccinellid predator effectiveness our interest turned to the introduction, study and use of the Australian species Rhyzobius forestieri MULSANT.

### 3. The use of E. quadripustulatus

The E. quadripustulatus experiments were organized in the Delfi region. Olive groves spread continuously there, from the Itea coastal zone, northeast through the valleys of Delfi for about 20 km to the higher elevation slopes of Arahova (345-800 m altitude). The varieties grown are of table olives-KONSERVOLIA in the coastal zone and KOTHREIKI in the Arahova zone and the trees are irrigated and cultivated.

From studies made during the 1970's, it was found that olive groves there constitute favorable biotopes for E. quadripustulatus (KATSOYANNOS, 1976).

This native predator played a remarkable role in controlling a wide-spread outbreak of Black scale in the olive groves of the Delfi region in 1971-1973.

Samplings made there during 1980 showed that the population of E. quadripustulatus was at a very low level. It was decided then to organize releases of reared insects in order to enhance the natural population (KATSOYANNOS, 1981).

Insects produced in the insectary (KATSOYANNOS & LAUDEHO, 1977) between September and December 1980 were moved outside 20 days after emergence and maintained in cages there, in order to be reactivated and, at the same time adapted to natural conditions.

On 9 April 1981, 4500 completely activated adults of E. quadripustulatus were released after being marked with white enamel spray paint. The releases were made, according to the level of the observed Black scale infestation, on 185 olive trees, one vial of insects per tree. Two plots were chosen in the Arahova zone, one as the test plot and the other as a control.

Infestations of S. oleae were evaluated in the field on the basis of certain macroscopic symptoms such as the presence of honeydew on the leaves

and the resulting sooty mold, the sparsity of leaves, dry branches on the trees and, generally, the reduction or even absence of yield. A more detailed analysis, of the Black scale population and rates of parasitism and predation was achieved after laboratory examination. Coccinellids were sampled by visual observations and by beating branches over a square meter cloth.

A second set of experiments began on 25 February 1982, when 5000 activated E. quadripustulatus adults were released and, on 29 April 1982, a further 5000 adults were released. These releases were made on 167 olive trees bearing a medium Black scale infestation. On both dates the releases were made on the same trees. The releases were carried out in the same olive grove which had served as the test plot during the experiment of the previous year. In this second experiment no check plot was available since the olive grove used as the control during the previous year was destroyed by a fire in August 1981.

In the spring of 1983, no releases of E. quadripustulatus were made in the Arahova zone because of the absence of Black scale infestation on the olive trees there.

From the results of the first experiment, presented in Fig 1, it is shown that the released marked adults were successfully established on the trees in the test plot.

Before the release, no significant difference of population density was found between the two plots. However, in the first sampling after the release (on 2nd June) the larval population was five times greater in the test plot than in the control plot and, at the next sampling (on 1st July), the population of new generation adults was four times greater in the test plot.

After the clear results from the previous year, the second set of experiments was rather of the type of an application. Unmarked adults were released and no check plot was used. By early summer, an overall reduction of the Black scale infestation was noticed. Samplings during the experimental period showed the clear predominance of E. quadripustulatus and its very important role as a control agent.

#### 4. The use of R. forestieri

The Australian species R. forestieri was imported into Greece from California, in May 1981. Its population was quarantined for two generations to ensure that it was free of parasites and diseases.

Several scale-hosts were tested. In the end, Coccus hesperidum L. was chosen for insectary rearings.

For the study of R. forestieri's phenology, insects were reared in cages outside the Athens Laboratory. The results showed that R. forestieri is active throughout the year. Overlapping generations occur and all the preimaginal instars are continuously present.

Studies concerning the most important bio-ecological characteristics of R. forestieri (such as type and duration of development, developmental thresholds, fecundity, voracity, longevity, limiting factors e.t.c.) were made under several special conditions of constant temperature and photoperiod.

Mass rearings for the releases were carried out under constant conditions of  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $65 \pm 5\%$  RH and 16 hrs. light/day. In the olive groves, two types of releases were made. The purpose of the first type, was the establishment in Greece of the exotic Coccinellid R. forestieri. The purpose of the second type of release was to study its efficiency in controlling an existing infestation of the Black scale.

Releases for the establishment of R. forestieri were made in a network of biotopes covering the central and northern littoral zones of olive culture in Greece. To study the efficiency, of R. forestieri, a suitable olive

grove was found at Cambos, in Chios island.

Samplings of the Coccinellids were made before and after the releases by observations and by beating 10 different tree branches with a rubber-covered stick over a one-square-meter cloth screen.

Also the S. oleae population was monitored, by laboratory examination and by comparison of samples taken at the time of the release with those taken at times of the establishment checks.

From samplings in twelve biotopes which were checked several months after the introduction releases, R. forestieri was found in five of them (Fig. 2) It reproduced fairly well in the olive orchards at Marathon-Attica and at Cambos-Chios which were most heavily infested with S. oleae.

The presence of R. forestieri was maintained in Delfi, Limenas Thassos and Astakos - Western Greece, in olive groves with decreasing S. oleae infestations ranging from medium to very light. In seven biotopes with olive trees bearing decreasing medium light or very light infestations of S. oleae, R. forestieri was not recovered. In the north of Greece (Chalchidiki), four olive-tree biotopes with light infestations of S. oleae on the release date were not checked later for establishment.

Fig 3 shows the reduction of the Black scale infestation at Cambos - Chios, where the efficiency of R. forestieri was studied.

By November, only four months after the beginning of the releases, the Black scale infestation was clearly in the process of being controlled.

In the following April, about half of the leaves were free from scales and the number of scales per leaf had decreased dramatically. The reproduction of the scale population in June and July did not reverse the steady regression of the scale infestation so that, by September, the olive trees were practically clean.

From analysis on the mortality of the Black scale population in the samples, it was found that predation was the key-factor. The rate of parasitism was unimportant and noticeable non-biotic limiting factors did not occur.

Fig. 4 shows that among the Coccinellids, which were the most important predators, a rapid increase of the R. forestieri populations was recorded during the four months following the releases.

By July, the R. forestieri larvae already constituted 75% of the total Coccinellid larvae found. In every sample taken in August, October and November, R. forestieri adults account for more than 60% of the total Coccinellid adults found. R. forestieri larvae are 53% of the total larvae in August, 68% of the total in October and, in November, they are the only Coccinellid larvae found.

A continuous presence of the two main native Coccinellid predators of S. oleae was recorded. The E. quadripustulatus larvae disappeared during the summer. The adult E. quadripustulatus population, because of summer diapause and winter quiescence, do not oviposit until the following spring (KATSOYANNOS, 1976).

An important larval population of C. bipustulatus measured in August decreases and then actually disappears by October, since the emerged adults then enter into winter quiescence. A very important rate of parasitism was observed on the larvae of C. bipustulatus.

By comparison, the presence of active adult and larval populations of R. forestieri was observed throughout the year and no parasitism was observed either on its larvae or on its adults.

## CONCLUSION

The multivoltine R. forestieri, active throughout the year, appears to be a very useful agent for enhancing the existing complex of native Coccinellid predators against the Black scale in Greece. During the early spring, the good activity of E. quadripustulatus and R. forestieri working together replaces the low activity of C. bipustulatus. Later, when E. quadripustulatus enters summer diapause, R. forestieri is still active in conjunction with the new expanded C. bipustulatus population.

After the first D. oleae spray, usually required in late June-early July, releases of R. forestieri should be made in the case of an existing S. oleae infestation. Completing one generation per month during the summer, the prolific R. forestieri is able to quickly build up an efficient predator population against the scale. It is important, however, that the insecticide-free period be extended for as long as possible in order to allow R. forestieri enough time to work effectively. In any case, further sprays against D. oleae are not usually required before the temperatures drop in early September.

## REFERENCES

- ARGYRIOU, L.C. & DE BACH, P., 1968. The establishment of Metaphycus helvolus COMPERE on Saissetia oleae BERN. (Hom. Coccidae) in olive groves in Greece. *Entomophaga* 13, 223-228.
- ARGYRIOU, L.C. & KATSOYANNOS, P., 1976. Coccinellid species found in the olive groves in Greece. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S.*, 11, 331-345.
- CANARD, M. & LAUDEHO, Y., 1977. Étude d'une deuxième génération d'hiver de Saissetia oleae (Hom., Coccidae) en Attique (Grèce) et de sa réduction par Metaphycus lounsburgi HOW. (Hym., Encyrtidae) et Scutellista cyanea MOTSCH (Hym., Pteromalidae). *Fruits*, 32, 554-561.
- KATSOYANNOS, P., 1976. Étude d'un prédateur Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae) en vue d'une éventuelle utilisation contre Saissetia oleae OLIV. (Hom., Coccidae) dans les oliveraies de la Grèce. Thèse Docteur-Ingénieur, Univ. Sci. Techn. Languedoc, France, 144 pp.
- KATSOYANNOS, P., 1981. Some data on the restoration of density and activity of Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae) in a biotope at Delfi. *Intern. Congr. of Zoogeogr. of Greece and adjacent countries, Athens 1981. Biologia Gallo-Hellenica* (in press).
- KATSOYANNOS, P. & LAUDEHO, Y., 1975. Périodes d'activités des principaux insectes entomophages indigènes de Saissetia oleae BERN. sur l'olivier, en Grèce continentale. *Fruits*, 30, 271-274.
- KATSOYANNOS, P. & LAUDEHO, Y., 1977. Contribution à la mise au point de l'élevage d'Exochomus quadripustulatus L. (Col., Coccinellidae). *Biologia Gallo - Hellenica* 6, 251-258.

Results of population sampling of *E. quadripustulatus*

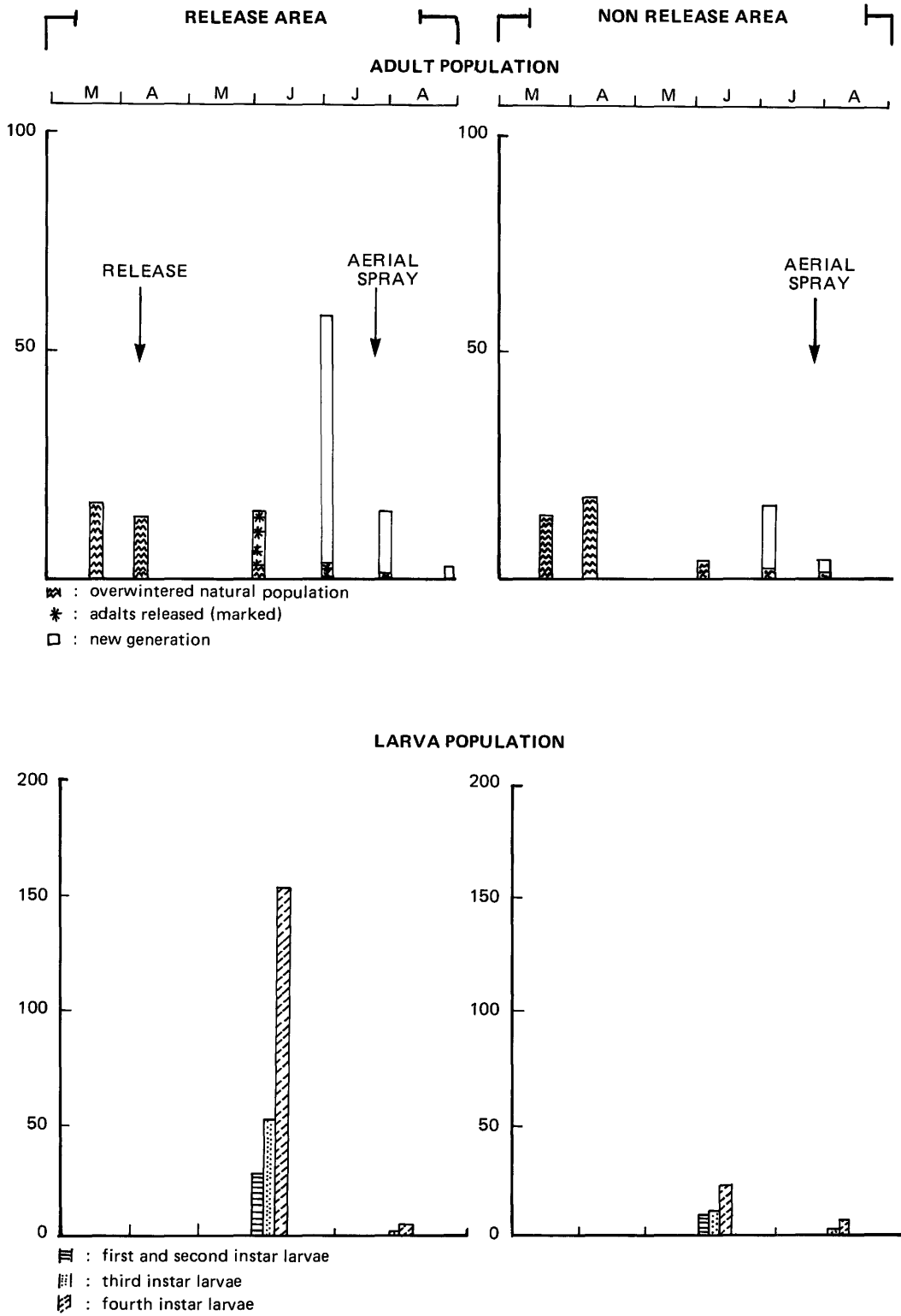
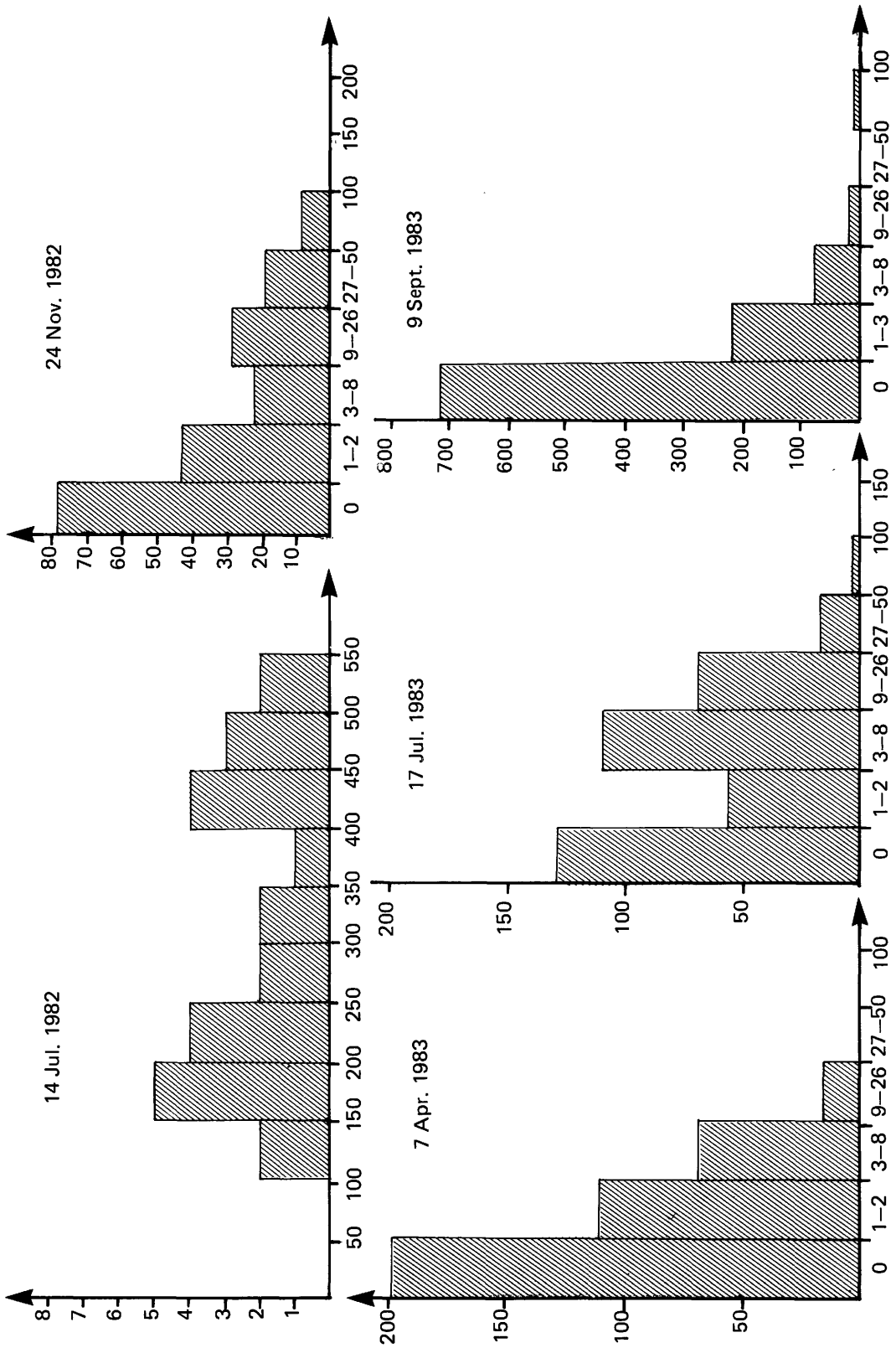


Figure 1: The population of *Exochomus quadripustulatus* sampled at Arahova-Delfi.



Figure 2 : Distribution of establishment-release plots in olive groves in Greece.





: Frequency of leaves infested by a number of scales  
 : Number of living *S.oleae* larvae of the 2nd and 3rd instars per leaf

Figure 3 : The Black scale infestation observed before and after *Rhizophorus forestieri* releases at Cambos-Chios.

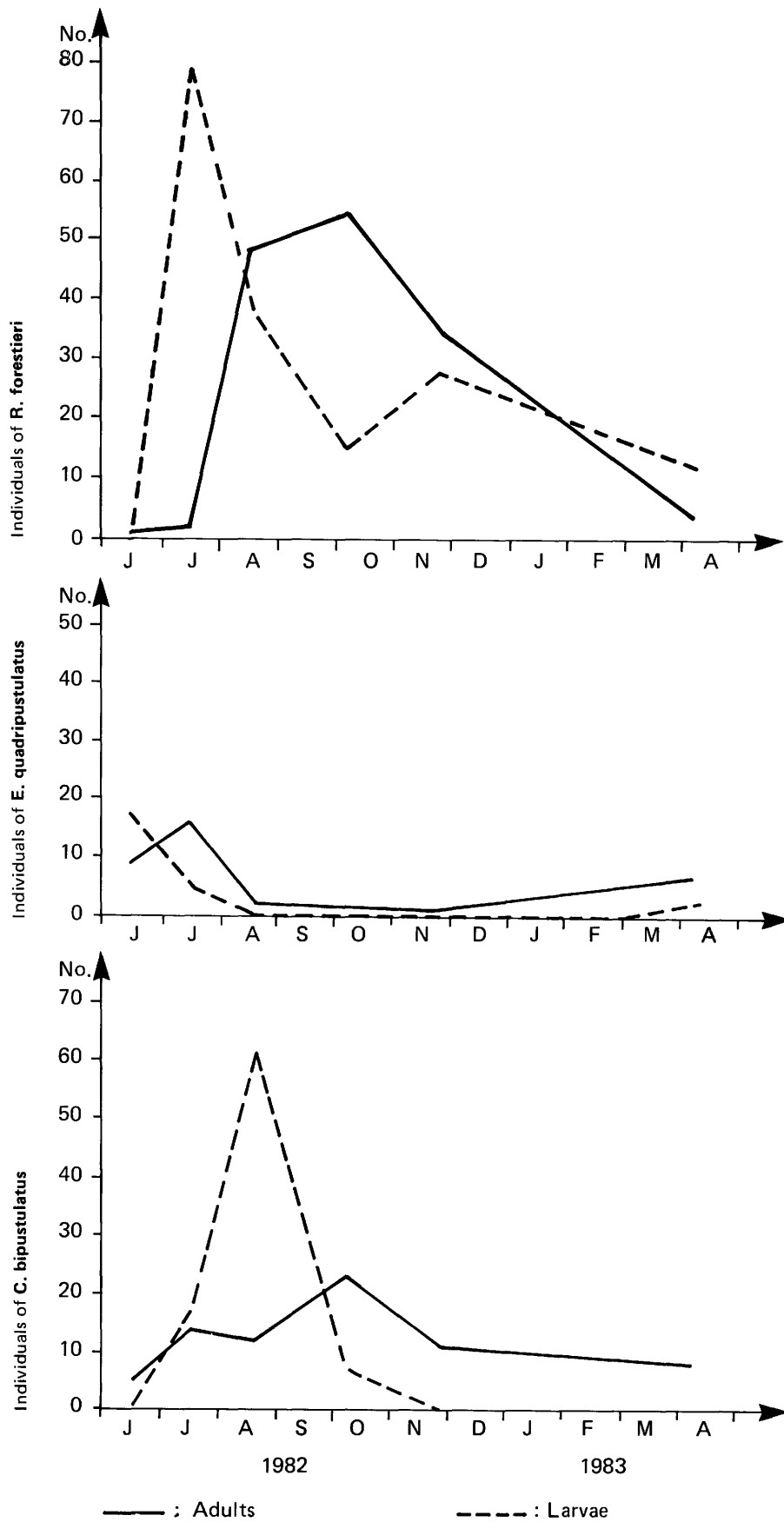


Figure 4: The development of *R. forestieri* and the native coccinellid population at Cambos-Chios.

## Publications - Contract No. GR-0711

KATSOYANNOS P. (1982) The introduction of an exotic Coccinellid predator, *Rhyzobius forestieri* MULS (Col., Coccinellidae) into Greece as a control agent for the Black scale, *Saissetia oleae* OLIV. (Hom., Coccidae), on olive trees in Entomophagous insects and biotechnologies against olive pests. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8647 EN-FR, 67-74

KATSOYANNOS P. (1983) The control of the Black scale *Saissetia oleae* OLIVIER (Hom., Coccidae) in an Integrated Pest Management system for olive culture. 9th Interbalkan Plant Protection Conference, Athens, 7-11 November 1983

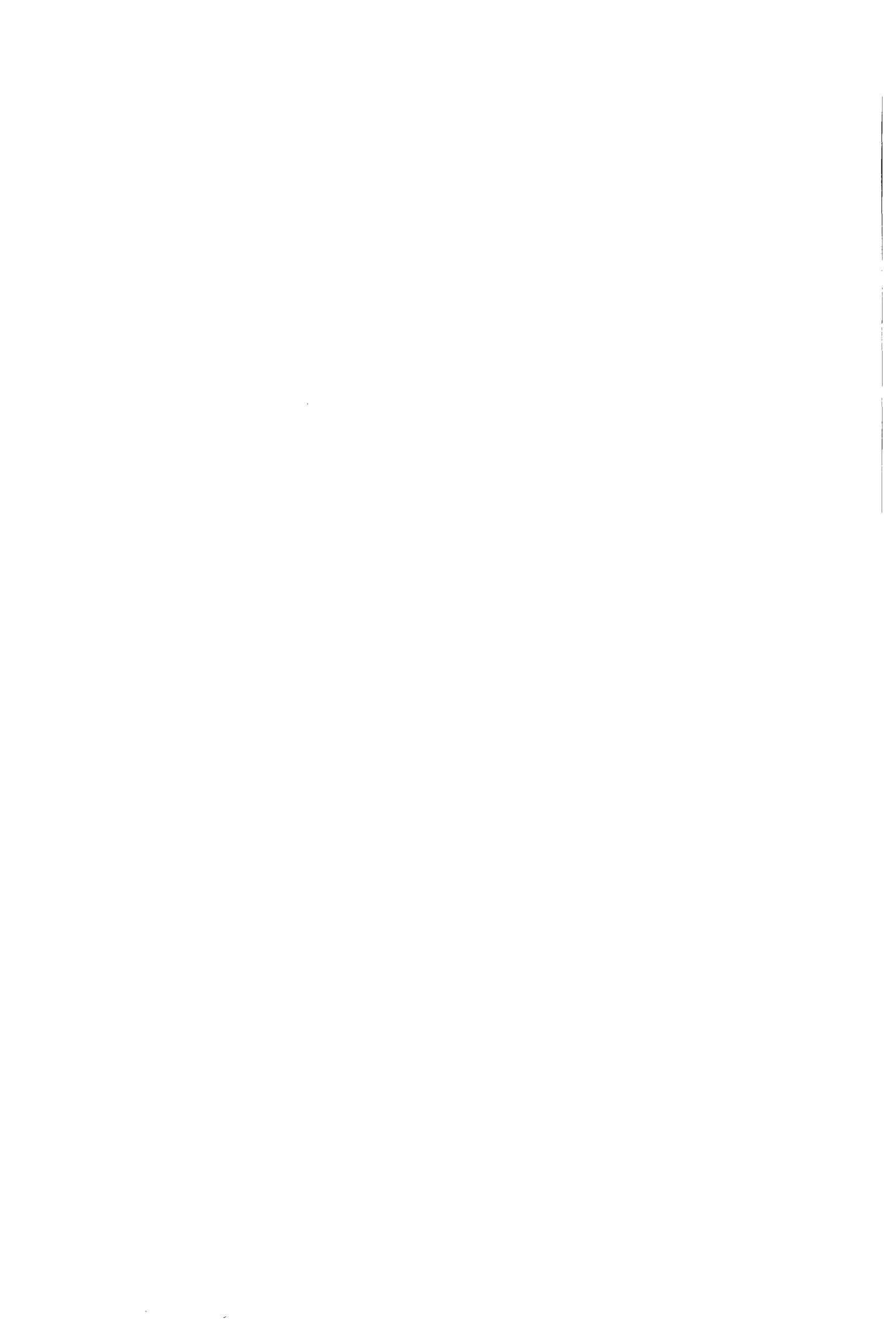
KATSOYANNOS P. (1983) Recherches sur la biologie de quelques espèces de Coccinellidae (Coleoptera) prédateurs de cochenilles (Homoptera, Coccoidea) dans la région méditerranéenne orientale. Thèse Doct. d'État. Univ. de Toulouse, France

ARGYRIOU L.C. "in press" *Scutellista cyanea* and its parasites. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 October 1983

FYTIZAS E. & KATSOYANNOS P. "in press" Les phénomènes d'homeostage sur les larves, pupes et adultes de *Rhyzobius forestieri*. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent

KATSOYANNOS P. "in press" The establishment of *Rhyzobius forestieri* MULSANT (Col., Coccinellidae) in Greece and its efficiency as a control agent against *Saissetia oleae* OLIVIER (Hom., Coccidae). Entomophaga

KATSOYANNOS P. "in press" The introduction into Greece and some bio-ecological characteristics of the Coccinellid predator *Rhyzobius forestieri* MULSANT



## Experimental Releases of *Trichogramma* spp. against *Prays oleae* Bern. in Greece during 1982-1983

Helen G. Stavradi, P.A. Mourikis

Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

### Summary

Releases of *Trichogramma embryophagum* Hastig (1.000.000 individuals) against the carpophagous generation of *Prays oleae* Bern. were effectuated during the year 1982, in an olive grove of Thebes area, situated at a distance of 87 km North from Athens. The parasitism obtained was 3,6-7,6%.

During 1983, new releases of *T. embryophagum*, *Trichogramma cacoeciae* Marchal and *Trichogramma* of the tribes No. 54, 55 and 21 imported from the Station of Zoology and Biological Control Antibes/France, (appr. 200.000 individuals in total) were also effectuated against *P. oleae* in this same olive grove. The parasitism obtained was : a) by *T. cacoeciae* on the anthophagous generation, 1,3-4,5%, b) by all *Trichogramma* on the carpophagous generation 2,3-9,6%.

In conclusion, all our efforts to apply biological control of *P. oleae* by using *Trichogramma* spp. had no satisfying results until now.

Our efforts will be continued also in the next period of 1984.

### LÂCHERS EXPERIMENTAUX DE TRICHOGRAMMA SPP. CONTRE PRAYS OLEAE BERN. EN GRECE PENDANT 1982-1983

### Résumé

En 1982, nous avons réalisé des lâchers de *Trichogramma embryophagum* Hastig (1.000.000 individuals) contre la génération carpophage de *Prays oleae* Bern., dans une oliveraie de la région de Thèbes située à une distance de 87 km au Nord d' Athènes. Le parasitisme obtenu varia entre 3,6-7,6%.

En 1983, dans cette même oliveraie, nous avons réalisé des lâchers de *T. embryophagum*, *T. cacoeciae* Marchal et *Trichogramma* des souches No. 54, 55 et 21 provenant de la Station de Zoologie et de lutte Biologique Antibes/France (env. 200.000 individus en total) contre les générations anthophage et carpophage de *P. oleae*. Le parasitisme obtenu varia : a) sur la génération anthophage, par *T. cacoeciae* de 1,3 à 4,5% et b) sur la génération carpophage, par tous les *Trichogrammes*, de 2,3 à 9,6%.

En résumé, tous nos efforts pour effectuer une lutte biologique contre *P. oleae* par *Trichogramma* spp. n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

### 1. INTRODUCTION

Une souche de *Trichogramma embryophagum* Hastig fut introduite en Grèce de Yougoslavie en 1982. Ce *Trichogramme* est un parasite indigène de *Prays oleae* Bern. en Yougoslavie.

Cette souche a été élevée dans l' insectarium de l' Institut Benaki sur les oeufs d' Anagasta kuehniella et la conservation des oeufs parasités au frigo nous a permis de stocker des parasites.

Des lâchers d'un million (1.000.000) de parasites au stade pupe et adulte contre la génération carpophage de P. oleae ont été réalisés dans l' oliveraie de Thèbes, le 17 et 19 Juin 1982.

L' oliveraie de Thèbes (Béotie), à 87 km d' Athènes, se compose de 70.000 arbres où la variété "Megaritiki" domine et donne en moyenne  $320 \pm 1,82$  fruits d'olive par kilogramme en Octobre. L' oliveraie est située en altitude de 350 m. Pendant l'année 1982 la végétation de l' olivier était en retard à cause de conditions climatiques et, par conséquent, le développement de P.oleae était aussi en retard.

Pendant 1983, le Professeur Karadjov(1) nous a envoyé de Bulgarie des Trichogramma cacoeciae Marchal (5000 parasites), lesquels furent libérés directement dans l' oliveraie de Thèbes contre la génération anthophage de P. oleae, le 4 mai 1983.

En 1983 nous avons aussi réalisé des lâchers de Trichogrammes multipliés dans l' Institut.

Les libérations effectuées contre la génération carpophage furent les suivantes :

1/ Le 30 mai et le 6 Juin, 1983, 100.000 parasites T.embryophagum et Trichogramma des souches No. 54, No 55 et No 21, envoyés par Dr J. Voegelé d' Antibes.

2/ Le 6 Juin 1983, 7.000 parasites T.cacoeciae envoyés par Dr S.Hassan d' Allemagne sont libérés directement dans l' oliveraie.

3/ Le 11 Juin 1983, 70.000 parasites envoyés de la Station d' Antibes sont aussi libérés directement dans l' oliveraie (3).

## 2. MÉTHODE DE TRAVAIL

Pendant les années 1982 et 1983 nous avons signalé dix (10) points de lâchers pour chaque libération de parasites et nous avons effectué des échantillonnages pour suivre l' évolution de l'attaque sur les bouquets de fleurs et les fruits d' olive par P. oleae en génération anthophage et carpophage.

Les plaquettes des oeufs d'Anagasta parasités par Trichogramma sont mises dans des boîtes 14,5 x 9,5 cm. de grillage fin qui sont accrochées sur les arbres.

Dans l' oliveraie expérimentale nous avons mis aussi des pièges de phéromones pour suivre la sortie des papillons de chaque génération.

Les prélèvements des échantillons étaient effectués sur 10 lots par arbre (10 arbres) tous les sept jours : 100 bouquets de fleurs étaient prélevés par lot soit 1000 bouquets de fleurs par échantillonnage en génération anthophage : 50 fruits étaient prélevés par lot soit 500 olives par échantillonnage. Le contrôle de l' attaque fut effectué sur la totalité de chaque prélèvement et tous les bouquets de fleurs et toutes les olives attaquées étaient examinées au binoculaire.

## 3. RESULTATS

Pendant 1982 l' attaque des fruits d'olive par Prays oleae Bern. atteignait le 52% avec une variation de 36-82%. Le parasitisme de P. oleae par Trichogramma embryophagum Hastig varia entre 3,6 et 7,6% ce qui consiste un bas niveau (fig. 1).

Pendant 1983 les lâchers de T. cacoeciae envoyés de Bulgarie n'ont pas donné de bons résultats contre la génération anthophage. Le parasitisme de P. oleae varia entre 1,3-4,5% tandis que l' attaque des bouquets de fleurs par P. oleae varia de 4,5-17,8%.

Le parasitisme indigène varia de 16,6 à 22,7%. Aux parasites indigènes,

qui étaient les suivants, dominait le A. fuscicollis.

- 1) Ageniaspis fuscicollis Dalm. Encyrtidae
- 2) Itoplectis alternans Grav. Ichneumonidae
- 3) Hockeria unicolor Walker Chalcididae
- 4) Chelonus eleaphilus Silv. Braconidae (2)

Le pourcentage des oeufs disponibles aux parasites au moment des lâchers était 15% à la génération anthophage. Par contre à la génération carpophage, l'attaque des fruits d'olive par P. oleae atteignait le 51,0 à 60,6%. Pendant 1983 les oeufs frais disponibles aux parasites pendant le premier lâcher était presque 100%. Le parasitisme obtenu à la génération carpophage varia entre 2,3 - 0,6% (fig.2). C'est évident que les résultats ne sont pas satisfaisants.

Il est probable que les températures qui ont varié de 26 à 43° C pendant le mois de Juin de 1982, on été défavorables pour les parasites.

Il est aussi probable que les parasites ont trouvé d'autres hôtes.

En résumé, tous nos efforts pour effectuer une lutte biologique contre P. oleae par Trichogramma, n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

#### REFERENCES

1. KARADJOV, S. 1982. La Pyrale du maïs en République Populaire de Bulgarie et efficacité du Trichogramma dans la lutte contre elle. "Les Trichogrammes", 10 Symposium, Antibes, France, 20-23 avril 1982, Edit. I.N.R.A. publ. 1982 (Les Colloques de l' INRA, No 9, pp. 219-229).
2. STAVRAKI, HELENE, G. 1982. Lâchers expérimentaux de Trichogramma euproctidis (Gir.) contre Prays oleae Bern. pendant 1981 en Grèce. "Les Trichogrammes", 10 Symposium, Antibes, France, 20-23 avril 1982. (Les Colloques de l' INRA, No 9, pp. 251-256).
3. VOEGELE, J. et POINTEL, J.C. 1979. Trichogramma oleae n.sp. Espèce jumelle de Trichogramma evanescens Westwood (Hym. Trichogrammatidae). Annls Soc. Ent. Fr., N.S., 15 : 643-648.

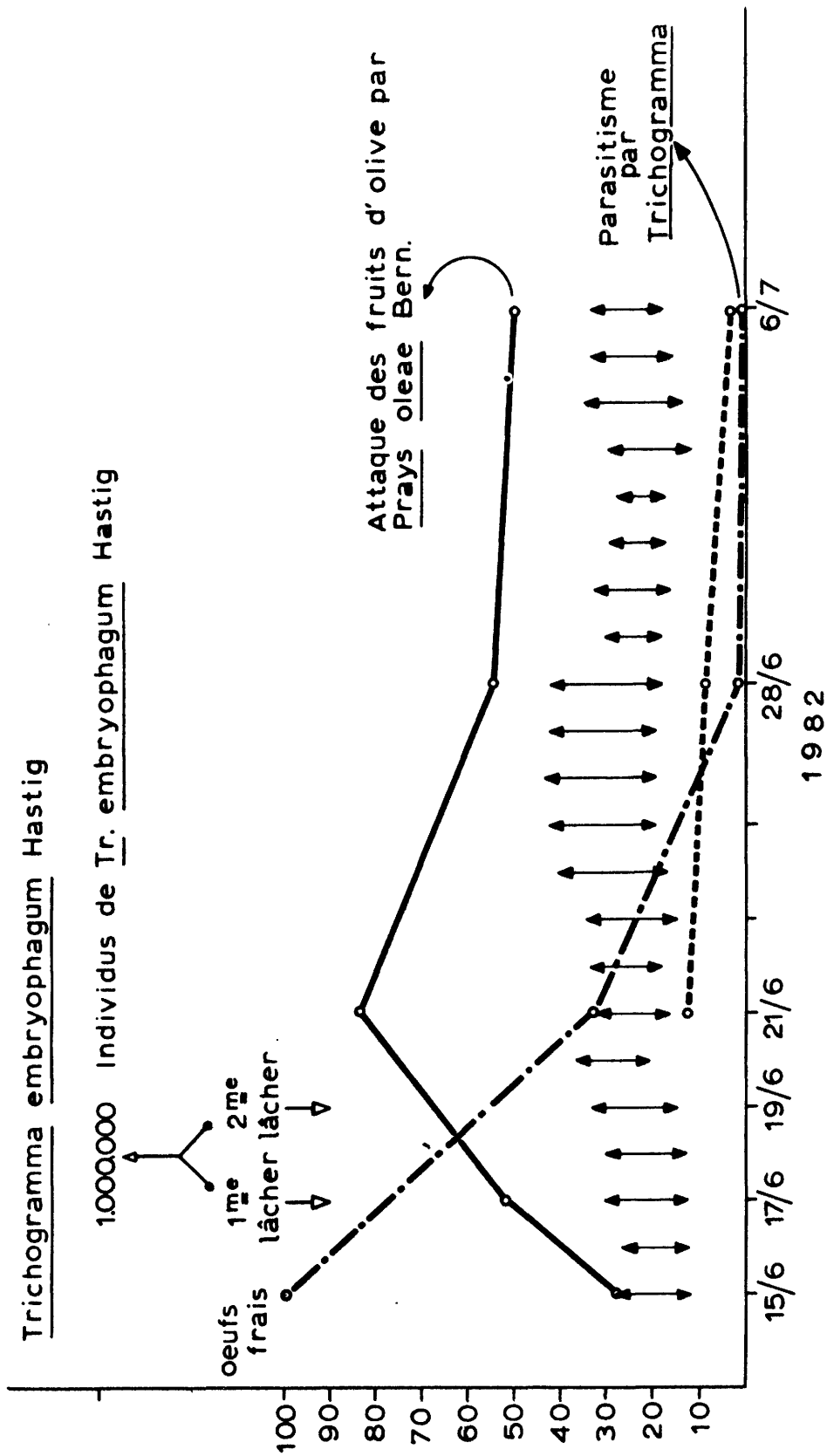


Fig.1.- Thèbes: Attaque des fruits d'olive par Pr. oleae parasitisme obtenu par Tr. embryophagum max. et min. des températures en 1982.



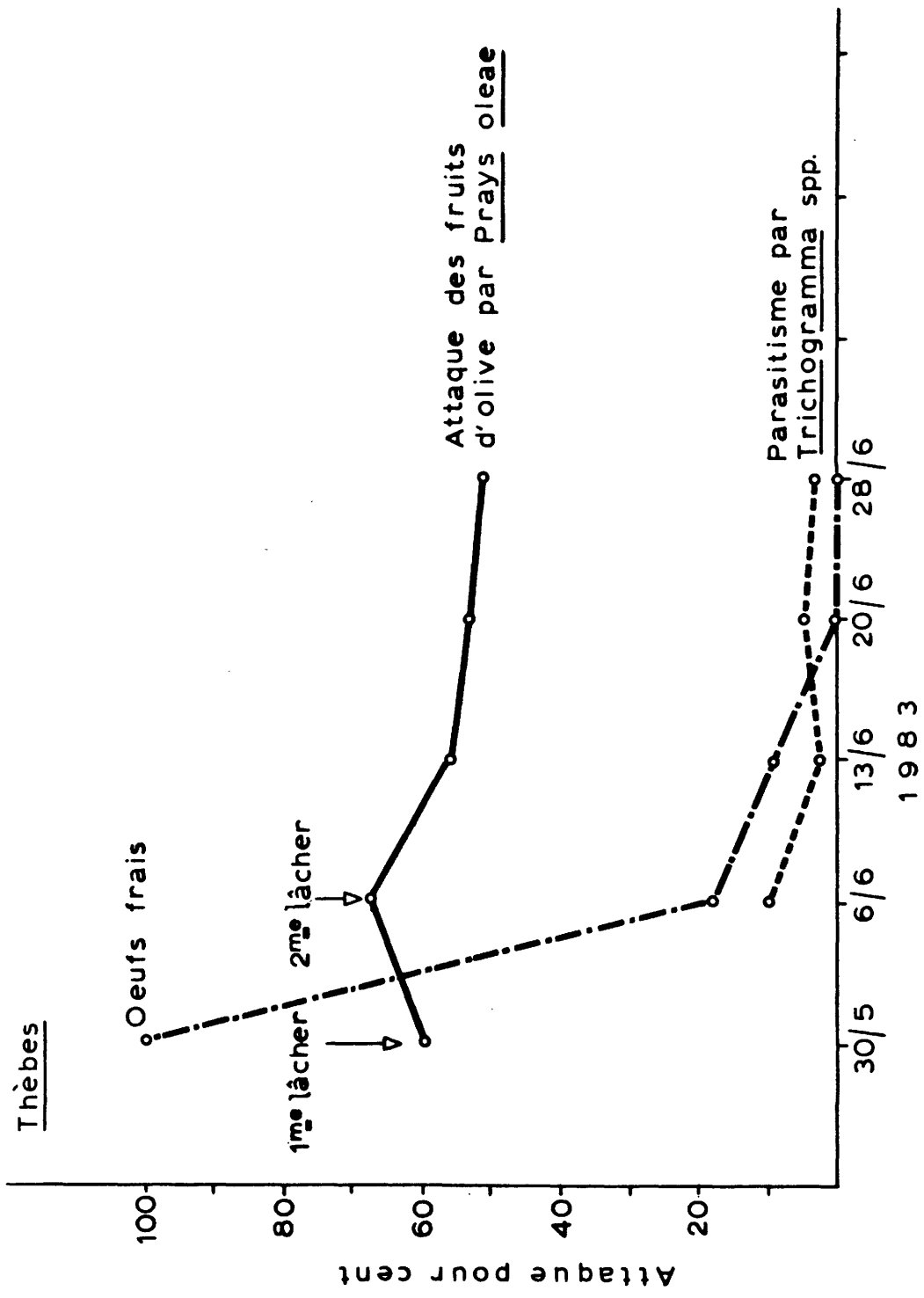


Fig. 2.- Thèbes: Attaque des fruits d'olive par *Pr. oleae* parasitisme obtenu par *Trichogramma* spp. pendant 1983.

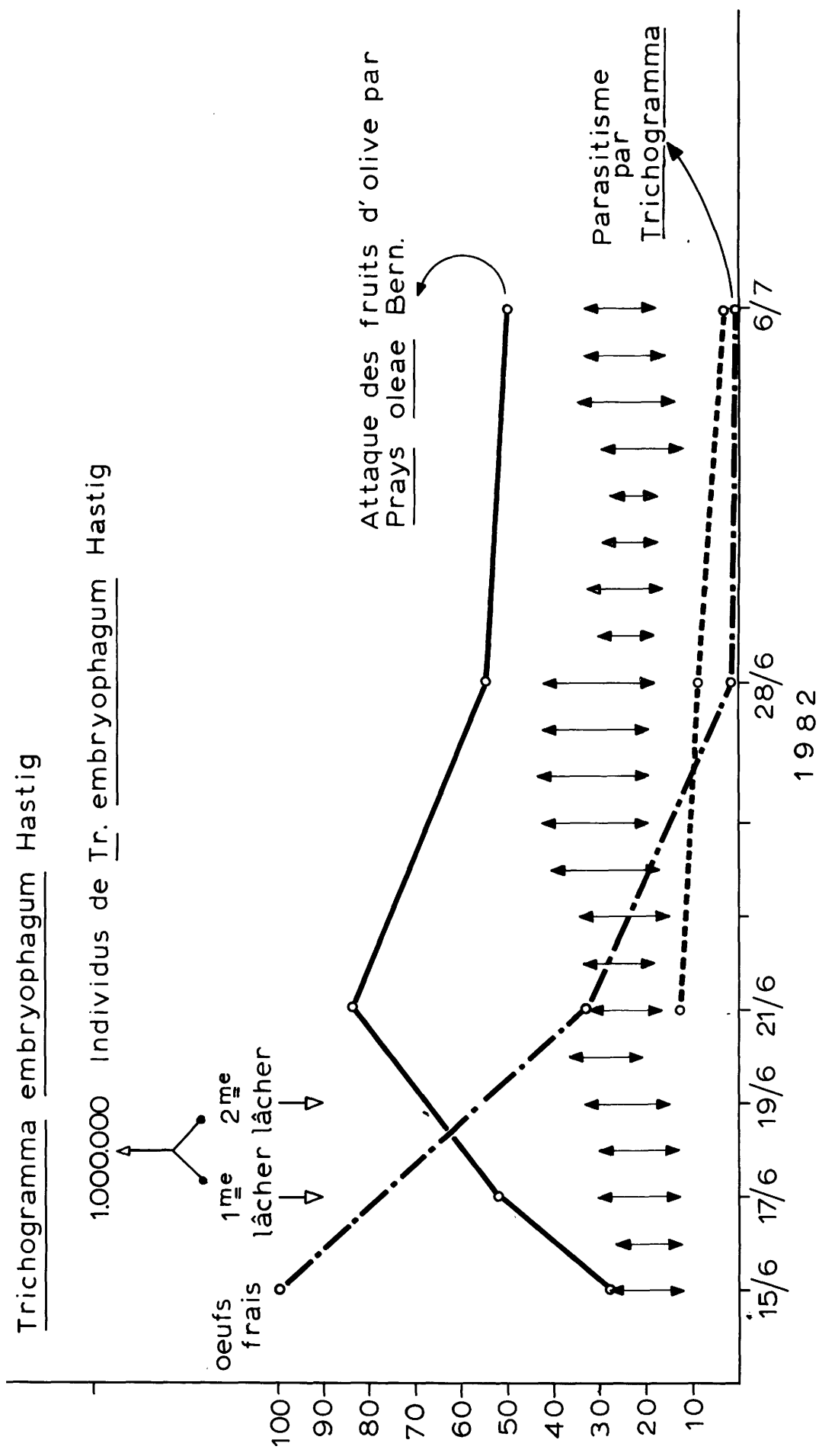


Fig.1.- Thèbes: Attaque des fruits d'olive par Pr. oleae parasitisme obtenu par Tr. embryophagum max. et min. des températures en 1982.

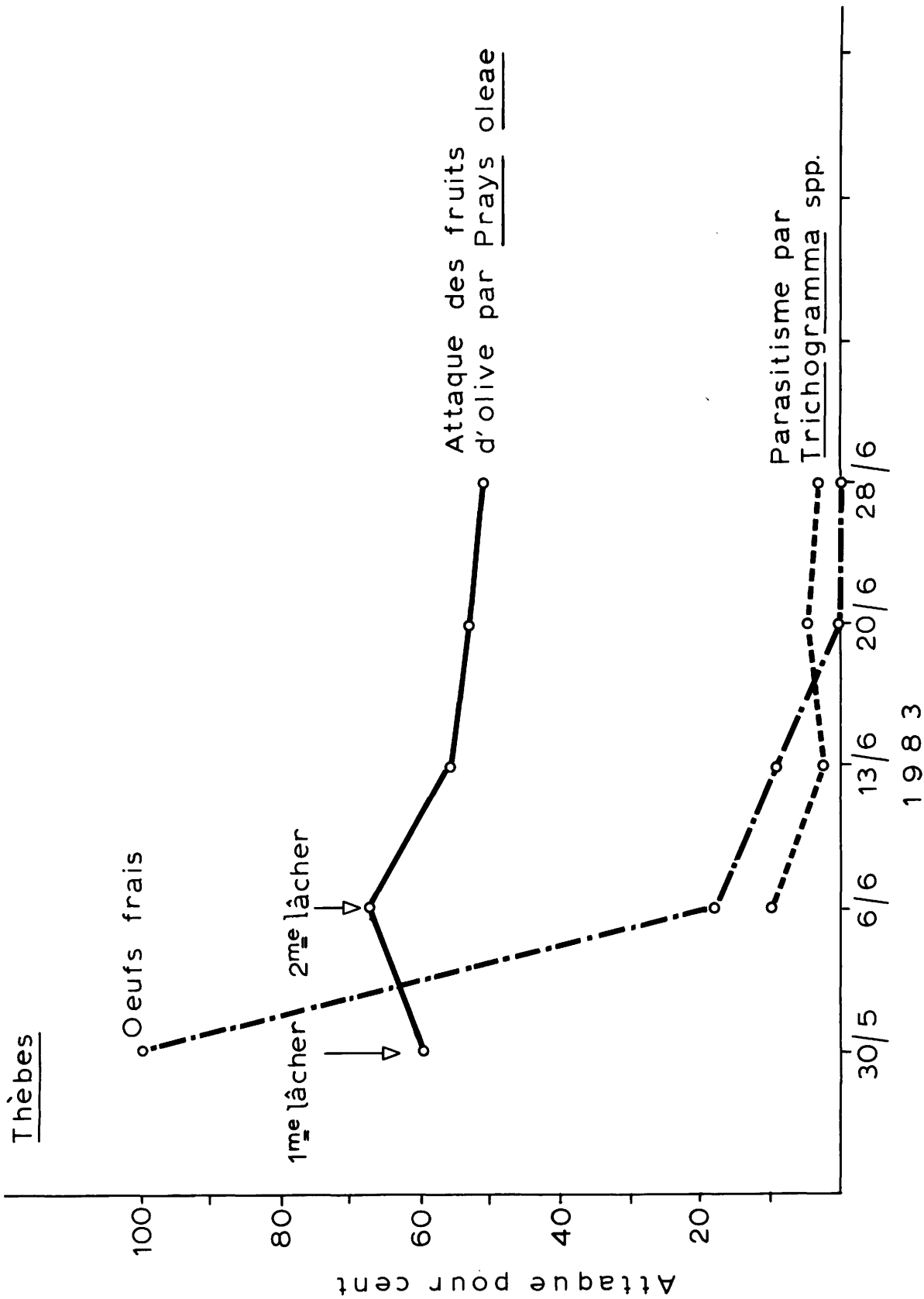


Fig. 2.- Thèbes: Attaque des fruits d'olive par *Pr. oleae* parasitisme obtenu par *Trichogramma* spp. pendant 1983.

**Publications - Contract No. GR-0712**

STAVRAKI H., MOURIKIS P.A. "in press" - Lâchers expérimentaux de *Trichogramma* spp. contre *Prays oleae* Bern. en Grèce pendant 1982-1983 - Réunion Groupe d'Experts CCE: Integrated Control in Olive-groves, Firenze 11-13 October 1983



## Research on the Viral Infections of *Dacus oleae* (Gmel.)

M. Anagnou-Veroniki (1), M. Bergoin (2), J.C. Veyrunes (2)

(1) Benaki Phytopathological Institute, Kiphissia, Athens (Greece)

(2) Station de Recherches de Pathologie Comparée, Saint-Christol-les-Alès (France)

### Summary

During a study of susceptibility of the olive fly (*Dacus oleae*) to various invertebrates viruses, we have found in homogenated adult flies two types of virus particles.

The first type of virus is paraspherical, with 60nm diameter and has the characteristics of the Reovirus group and the second one is smaller, approximately 40nm diameter. Occasionally they can coexist in the same fly.

After infecting the virus-free flies "per os" or injecting them with purified viruses suspension, a mortality of 95% of the population within 16 days after treatment was presented.

We present in this paper the first observations on the properties of this virus as well as some aspects on the relationship of the virus and its host.

### RECHERCHES SUR LES INFECTIONS VIRALES CHEZ DACUS OLEAE (GMEL.)

#### Résumé

Au cours d'une étude sur la sensibilité de la mouche d'olive (*Dacus oleae*) à différents virus d'invertébrés, nous avons découvert dans des suspensions de broyats des mouches adultes, deux types de particules virales.

Il s'agit d'un virus parasphérique de 60nm de diamètre, présentant les caractéristiques d'un réovirus et d'un autre de petite taille, de 40nm de diamètre, parfois associé au premier.

Les infections des mouches "per os" et les injections de suspensions virales du premier virus, dans les souches du *Dacus* exemptes de virus, ont montré un taux de mortalité de 95% dans les 16 jours suivant l'inoculation par le virus.

Nous rapportons ici les résultats de nos premières observations sur la caractérisation de ce virus ainsi que sur certains aspects de ses relations avec son hôte.

#### 1. INTRODUCTION

La mouche de l'olive *Dacus oleae* est l'ennemi le plus redoutable dans la plupart des zones de culture traditionnelle. Les dégâts peuvent atteindre 30 à 50 pour cent de la production globale, lorsqu'aucune lutte n'est entreprise. Ainsi, *Dacus oleae* a fait l'objet d'un grand nombre des travaux à cause de son importance économique.

Dans l'ordre de Diptères très peu de choses est connu sur le domaine de la pathologie. Ceci d'autant plus vrai si l'on s'en tient à la pathologie virale, puisque seuls quelques virus ont été signalés et parmi eux 2 ou 3 seulement ont fait l'objet d'études détaillées.

Ces remarques s'appliquent tout particulièrement au Dacus oleae. On a signalé en effet seulement une microsporidiose(6) et une mortalité due à Pseudomonas putida dans des élevages en masse de cet insecte (2).

En Grèce, à l'Institut Phytopathologique Benaki, dans le cadre des recherches sur les ravageurs de l'olivier, on a réalisé une prospection de facteurs de limitation naturelle de populations de la mouche de l'olive, qui comprenait l'étude des maladies susceptibles d'affecter ce ravageur. À la Station de Pathologie Comparée (INRA-CNRS) à Saint-Christol, en France, à l'occasion d'une étude sur la sensibilité de cet insecte à différents virus d'invertébrés, nous avons découvert deux virus dans des souches naturelles de ce diptère.

Ainsi, à l'intérêt fondamental d'approfondir nos connaissances sur les maladies virales de ce diptère, s'ajoutent des perspectives plus appliquées, dans la mesure où la découverte de virus ayant un fort impact sur la population naturelle de la mouche de l'olive, permettrait d'envisager leur utilisation en lutte microbiologique.

## 2. MATÉRIEL ET METHODES

### 2.1 Le matériel vivant

Les adultes de Dacus oleae utilisés dans nos expériences proviennent de 20 différents biotopes de la Grèce continentale et insulaire. Pour les essais expérimentaux un grand nombre de pupes d'élevage artificiel nous ont été fournies par le Centre de Recherches Nucléaires de la Grèce "Demokritos".

### 2.2 Méthode de Pathologie expérimentale

Matériel Infectant. Les infections sont réalisées à partir d'une suspension virale obtenue après broyage de mouches infectées dans une solution de ringer, après clarification et filtration.

Infection par inoculation. Nous avons réalisé des infections expérimentales par inoculation des suspensions virales dans la cavité générale de la mouche, à l'aide d'un microinjecteur (système L'HERITIER).

Infection "per os". Nous avons infecté des mouches en contaminant leur nourriture avec le virus.

### 2.3 Purification de Réovirus

Nous avons mis au point une méthode de purification du Réovirus à partir de mouches infectées expérimentalement et broyées à l'aide d'un broyeur POTTER dans du tampon phosphate 0,05M de PH 7,4.

Nous avons procédé à la purification des particules à partir de broyats en concentrant le virus par centrifugation, puis en le centrifugeant dans un gradient de densité de saccharose 15-60% (p/p). L'analyse de ce gradient a révélé une bande située dans le 1/3 inférieur du tube renfermant presque exclusivement des particules semblables à celles observées dans les broyats bruts. La purification a été parachevée par centrifugation en gradient de densité à l'équilibre en chlorure de Césium. Les suspensions obtenues sont très pures et virtuellement exemptes de contaminants.

### 2.4 Étude au microscope électronique de la pathogénèse virale

Nous avons réalisé la fixation et l'inclusion dans l'épon de différents organes de mouches infectées naturellement ou par inoculation afin de repérer le ou les tissus dans le virus se multiplie. Des coupes fines lesquels le seront réalisées ultérieurement sur ce matériel.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 Étude ultrastructurale de la morphogénèse virale du Réovirus et son architecture

Un examen détaillé au microscope électronique de coupes ultrafines de la paroi intestinale a révélé dans le cytoplasme de certaines cellules épithéliales, la présence d'amas denses aux électrons, correspondant à l'accumulation de matériel proviral (Fig.1). Ces plages appelées viroplasmes ont des contours réguliers et sont toujours nettement délimitées. Le matériel viroplasmique présente une structure granulaire ou fibrillaire et son opacité aux électrons est nettement plus forte que celle du cytoplasme environnant. La morphogénèse virale s'opère au sein ou à la périphérie des viroplasmes où l'on peut observer différents stades de maturation des particules. Le matériel viroplasmique est progressivement remplacé par des virions qui s'organisent souvent en formations paracristallines.

Avec un diamètre d'environ 60 nm, des contours polygonaux, la présence d'une masse centrale dense aux électrons entourée d'une zone plus claire, ces particules présentent la structure typique des Reovirus.

L'examen après contraste négatif à l'acide phosphotungstique de virions purifiés selon la technique précisée plus loin, révèle des particules virales de forme parasphérique mesurant environ 60 nm de diamètre (Fig.2). Elles sont constituées d'une partie centrale formant un "core" entouré d'une couche externe de sous-unités d'environ 10 nm d'épaisseur disposées en une couronne régulière. Le "core" possède des projections tubulaires situées, semble-t-il, aux sommets de l'icosaèdre et qui sont nettement visibles sur les particules dégradées ayant perdu leur couche externe.

#### 3.2 Analyse des certaines propriétés biophysiques.

Densité apparente du virus à l'équilibre. Elle a été déterminée par mesure de l'indice de réfraction de la solution de chlorure de césium correspondant à la bande de sédimentation des particules virales. Cette mesure a permis d'estimer à 1,38 g/cm<sup>3</sup> la densité apparente des virions.

Spectre d'absorption en ultra-violet. Le spectre d'une suspension de virus pur est typique d'une nucléoprotéine. Il présente un maximum d'absorption à 260 nm (1 U DO<sub>260</sub>) d'une suspension de virus de même type, contient 200 µg de virions par ml.

#### 3.3 Infections expérimentales

Afin de démontrer le caractère infectieux des particules virales, nous les avons injectées à des lots de 50 adultes mâles et femelles provenant d'une souche de Dacus exempte de virus. Cette inoculation entraînait une forte mortalité des mouches en 8-10 jours et la présence, dans les broyats de cadavres, d'un grand nombre de virus a indiqué une multiplication active du virus dans ces insectes. Pendant la même période, la mortalité dans les lots témoins injectés avec de l'eau physiologique stérile n'a pas dépassé 10% et aucune particule virale n'a pu être décelée dans les broyats des mouches mortes ou sacrifiées au bout de 16 jours.

Pour s'assurer que cette mortalité n'était pas due à une multiplication d'un virus préexistant dans cette souche de Dacus en quantité trop faible pour être décelée au microscope électronique, nous avons procédé à une série de passages "aveugles" en injectant un broyat de mouches à un lot de mouches et en répétant l'opération trois fois à 15 jours d'intervalle. Comme pour les lots témoins nous l'avons constaté, aucune mortalité anormale et aucune particule virale dans les broyats n'ont été observées.

Dans une deuxième expérience, nous avons tenté d'infecter des lots de 10 adultes en contaminant l'eau miélée servant à leur nourriture avec une

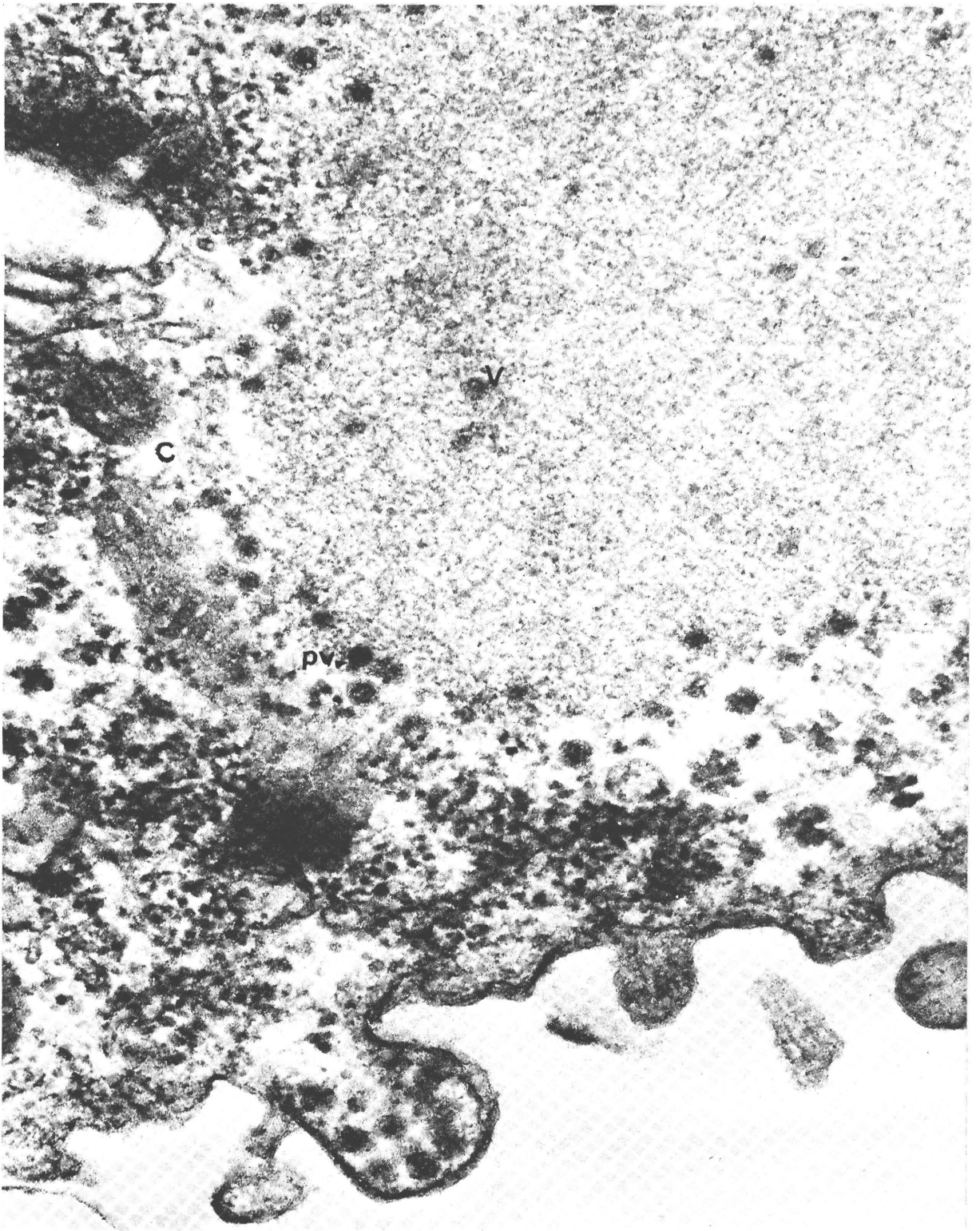


Fig. 1.- Ultrastructure d'une cellule de l'épithélium intestinal moyen infesté par le Réovirus. On observe dans le cytoplasme (c) un viroplasma (v) à structure granulo-fibrillaire à partir duquel s'assemblent les particules virales (pv).



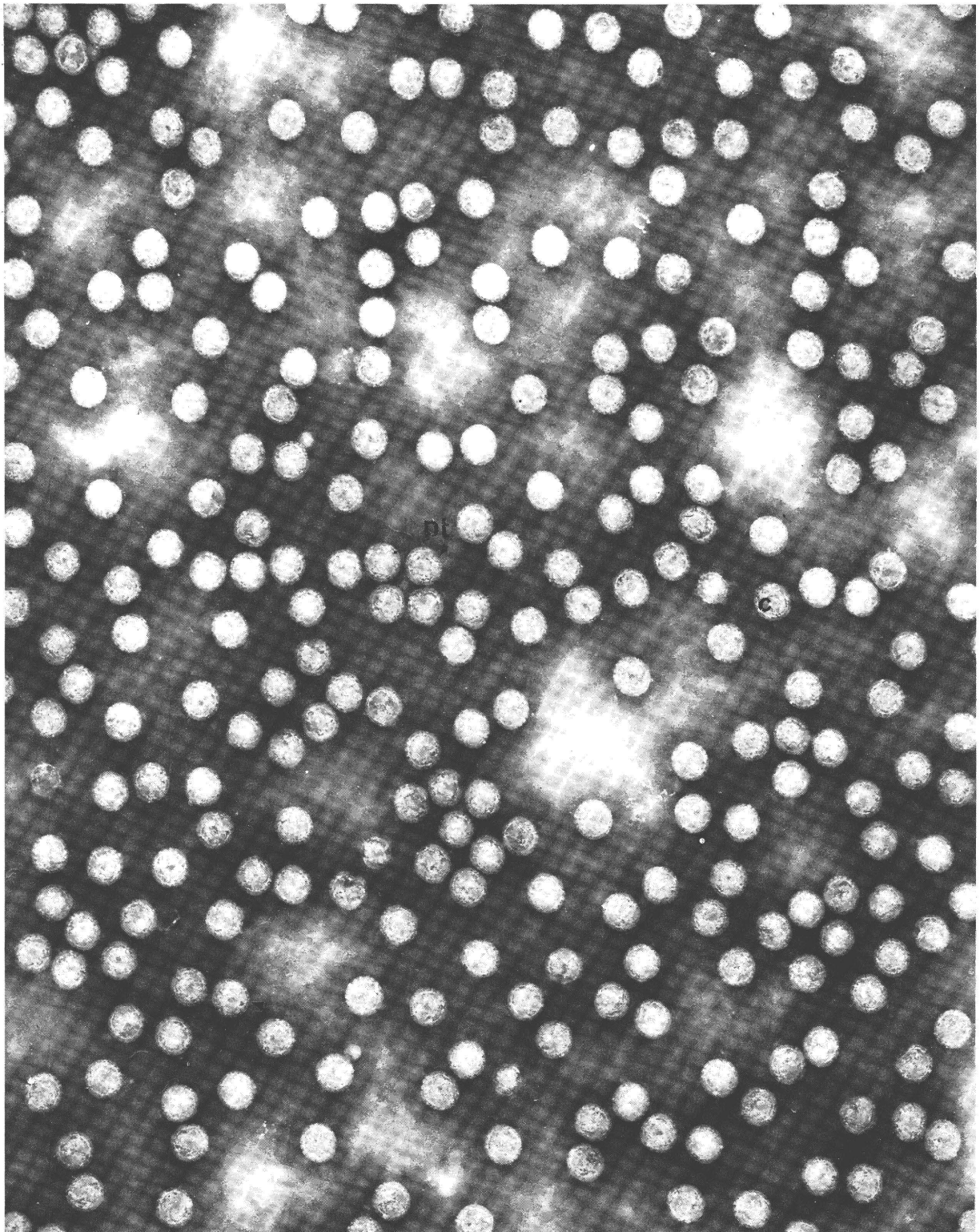


Fig.2.-Suspension de particules virales purifiées observées après contraste négatif à l'APT. La couche externe entourant le "core" (c) est formé de sous-unités nettement visibles. Lorsque celles-ci ont disparues les projections tubulaires (pt) apparaissent aux sommets de l'icosaèdre.

suspension virale concentrée. Cette nourriture a été changée quotidiennement pendant trois jours consécutifs. Sur 10 lots en expérience, 9 se sont contaminés, comme l'ont montré les examens des broyats des mouches sacrifiées 16 jours après la première prise de nourriture contaminée.

Ces résultats démontrent le caractère infectieux du virus isolé et son fort pouvoir pathogène lorsqu'il est injecté dans la cavité générale des mouches.

### 3.4 Recherche de virus dans les populations naturelles de *D.oleae*

Nous avons examiné 20 échantillons de *Dacus* provenant de différents biotopes de la Grèce continentale et insulaire.

L'examen de ces préparations a révélé la présence dans 7 lots de *Dacus* de virus morphologiquement semblables à ceux déjà observés de type Réovirus. Il s'agit d'insectes récoltés en Grèce centrale (Sterea Hellas), dans le Péloponèse et à l'île Evia.

Parallèlement, nous avons observé dans plusieurs échantillons des particules parasphériques de petite taille parfois associées aux particules de type Réovirus.

Ces résultats démontrent la fréquence élevée d'infection des souches naturelles de *Dacus* par le virus de type Réovirus et sa large distribution géographique. Ils indiquent d'autre part que plusieurs populations naturelles de *Dacus* sont vraisemblablement contaminées par un autre virus, associé ou non au premier.

## 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES RECHERCHES

L'ensemble des résultats obtenus tant ce qui concerne la caractérisation ultrastructurale du virus et de sa morphogénèse que l'étude de certaines de ses propriétés biophysiques confirme la ressemblance entre le virus de *D.oleae* et des Réovirus.

La mise au point d'une méthode efficace de purification du virus nous permet d'envisager la poursuite de sa caractérisation. Nous comptons en particulier effectuer l'analyse électrophorétique de ses polyptides structuraux et de son génome.

La recherche de virus à différents stades de l'ontogénèse que nous envisageons par examen de coupes ultrafines d'oeufs et de larves devrait permettre de vérifier l'hypothèse d'une transmission transovarienne du virus et fournir une explication au caractère endémique de ces infections.

Enfin, l'enquête épidémiologique destinée à préciser l'aire de répartition du virus sera poursuivie par l'analyse d'échantillons de *D.oleae* récoltés dans différentes régions de Grèce.

## REFERENCES

1. ARAMBOURG, Y., et PFALAVORIO, R., 1970. Survie hivernale de *Dacus oleae* GMEL. Ann.Zool.Ecol.Anim., 2, 659-662.
2. HANIOTAKIS, G.E., AVTZIS, N., 1977. Mortality in *Dacus oleae* (Gmelin) through infection with *Pseudomonas putida*. Ann. Zool. Ecol. Anim., 9, 273-276.
3. MATTHEWS, R.E.F., 1982. Classification and nomenclature of Virus, 4rd report of the International committee on Taxonomy of viruses. Inter-virology, 17, (1-3).
4. MECHELANY, E., 1972. Recherches sur l'action des bactéries entomopathogènes chez les adultes de *Dacus oleae* Gmel et de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptères, Trypetidae). Thèse Doct. Ing. (Sci. nat.), Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, 1-186.

5. MOUSSA, A.Y., 1978. A new cytoplasmic inclusion virus from Diptera in the Queensland fruitfly, Dacus tryoni (Frogg.). J. Invertebr. Pathol., 32, 77-87.
6. ORMIERES, R., PRALAVORIO, R., YAMVRIAS, C., LAUDEHO, Y., 1977. Octospora muscaedomesticae Flu (Microsporidia) parasite de Ceratitis capitata Wied. et de Dacus oleae Gmel. (Dipt., Trypetidae). Biol. Gallo-Hellen., 6, No.2, 259-270.
7. PLUS, N., GISSMAN, L., VEYRUNES, J.C., PFISTER, H. and GATEFF, E., 1981. Reoviruses of Drosophila and Ceratitis populations and of Drosophila cell lines: a possible new genus of the Reoviridae family. Ann. Virol. (Inst. Pasteur), 132 E, 261-270.
8. PLUS, N., VEYRUNES, J.C., and CAVALLORO, R., 1981. Endogenous viruses of Ceratitis capitata Wied. " J.R.C. Ispra strain" and of C. capitata permanent cell lines. Ann. Virol. (Inst. Pasteur), 1981, 192E, 91-100.
9. STAVRAKI, H.G., 1974. Mortality of immature stages of Dacus oleae (Diptera, Trypetidae) in two areas in Greece in the period 1969-1972. Z. angew. Entom., 77, 210-217.

#### Publications - Contract No. GR-0713

BERGOIN M., ANAGNOU-VERONIKI M., VEYRUNES J.C., CROIZIER G. "in press" - Two viruses recently isolated from the Olive fly Dacus oleae Gmelin (Trypetidae) in Proceedings of the 16e Annual meeting of S.I.P., Cornell University, Ithaca (N.Y.) 7-11 August 1983



## Evaluation of Odor and Color Traps for *Dacus oleae*. Lure Combinations

A.P. Economopoulos (1), A. Papadopoulou (2), Ch. Polakis (1), P. Economopoulos (3),

J. Karydis (3), G. Kouveliotis, I. Hila (4)

(1) Nuclear Research Center "Demokritos", Aghia Paraskevi, Attiki (Greece)

(2) Agricultural Service Evios, Chalkis, Evia (Greece)

(3) Olive Trees, Vegetables and Fruits Institute, Kalamata, Mesimias (Greece)

(4) Agricultural Service Mesimias, Kalamata, Mesimias (Greece)

### Summary

Color, odor and combination of color and odor traps for the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae), were studied during 1982-83. Experiments were run in Messinia, Evia and Attiki. Buminal™, Entomozyll™, ammonium sulfate and ammonium acetate water solution and ammonium acetate dispenser odor lures were used. Also, Rebell™ single or crossed rectangles and Syntex yellow no 6 single rectangle and traps combining yellow color and ammonium acetate dispenser were tested. In brief, the conclusions are as follows: 1) Color traps have reduced effectiveness as compared to odor traps in the summer. Their effectiveness increases sharply in fall-winter, more than that of odor traps. 2) Odor traps were found of increased effectiveness in the summer. 3) When 6 yellow traps were hung in the same olive tree, almost all flies in the tree were trapped within 24 hrs (released flies). 4) When ammonium acetate dispenser odor lure is added to the yellow trap, trapeffectiveness increases considerably. This combination produces a long-lasting powerful trap. 5) In preliminary tests, ammonium salts appeared more selective for the olive fruit fly than protein hydrolyzate lure or yellow color.

### EVALUATION DES PIEGES A BASE D'ODEUR ET DE COULEUR POUR DACUS OLEAE. COMBINAISON D'APPATS.

#### Résumé

Pendant la période 1982-1983 et dans des expériences en plain air, furent étudiés des pièges à odeur ou colorés et aussi la combinaison de ces deux, pour la mouche de l'olive *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae). Les expériences ont été effectuées à Messinia, à Evia et en Attiki. Comme attractifs à odeur, ont été utilisés: Buminal™, Entomozyll™, des solutions aqueuses de sulfate d'ammonium et d'acétate d'ammonium ainsi que des capsules d'acétate d'ammonium, de longue durée. Ont été utilisés aussi, des pièges à couleur jaune Rebell™ (simples ou doubles en forme de croix), des pièges à couleur jaune Syntex No 6, ainsi qu'une combinaison du piège jaune et de la capsule d'acide d'ammonium. Les résultats en bref, de ces expériences sont les suivants: 1) En été, les captures des pièges à couleur jaune sont inférieures à celles des pièges à odeur. Le rendement des pièges à couleur jaune, augmente d'une façon importante en automne et en hiver et il est supérieur des pièges à odeur; 2) Les pièges à odeur ont un rendement élevé pendant les mois d'été; 3) Un système de 6 pièges jaunes par arbre, capture presque toute la population de l'arbre dans 24 heures (de *Dacus* lâchés); 4) L'addition des capsules d'acétate d'ammonium de longue durée, a comme

résultat l'augmentation considérable des captures par les pièges jaunes. Cette combinaison forme un piège fort à longue durée (2-3 mois); 5) Dans un essai préliminaire les données ont montré que les sels d'ammonium sont plus spécifiques à l'attraction de Dacus que les protéines hydrolysées ou la couleur jaune.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΓΙΔΩΝ ΟΣΜΗΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΔΑΚΟ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ.  
ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΤΙΚΩΝ

Περίληψη

Κατά τη περίοδο 1982-83 μελετήθηκαν σε πειράματα υπαίθρου παγίδες οσμής, χρώματος και συνδιασμού των δυό για το δάκο της ελιάς, Dacus oleae (Gmelin) (Diptera: Tephritidae). Τα πειράματα έγιναν στη Μεσοσηνία, Εύβοια και Αττική. Χρησιμοποιήθηκαν τα προσελκυστικά οσμής Buminal™, Entomozyl™, υδατικά διαλύματα θειϊκής και οξεικής αμμωνίας και κάψουλα οξεικής αμμωνίας μακράς διάρκειας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν παγίδες κίτρινου χρώματος Rebell™ (μονές ή διπλές σε σχήμα σταυρού), παγίδες χρώματος Syntex no. 6, καθώς και συνδιασμός κίτρινης παγίδας και κάψουλας οξεικής αμμωνίας. Συνοπτικά, τα συμπεράσματα των παραπάνω πειραμάτων είναι: 1) Οι παγίδες κίτρινου χρώματος έχουν μικρές συλλήψεις σε σύγκριση με τις παγίδες οσμής κατά το καλοκαίρι. Η απόδοση των κίτρινων παγίδων, αυξάνει σημαντικά το φθινόπωρο και χειμώνα, περισσότερο από ότι στις παγίδες οσμής. 2) Οι παγίδες οσμής έχουν αυξημένη απόδοση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. 3) Ένα σύστημα 6 κίτρινων παγίδων στο δέντρο πιάνει σχεδόν όλο τον δακοπληθυσμό του δέντρου μέσα σ'ένα 24ωρο (δάκοι εξαπολυθέντες). 4) Η προσθήκη κάψουλας οξεικού αμμωνίου μακράς διάρκειας αυξάνει σημαντικά τις συλλήψεις στις κίτρινες παγίδες. Ο συνδιασμός αυτός δημιουργεί μια ισχυρή παγίδα μακράς διάρκειας (2-3 μήνες). 5) Σε προκαταρκτικά πειράματα τα άλατα αμμωνίας φάνηκαν να είναι περισσότερο εξειδικευμένα για προσέλκυση του δάκου της ελιάς απ'ότι οι υδρολυμένες πρωτεΐνες και το κίτρινο χρώμα.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, στα πλαίσια της φιλοσοφίας της ολοκληρωμένης καταπολέμησης, ο επιδέξιος συνδιασμός εξειδικευμένων μεθόδων και βασικής γνώσης θεωρείται η καλύτερη στρατηγική για καταπολέμηση επιζήμιων εντόμων. Στην Ελλάδα υπάρχουν περί τα 150 εκατομμύρια καλλιεργούμενες ελιές και αρκετά εκατομμύρια άγριες κυρίως στα βουνά. Τα περισσότερα ελαιόδενδρα βρίσκονται στο νότιο ήμισυ της χώρας και τα νησιά. Περίπου το 60% των καλλιεργούμενων ελαιώνων ψεκάζονται 2-3 φορές το χρόνο με οργανοφασφορικό εντομοκτόνο για τη καταπολέμηση του δάκου της ελιάς, Dacus oleae (Gmelin) (Diptera: Tephritidae). Σχεδόν τα 2/3 των παραπάνω δέντρων ψεκάζονται με αεροπλάνο ενώ τ'άλλα από εδάφους. Αυτή η ετήσια εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων δημιουργεί ανάγκη ανάπτυξης εξειδικευμένων μεθόδων για περιορισμό στη χρήση τοξικών ουσιών ευρέως φάσματος και μείωση της μόλυνσης.

Στο πρόσφατο παρελθόν βρέθηκε ότι οι παγίδες οσμής (π.χ. διαλύματα υδρολυμένων πρωτεϊνών, φερομόνη) είναι περισσότερο ισχυρές από τις παγίδες χρώματος και προσελκύουν το δάκο από μεγαλύτερες αποστάσεις (1, 2, 4, 6). Όταν χρησιμοποιήθηκαν αρκετές κίτρινες παγίδες ανά ελαιόδεντρο ο καρπός προστατεύτηκε από μεγάλη προσβολή (3, 5). Όταν συνδιάστηκαν προσελκυστικά οσμής και χρώματος στην ίδια παγίδα τ' αποτελέσματα ήταν καλύτερα, και υπό ορισμένες συνθήκες ακόμα και μιά παγίδα ανά δέντρο έδωσε ικανοποιητική προστασία του καρπού από το δάκο (1; Οικονομόπουλος αδημοσίευτα στοιχεία).

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να μελετηθούν περαιτέρω η αποτελεσματικότητα και εξειδίκευση παγίδων χρώματος, οσμής ή συνδιασμού χρώματος και οσμής στο δάκο της ελιάς.

### Μέθοδοι και υλικά

Τα πειράματα έγιναν σε ελαιώνες της Μεσσηνίας (Αβία και Βελίκα, κοντά στην Καλαμάτα) και της Ευβοίας (Μαλακόντα, κοντά στην Χαλκίδα) καθώς και ελαιώνες κοντά στην Αθήνα (Μονή Καισαριανής, Σπάτα, Τατόι). Τα πειράματα έγιναν στις χρονιές 1982 και 1983.

Στα πειράματα αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα εξής συστήματα παγιδεύσεως:

α) Παγίδα McPhail γυάλινη με διάφορα υδατικά διαλύματα προσελκυστικών ουσιών. Σ' ορισμένες περιπτώσεις η παγίδα είχε βαφτεί κίτρινη ή γκρι, επίσης σ' ορισμένες περιπτώσεις η παγίδα είχε επιστρωθεί με προσκολλητική ουσία για καλύτερα αποτελέσματα (7).

β) Παγίδα κίτρινου χρώματος. Χρησιμοποιήθηκαν παγίδες Rebell<sup>TM</sup> απλές ή διπλές -σταυρωτές καθώς και χαρτόνια που είχαν βαφτεί με χρώμα κίτρινο Syntex no. 6. Οι παγίδες ήταν παραλληλεπίπεδα διαστάσεων περί τα 15 X 20 εκ. πάντοτε επιστρωμένα με προσκολλητική ουσία.

γ) Παγίδες συνδιασμού χρώματος και οσμής. Χρησιμοποιήθηκαν κίτρινες παγίδες σε συνδιασμό με κάψουλα οξεικού αμμωνίου βραδείας απελευθερώσεως. Οι συγκεκριμένες παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε πείραμα περιγράφονται στους αντίστοιχους πίνακες.

Σ' ορισμένα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν μαρκαρισμένα έντομα. Ήταν δάκοι τεχνητής εκτροφής που ~~μαρκαρίστηκαν~~ με κίτρινη ή κόκκινη φθορίζουσα χρωστική και μεταφέρθηκαν στο σημείο (δέντρο) εξαπολύσεως μέσα σε πλαστικά κουτιά.

### Αποτελέσματα-Συζήτηση

Στην πρώτη ομάδα πειραμάτων, 4 διαφορετικές παγίδες οσμής, χρώματος και συνδιασμού των δύο μελετήθηκαν στην Αβία Μεσσηνίας. Οι παγίδες συγκρίθηκαν μεταξύ τους και με ένα σύστημα 6 κίτρινων σταυρωτών παγίδων Rebell ανά δέντρο (Σχέδια 1-4). Το σύστημα των 6 κίτρινων παγίδων θεωρήθηκε ότι παγιδεύει περίπου όλο τον ιπτάμενο πληθυσμό δάκου του δέντρου. Ένα πείραμα με σκοπό να μελετηθεί το ποσοστό του δακοπληθυσμού ανά δέντρο που παγιδεύεται στις 6 παγίδες έγινε στα Σπάτα Αττικής (Πίναξ 1). Από τα Σχέδια 1-4 συμπεραίνεται ότι στους μήνες με υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές υγρασίες (καλοκαίρι) οι παγίδες με διάλυμα Bupinal<sup>TM</sup> ή θειϊκής αμμωνίας έδωσαν σαφώς μεγαλύτερες συλλήψεις δάκων απ' ό,τι οι παγίδες κίτρινη ή κίτρινη με κάψουλα οξεικού αμμωνίου. Συχνά έπιασαν περισσότερους δάκους απ' ό,τι το σύστημα 6 Rebell ανά δέντρο, ιδιαίτερα η Bupinal. Αυτό δείχνει ότι σ' αυτή τη περίοδο χαμηλού πληθυσμού και υψηλών θερμοκρασιών τα υδατικά διαλύματα Bupinal ή θειϊκής αμμωνίας προσέλκυαν δάκους από αρκετά δέντρα εκτός του δέντρου όπου είχαν τοποθετηθεί. Η κίτρινη παγίδα περιορίστηκε στο μικρό πληθυσμό του δέντρου ενώ η προσθήκη κάψουλας οξεικού αμμωνίου βραδείας απελευθερώσεως δεν αύξησε τις συλλήψεις στο ύψος των παγίδων με προσελκυστικά διαλύματα ελεύθερης επιφάνειας. Την άνοιξη, φθινόπωρο και χειμώνα η αποδοτικότητα της κίτρινης παγίδας καθώς και του συνδιασμού κίτρινης και κάψουλας οξεικού αμμωνίου αυξήθηκε σημαντικά, συχνά ξεπερνώντας τις συλλήψεις των παγίδων Bupinal και θειϊκής αμμωνίας. Από τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνεται ότι η κίτρινη παγίδα επηρεάζεται λιγότερο απ' ό,τι οι παγίδες οσμής από τον καιρό (θερμοκρασία-υγρασία). Οι συλλήψεις στην κίτρινη παγίδα δείχνουν περισσότερο τον πληθυσμό στο συγκεκριμένο δέντρο και εν μέρει τα αμέσως γειτονικά και επηρεάζονται σημαντικά από το ύψος του πληθυσμού. Από τον Πίνακα 1 συμπεραίνεται ότι το σύστημα των 6



παγίδων Rebell ανά δέντρο συλλαμβάνει σχεδόν όλους τους δάκους του δέντρου μέσα σ' ένα 24ωρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι όπως δείχνουν τα αναλυτικά στοιχεία ανάλογα με την πυκνότητα της κόμης του δέντρου, συγκρατήθηκαν πολλά ή λίγα από τα εξαπολυθέντα έντομα.

Στη δεύτερη ομάδα πειραμάτων, παγίδες οσμής, χρώματος και συνδιασμού των δυό μελετήθηκαν υπό συνθήκες ανταγωνισμού παγίδων στη Μαλακόντα Εύβοιας (Πίνακες 2 και 3). Σε κάθε επανάληψη οι παγίδες είχαν τοποθετηθεί ανά 2ο δέντρο ή 2η σειρά δέντρων, ενώ οι διαδοχικές επαναλήψεις απείχαν διάστημα ενός δέντρου ή μιάς σειράς δέντρων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι παγίδες με διάλυμα Entomozyl<sup>TM</sup> ή Buminal έδωσαν σημαντικά μεγαλύτερες συλλήψεις δάκων απ'ότι οι κίτρινες παγίδες ή παγίδες συνδιασμού κίτρινου χρώματος και κάψουλας οξεικού αμμωνίου. Το Entomozyl έδωσε μεγαλύτερες συλλήψεις από το Buminal τον Ιούλιο, περίπου ίδιες τον Αύγουστο-Νοέμβριο και μικρότερες τον Δεκέμβριο.

Η προσθήκη κάψουλας οξεικού αμμωνίου αύξησε σημαντικά τις συλλήψεις στις παγίδες κίτρινου χρώματος (Πίνακας 2). Από τον Πίνακα 3 συμπεραίνεται ότι εκτός εάν συντρέχουν λόγοι συντηρήσεως των συλλαμβανόμενων εντόμων δεν υπάρχει σημαντικός λόγος προσθήκης βόρακα στο υδατικό διάλυμα Entomozyl της παγίδας McPhail. Από τον ίδιο πίνακα συμπεραίνεται ότι η κίτρινη παγίδα με κάψουλα οξεικού αμμωνίου έδωσε περίπου ίδια αποτελέσματα με την McPhail-Entomozyl (χωρίς επίστρωση κόλλας) από Σεπτέμβριο-Νοέμβριο ενώ στους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο και Δεκέμβριο έδωσε μικρότερες συλλήψεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ η παγίδα Entomozyl απαιτεί προσθήκη νέου διαλύματος κάθε 5 ή 7 μέρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία, η κίτρινη παγίδα με κάψουλα οξεικού αμμωνίου δεν απαιτεί αντικατάσταση νωρίτερα των 2-3 μηνών, εκτός εάν καλυφτεί με έντομα.

Στην τρίτη ομάδα πειραμάτων, μελετήθηκαν οι συλλήψεις δάκων από τον πληθυσμό του δέντρου με την παγίδα η γειτονικών δέντρων, καθώς και η απόσταση δράσης των παγίδων McPhail με Buminal (χωρίς επίστρωση κόλλας) και κίτρινη Rebell διπλή σε σχήμα σταυρού στη Βελίκα Μεσσηνίας (Πίνακες 4 και 5). Από τον πρώτο πίνακα συμπεραίνεται ότι κι οι δυό παγίδες δεν ήταν τόσο αποτελεσματικές, ώστε να εξασκήσουν άμεση επίδραση στα έντομα που εξαπολύθηκαν σε γειτονικά δέντρα σ' απόσταση 20 μέτρων. Από τα έντομα που εξαπολύθηκαν στο δέντρο με τη παγίδα, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών που πιόστηκαν βρέθηκε στις παγίδες τη πρώτη ημέρα μετά την εξαπόλυση. Το αντίθετο έγινε με τα έντομα που εξαπολύθηκαν σε γειτονικά δέντρα. Από τον δεύτερο πίνακα συμπεραίνεται ότι η κίτρινη παγίδα έχει πολύ μικρή δράση σ' απόσταση πέραν των 10 μ ενώ η παγίδα Buminal προσελκύει σημαντικό αριθμό εντόμων σε αποστάσεις μέχρι 20 μ.

Τέλος, η τέταρτη ομάδα πειραμάτων ήταν μιά προκαταρκτική προσπάθεια μελέτης του βαθμού εξειδίκευσης προσελκυστικών οσμής και χρώματος, όσον αφορά στις συλλήψεις δάκου, άλλων Διπτέρων και Υμενοπτέρων στις περιοχές Καισαριανή και Τατόλι Αττικής (Πίνακες 6 και 7). Από τον Πίνακα 6 συμπεραίνεται ότι το φθινόπωρο η κάψουλα οξεικού αμμωνίου ήταν το περισσότερο εξειδικευμένο προσελκυστικό για το δάκο της ελίας. Το Entomozyl έδειξε επίσης εξειδίκευση στη προσέλκυση δάκου, αλλά προσέλκυσε ελαφρώς υψηλότερους αριθμούς άλλων Διπτέρων και Υμενοπτέρων απ'ότι το οξεικό αμμώνιο. Το Buminal ήταν το ισχυρότερο προσελκυστικό δάκου, αλλά και άλλων Διπτέρων. Περίπου ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και την άνοιξη-καλοκαίρι, όπου η κάψουλα οξεικού αμμωνίου ήταν περισσότερο εξειδικευμένο προσελκυστικό για το δάκο απ'ότι για άλλα Διπτερα και Υμενόπτερα σε σύγκριση με διάλυμα θειϊκής αμμωνίας ή Buminal (Πίνακας 7). Η χρησιμοποίηση κίτρινου χρώματος αντί γκρι αύξησε τις συλλήψεις δάκων στη παγίδα Buminal την άνοιξη και άλλων Διπτέρων το καλοκαίρι. Το διάλυμα Buminal έδωσε μεγαλύτερες συλλήψεις



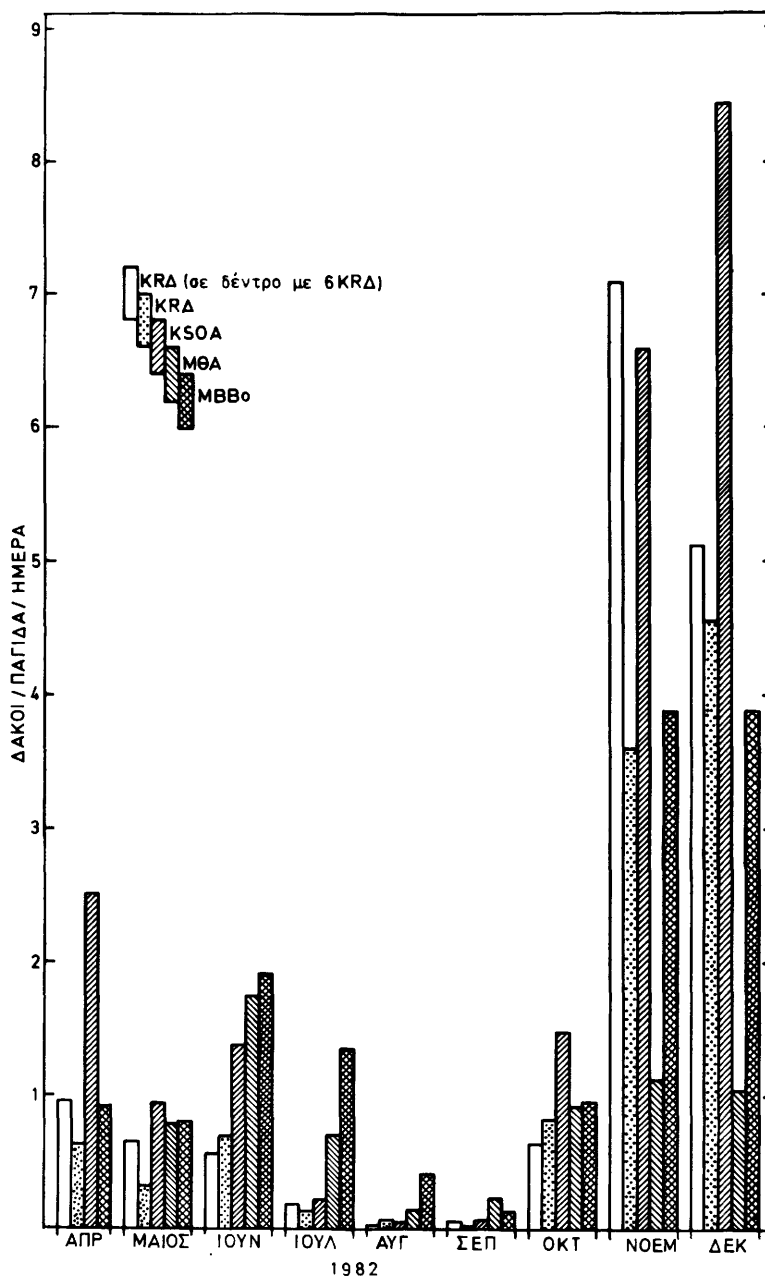
δάκου και άλλων Διπτέρων απ' ότι η οξεική αμμωνία. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι απλώς ενδεικτικά και απαιτείται περαιτέρω πειραματισμός για ολοκληρωμένα συμπεράσματα.

### Ευχαριστίες

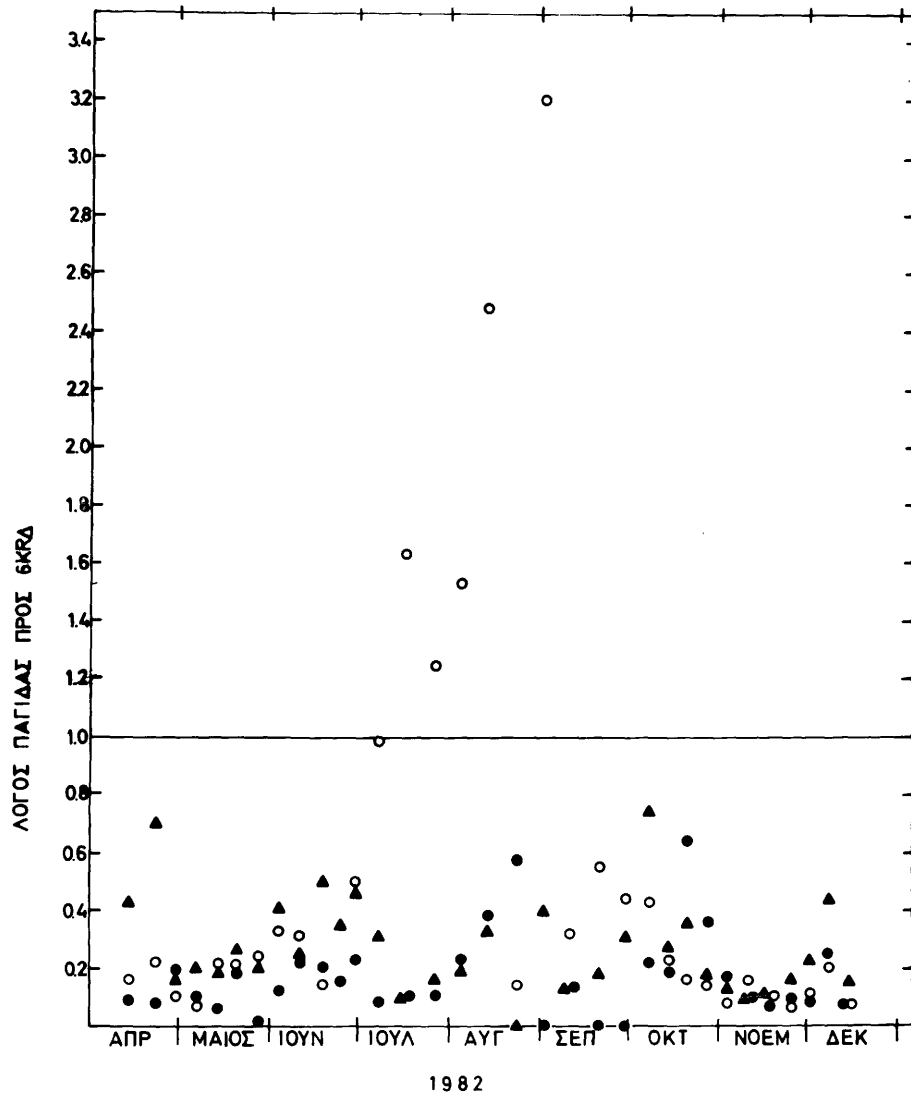
Ευχαριστίες εκφράζονται στην Ε.Ο.Κ. που χρηματοδότησε τη παρούσα μελέτη (Επιχορήγηση Έρευνας 0714). Ευχαριστίες εκφράζονται επίσης στους Ε. Καπαρό, Β. Παπαδόπουλο και Δ. Τότολο του Κ.Π.Ε. "Δημόκριτος", καθώς και τους παρασκευαστές και τον οδηγό του Ινστιτούτου Ελιάς και Οπωροκηπευτικών Καλαμάτας για βοήθεια. Ευχαριστίες απείλονται επίσης στους Χ. Γαμβριά, Β. Τρουποσκιάδου, Τ. Φιλίππου και Α. Κοντογιάννη που μετέφρασε τη περίληψη στα Γαλλικά, δακτυλογράφησε την έκθεση αυτή, σχεδίασε τα σχήματα και φωτογράφησε τα σχέδια, αντίστοιχα. Τέλος, ευχαριστίες απείλονται στους ιδιοκτήτες των ελαιώνων που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και την "Hoechst Hellas" και "Bayer Epirha" στην Αθήνα που διέθεσαν δωρεάν τα προσελκυστικά Entomozyt και Buminol, αντίστοιχα.

### REFERENCES

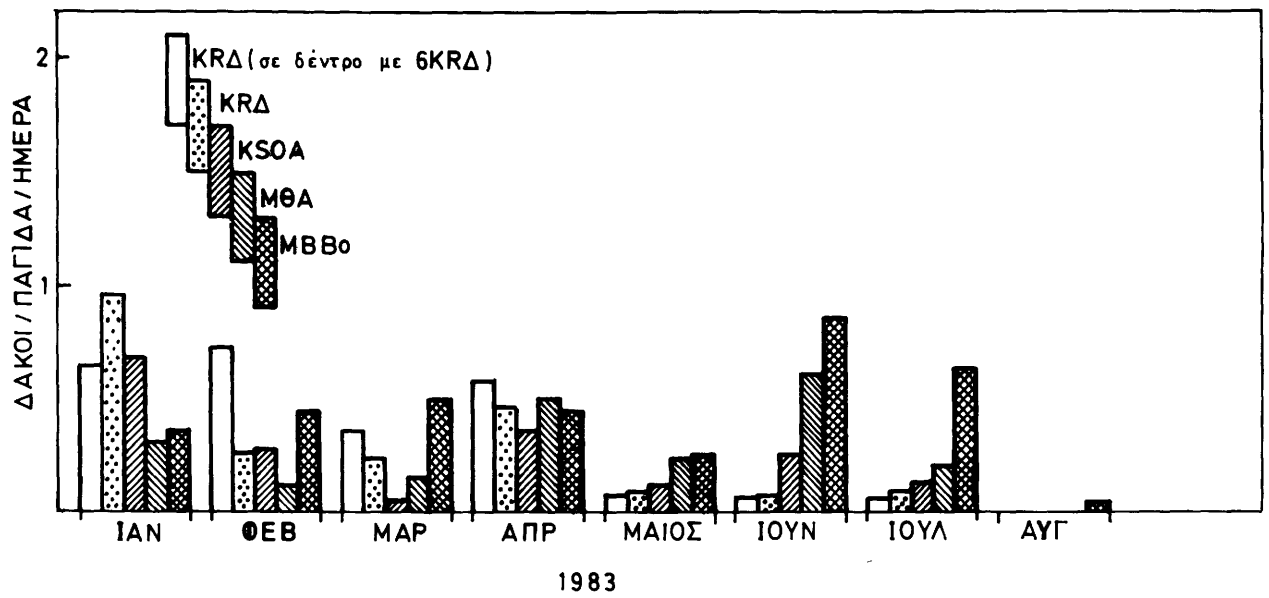
1. Delrio, G. 1982. Esperienze di lotta integrata in olivi-coltura in Sardegna. in Proc. of C.E.C. meeting on "Etat d'Avancement de Travaux et Echange d'Informations sur les Problèmes Posés par la Lutte Intégrée en Oléiculture", Antibes, France, Nov. 1981: 73-85.
2. Delrio, G., A.P. Economopoulos, P.V. Economopoulos, G.E. Haniotakis and R. Prota 1983. Comparative study on food, sex and visual attractants for the olive fruit fly. in Proc. of "Int. Symp. on Fruit Flies of Economic Importance", Athens, Greece, Nov. 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ. Rotterdam, EUR 8364EN, 465-472.
3. Economopoulos, A.P. 1977. Controlling Dacus oleae by fluorescent yellow traps. Ent. exp. appl. 22: 183-190.
4. Economopoulos, A.P. 1979. Attraction of Dacus oleae (Gmelin) (Diptera, Tephritidae) to odor and color traps. Z. ang. Ent. 88: 90-97.
5. Economopoulos, A.P. 1979. Application of color traps for Dacus oleae control: olive groves with different degree of isolation, tree-size, and canopy density. Int. Symp. of IOBC/WPRS on Integrated Control in Agriculture and Forestry: 552-559 (Vienna, Oct. 8-12, 1979).
6. Economopoulos, A.P. 1982. Present status of olive fruit fly control by yellow traps and SIRM in Greece. Trapping of the fly by yellow traps combined with odor lures. in Proc. of C.E.C. meeting on "Etat d'Avancement des Travaux et Echange d'Informations sur les Problèmes Posés par la Lutte Intégrée en Oléiculture", Antibes, France, Nov. 1981: 86-94.
7. Prokopy, R.J. and A.P. Economopoulos. 1975. Attraction of Laboratory-cultured and wild Dacus oleae flies to sticky-coated McPhail traps of different colors and odors. Envir. Entomol. 4: 187-192.



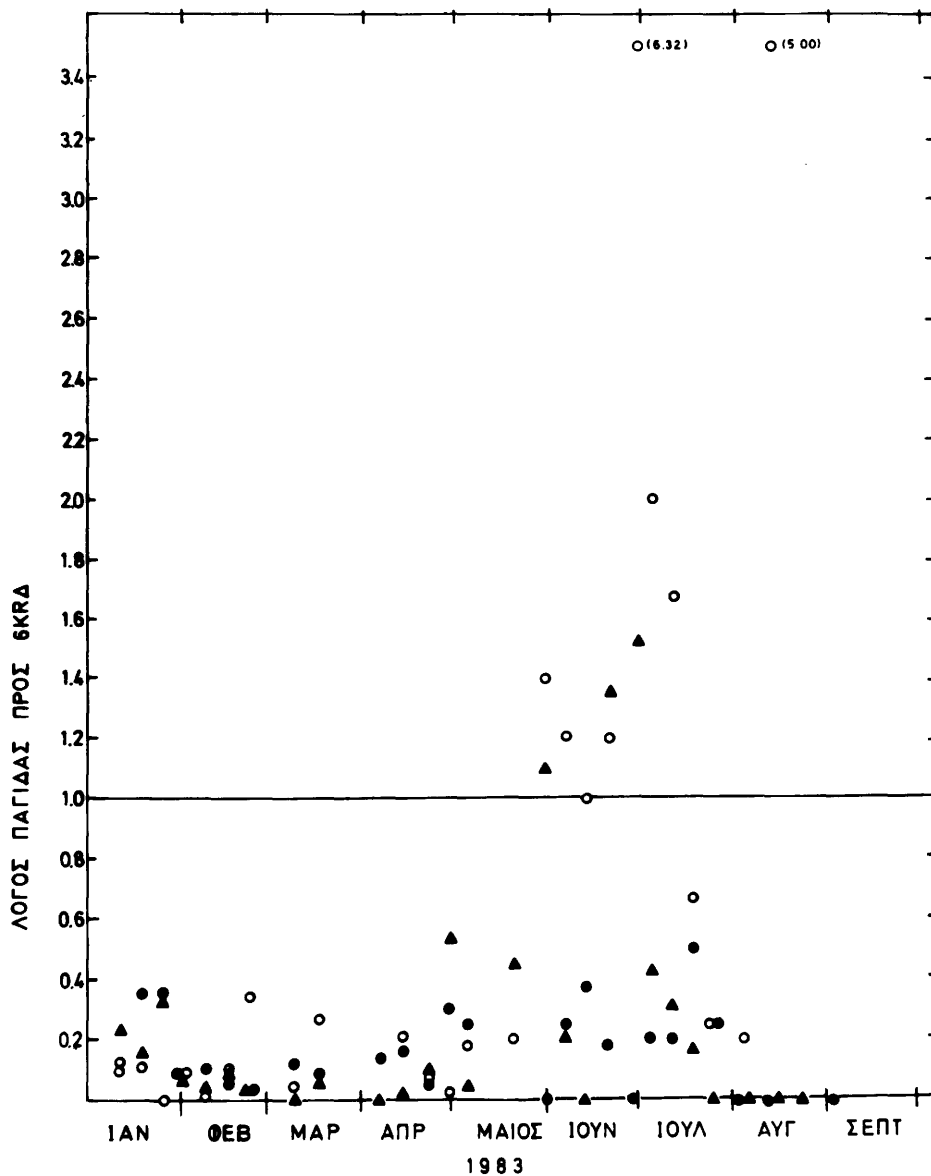
Σχημα 1. Συλλήψεις αγριών δάκων σε παγίδες οσμής, χρώματος ή συνδιασμού των δυό στην Αβία Μεσσηνίας κατά το 1982: KRA (σε δέντρο με 6KRA) = κίτρινη Rebell διπλή-σταυρωτή σε δέντρο με 6 συνολικά KRA, KRA = κίτρινη Rebell διπλή-σταυρωτή, KSOA = κίτρινη μονή με χρώμα Syntex no. 6 και κάψουλα οξεικού αμμωνίου, MΘA = McPhail με διάλυμα 4% θειϊκής αμμωνίας σε νερό και MBBo = McPhail Bupinal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα. Έξη επαναλήψεις κατά παγίδα. Πολλαπλασιάζοντας τις συλλήψεις στην παγίδα KRA (σε δέντρο με 6KRA) βρίσκουμε τις συνολικές συλλήψεις των δέντρων αυτών. Αεροψεκασμός στις 2 Ιουλίου, 10 Αυγούστου και 14 Οκτωβρίου.



Σχήμα 2. Λόγος συλλήψεων αγρίων δάκων στις παγίδες KRD(●), KSOA(▲) και MBBo(O) προς τις συλλήψεις στο σύστημα 6KRA ανά δέντρο. Για επεξήγηση συμβόλων βλέπε Σχ. 1 (ίδιο Πείραμα).



Σχήμα 3. Συλλήψεις αγρίων δάκων σε παγίδες οσμής, χρώματος ή συνδιασμού των δυό στην Αβία Μεσσηνίας κατά τό 1983 (2η χρονιά πειράματος Σχ. 1). Για επεξήγηση συμβόλων βλέπε Σχ. 1. Αεροψεκασμός στις 24 Ιουνίου και 13 Ιουλίου.



Σχήμα 4. Λόγος συλλήψεων αγρίων δόκων στις παγίδες ΚΡΔ(●), ΚΣΟΑ(▲) και ΜΒΒο(○) προς τις συλλήψεις στο σύστημα 6ΚΡΔ ανά δέντρο (βλέπε Σχ. 3, ίδιο πείραμα).

Πίνακας 1. Εξαπολυθέντα έντομα τεχνητής εκτραφής και άγρια που πιάστηκαν σε 6 διπλές (σταυρός) παγίδες Rebell αναρτημένες στο ίδιο δέντρο. Περίπου 100 δάκοι μαρκαρισμένοι με φθορίζουσα χρωστική εξαπολύθηκαν σε κάθε ένα από τα 110 περίπου ελαιόδεντρα του πειραματικού ελαιώνα. Οι παγίδες αναρτήθηκαν πριν την εξαπόλυση. Οι μαρκαρισμένοι δάκοι εξαπολύθηκαν στο τέλος του κύριου κορμού του δέντρου μέσα στη κόμη. Σε κάθε ημερομηνία έγιναν 4 επαναλήψεις. Το πείραμα έγινε στα Σπάτα Αττικής, περί τα 20 χλμ. ανατολικά της Αθήνας.

Ημερομηνία εξαπόλυσεως (1983)	Δάκοι που πιάστηκαν μέσα σε 24ώρες από την εξαπόλυση		Δάκοι που πιάστηκαν στις μέ- ρες 2-7 από την εξαπόλυση	
	Εξαπολυθέντες*	Άγριοι	Εξαπολυθέντες	Άγριοι
21 Απριλίου	71,5(37-134)**	3,0(0-8)	279,8(215-346)	56,0(49-67)
16 Ιουνίου	91,2(38-176)	1,5(0-5)	30,2( 9- 72)	28,2(8-81)
20 Σεπτεμβρίου	78,0(32-145)	55,8(40-92)	81,3( 63-112)	412,5(265-542)

\* Έκατό δάκοι εργαστηρίου ετοιμάστηκαν για εξαπόλυση σε κάθε δέντρο. Η θνησιμότητα πριν την εξαπόλυση ήταν πολύ μικρή. Έτσι, ο μέσος αριθμός δάκων εξαπολυθέντων ανά δέντρο στις 3 εξαπολύσεις ήταν 99,1, 99,7 και 98,4 αντίστοιχα. Κατά την εξαπόλυση οι δάκοι είχαν ηλικία 3, 6 και 7 ημερών, αντίστοιχα.

\*\* Μέσος όρος και εύρος.

Πίνακας 2. Άγριοι δάκοι που πιάστηκαν σε παγίδες οσμής, χρώματος ή συνδιασμού των δυό στη Μαλακόντα Ευβοίας, κατά τό 1982. Όλες οι παγίδες είχαν επιστρωθεί με κόλλα. Αεροψεκασμός έγινε στις 14 Ιουλίου και 20 Οκτωβρίου.

Παγίδα**	Δάκοι ανά παγίδα ανά ημέρα*						Λόγος προς KSOA
	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβρ.	Οκτώβρ.	Νοέμβρ.	Δεκέμβρ.	
MEBo	3,28α	0,19α	0,31α	9,93α	8,66α	4,91αβ	3,7
MBBo	1,94αβ	0,24α	0,28α	9,69α	8,49α	7,89α	3,7
ΠΟΑ	0,42β	0	0,02β	1,87β	1,76β	0,78γ	0,7
KRΔΟΑ	1,06β	0,02	0,03β	3,84β	5,02β	2,24βγ	1,6
KROA	0,91β	0,01	0,06β	3,79β	5,09β	2,16βγ	1,6
KSOA	0,43β	0,01	0,06β	2,99β	2,31β	1,54γ	1
KRΔ	0,14β	0	0,01β	1,28β	3,35β	0,86γ	0,8
KR	0,08β	0	0,01β	0,91β	1,81β	1,21γ	0,5

\* Έξη επαναλήψεις ανά παγίδα. Σε κάθε κολώνα, οι μέσοι όροι που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά σε πιθανότητα  $p = 0,05$  σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey HSD.

\*\* MEBo = McPhail Entomozyl 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, MBBo = McPhail Bupinal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, ΠΟΑ = "Πλεξιγκλας" διαφανές με κάψουλα οξεικού αμμωνίου, KRΔΟΑ = Κίτρινη Rebell διπλή-σταυρωτή με κάψουλα οξεικού αμμωνίου, KROA = Κίτρινη Rebell μονή με κάψουλα οξεικού αμμωνίου, KSOA = Κίτρινη μονή με χρώμα Syntex no.6 και κάψουλα οξεικού αμμωνίου, KRΔ = Κίτρινη Rebell διπλή-σταυρωτή και KR = Κίτρινη Rebell μονή.

Πίνακας 3. Άγριοι δάκοι που πιάστηκαν σε παγίδα οσμής ή παγίδες οσμής και χρώματος στη Μαλακόντα Ευβοίας κατά το 1982. Μόνο η παγίδα KSOA είχε επιστρωθεί με κόλλα. Αεροψεκάσμος έγινε στις 14 Ιουλίου και 20 Οκτωβρίου.

Παγίδα**	Δάκοι ανά παγίδα ανά ημέρα*						Λόγος προς KSOA
	Ιούλιος	Αύγουστ.	Σεπτέμβ.	Οκτωβρ.	Νοέμβρ.	Δεκέμβ.	
MEBo	0.92α	0.19α	0.19α	3.54α	2.28α	1.01α	0.9
ME	1.31α	0.15α	0.29α	4.06α	2.51α	0.79αβ	1
KSOA	0.54α	0.01	0.20α	5.90α	2.00α	0.19β	1

\* Έξη επαναλήψεις ανά παγίδα. Σε κάθε κολώνα, οι μέσοι όροι που έχουν το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά σε πιθανότητα  $\pi = 0,05$  σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey HSD.

\*\* MEBo = McPhail Entomozyl 2% βόρακας 1,5 υδατικό διάλυμα, ME = McPhail Entomozyl 2% υδατικό διάλυμα και KSOA = κίτρινη μονή με χρώμα Syntex no. 6 και κάψουλα οξεικού αμμωνίου.



Πίνακας 4. Συλλήψεις (%) δάκων τεχνητής εκτροφής εξαπολυθέντων πολύ κοντά ή σέ κάποια απόσταση από ελαιόδεντρο με παγίδα κίτρινο χρώματος ή παγίδα McPhail με πρωτεΐνη Buminal. Οι δάκοι εξαπολύθηκαν ταυτόχρονα και σε ίδιους αριθμούς ανά δέντρο στο δέντρο όπου είχε τοποθετηθεί η παγίδα και στα 4 δέντρα, σταυροειδώς, της μεθεπομένης σειράς, δηλαδή σε απόσταση 20 μέτρων περίπου. Το πείραμα έγινε σε 4 επαναλήψεις στη Βελίκα Μεσσηνίας.

Ημερομηνία εξαπολύσεως	Απόσταση σημείου(ων)εξαπολύσεως από το δέντρο με τη παγίδα (μ)	Αριθμός εξαπο- λυθέντων δάκων κάθε δέντρο	% συνολικές συλλήψεις			
			Κίτρινο*	Buminal*		
				Ημέρες μετά την εξαπόλυση	1	2-8
4 Απριλίου 1982	0	128	2,0	0,4	4,5	0,4
	20	128	0,1	0,7	0,5	1,7
5 Οκτωβρίου 1982	0	127	4,3	0,8	1,4	0,4
	20	127	1,0	1,2	0,2	2,8

\* ΚΡΔ = Κίτρινη Rebell διπλή-σταυρωτή, ΜΒΒο = McPhail ( χωρίς κόλλα) Buminal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα.

\*\* Δάκοι μαρκαρισμένοι κόκκινοι εξαπολυθέντες στο δέντρο με τη παγίδα.

\*\*\* Δάκοι μαρκαρισμένοι κίτρινοι εξαπολυθέντες στα 4 δέντρα σε απόσταση 20 μέτρων περίπου από το δέντρο με τη παγίδα.

Πίνακας 5. Συλλήψεις (%) δάκων τεχνητής εκτροφής σε κίτρινες παγίδες και παγίδες McPhail με πρωτεΐνη Buminal που είχαν τοποθετηθεί σε διάφορες αποστάσεις γύρω από το ελαιόδεντρο εξοπλυσέως.

Ημερομηνία εξοπλυσέως	Απόσταση από δέντρο εξοπλυσέως (μ)	Αριθμός εξαπολυθέντων δάκων	% συνολικές συλλήψεις*			
			Κίτρινο**		Buminal**	
			Ημέρες μετά την εξοπλυσή	1 2-8	Ημέρες μετά την εξοπλυσή	1 2-8
4 Απριλίου 1982	0	128	2,0	3,1	12,1	1,6
	10	321	1,7	5,8	7,0	3,8
	20	321	0,5	3,7	3,3	4,3
	40	321	-	-	1,4	2,9
	80	963	-	-	0,5	1,5
6 Οκτωβρίου 1982	0	127	2,6	1,6	2,0	10,0
	10	356	3,2	3,6	2,2	8,3
	20	356	1,8	8,6	1,3	6,2
	40	356	-	-	0,6	9,1
	80	600	-	-	0,2	3,7

\* Μέσοι όροι 4 επαναλήψεων (αρσενικά και θηλυκά μαζί) εκτός της αποστάσεως 80 μ όπου έγιναν μόνο δύο επαναλήψεις. Μία παγίδα χρησιμοποιήθηκε στα 0 μ (δάκοι εξαπολυθέντες στο δέντρο με τη παγίδα), 4 στα 10 μ και 20 μ, και 8 στα 40 μ και 80 μ απόσταση από το σημείο εξοπλυσής. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών γραμμών ελαιοδέντρων ήταν περί τα 10 μ. Σε όλα τα πειράματα οι δάκοι είχαν μαρκιαριστεί κίτρινοι.

\*\*ΚΡΔ = Κίτρινη Rebell διπλή σταυρωτή, MBBo = McPhail (χωρίς κόλλα) Buminal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα.

Πίνακας 6. Δίπτερα και Υμενόπτερα έντομα που πιάστηκαν σε παγίδες McPhail με διαφορετικά προσελκυστικά οράσεως και οσμής το φθινόπωρο. Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε καλλιεργούμενο ελαιώνα και αγριελιές από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τα μέσα Δεκεμβρίου 1982 (συνολικά 8 εβδομαδιαίες δειγματοληψίες). Μια μόνο παγίδα χρησιμοποιήθηκε για κάθε προσελκυστικό σε κάθε περιοχή. Το πείραμα έγινε στην Καισαριανή Αττικής.

Παγίδα**	Έντομα ανά ημέρα*			% συνόλου παγίδων		
	Δάκος ελιάς	Άλλα Δίπτερα	Υμενόπτερα	Δάκος ελιάς	Άλλα Δίπτερα	Υμενόπτερα
<u>Καλλιεργούμενος ελαιώνας</u>						
MBBo	3,68	3,36	0	41,0	44,4	0
MEBo	2,39	1,27	0,05	26,7	16,8	100
MOABo	2,82	1,11	0	31,5	14,7	0
MBo	0	0,04	0	0	0,5	0
MN	0,82	0	0	0,2	0	0
MKBo	0,05	1,79	0	0,6	23,6	0
<u>Αγριελιές</u>						
MBBo	0,09	2,91	0,05	33,3	44,3	20
MEBo	0,11	1,54	0,18	40,0	23,4	66,7
MOABo	0,07	1,18	0	26,7	17,9	0
MBo	0	0,36	0,04	0	5,4	13,3
MN	0	0,04	0	0	0,5	0
MKBo	0	0,55	0	0	8,4	0

\* Συνολικά, 502, 423 και 3 δάκοι, άλλα Δίπτερα και Υμενόπτερα, αντίστοιχα, πιάστηκαν στον καλλιεργούμενο ελαιώνα. Στις αγριελιές οι αντίστοιχοι αριθμοί ήταν 15, 368 και 15. Επιπλέον, ολίγα Λεπιδόπτερα, Κολεόπτερα, Θυσανόπτερα, Νευρόπτερα και Μεκόπτερα πιάστηκαν στις δύο περιοχές (συνολικά μόνο 12 έντομα).

\*\* MBBo = McPhail Bupinal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, MEBo = McPhail Entomozyl 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, MOABo = McPhail κάψουλα οξεικού αμμωνίου (αναρτημένη στο εσωτερικό) βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, MBo = McPhail βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, MN = McPhail νερό και MKBo = McPhail βαμμένη κίτρινη (Syntex no. 6) βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα. Όλες οι παγίδες ήταν χωρίς επίστρωση κόλλας.

Πίνακας 7. Δίπτερα και Υμενόμετρα έντομα που πιάστηκαν σε παγίδες McPhail με διαφορετικά προσελκυστικά οσμής ή συνδυασμό προσελκυστικών οσμής και οράσεως στις περιόδους Μάρτιο-Μάιο (Α, συνολικά 6 εβδομαδιαίες δειγματοληψίες) και Ιούνιο και Αύγουστο 1983 (Κ, συνολικά 3 πενήμερες δειγματοληψίες). Οι παγίδες αναρτήθηκαν σε δέντρα καλλιεργούμενου ελαιώνα καθώς και σε δέντρα γειτονικού πευκοδάσους. Πέντε επαναλήψεις για κάθε σύστημα παγίδευσης. Το πείραμα έγινε στο Τατόι Αττικής.

Παγίδα*	Έντομα ανά ημέρα ανά παγίδα						% συνόλου παγίδων					
	Δάκος ελιάς		Άλλα Δίπτερα		Υμενό-πτερα		Δάκος ελιάς		Άλλα Δίπτερα		Υμενό-πτερα	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
	<u>Ελαιώνας</u>											
ΜΚΒΒο	1.23	0.45	7.16	172.6	0.03	0.27	66.1	46.4	46.4	67.8	100	25.5
ΜΓΒΒο	0.54	0.47	6.71	46.9	0	0.19	29.0	48.5	43.5	18.4	0	17.9
ΜΓΟΑΔΒο	0.03	0.02	1.12	32.6	0	0.60	1.6	2.1	7.3	12.8	0	56.6
ΜΓΟΑΒο	0.06	0.03	0.43	2.6	0	0	3.2	3.1	2.8	1.0	0	0
	<u>Πευκόδασος**</u>											
ΜΚΒΒο		0.02		82.5		0.06						
ΜΓΒΒο	0		2.62		0.01							

\* ΜΚΒΒο = McPhail βαμμένη κίτρινη (Syntex no. 6) Bupinal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, ΜΓΒΒο = McPhail βαμμένη γκρι Bupinal 2% βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα, ΜΓΟΑΔΒο = McPhail γκρι 2% οξεικό αμμώνιο διάλυμα σε 1,5% βόρακα σε νερό, ΜΓΟΑΒο = McPhail γκρι κάψουλα οξεικού αμμωνίου (αναρτημένη στο εσωτερικό) βόρακας 1,5% υδατικό διάλυμα. Όλες οι παγίδες ήταν χωρίς επίστρωση κόλλας.

\*\* Λόγω λάθους, στο πευκόδασος η παγίδα ΜΚΒΒο χρησιμοποιήθηκε μόνο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο κι όχι όλη τη περίοδο όπως είχε σχεδιαστεί (την άνοιξη από λάθος χρησιμοποιήθηκε η ΜΓΒΒο).

#### Publications - Contract No. GR-0714

ECONOMOPOULOS A.P. and PAPAPOPOULOS A. "in press" Wild olive fruit flies caught on sticky traps with odor, color and combination of the two attractants. Redia, Firenze

## Biological and Integrated Control in Olive Groves

R. Zocchi

Experimental Institute for Agricultural Zoology, Florence (Italy)

### Summary

In this program, the species of economic importance in the olive groves were considered: Dacus oleae, Saissetia oleae and Prays oleae. As regards Dacus oleae, the researches were carried out on: the monitoring systems of adults populations, the relationship between captures and infestation, the populations' dynamics, the preimaginal development rate, the fruit variables affecting the oviposition, the distribution of the infestation in the canopy, the infestation level and the damage, the economical threshold for the intervention, the mathematical models in olive-flies systems. As for Saissetia oleae, the following aspects were observed: the epidemiology and the life cycle, the effects of some abiotic factors on mortality, the spatial distribution of its population in the canopy and the sampling methods, the natural enemies. As for Prays oleae we considered: the bio-ethology, the monitoring systems and the damage.

### LUTTE BIOLOGIQUE ET INTEGREE DANS LA CULTURES DES OLIVES

#### Résumé :

Dans le cadre de ce programme ont été étudiées les espèces revêtant une importance économique dans les oliveraies : Dacus oleae, Saissetia oleae et Prays oleae. En ce qui concerne Dacus oleae, les recherches ont porté sur les points suivants : système de dépistage des populations adultes, rapport entre les captures et l'infestation, dynamique des populations, vitesse de développement à l'état pré-imago, variables du fruit affectant la déposition de l'oeuf, distribution de l'infestation dans la frondaison, niveau d'infestation et dégâts causés par elle, seuil économique de l'intervention, modèles mathématiques des filets à mouches d'oliveraies. Quant à Saissetia oleae, les aspects suivants ont été observés : épidémiologie et cycle de vie, effets de certains facteurs abiotiques sur la mortalité, distribution spatiale de sa population dans la frondaison et méthodes d'échantillonnage, ennemis naturels. Au sujet de Prays oleae, les points

suivants ont été étudiés : bio-étiologie, méthodes de dépistage, dégats causés

## LOTTA BIOLOGICA E INTEGRATA IN OLIVICOLTURA

### 1. INTRODUZIONE

Le ricerche sono state condotte dall'Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria di Firenze, dagli Istituti di Entomologia Agraria delle Università di Padova, Perugia, Pisa e dall'Istituto di Matematica dell'Università di Parma. Hanno collaborato gli Istituti di Industrie Agrarie delle Università di Perugia e Pisa, il Dipartimento di Statistica dell'Università di Firenze, l'Istituto di Statistica dell'Università di Perugia e il Centro Scientifico IBM di Pisa.

Tali ricerche hanno avuto lo scopo, da una parte di prospettare in tempi brevi, soluzioni razionali per la difesa della coltura, dall'altra di accrescere le conoscenze su una serie di questioni che vanno dalla bio-ecologia ai metodi di rilevamento e previsione della dinamica delle popolazioni delle "specie chiave" (Dacus oleae Gmel., Saissetia oleae Oliv., Prays oleae Bern.) in modo da acquisire le informazioni necessarie per migliorare successivamente, in senso economico ed ecologico, quelle soluzioni.

Le ricerche sono state effettuate, oltre che nei laboratori degli Istituti, in oliveti pilota delle provincie di Firenze, Grosseto, Perugia, Pisa e Pistoia.

### 2. DACUS OLEAE (GMEL.)

#### 2.1 Monitoraggio

Sono stati esaminati, in differenti località e per diverse cultivar, vari tipi di trappole: cartella cromotropica semplice (tipo Prokoboll), bottiglia in vetro contenente acetato di ammonio al 5%, trappola cromotropica a delta innescata con acetato di ammonio microincapsulato, stesso tipo di trappola innescato con paracimene o con feromone 1,7 dioxaspiro-5,5-undecano, cartella cromotropica semplice con feromone 1,7 dioxaspiro-5,5-undecano.

I reperti ottenuti hanno messo in evidenza che

- a) il tipo di trappola innescato con 1,7 dioxaspiro-5,5-undecano è risultato decisamente il più attivo per quanto concerne la cattura di soli maschi e di maschi e femmine unitamente. Relativamente alla cattura di sole femmine la trappola più attiva è apparsa quella con acetato di ammonio microincapsulato (49);
- b) per quanto si riferisce alla disposizione delle trappole in senso verticale le catture più numerose si sono ottenute in alcuni casi con trappole ubicate in corrispondenza della parte alta della chioma, in altri casi con trappole collocate a livello medio (5,49). Ciò è verosimilmente da mettere in relazione con la distribuzione delle olive sulla chioma;
- c) riguardo all'esposizione, le trappole dislocate a Sud e a Ovest hanno dimostrato catture tra loro simili e nettamente superiori a quelle relative alle disposizioni Est e Nord (49);
- d) per quanto concerne il numero delle cartelle cromotropiche (semplici)

per pianta ai fini del monitoraggio non sono emerse differenze statisticamente significative fra una (disposta a livello medio del settore sud della chioma) e tre (disposte ai tre livelli dello stesso settore); ciò fa ritenere che non sussistano fattori in grado di indurre una distribuzione di tipo contagioso sulle catture (6);

- e) la presenza di una o tre cartelle cromotropiche semplici non produce quasi mai effetti di rilievo sull'infestazione delle olive di piante direttamente interessate al monitoraggio (52);
- f) il numero di adulti catturati sulla faccia interna (cioè rivolta verso la chioma) della cartella cromotropica semplice è risultato, nella generalità dei casi, significativamente superiore a quello riscontrato sul lato esterno (5);
- g) il numero delle catture di femmine è risultato spesso significativamente superiore a quello dei maschi (5);
- h) la cartella cromotropica con il feromone 1,7 dioxaspiro-5,5-undecano è risultata significativamente più attiva di quella cromotropica semplice; inoltre non sono emerse differenze statisticamente significative nel numero complessivo di catture fra cartelle con il feromone posto sulla faccia rivolta verso la chioma e quelle con il feromone posto sulla faccia esterna (26);
- i) rilievi effettuati nel 1982 nell'area olivicola della provincia di Pisa hanno messo in evidenza che cartelle chemio-cromotropiche (gialle a delfta con carbonato di ammonio), nel periodo compreso tra la fine di agosto e la fine di ottobre, hanno catturato adulti appartenenti a varie specie di Crisopidi, Coccinellidi, Asilidi, Sirfidi, Tachinidi, Sarcofagidi, Calliforidi, Vespidi, Apidi, Formicidi e Imenotteri parassiti. Le catture degli adulti di queste specie sono comunque risultate, in percentuale, inferiori a quelle registrate per il Dacus oleae (50).

## 2.2 Relazione fra catture e infestazione

Nel 1980 sono state condotte indagini nell'area olivicola della Toscana litoranea e per le cv Frantoio e Leccino sulla relazione esistente tra infestazione delle drupe e catture di femmine a mezzo di cartelle cromotropiche semplici, disposte in numero di una o tre, tangenti al settore sud della chioma (52). L'analisi dei dati è stata eseguita mediante l'utilizzazione di modelli log-lineari di regressione multipla, assumendo come variabile dipendente la quantità di olive infestate distinte per tipo di infestazione (uova e larve di prima età, larve di seconda e terza età, pupe e gallerie abbandonate) e come variabili esplicative la cultivar, la produzione sulla chioma e il numero di femmine catturate in una settimana precedente la rilevazione dell'infestazione. Come entità statistiche si sono considerate le piante. Tale analisi ha messo in evidenza che

- a) la presenza delle trappole cromotropiche semplici spiega raramente in modo significativo la variabilità dell'infestazione per cui si può dedurre che l'applicazione di una o tre trappole non altera in modo consistente il grado di infestazione sulle piante sottoposte a monitoraggio;
- b) esiste una relazione significativa fra la quantità di olive infestate e, per tipo di infestazione, a una certa data, il numero di femmine catturate in una delle settimane precedenti la data di rilevamento dell'infestazione;

- c) i due sistemi di monitoraggio utilizzati, consistenti in una e tre trappole a pianta, hanno fornito - ai fini dello studio di detta relazione - risultati sostanzialmente equivalenti;
- d) sulla base delle stime dei parametri considerati, e limitatamente ai casi in cui si sono evidenziate relazioni significative, sono state determinate, a titolo di esempio, previsioni di infestazione corrispondenti ad alcuni livelli di cattura di femmine e per una produzione di olive pari a 16 kg in media per pianta. Tali risultati confermano, almeno in parte, quelli ottenuti, con analoga metodologia, da BALLATORI, PUCCI, RICCI (9) per la zona olivicola del lago Trasimeno (Umbria).

La significatività statistica del rapporto fra catture (esprese sia come insieme di maschi e femmine, sia considerando gli individui dei due sessi separatamente, oppure anche le sole femmine con uova) e la percentuale di infestazione è stata messa in rilievo anche dall'Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Pisa (18).

### 2.3 Dinamica di popolazione

Studi sulla dinamica di popolazione sono stati condotti nelle aree olivicole circostanti il lago Trasimeno e in alcune zone della Toscana litoranea.

Per quanto riguarda l'Umbria, l'analisi dei dati relativi al triennio 1976-78 (43) ha permesso di constatare che il Dacus compie, dai primi di luglio ai primi di novembre, due generazioni assai variabili tra loro per entità di popolazione. Il rapporto fra la percentuale di drupe contenenti larve di II e III età, pupe e gallerie abbandonate, presenti nella cascola e nella chioma è sempre risultata essere maggiore a uno; le drupe infestate tendono quindi ad abscindere con maggiore facilità di quelle sane, così che per un'esatta valutazione dell'infestazione è indispensabile considerare anche la cascola. Fra le cultivar Dolce Agogia, Rosciola, Frantoio e Moraiolo le più attaccate, in annate di elevata infestazione, sono apparse le prime due; nelle annate di bassa infestazione, invece, la cv più danneggiata è risultata il Frantoio. Piante con minore produzione, e di conseguenza con olive più precocemente ricettive e con dimensioni maggiori, sono state quelle più infestate.

Per quanto si riferisce alla Toscana in tre differenti località (Follonica, Pisa, Pescaglia) si sono effettuati rilievi per valutare l'influenza che la temperatura esercita in natura sul ciclo biologico e sull'entità delle popolazioni (11). Il monitoraggio degli adulti è stato effettuato con cartelle cromotropiche semplici, mentre l'andamento dell'infestazione è stato rilevato mediante l'esame settimanale di campioni di 300 drupe per biotopo. Per ciascun ambiente si è proceduto al calcolo teorico delle possibili generazioni utilizzando come costante termica di sviluppo  $K=360$  e come zero di sviluppo  $C=9,5^{\circ} C$ . Il calcolo è stato effettuato dal momento in cui le drupe sono diventate recettive. Si è constatato che il numero delle generazioni e l'entità dell'infestazione variano sensibilmente da zona a zona e da anno ad anno e che esiste una coincidenza fra il picco delle catture e il completamento delle generazioni secondo il calcolo effettuato sulla base delle temperature.

L'utilizzazione dei dati di temperatura, di infestazione e di cattura



di adulti può permettere di conoscere con buona approssimazione le caratteristiche della dinamica di popolazione del Dacus per i diversi ambienti studiati.

Calcoli basati sulle medie decadiche pluriennali delle temperature consentono di suddividere le aree olivicole di una determinata regione in sottoree a differente rischio dacico in funzione del numero di generazioni che il Dacus può svolgere potenzialmente in esse.

#### 2.4 Sostanze inibitrici e stimolatrici dell'ovideposizione.

Le sostanze contenute nella polpa lacerata delle olive, che inibiscono la ovideposizione entro frutti già attaccati, sono risultate, contrariamente a quanto ritenuto, di natura liposolubile. E' stata messa inoltre in luce la emissione di sostanze inibitrici volatili, che segnalano alla femmina la presenza di larve attive all'interno dell'oliva (30,31,34).

Nell'ambito delle sostanze inibitrici idrosolubili è stata messa in luce una relazione relativamente semplice tra struttura e attività biologica (34).

Da precedenti ricerche era emerso che prodotti di degradazione spontanea della oleuropeina, glucoside fenolico dell'olivo, stimolano la ovideposizione del D. oleae. Estratti e frazioni di tali prodotti sono risultati biologicamente attivi. Semplici modificazioni del gruppo fenolico della molecola hanno ugualmente comportato inattività biologica. E' ragionevole pensare quindi che le sostanze stimolatrici possano essere legate a tracce di derivati del gruppo fenolico stesso.

Sono state saggiate numerose sostanze, in qualche modo legate agli ortodifenoli, mettendo in luce una relazione tra particolari strutture e attività stimolatrice o inibitrice dell'ovideposizione. Piccole differenze strutturali possono comportare opposte attività (31).

Un'indagine ha riguardato il contenuto fenolico delle olive in diversi stadi di maturazione (55).

Negli estratti delle olive sono risultati presenti, oltre alle sostanze inibitrici dell'ovodeposizione anche composti stimolatori. Le indagini condotte in questi ultimi anni hanno consentito di appurare che

- a) nelle olive sono presenti sostanze che stimolano l'ovodeposizione anche se presenti in tracce su substrati artificiali (28,31,33);
- b) l'attività stimolatrice è legata a più sostanze sinergiche tra loro, alcune anche volatili (28,32);
- c) alcuni estratti sono risultati attrattivi all'aperto nei confronti delle femmine (33);
- d) recentemente sono state ottenute frazioni cromatografiche attive quanto gli estratti di partenza per cui è aperta la possibilità di purificare e concentrare i composti responsabili delle diverse e contrastanti attività biologiche.

#### 2.5 Recettività delle drupe alle ovideposizioni e distribuzione dell'infestazione sulla chioma.

Nell'ambito dello studio del comportamento degli adulti del dittero è stata presa in considerazione anche l'influenza esercitata da alcune caratteristiche fisiche delle drupe nei confronti dell'ovodeposizione. Sono sta-

ti esaminati il peso, l'asse maggiore, l'asse minore, il colore, la consistenza della polpa e l'indurimento del nocciolo. Le indagini sono state svolte negli anni 1980-81 in due oliveti, di cui uno ubicato ad Asciano (Pisa), con cv Frantoio (17), e l'altro a Massa Marittima (Grosseto), con cultivar Frantoio e Leccino (48). I risultati raggiunti indicano chiaramente come l'infestazione sia legata alla dinamica di alcuni parametri; in modo particolare si è riscontrato che nel periodo in cui si sviluppa l'infestazione esiste una notevole dipendenza tra l'attacco dacico e le variabili peso, asse maggiore, asse minore e consistenza della polpa. Per quanto concerne l'indurimento del nocciolo, che avviene in brevissimo tempo (10 giorni circa), ne è stata confermata l'importanza come indice dell'inizio delle ovodeposizioni. Lo studio ha permesso di stabilire, in particolare per le variabili peso, asse maggiore, asse minore e consistenza della polpa, valori soglia di probabilità delle drupe a essere infestate.

Per quanto si riferisce alla distribuzione dell'infestazione sulla chioma, osservazioni fatte nel 1980 nell'oliveto di Massa Marittima (45) hanno consentito di stabilire che la cv Frantoio è risultata la più infestata e che l'infestazione più intensa si è avuta con maggior frequenza nel settore Sud della chioma. Riferendosi al livello di chioma, l'analisi statistica ha dimostrato che tale fattore non sempre risulta significativo, mentre le stime dei contrasti per i confronti tra livello alto, medio, basso non forniscono indicazioni univoche. I risultati sono in linea con quanto osservato da PUCCI e FORCINA (43).

## 2.6 Infestazione e danni

La precisazione dei danni prodotti dal D. oleae costituisce un presupposto fondamentale per la valutazione della soglia economica.

Uno dei danni principali è dovuto alla cascola dei frutti infestati che, come è noto, è da considerarsi produzione interamente perduta. Una limitazione di questa perdita può essere ottenuta mediante una raccolta opportunamente anticipata (24,41). Altri danni derivano dall'asportazione della polpa da parte della larva che, secondo recenti stime, è valutata intorno al 12% del peso del frutto e dall'alterazione della polpa stessa a seguito dell'attività larvale. Nel 1979 è stata condotta, su cv Frantoio, Leccino e Moraiolo, un'indagine per l'accertamento degli effetti dell'infestazione sulla resa delle olive in sostanza grassa, sull'acidità e sul numero di perossidi dell'olio. I risultati delle analisi condotte su campioni artificiali di olive infestate e sane hanno messo in evidenza che, per infestazioni del 100%, la maggior perdita in resa si è avuta nella cv Leccino ed è stata del 1,86%. Per tutte le cultivar si è verificato un aumento medio di acidità dello 0,60%, mentre l'aumento del numero dei perossidi, sempre per un'infestazione del 100%, è stata in media di poco superiore a 5. Minor resa, maggiore acidità e più elevato numero di perossidi per le olive infestate sono da collegare alla presenza di gallerie abbandonate. La percentuale di olive con gallerie larvali vuote, rispetto al totale delle olive infestate, è stato del 51,60, 64,25 e 54,19 rispettivamente per Frantoio, Moraiolo, Leccino. La maggior presenza in quest'ultima cultivar di gallerie ammuffite può spiegare il più alto danno sulla resa e sull'acidità (46). Altre indagini sono state condotte anche da ANDRICH, PISANELLI, FIORENTINI, BELCARI, QUAGLIA

(1), relativamente alle cv Frantoio, Moraiolo, Pendolino, Scarlinese, con risultati sostanzialmente analoghi. Ricerche svolte da MONTEDORO, GAROFOLO e SENSIDONI (35) hanno consentito di approfondire ulteriormente le conoscenze sugli effetti dell'infestazione dacica nei confronti dell'olio di estrazione. E' stato accertato che l'infestazione determina modificazioni biochimiche coinvolgenti l'acidità e la rancidità dell'olio e, successivamente, la composizione dei polifenoli e dei costituenti volatili. Tali modificazioni alterano negativamente le caratteristiche organolettiche e la loro stabilità nel tempo. E' stato altresì evidenziato che una prolungata conservazione delle olive gioca un ruolo determinante nell'esaltare gli effetti negativi prodotti dall'infestazione.

## 2.7 Soglie di intervento

Ricerche condotte in oliveti limitrofi al lago Trasimeno (Umbria) hanno permesso di definire soglie di intervento per trattamenti larvicidi relativamente alle cv Dolce Agogia, Moraiolo, Rosciola, Frantoio, sia per annate di bassa o modesta infestazione (25,40), sia per annate di elevata infestazione (42). Il calcolo delle soglie è stato effettuato utilizzando per le elaborazioni statistiche il programma GLIM messo a punto dalla Royal Statistical Society. La soglia di intervento, diversa da cultivar a cultivar e dipendente dalla produzione media delle piante, nell'ambiente olivicolo del lago Trasimeno, va da un minimo del 4% a un massimo del 18% delle olive infestate. Quando la produzione media a pianta non raggiunge i 5 kg non è conveniente la raccolta e di conseguenza la soglia non è da prendere in considerazione. Viceversa, per una produzione media di 50 kg a pianta il livello di infestazione che giustifica economicamente il trattamento è senz'altro inferiore al 4%. Ricerche per la valutazione della convenienza economica di interventi insetticidi sono state condotte anche in un ambiente olivicolo della Toscana litoranea. L'analisi statistica dei dati ottenuti dalle osservazioni svolte nel 1980 (7) hanno permesso di rilevare che per entrambe le cv considerate, Frantoio e Leccino, non si sono avute differenze significative fra piante con un solo intervento larvicida e piante non trattate per quanto concerne peso della cascola, peso delle olive raccolte sulla chioma a metà novembre e resa in sostanza grassa delle stesse; differenze significative sono state riscontrate invece nel grado di acidità e nel numero di perossidi dell'olio. Tali differenze, tuttavia, non sono apparse di notevole rilevanza economica, in quanto ottenute da valori che si trovano al di sotto dei limiti di tolleranza dell'olio extra vergine. E' emerso pertanto che nell'annata considerata, caratterizzata da modesta e tardiva infestazione dacica (sviluppatasi solo a partire dai primi di ottobre, in epoca prossima a quella della raccolta) non vi sia stata convenienza economica a effettuare il trattamento larvicida.

Ulteriori indagini nello stesso ambiente sono state eseguite anche nel 1982 (8) allo scopo di valutare sul piano economico l'azione di due e tre interventi larvicidi e di quattro trattamenti adulticidi in una annata di elevata infestazione e per due epoche di raccolta (primi di novembre e primi di dicembre). L'analisi statistica dei dati ha consentito di appurare che le differenze positive registrate per il peso del cascolato e per l'acidità dell'olio tra piante testimoni e piante trattate sono quasi sempre statisti

camente significative; inoltre tali differenze aumentano dalla prima alla seconda epoca di raccolta. Limitatamente alle condizioni in cui si è svolta la sperimentazione il peso del cascolato è la caratteristica che ha dato luogo alle differenze più rilevanti tra piante trattate e non. I due interventi larvicidi non sembrano aver prodotto risultati statisticamente differenti dai tre interventi dello stesso tipo, cosicché il primo trattamento larvicida (3 agosto) è apparso inoperante; per le caratteristiche di produzione considerate gli interventi larvicidi e adulticidi hanno mostrato analoga efficacia.

### 2.8 Tecniche e modelli matematici nella lotta integrata in olivicoltura.

Sono state sviluppate tecniche e metodologie matematiche e statistiche come ausilio alla soluzione di problemi di monitoraggio, previsione e formazione delle decisioni per la gestione di un ecosistema olivicolo nel quadro del programma di lotta integrata e lotta biologica in olivicoltura (3,12,13,14,15,20,21,22,23).

In particolare sono stati messi a punto alcuni modelli matematici relativi alla dinamica di una popolazione di Dacus oleae Gmel. e alla progressione dell'infestazione, al danno che esso provoca e al suo controllo.

I modelli, di tipo deterministico e stocastico, tengono conto sia degli aspetti biologici (ciclo di vita, biocenosi) che fenologici e ambientali (temperatura, umidità, ecc.). Si fa l'ipotesi che la popolazione sia controllata principalmente da fattori ambientali, vale a dire che le fluttuazioni dipendono in modo predominante dalle variazioni stagionali.

I modelli sono articolati in vari sottomodelli relativi alla produzione e recettività dei frutti, al potenziale attacco degli insetti, alle tecnologie di cattura, alla dinamica della popolazione; essi sono riferiti a situazioni naturali per mezzo della sincronizzazione con le osservazioni relative alle catture degli adulti, alla recettività delle drupe e al tasso di infestazione.

Sono state fatte alcune semplici ipotesi di carattere economico per la verifica di alcune strategie di intervento e per la determinazione di strategie ottimali di intervento.

Varie sono state le applicazioni a situazioni naturali: a) identificazione dei modelli e stima dei parametri; b) previsione dell'infestazione; c) stima dell'efficienza delle trappole; d) soglie di intervento.

Sono stati messi a punto diversi programmi di calcolo e algoritmi di tipo numerico per la soluzione dei problemi descritti.

Parallelamente alle ricerche riferite, altre sono state condotte su: influenza dei parametri temperatura, umidità relativa e fotoperiodo nei confronti dello sviluppo e del comportamento dei diversi stadi (19,44,51); variabilità del numero delle uova contenute dalle femmine (10); metodologie di campionamento per la valutazione dell'infestazione (16,53,54); simbiosi batteriche (29).

### 3. SAISSETIA OLEAE (OLIV.)

Le indagini relative alla cocciniglia hanno riguardato soprattutto i

seguenti aspetti:

- epidemiologia e ciclo biologico nelle aree olivicole della Toscana e dell'Umbria;
- incidenza di alcuni fattori abiotici sulla mortalità;
- ripartizione spaziale della popolazione nell'ambito della chioma e metodi di campionamento;
- entomofagi associati alla cocciniglia in Toscana.

### 3.1 Epidemiologia e ciclo biologico nelle aree olivicole della Toscana e dell'Umbria.

Si sono condotte indagini preliminari sulla distribuzione nel tempo e nello spazio delle infestazioni di S. oleae per alcune delle principali aree olivicole delle due regioni. Si è potuto appurare che, in linea generale, le infestazioni presentano una durata variabile, in funzione soprattutto del succedersi degli inverni miti e umidi.

Per una delimitazione del territorio in funzione della frequenza del rischio di infestazione (permanente, medio, modesto, praticamente nullo) è stato avviato uno studio dell'influenza di alcuni caratteri demografici (condizioni mesoclimatiche e microclimatiche, edafiche, agronomico-colturali) sulla dinamica di popolazione.

Il ciclo biologico e la struttura di popolazione nel tempo sono stati esaminati, mediante campionamenti mensili o stagionali, in diversi ambienti olivicoli (Firenze, Pisa, Grosseto, Perugia, Terni). Come nella maggior parte delle aree mediterranee, la specie svolge su olivo un'unica generazione l'anno. Generalmente la popolazione svernante è costituita da neanidi di II e III età e da femmine giovani in proporzioni tra loro diverse a seconda del luogo e dell'anno. La massima densità demografica si ha in agosto quando la popolazione è rappresentata per il 70-90% da neanidi di I età della nuova generazione. In alcuni biotopi si è però potuto constatare un ciclo sensibilmente più rapido, con alta percentuale di femmine ovodeponenti anche in inverno, le cui cause non sono state ancora del tutto chiarite.

Una serie di dati sull'argomento sono in corso di elaborazione per essere presentati in una prossima pubblicazione.

### 3.2 Incidenza di alcuni fattori climatici sulla mortalità.

La dinamica di popolazione della cocciniglia è regolata da numerosi fattori tra i quali un'importanza senza dubbio particolare presentano quelli meteorologici.

In una prima ricerca condotta negli anni 1978-79 su piante della cv Mo raiolo di un oliveto ubicato nei dintorni di Perugia, sono state prese in considerazione temperatura, U.R. e precipitazioni (47). La popolazione coccidica è stata rilevata su campioni bisettimanali costituiti da 4 rametti di 10 cm e 24 foglie (6 per rametto: 2 apicali, 2 mediane, 2 basali) per pianta. L'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante l'uso del package statistico GLIM, impiegando un modello di regressione logistico con distribuzione binomiale. Dai risultati è emerso che temperature inferiori a  $-3^{\circ}\text{C}$  inducono una mortalità superiore al 90% e temperature di  $30^{\circ}\text{C}$  eliminano l'80% delle neanidi. Valori termici ideali per lo sviluppo della cocciniglia sembrano essere compresi fra  $22$  e  $29^{\circ}\text{C}$ . Le variazioni di U.R. sono risulta

te irrilevanti e pertanto non è stato possibile evidenziare gli effetti di tale fattore. Per quanto concerne le precipitazioni, queste possono costituire una causa di mortalità quando superino certi livelli. Con oltre 35 mm di pioggia in 14 giorni sono riscontrabili mortalità dell'ordine del 50% anche se la temperatura è su valori ottimali.

### 3.3 Ripartizione spaziale della popolazione nell'ambito della chioma e metodi di campionamento.

La conoscenza del modo in cui la popolazione si distribuisce sulla chioma costituisce un presupposto fondamentale per la ricerca di metodi di campionamento che siano al tempo stesso validi e semplici.

Un'indagine preliminare relativa alla distribuzione della cocciniglia sulla chioma di piante della cv Moraiolo è stata svolta nel contesto del lavoro precedentemente citato (47). È stato possibile appurare che per le neanidi di III età e le forme adulte i rametti esposti a Nord presentano le minori densità. Nell'ambito della vegetazione della stessa età, la popolazione coccidica è risultata in modo significativo sempre più numerosa sulle foglie basali del rametto che su quelle apicali. Per quanto riguarda il rapporto fra popolazione presente sulle foglie e popolazione dislocata sul corrispondente rametto, è stato rilevato che una forte correlazione esiste solo per le neanidi di II età e che la proporzione degli individui presenti sul rametto aumenta al crescere dell'età delle cocciniglie.

A partire dal 1982 una serie di indagini sull'argomento sono state condotte in un oliveto della zona di Follonica. Un primo studio (in corso di stesura) di dati relativi alla distribuzione degli adulti in giugno su piante della cv Frantoio ha fornito i seguenti risultati:

- a) oltre l'80% della popolazione presente sul ramo si trova sulla vegetazione di età inferiore ai due anni e in prossimità dei nodi;
- b) sul rametto di uno e due anni la popolazione è leggermente più addensata nella zona apicale, mentre sul germoglio essa è prevalentemente concentrata nella zona basale;
- c) la ripartizione della popolazione tra foglie e relativo rametto è in rapporto con la densità fogliare e varia a favore delle foglie al crescere della densità di queste almeno fino a una foglia per centimetro di rametto;
- d) nell'ambito dei rametti di un anno e dei relativi germogli, il numero di individui cresce rapidamente e in modo significativo con la lunghezza del supporto;
- e) la variabilità fra le piante costituisce in genere una componente relativamente modesta della varianza complessiva, mentre alquanto elevata è la variabilità fra i rametti di una stessa pianta; da ciò appare evidente che per contenere la varianza della stima della densità di popolazione conviene aumentare il numero di entità campionate per pianta piuttosto che il numero delle piante.

### 3.4 Entomofagi associati alla cocciniglia in Toscana.

Le indagini condotte in questi ultimi anni (4) hanno permesso di appurare che anche in Toscana, come in molte altre regioni del bacino del Mediterraneo, il complesso degli entomofagi indigeni associati alla S. oleae è

piuttosto scarso e principalmente costituito da: Chrysoperla carnea (Steph.) (Chrysopidae), Exochomus quadripustulatus (L.), Chilocorus bipustulatus (L.) (Coccinellidae), Coccidiphaga scitula Rbr. (Noctuidae), Scutellista cyanea Motsch. (Pteromalidae), Metaphicus flavus (How.) (Encyrtidae), Coccophagus lycimnia (Comp.) (Aphelinidae). Fra questi, quelli che svolgono un'attività considerevole nei confronti della cocciniglia sono soprattutto E. quadripustulatus, C. bipustulatus e S. cyanea. E' strano che a fianco di quest'ultima specie non sia mai stata rinvenuta Moranila californica (How.) (Pteromalidae) che, segnalata in Val d'Aosta, Campania e Sardegna, è presumibilmente presente in tutta Italia.

In anni relativamente recenti, al gruppo degli entomofagi indigeni si è aggiunto l'endoparassita gregario Metaphicus lounsburyi (How.), probabilmente diffusosi naturalmente dalle zone dell'Italia meridionale dove potrebbe essersi introdotto accidentalmente. L'attività di questo Encyrtide sembra essere limitata dalle condizioni climatiche della regione e dal fatto che le femmine mature, costituenti le forme ospiti principali, sono generalmente presenti solo in un ristretto periodo dell'anno (maggio-agosto). Le percentuali medie di parassitizzazione riscontrate per M. lounsburyi sono risultate nei casi migliori (oliveti della zona litoranea centro-meridionale non sottoposti a trattamenti insetticidi) dell'ordine del 10%.

Per potenziare il controllo biologico della Saissetia oleae, a partire dal 1980 sono stati introdotti e diffusi M. helvolus (Comp.) e M. bartletti Ann. et Mynh.. Per entrambi si è potuto constatare l'acclimatazione, anche se M. bartletti ha mostrato almeno per ora una capacità di moltiplicazione e di dispersione notevolmente inferiore al M. helvolus, per il quale si possono oggi facilmente osservare in oliveti di diverse zone percentuali di cocciniglie parassitizzate dell'ordine del 20%.

Come parassiti secondari si sono riscontrati Eupelmus urozonus Dalm. (Eupelmidae) su S. cyanea, Marietta picta André (Aphelinidae) su M. lounsburyi e Homalotylus sp. (Encyrtidae) su E. quadripustulatus.

#### 4. PRAYS OLEAE BERN.

Per quanto riguarda lo studio del comportamento di Prays oleae Bern. in alcune zone olivicole della Toscana, nel 1980 per prima cosa si è inteso provare l'efficacia delle trappole a feromoni (allora di recente identificato e sintetizzato) nella stima delle popolazioni presenti in natura. Le indagini sono state condotte in due aree olivicole, una nei dintorni di Firenze e l'altra in provincia di Grosseto (37).

Nel primo dei campi sperimentali si è seguito l'andamento degli sfarfallamenti nelle tre generazioni che si susseguono nell'arco dell'anno, per mezzo di 5 trappole di tipo Farmoplant. Contemporaneamente si è rilevato il numero di uova su campioni di fiori, frutti e foglie, prelevati da 40 piante delle cv Moraiolo e Frantoio. L'analisi statistica ha evidenziato l'esistenza di una relazione tra il numero medio di maschi catturati e il livello di infestazione, inteso come percentuali di organi vegetali con uova nelle tre diverse generazioni (36).

Ugualmente significativa è risultata la correlazione tra il numero medio di maschi catturati in trappole di tipo Delta e l'infestazione dei frut

ti (sempre espressa come percentuale di olive con uova di Prays) riscontrata nel secondo oliveto, dove l'indagine è stata limitata alla generazione carpofaga. In quest'ultimo campo si è inoltre provata l'efficacia di trappole contenenti insieme all'attrattivo per la tignola un attrattivo per Dacus oleae (Gmel.). Tali trappole non hanno mostrato differenza significativa nella capacità di cattura dei maschi di Prays (38).

Sempre nel 1980 si è analizzato il diverso livello di infestazione nelle quattro porzioni di chioma diversamente orientati; solo nella generazione antofaga si è dimostrata significativamente più alta la percentuale di infestazione dei campioni prelevati a Sud; nelle altre generazioni invece si è visto che l'attacco è ugualmente distribuito in tutta la chioma.

I risultati ottenuti dimostrano dunque che le catture nelle trappole a feromone permettono di prevedere la quantità delle uova deposte da P. oleae. Comunque una molteplicità di fattori può influire sullo sviluppo di queste uova e quindi si può verificare un danno diverso da quello presumibile sulla base dell'infestazione relativa agli organi vegetali interessati dall'ovodeposizione. Per questo, a partire dal 1981, si è voluto considerare il danno effettivo causato su fiori e frutti da popolazioni di P. oleae rilevate sia con le trappole a feromone, sia tramite campionamenti di organi infestati (39).

Questa indagine, condotta in provincia di Pistoia, a Larciano, nella zona di Montalbano, dove si ritiene che l'attività della tignola determini perdite di produzione sensibili, è comunque tuttora in corso.

Solo nel 1981, oltre che in questo oliveto, si sono svolte alcune ricerche in un altro campo sperimentale, a Vinci (in provincia di Firenze, ma sempre, tuttavia, nella medesima area geografica). Tale studio aveva soprattutto lo scopo di individuare le dimensioni del campione di organi vegetali da esaminare la cui infestazione deve essere rappresentativa di quella rilevata su tutta la pianta. Si è in effetti dimostrato che l'esame di 4 rametti per pianta può indicare in maniera soddisfacente l'infestazione di tutta la chioma, anche quando questa è così modesta da interessare appena lo 0,64% dei frutti controllati.

Nell'oliveto sperimentale di Larciano, su alcuni rametti, individuati ad altezza media della chioma di 20 piante delle cv Moraiolo e Frantoio, si è accertata la quantità di fiori e frutti danneggiati dalle larve antofaghe e carpofaghe. Inoltre è stata calcolata la perdita in peso di prodotto attribuibile al Prays nelle stesse piante.

Nel 1981 risultavano danneggiati dal lepidottero il 5,88% dei fiori esaminati nei campioni di rametti controllati sulla chioma, mentre la percentuale di fiori con uova schiuse (stimata tramite il controllo di grappoli fiorali prelevati dalle stesse piante) era pari al 3,28%. Sugli stessi rametti nella generazione carpofaga risultava caduto per l'attacco di Prays l'1,35% delle drupe allegate. L'infestazione riferita al numero di frutticini con uova schiuse (in campioni raccolti sulle stesse piante nella prima decade di luglio) era uguale al 17%.

Il danno riscontrato sui frutti analizzati sulla chioma è apparso strettamente correlato alla perdita rilevata su tutta la pianta. Mediamente sulle 20 piante tale perdita è stata del 2,27% del raccolto, pari in media a 18,22 kg.

Nel 1982, quando la percentuale di fiori con uova schiuse era del 5,03%



sono risultati attaccati dalla tignola il 9,50% dei fiori esaminati sempre su 20 piante. Dopo l'allegagione sul 15,02% dei frutti erano presenti uova schiuse, tuttavia solo il 3,40% delle olive esaminate è caduto per l'attacco di Prays. La perdita in peso in questo secondo anno, caratterizzato da una scarsissima produzione (2,17 kg di olive per pianta), è stata del 13,01%.

I dati del 1983 sono ancora in corso di elaborazione, tanto più che non è ancora stata ultimata la raccolta. Comunque l'infestazione sui bottoni fiorali e sui frutticini si è presentata circa dello stesso livello del precedente anno (il 5,02% dei fiori e il 14,60% dei frutti presentavano uova schiuse).

Dai risultati finora conseguiti si può intanto concludere che, per lo meno nei nostri ambienti e negli anni considerati, le perdite dovute a Prays oleae non sono tali da giustificare interventi di controllo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. ANDRICH G., PISANELLI A., FIORENTINI R., BELCARI A., QUAGLIA F. (in press) Influenza dell'infestazione dacica sulla composizione delle olive e sulle caratteristiche degli oli di estrazione. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
2. ARGENTESI F., CAVALLORO R., DI COLA G. (1983). A new theoretical approach to the control and management of fruit-fly systems. Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982. Eds. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 297-306.
3. ARGENTESI F., CAVALLORO R., DI COLA G. (1983). Populations' dynamics parameter estimation in fruit-flies pest systems. Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 307-314.
4. BAGNOLI B. (1983). Insectes Entomphages de Saissetia oleae (Oliv.) sur l'Olivier en Toscane. in Entomophagous insects and biotechnologies against olive pests. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8647EN-FR, 7-14.
5. BAGNOLI B., BALLATORI E., BELCARI A., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. (in press) Analisi delle catture di adulti di Dacus oleae (Gmel.) ottenute con trappole cromotropiche. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
6. BAGNOLI B., BELCARI A., GHILARDI G., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. (1982). Osservazioni sulle catture di femmine di Dacus oleae (Gmel.) a mezzo di cartelle cromotropiche e sull'andamento dell'infestazione. Ann. Ist. Sper. Zoologia Agraria, VII, 93-103.
7. BAGNOLI B., BELCARI A., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C., SALVI F. (1982). Sulla convenienza economica di trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del Dacus oleae (Gmel.). Redia, LXV, 425-436.
8. BAGNOLI B., GHILARDI G., PUCCI C., SALVI F. (in press) Sulla convenienza economica di trattamenti larvicidi e adulticidi contro il Dacus oleae (Gmel.). Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
9. BALLATORI E., PUCCI C., RICCI C. (1980). Relation entre l'infestation des olives et les captures d'adultes de Dacus oleae (Gmel.) par pièges chromotropiques. Redia, LXIII, 417-439.

10. BALLATORI E., RICCI C., TIRIMBELLI D. (1982). Analisi della variabilità del numero delle uova contenute nelle vie genitali delle femmine del Dacus oleae (Gmel.) catturate con cartelle cromotropiche. *Frustula Entomologica*, n.s., IV, 133-142.
11. BELCARI A., LOI G., PAPANATTI B., RASPI A., BAGNOLI B. (1980). Indagini preliminari condotte negli anni 1977-79 in differenti aree olivicole della Toscana sullo sviluppo del Dacus oleae (Gmel.). European Cooperative Network on Olives. Sub-Network on Olive Protection. Tunisi 24-28 marzo 1980.
12. CALVI PARISETTI C. (in press) Un approccio probabilistico nell'analisi dei fattori di regolazione in alcune popolazioni di insetti. XII Congresso Unione matematica Italiana. Perugia 1-7 settembre 1983.
13. CALVI PARISETTI C. (in press) A Bayesian Approach in the Estimation of the Abundance of an Insect Population. C.E.C. Expert Group Meeting on "Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control". Parma 26-28 ottobre 1983.
14. CAVALLORO R., DI COLA G. (1981). Alcuni metodi matematici nel controllo di una popolazione di Ceratitis capitata Wied. in Standardizzazione di metodologie biotecniche nella lotta integrata in agrumicoltura. Ed. R. Cavalloro and R. Prota, G. Gallizzi Publ., Sassari, EUR 7342EN-FR-IT, 127-146.
15. CAVALLORO R., DI COLA G. (1982). Un metodo di simulazione matematica nel controllo di una popolazione di Dacus oleae (Gmel.). *Redia*, LXV, 1-18.
16. CHESI F., QUAGLIA F. (1982). Ricerche sulle metodologie di campionamento per la valutazione dell'infestazione dacica. Confronto delle varianze in un campione ampio ed in uno ridotto. Studi preliminari in due anni di sperimentazione condotti ad Asciano, Pisa (1980-1981). *Frustula Entomologica*, n.s., V, 111-116.
17. CHESI F., SANDI C. (1982). Ricerca delle variabili influenzanti la probabilità di infestazione delle olive da Dacus oleae (Gmel.). Esame preliminare di due anni di sperimentazione in Toscana (Asciano, 1980 e 1981). *Frustula Entomologica*, n.s., V, 117-132.
18. CROVETTI A., QUAGLIA F., MALFATTI P., CONTI B. (1983). Research on different methods for the evaluation of the level of olive-fruit fly infestation. Results obtained in the experiments carried out in Tuscany in biennium 1980-1981. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 Nov. 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 330-338.
19. CROVETTI A., QUAGLIA F., LOI G., ROSSI E., MALFATTI P., CHESI F., CONTI B., BELCARI A., RASPI A., PAPANATTI B. (1982). Influenza di temperatura e umidità sullo sviluppo degli stadi preimmaginali di Dacus oleae (Gmel.). *Frustula Entomologica*, n.s., V, 133-166.
20. DI COLA G., CAVALLORO R., BRIGHETTI S. (1981). Un modello matematico per il controllo di una popolazione di insetti polivoltini in un ecosistema agricolo. in *Ecologia*. Atti del I Convegno Nazionale della SITE. Salsomaggiore Terme 21-24 ottobre 1980, 229-235.

21. DI COLA G., SEATZU S. (1981). Identificazione di alcuni modelli ecologici mediante l'uso di funzioni regolarizzanti. in Ecologia. Atti del I Congresso Nazionale della SITE. Salsomaggiore Terme 21-24 ottobre 1980, 237-242.
22. DI COLA G., SEATZU S. (in press) Numerical parameter estimation and optimal control in population dynamics. C.E.C. Expert Group Meeting on "Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control". Parma 26-28 ottobre 1983.
23. DI COLA G., SEATZU S. (in press) Identificazione numerica di parametri in equazioni differenziali. XII Congresso dell'UMI. Perugia 1-7 settembre 1983.
24. FIORI G., PUCCI C., BALLATORI E. (1983). Recherche d'une date optimale pour la récolte des olives pendant une année au taux d'infestation élevé du Dacus oleae. Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 Nov. 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 620-627.
25. FIORI G., PUCCI C., RICCI C. (1980). Definizione della soglia economica per interventi contro gli stadi preimmaginali di Dacus oleae (Gmel.) in Umbria. La difesa delle piante, 4, 249-256.
26. FIORI G., RICCI C., BALLATORI E. (1983). Preliminary evaluation of the use of a combined 'Prokoboll' sex pheromone traps for Dacus oleae (Gmel.). Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 Nov. 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 473-482.
27. GIROLAMI V. (1979). Studi biologici e demoeologici sul Dacus oleae (Gmel.). 1. Influenza dei fattori ambientali abiotici sull'adulto e sugli stadi preimmaginali. Redia, LXII, 147-149.
28. GIROLAMI V. (1982). Olive chemical compounds influencing fecundity of Dacus oleae. Proc. 5th Symp. Int. Insect-Plant Relationships. Wageningen, 381-382.
29. GIROLAMI V. (1983). Fruit fly symbiosis and adult survival: general aspects. Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 Nov. 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 74-76.
30. GIROLAMI V., CORSINI M., PRAVISANI L. (1979). Sostanze inibitrici dell'ovideposizione del Dacus oleae (Gmelin). Atti incontro sul Dacus oleae (Gmel.). Perugia 21 giugno 1979. Notiziario Malattie delle Piante n.100, 335-338.
31. GIROLAMI V., STRAPAZZON A. (1982). Attrattività della pianta ospite, stimolazione e regolazione della fecondità in Dacus oleae (Gmelin). Frustula Entomologica, 4, 247-255.
32. GIROLAMI V., STRAPAZZON A., DE GERLONI P.F. (1982). Stimulants de ponte de Dacus oleae (Gmelin). Atti riunione "Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oléiculture". Antibes 4-6 novembre 1981, 1-13.
33. GIROLAMI V., STRAPAZZON A., DE GERLONI P.F. (1983). Insect/plant relationships in olive flies: general aspects and new findings. Proc. CEC/IOBC. Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre

1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364EN, 258-267.
34. GIROLAMI V., VIANELLO A., STRAPAZZON A., RAGAZZI E., VERONESE G. (in press). Ovipositional deterrents in Dacus oleae. Ent. exp. & appl. 29, 177-188.
  35. MONTEDORO G., GAROFOLO L., SENSIDONI A. (1983). Infestazione di olive da Dacus oleae e caratteristiche qualitative degli oli vergini. Meeting "Integrated Control in Olive Groves." Firenze 11-13 ottobre 1983.
  36. NICCOLI A., TIBERI R. (1981). Relazione fra catture di adulti di Prays oleae Bern. in trappole sessuali e infestazione. Redia, LXIV, 337-348.
  37. NICCOLI A., TIBERI R. (1982). Indagine sull'andamento dell'infestazione di Prays oleae Bern. in relazione alla cattura di adulti con trappole a feromoni in ambienti olivicoli della Toscana. In Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oléiculture. Actes de la Réunion du Groupe d'experts C.C.E. Antibes 4-6 novembre 1981, 215-223.
  38. NICCOLI A., TIBERI R. (1982). Osservazioni sull'attività biologica di attrattivi sessuali per Dacus oleae (Gmel.) e Prays oleae Bern. Relazione fra catture e infestazione. Redia, LXV; 407-423.
  39. NICCOLI A., TIBERI R. (in press) Valutazione delle perdite causate da Prays oleae nell'entroterra toscano. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
  40. PUCCI C., BALLATORI E., FORCINA A. (1979). Soglia economica di intervento per trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del Dacus oleae (Gmel.). Notiziario sulle Malattie delle Piante n. 100, 121-161.
  41. PUCCI C., BALLATORI E., TIRIMBELLI D., AMBROSI G. (1982). Ottimizzazione della data di raccolta delle olive in annate di alta infestazione dacica. Frustula Entomologica, n.s., V, 3-30.
  42. PUCCI C., DOMINICI M. (1982). Verifica delle soglie economiche di intervento per trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del Dacus oleae (Gmel.) e data ottimale di raccolta. Frustula Entomologica, n.s., V, 73-90.
  43. PUCCI C., FORCINA A. (1982). Dinamica di popolazione degli stadi preimmaginali del Dacus oleae (Gmel.) nelle drupe. Frustula Entomologica, n.s., IV, 3-43.
  44. PUCCI C., FORCINA A., SALMISTRARO D. (1982). Incidenza della temperatura sulla mortalità degli stadi preimmaginali, sull'impupamento all'interno delle drupe e sull'attività dei parassiti del Dacus oleae (Gmel.). Frustula Entomologica, n.s., IV, 143-155.
  45. PUCCI C., RICCI C., BAGNOLI B., BELCARI A., CICCHITELLI G., MONTANARI G.E., NICCOLI A., QUAGLIA F. (in press) Infestazione dacica nei diversi settori di chioma e nella cascola. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
  46. PUCCI C., RICCI C., BOZZA P., TIRIMBELLI D., FORCINA A., AMBROSI G., QUAGLIA F., RASPI A., BELCARI A., PAPA RATTI B., BAGNOLI B., NICCOLI A. (1982). Effetto dell'infestazione dacica sulla resa e sulle caratteristiche qualitative dell'olio. Ricerche condotte nel 1979 nella Toscana centro-meridionale. Frustula Entomologica, n.s., II, 183-195.

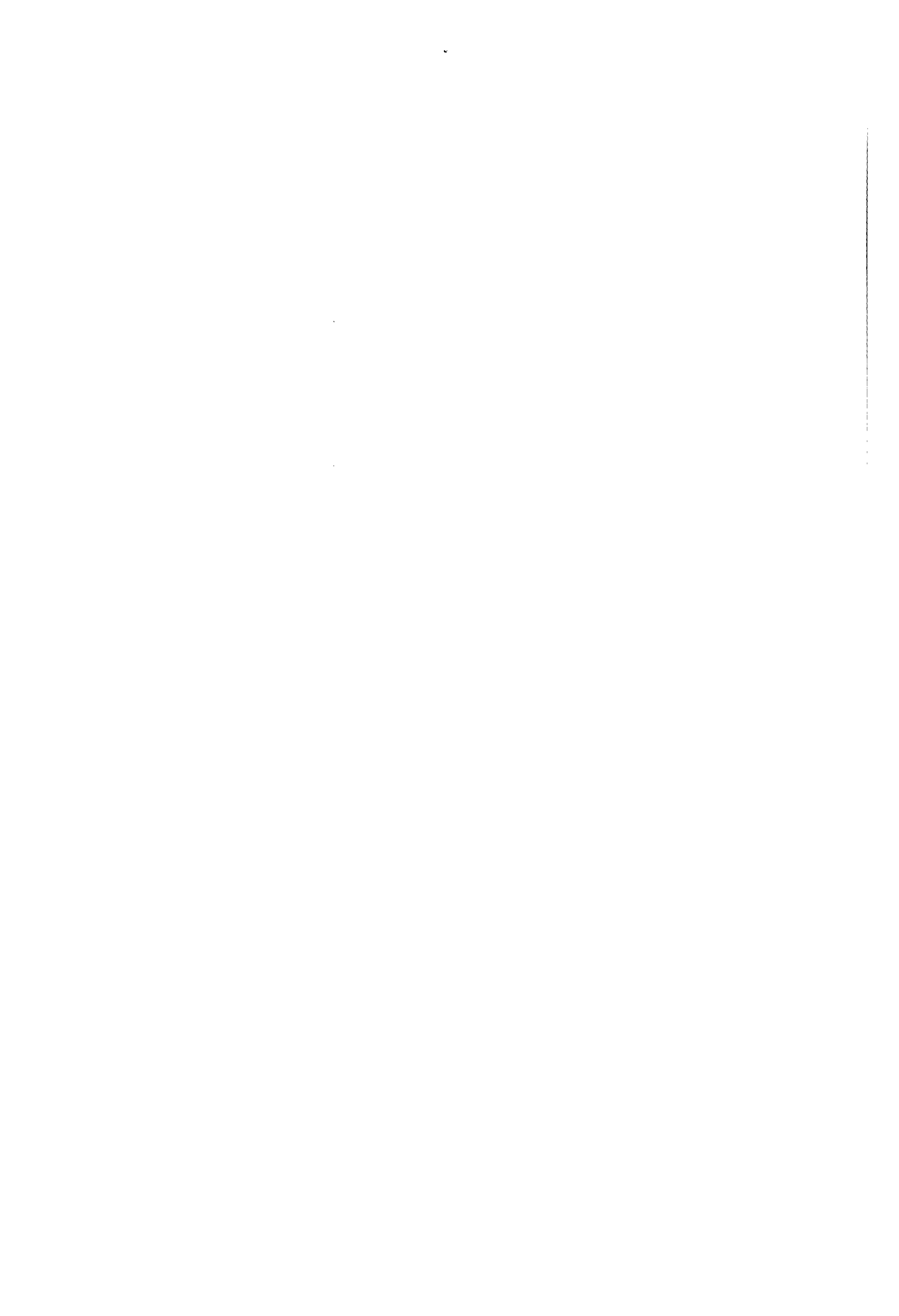
47. PUCCI C., SALMISTRARO D., FORCINA A., MONTANARI G. (1982). Incidenza dei fattori abiotici sulla mortalità della Saissetia oleae (Oliv.). Redia, LXV, 355-366.
48. QUAGLIA F., BELCARI A., CHESI F., NICCOLI A., PUCCI C., RICCI C., BAGNOLI B. (in press) Relazione tra dimensione delle drupe e infestazione dacica. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
49. QUAGLIA F., MALFATTI P., PAPANATTI B. (1982). Confronto dell'efficacia di mezzi diversi per il monitoraggio degli adulti di Dacus oleae (Gmelin). Frustula Entomologica, n.s., IV, 343-356.
50. RASPI A. (1982). Considerazioni preliminari sulla cattura di entomofauna utile mediante l'impiego di trappole chemiocromotropiche nell'oliveto. Frustula Entomologica, n.s., V, 103-109.
51. RICCI C., FORCINA A., PITZALIS M. (1982). Ritmo di fuoriuscita delle larve mature di Dacus oleae (Gmel.) dalle olive. Frustula Entomologica, n.s., IV, 157-180.
52. RICCI C., PUCCI C., BAGNOLI B., BALLATORI E., BELCARI A., NICCOLI A., QUAGLIA F. (in press) Catture di adulti di Dacus oleae (Gmel.) con trappole cromotropiche e infestazione delle olive. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983.
53. SANDI C. (1982). Modelli matematici per il riconoscimento e la valutazione di infestazioni daciche. Frustula Entomologica, n.s., IV, 211-221.
54. SANDI C. (1982). Sugli errori di stima di infestazione. Frustula Entomologica, n.s., V, 167-171.
55. VIANELLO A., DE GERLONI P.F., RAGAZZI E., GIROLAMI V. (1982). Indagine sul contenuto fenolico delle olive nel corso della maturazione. Frustula Entomologica, n.s., IV, 257-265.

### Publications - Contract No. I-0732

- GIROLAMI V. (1979) Studi biologici e demoeologici sul Dacus oleae (Gmel.). 1. Influenza dei fattori ambientali abiotici sull'adulto e sugli stadi preimmaginali. Redia, LXII, 147-149
- GIROLAMI V., CORSINI M., PRAVISANI L. (1979) Sostanze inibitrici dell'ovideposizione del Dacus oleae (Gmelin). Atti incontro sul Dacus oleae (Gmel.). Perugia, 21 giugno 1979. Notiziario Malattie delle Piante 100, 335-338
- PUCCI C., BALLATORI E., FORCINA A. (1979) Soglia economica di intervento per trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del Dacus oleae (Gmel.). Notiziario sulle Malattie delle Piante 100, 121-161
- BALLATORI E., PUCCI C., RICCI C. (1980) Relation entre l'infestation des olives et les captures d'adultes de Dacus oleae (Gmel.) par pièges chromatropiques. Redia, LXIII, 417-439
- BELCARI A., LOI G., PAPANATTI B., RASPI A., BAGNOLI B. (1980) Indagini preliminari condotte negli anni 1977-1979 in differenti aree olivicole della Toscana sullo sviluppo del Dacus oleae (Gmel.). European Cooperative Network on Olives. Sub-Network on Olive Protection. Tunisi 24-28 marzo 1980
- FIORI G., PUCCI C., RICCI C. (1980) Definizione della soglia economica per interventi contro gli stadi preimmaginali di Dacus oleae (Gmel.) in Umbria. La difesa delle piante, 4, 249-256
- CAVALLORO R., DI COLA G. (1981) Alcuni metodi matematici nel controllo di una popolazione di Ceratitis capitata Wied. In "Standardizzazione di metodologie biotecniche nella lotta integrata in agrumicoltura" San Giuliano (F) - Siniscola (I) 4-6 nov. 1980, Eds. R. Cavalloro and R. Prota, EUR 7342 EN-FR-IT, 127-146
- DI COLA G., CAVALLORO R., BRIGHETTI S. (1981) Un modello matematico per il controllo di una popolazione di insetti polivoltini in un ecosistema agricolo. In Ecologia. Atti del I Convegno Nazionale della SITE. Salsomaggiore Terme, 21-24 ottobre 1980, 229-235
- DI COLA G., SEATZU S. (1981) Identificazione di alcuni modelli ecologici mediante l'uso di funzioni regolarizzanti. In Ecologia. Atti del I Convegno Nazionale della SITE. Salsomaggiore Terme 21-24 ottobre 1980, 237-242
- GIROLAMI V., VIANELLO A., STRAPAZZON A., RAGAZZI E., VERONESE G. (1981) Ovipositional deterrents in Dacus oleae. Ent. exp. & appl. 29, 177-188

- NICCOLI A., TIBERI R. (1981) Relazione fra catture di adulti di *Prays oleae* Bern. in trappole sessuali e infestazione. Redia, LXIV, 337-348
- BAGNOLI B., BELCARI A., GHILARDI G., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. (1982) Osservazioni sulle catture di femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) a mezzo di cartelle cromotropiche e sull'andamento dell'infestazione. Ann. Ist. Sper. Zoologia Agraria, VII, 93-103
- BAGNOLI B., BELCARI A., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C., SALVI F. (1982) Sulla convenienza economica di trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmel.). Redia, LXV, 425-436
- BALLATORI E., RICCI C., TIRIMBELLI D. (1982) Analisi della variabilità del numero delle uova contenute nelle vie genitali delle femmine del *Dacus oleae* (Gmel.) catturate con cartelle cromotropiche. Frustula Entomologica, n.s. IV, 133-142
- CAVALLORO R., DI COLA G. (1982) Un metodo di simulazione matematica nel controllo di una popolazione di *Dacus oleae* (Gmel.). Redia, LXV, 1-18
- CHESI F., QUAGLIA F. (1982) Ricerche sulle metodologie di campionamento per la valutazione dell'infestazione dacica. Confronto delle varianze in un campione ampio ed in uno ridotto. Studi preliminari in due anni di sperimentazione condotti ad Asciano, Pisa (1980-1981). Frustula Entomologica, n.s. V, 111-116
- CHESI F., SANDI C. (1982) Ricerca delle variabili influenzanti la probabilità di infestazione delle olive da *Dacus oleae* (Gmel.). Esame preliminare di due anni di sperimentazione in Toscana (Asciano, 1980 e 1981). Frustula Entomologica, n.s. V, 117-132
- CROVETTI A., QUAGLIA F., LOI G., ROSSI E., MALFATTI P., CHESI F., CONTI B., BELCARI A., RASPI A., PAPARATTI B. (1982) Influenza di temperatura e umidità sullo sviluppo degli stadi preimmaginali di *Dacus oleae* (Gmel.). Frustula Entomologica, n.s. V, 133-166
- GIROLAMI V. (1982) Olive chemical compounds influencing fecundity of *Dacus oleae*. Proc. 5th Symp. Int. Insect-Plant Relationships, Wageningen, 381-382
- GIROLAMI V., STRAPAZZON A. (1982) Attrattività della pianta ospite, stimolazione e regolazione della fecondità in *Dacus oleae* (Gmelin). Frustula Entomologica, 4, 247-255
- GIROLAMI V., STRAPAZZON A., DE GERLONI P.F. (1982) Stimulants de ponte de *Dacus oleae* (Gmelin). In Atti riunione "Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture". Antibes 4-6 novembre 1981, 1-13
- NICCOLI A., TIBERI R. (1982) Indagine sull'andamento dell'infestazione di *Prays oleae* Bern. in relazione alla cattura di adulti con trappole a feromoni in ambienti olivicoli della Toscana. In Atti riunione "Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture". Antibes 4-6 novembre 1981, 215-223
- NICCOLI A., TIBERI R. (1982) Osservazioni sull'attività biologica di attrattivi sessuali per *Dacus oleae* (Gmel.) e *Prays oleae* Bern. Relazione fra catture e infestazione. Redia, LXV, 407-423
- PUCCI C., BALLATORI E., TIRIMBELLI D., AMBROSI G. (1982) Ottimizzazione della data di raccolta delle olive in annate di alta infestazione dacica. Frustula Entomologica, n.s. V, 3-30
- PUCCI C., DOMINICI M. (1982) Verifica delle soglie economiche di intervento per trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmel.) e data ottimale di raccolta. Frustula Entomologica, n.s. V, 73-90
- PUCCI C., FORCINA A. (1982) Dinamica di popolazione degli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmel.) nelle drupe. Frustula Entomologica, n.s. IV, 3-43
- PUCCI C., FORCINA A., SALMISTRARO D. (1982) Incidenza della temperatura sulla mortalità degli stadi preimmaginali, sull'impupamento all'interno delle drupe e sull'attività dei parassiti del *Dacus oleae* (Gmel.). Frustula Entomologica, n.s. IV, 143-155
- PUCCI C., RICCI C., BOZZA P., TIRIMBELLI D., FORCINA A., AMBROSI G., QUAGLIA F., RASPI A., BELCARI A., PAPARATTI B., BAGNOLI B., NICCOLI A. (1982) Effetto dell'infestazione dacica sulla resa e sulle caratteristiche qualitative dell'olio. Ricerche condotte nel 1979 nella Toscana centro-meridionale. Frustula Entomologica, n.s. II, 183-195
- PUCCI C., SALMISTRARO D., FORCINA A., MONTANARI G. (1982) Incidenza dei fattori abiotici sulla mortalità della *Saissetia oleae* (Oliv.). Redia, LXV, 355-366
- QUAGLIA F., MALFATTI P., PAPARATTI B. (1982) Confronto dell'efficacia di mezzi diversi per il monitoraggio degli adulti di *Dacus oleae* (Gmelin). Frustula Entomologica, n.s. IV, 343-356
- RASPI A. (1982) Considerazioni preliminari sulla cattura di entomofauna utile mediante l'impiego di trappole chemiocromotropiche nell'oliveto. Frustula Entomologica, n.s. V, 103-109
- RICCI C., FORCINA A., PIZALIS M. (1982) Ritmo di fuoriuscita delle larve mature di *Dacus oleae* (Gmel.) dalle olive. Frustula Entomologica, n.s. IV, 157-180
- SANDI C. (1982) Modelli matematici per il riconoscimento e la valutazione di infestazioni daciche. Frustula Entomologica, n.s. IV, 211-221
- SANDI C. (1982) Sugli errori di stima di infestazione. Frustula Entomologica, n.s. V, 167-171
- VIANELLO A., DE GERLONI P.F., RAGAZZI E., GIROLAMI V. (1982) Indagine sul contenuto fenolico delle olive nel corso della maturazione. Frustula Entomologica, n.s. IV, 257-265
- ARGENTESI F., CAVALLORO R., DI COLA G. (1983) A new theoretical approach to the control and management of fruit-fly systems. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 297-306
- ARGENTESI F., CAVALLORO R., DI COLA G. (1983) Populations' dynamics parameter estimation in fruit-flies pest systems. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 307-314
- BAGNOLI B. (1983) Insectes Entomophages de *Saissetia oleae* (Oliv.) sur l'Olivier en Toscane. In Entomophagous insects and biotechnologies against olive pests. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, C.E.C. Pubbl., EUR 8647 EN-FR, 7-14

- CROVETTI A., QUAGLIA F., MALFATTI P., CONTI B. (1983) Research on different methods for the evaluation of the level of olive-fruit fly infestation. Results obtained in the experiments carried out in Tuscany in biennium 1980-1981. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 330-338
- FIORI G., PUCCI C., BALLATORI E. (1983) Recherche d'une date optimale pour le récolte des olives pendant une année au taux d'infestation élevé du *Dacus oleae*. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 620-627
- FIORI G., RICCI C., BALLATORI E. (1983) Preliminary evaluation of the use of a combined "Prokoboll" sex pheromone traps for *Dacus oleae* (Gmel.). Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 473-482
- GIROLAMI V. (1983) Fruit fly symbiosis and adult survival: general aspects. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 74-76
- GIROLAMI V., STRAPAZZON A., DE GERLONI P.F. (1983) Insect/plant relationships in olive flies: general aspects and new findings. Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Fruit-flies of Economic Importance. Athens 16-19 novembre 1982, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8364 EN, 258-267
- ZOCCHI R. (1983) Project of integrated control in olive-groves. In C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 111-122
- ANDRICH G., PISANELLI A., FIORENTINI R., BELCARI A., QUAGLIA F. "in press" Influenza dell'infestazione dacida sulla composizione delle olive e sulle caratteristiche degli oli di estrazione. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- BAGNOLI B., BALLATORI E., BELCARI A., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. "in press" Analisi delle catture di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) ottenute con trappole cromotropiche. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- BAGNOLI B., GHILARDI G., PUCCI C., SALVI F. "in press" Sulla convenienza economica di trattamenti larvicidi e adulticidi contro il *Dacus oleae* (Gmel.). Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- BALLATORI E., BAGNOLI B., PUCCI C. "in press" Evolution of *Dacus oleae* (Gmel.) infestation on olive canopy. C.E.C. Expert Group Meeting on "Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control". Parma 26-28 ottobre 1983
- CALVI PARISETTI C. "in press" Un approccio probabilistico nell'analisi dei fattori di regolazione in alcune popolazioni di insetti. XII Congresso Unione matematica Italiana. Perugia 1-7 settembre 1983. Acta Naturalia
- CALVI PARISETTI C. "in press" A Bayesian Approach in the Estimation of the Abundance of an Insect Population. C.E.C. Expert Group Meeting on "Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control". Parma 26-28 ottobre 1983
- DI COLA G., SEATZU S. "in press" Numerical parameter estimation and optimal control in population dynamics. C.E.C. Expert Group Meeting on "Statistical and Mathematical Methods in Population Dynamics and Pest Control". Parma 26-28 ottobre 1983
- DI COLA G., SEATZU S. "in press" Identificazione numerica di parametri in equazioni differenziali. XII Congresso dell'UMI. Perugia 1-7 settembre 1983
- FORCINA A., PUCCI C., BAGNOLI B. "in press" Distribuzione di adulti di *Saissetia oleae* (Oliv.) su olivo e relativa metodologia di campionamento. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- MONTEDORO G., GAROFOLO L., SENSIDONI A. "in press" Infestazione di olive da *Dacus oleae* e caratteristiche qualitative degli oli vergini. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- NICCOLI A., TIBERI R. "in press" Valutazione delle perdite causate da *Prays oleae* nell'entroterra toscano. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- PUCCI C., RICCI C., BAGNOLI B., BELCARI A., CICCHITELLI G., MONTANARI G.E., NICCOLI A., QUAGLIA F. "in press" Infestazione dacica nei diversi settori di chioma e nella cascola. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- QUAGLIA F., BELCARI A., CHESI F., NICCOLI A., PUCCI C., RICCI C., BAGNOLI B. "in press" Relazione tra dimensione delle drupe e infestazione dacica. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983
- RICCI C., PUCCI C., BAGNOLI B., BALLATORI E., BELCARI A., NICCOLI A., QUAGLIA F. "in press" Catture di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) con trappole cromotropiche e infestazione delle olive. Meeting "Integrated Control in Olive Groves". Firenze 11-13 ottobre 1983





Part 2

**Integrated and Biological  
Control in Vegetables**



Part 2.a

# **Integrated Control of Cabbage pests**

F - 0703  
D - 0722  
B - 0750  
UK - 0771  
NL - 0791



## Studies for the Elaboration of an Integrated Protection of Cauliflower in the Southeast of France

R. Bues, H.S. Poitout

INRA - Avignon Research Center - Zoology Station, Montfavet (France)

### Summary

The studies on population dynamics of cauliflower pests led to the elaboration of a sampling method, consisting of the survey of 40 cauliflowers per field of 2000 to 4000 m<sup>2</sup> at 3 different dates, 20/8, 5/9 and 20/9. A correlation could also be established between the lay-batches number of M. brassicae and the consecutive damage. The tolerance threshold maximum was noted when 2 lay-batches were observed on 40 plants, for each of the 3 surveys. This corresponded to an average risk of 1 % damage. The sexual trapping of M. brassicae did not show any correlation between the number of captures and the number of lay-batches. The variability of the aestival diapause rate between different populations of M. brassicae showed a correlation between the increase of the diapausing insects ratio, at 25° C LD 18 : 6, and the decrease of latitude. The presence of the character "aestival diapause" within all populations explains the differences of peak trapping periods between the north and the south of France, and more generally the life cycle of the species in Europe.

### ETUDES POUR L'ELABORATION D'UNE PROTECTION INTEGREE DU CHOU FLEUR DANS LE SUD EST DE LA FRANCE

### Résumé

Les études de dynamique des populations des ravageurs sur cultures de choux fleurs ont permis : a) d'élaborer une méthode d'échantillonnage : 40 choux par parcelle de 2000 à 4000 m<sup>2</sup> observés à 3 dates différentes, 20/8, 5 et 20/9. b) d'établir une corrélation entre le nombre de pontes de M. brassicae et les dégâts provoqués. Le seuil maxima de tolérance a été établi à 2 pontes pour 40 choux observés à chacune des 3 dates et correspondant à un risque moyen de 1 % de dégâts. Les études conduites avec le piégeage sexuel pour M. brassicae n'ont pas permis d'établir une corrélation entre le nombre de captures et le nombre de pontes. L'étude de la variabilité du taux de diapause estivale entre populations de M. brassicae montre qu'il existe une corrélation entre l'augmentation du pourcentage d'insectes diapausants à 25° C LD 18 : 6 et la décroissance du degré de latitude. La présence du caractère diapause estivale dans ces populations permet d'expliquer les différences de périodes de fortes captures observées entre le sud et le nord de la France et plus généralement, le cycle évolutif de l'espèce en Europe.

## 1. INTRODUCTION

Il existe en France deux régions principales de production du chou fleur : Bretagne et Provence-Côte d'Azur. L'étude de la dynamique des lépidoptères ravageurs du chou fleur en Bretagne n'a été entreprise que plus récemment. Nous ne traiterons dans cet exposé que des travaux conduits dans le sud est de la France. Dans cette région, la culture du chou fleur est pratiquée en alternance avec la culture de la pomme de terre de primeur.

Les premières attaques d'insectes apparaissent aussitôt le chou mis en place (fin juillet-début août), entraînant un nombre important de traitements, parfois sans rapport avec le risque.

Dans le précédent rapport triennal (1), on a représenté la dynamique dans le sud est de la France des principaux ravageurs, ceux-ci peuvent être classés en trois catégories :

a) Les ravageurs principaux contre lesquels des interventions sont pratiquées chaque année : Mamestra brassicae L. et Brevicoryne brassicae L.

b) Les ravageurs secondaires pour lesquels des interventions spécifiques peuvent être nécessaires : Pieris brassicae L., Plutella xylostella Schr.

c) Les ravageurs occasionnels contre lesquels les interventions sont rares et plutôt pratiquées au niveau de la pépinière : les altises des crucifères (Phyllotreta Sp.), les punaises ornées du chou (Eurydema Sp.) et l'aleurode du chou (Aleurodes proletella L.).

On peut également noter la présence sans réelle incidence économique de quelques autres ravageurs tels que la tenthrède de la rave (Athalia rosae L.) et la piéride de la rave (Pieris rapae L.). En 1978, les populations d'un ravageur souterrain, le charençon ridé (Rhydidoderes plicatus Ol.) se sont brusquement accrues avec pour conséquence une incidence économique importante. Des travaux conduits sur sa biologie ont permis la mise au point d'une méthode de lutte (12).

L'évaluation de l'importance économique de chaque ravageur, notamment des Lépidoptères, nous a conduit à ne prendre en compte, dans un premier temps, que les deux plus importants : la noctuelle du chou et le puceron cendré. Pour ce dernier, la difficulté d'échantillonner joint à des fluctuations rapides des populations sous l'action notamment des conditions climatiques, ne nous a pas permis, jusqu'à maintenant, de fixer un seuil d'intervention. La décision de traiter est prise dès l'apparition des premières colonies. L'emploi conseillé contre M. brassicae de produits également aphicides permet de réduire ou de supprimer les traitements spécifiques contre les pucerons. La mise au point d'une protection intégrée a été donc conçue autour d'un "insecte cible" : la noctuelle du chou.

Depuis 1979, les principaux travaux sur M. brassicae ont été conduits sur trois plans différents : a) échantillonnage, détermination d'un seuil d'intervention et essais de lutte intégrée en cultures commercialisées, b) études sur le piégeage sexuel, c) études de la variabilité inter-populations du caractère diapause estivale.

Ce rapport résume les principaux résultats acquis ; certaines données déjà publiées dans le rapport triennal (dynamique des ravageurs secondaires ou occasionnels) ne seront pas reprises ici.

## 2. ETUDES PRELIMINAIRES ET PREMIERS ESSAIS DE PROTECTION INTEGREE EN CULTURE DE CHOUX FLEURS DANS LE SUD EST DE LA FRANCE

### 2.1. Méthode d'échantillonnage des pontes de M. brassicae

Nous rappelons brièvement la méthode suivie. L'échantillonnage au niveau des pontes a été choisi pour sa simplicité et le délai qu'il permet entre les dates d'observations et de traitements. La répartition des

pontes dans les cultures s'effectue au hasard. Les résultats obtenus ont montré qu'un échantillon de 1 % de choux cultivés représente un échantillon suffisant pour une précision de 15 %. La surface des parcelles varie de 2000 à 4000 m<sup>2</sup> pour une densité moyenne de plantation de 15000 choux par hectare, soit à observer de 30 à 60 choux. Afin de simplifier la comparaison, il a été décidé d'échantillonner au hasard un nombre fixe de 40 choux par parcelle. L'expérimentation a montré qu'un échantillonnage tous les 15 jours était suffisant ; ce résultat est en accord avec les résultats obtenus par THEUNISSEN à Wageningen (11). L'ensemble des résultats présentés ci-après, concernant la dynamique des populations de M. brassicae, ont été obtenus selon cette méthode.

## 2.2. Dynamique des populations de M. brassicae

M. brassicae est en France généralement bivoltine (8). Dans le sud-est de la France, l'espèce n'est nuisible qu'au cours de la 2<sup>ème</sup> génération. Les adultes sont présents dans les cultures au moment de la plantation fin juillet-début août. Toutefois, le jeune plant de chou récemment repiqué est généralement flétri. Un certain nombre de ses feuilles jaunissent et il ne subsiste de vert qu'une faible partie du plant. De ce fait, à quelques rares exceptions, les premières pontes ne sont observées que lorsque la reprise du chou est amorcée, dans la 2<sup>ème</sup> quinzaine d'août. Sur 9 années de relevés (1975 à 1983), les premières pontes ont toujours été observées entre le 11 et le 18 août. La ponte se poursuit ensuite jusqu'à la deuxième quinzaine de septembre, soit environ pendant 6 semaines. La courbe de pontes et la dynamique des différents stades larvaires de M. brassicae est représentée figure 1. En août, les températures élevées réduisent à 4-5 jours la durée d'incubation des pontes. Des chenilles au 1<sup>er</sup> stade sont observées dès la 2<sup>ème</sup> décade d'août. La nymphose a lieu pour la plus grande partie de la population entre le 15 septembre et le 15 octobre. Ici intervient un facteur très important pour ce qui concerne le niveau des dégâts. Les chenilles parvenues aux deux derniers stades de leur développement se réfugient dans le coeur du chou et consomment le feuillage tendre. Toutefois, si la nymphose s'effectue avant la formation de la jeune fleur, le bourgeon floral n'est pas endommagé. Les conditions climatiques, favorables durant cette période, permettent à la plante de reconstituer son feuillage et d'assurer une floraison normale. En définitive, les dégâts sont d'autant plus importants qu'il y a une meilleure coïncidence entre la présence de chenilles aux derniers stades et la floraison du chou.

## 2.3. Détermination du seuil d'intervention

Depuis 1980, compte tenu de la grande stabilité de la période de vol de M. brassicae et des connaissances acquises sur la dynamique des populations larvaires, on a pu obtenir une réduction du nombre d'interventions de 6-7 à seulement 3, en fixant 3 dates moyennes de traitements permettant d'assurer une couverture chimique pendant toute la durée du risque d'attaque par la Noctuelle et le puceron cendré. Par l'intermédiaire du Service d'Avertissements agricoles, nous conseillons un traitement aux environs du 20/8, 5/9 et 20/9. Cette méthode a l'inconvénient de faire pratiquer des interventions uniformément sur toutes les parcelles. Dans le but de parvenir à un "pilotage" au niveau de la parcelle, nous sommes attachés à déterminer un seuil d'intervention basé sur l'échantillonnage des pontes de M. brassicae aux 3 dates retenues.

Sur la figure 2 est représenté la droite de régression entre le nombre total de pontes de M. brassicae, observées chaque semaine sur 40 choux et le pourcentage de choux non commercialisables établi sur 400 à

600 choux. La corrélation a été calculée à partir des résultats ainsi obtenus durant 7 années consécutives. Le calcul du coefficient  $r = 0,82$  est significatif au seuil 5 %. Les contraintes imposées par les agriculteurs ne permettent pas de situer au-dessus de 13 pontes le seuil de tolérance maxima, celui-ci représentant, d'après la figure 2, un potentiel de dégâts de 1 % au lieu des 2 % initialement retenu. Il s'agit là d'un nombre de pontes total observées sur 6 relevés effectués sur 40 choux chaque fois. A partir de ces résultats, on peut imaginer deux programmes différents :

a) on considère que 13 pontes pour 240 choux observés représentent une moyenne de 2 pontes par relevé et l'on fixe à 2 pontes le seuil d'intervention aux 3 dates d'observations (20/8, 5/9 et 20/9).

b) on considère que le risque de dégâts varie selon la date de ponte et l'on applique un seuil d'intervention différent selon la date d'observation.

Dans ce dernier cas, plusieurs expérimentations ont montré l'influence des conditions climatiques, imprévisibles au moment des relevés, sur le développement de l'insecte et de la plante et qui font qu'il y a coïncidence ou non entre les chenilles aux derniers stades et la floraison. La position sur la figure 2 du point représentant pour 1983 la corrélation entre les dégâts et le nombre de pontes montre le rôle joué par des températures automnales élevées. Celles-ci permettent un développement rapide de l'insecte alors que l'induction de la floraison est surtout dépendante des températures basses et de la variété. Pour 1983, on a noté 50 % de choux avec dégâts de *M. brassicae* sur feuilles pour seulement 0,7 % de dégâts sur fleurs. Les choux tardifs récoltés en novembre-décembre ou à plus forte raison les choux hivernants sont donc moins susceptibles d'être atteints. Des études complémentaires permettraient peut être d'établir des seuils d'interventions différents en tenant compte de la variété cultivée autant que de la date d'observation des pontes.

#### 2.4. Premiers essais de protection intégrée

Nos essais ont été conduits selon le programme moyen défini en (a). Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 1 ; la dynamique des populations a été indiquée dans les rapports semestriels. L'examen du tableau montre qu'il est possible, par l'échantillonnage aux trois dates moyennes indiquées, de réduire au dessous de trois le nombre de traitements tout en respectant le seuil de tolérance. Toutefois, au cours de ces expérimentations, nous avons été amenés parfois à modifier le programme de traitement et à constater des limites à son utilisation. En 1981, dans la parcelle traitée avec le virus, 3 traitements au lieu de 2 ont été réalisés, nous avons craint une rémanence insuffisante du produit. Par contre, en 1982, la proximité de la récolte nous a incité à ne pas traiter après l'observation du 20/9. Dans les deux cas, nous avons noté des résultats comparables à ceux obtenus par ailleurs. (2) (3). En 1983, la parcelle de 1600 m<sup>2</sup> a dû être traitée le 21/9 contre les pucerons et la piéride du chou, aucun dégât n'a été observé. Pour la parcelle de 4000 m<sup>2</sup>, une forte mortalité larvaire, liée semble-t-il à l'arrosage par aspersion, nous a fait différer le traitement au 22/9. Nous avons observé des dégâts significatifs sur le feuillage, mais aucun sur la fleur, la nymphose étant intervenue avant la floraison. Pour la parcelle de 3400 m<sup>2</sup>, le traitement du 2/9 avait entièrement contrôlé les populations larvaires présentes mais, une erreur d'échantillonnage à vraisemblablement été commise au cours de l'observation du 22/9 où un traitement aurait dû être décidé.



## 2.5. Perspectives d'application de la lutte intégrée

Les travaux entrepris depuis 1975 ont montré qu'il était possible dans un premier temps d'obtenir une réduction importante du nombre de traitements (de 6-7 à 3) par une bonne connaissance de la dynamique des ravageurs du chou. Par contre, il s'avère beaucoup plus difficile de franchir une étape supplémentaire dans l'aménagement de la lutte par la pratique d'un pilotage au niveau de chaque parcelle. En effet, plusieurs éléments interviennent :

- la pratique de l'échantillonnage suppose que l'on y consacre un temps minimum (1 à 2 heures par parcelle et par échantillonnage selon le stade phénologique du chou) et que l'on ait une connaissance des principaux ravageurs.

- l'existence de plusieurs ravageurs secondaires, qui peut conduire à une intervention spécifique pour l'un ou l'autre et réduit l'intérêt de la méthode.

- le risque d'une décision erronée due à une erreur d'échantillonnage (volume du végétal à contrôler, le hasard de l'échantillonnage).

Ces facteurs rendent difficile la mise en application pratique de la lutte intégrée. Dans la région du sud-est, le prix actuel à l'hectare d'une intervention chimique peut être estimé à environ 1 % du revenu brut moyen à l'hectare d'une culture de choux fleurs. Dans différentes parcelles où nous avons effectué nos essais de protection intégrée, le pourcentage de choux non commercialisés pour des causes autres que phytosanitaires (choux manquants) varie de 1 à 10 % selon les cultures alors que les agriculteurs refusent toute présence de dégâts dus aux insectes. Cette constatation montre les limites de l'impact d'une méthode de lutte intégrée si, parallèlement, celle-ci n'est pas valorisée par une plus-value commerciale (présence d'un Label). C'est vraisemblablement en oeuvrant dans ce sens que l'on pourra promouvoir une stratégie de lutte par ailleurs si nécessaire sur le plan de la protection de la faune auxiliaire.

## 3. ETUDES SUR LE PIEGEAGE SEXUEL DE M. brassicae

La mise au point d'un attractif sexuel de synthèse et les résultats obtenus au niveau du nombre de captures permettaient d'envisager son emploi à deux niveaux : a) comme méthode d'avertissement ; b) comme moyen de quantification des populations adultes. Les études que nous avons entreprises depuis 1978 en relation avec le laboratoire des médiateurs chimiques de Brouessy n'a permis jusqu'à maintenant que de répondre au premier des deux objectifs.

### 3.1. Mise au point du piégeage sexuel

- La formulation utilisée est constituée de 900 µg de Z11 HDA (hexadecenyl acetate) et 100 µg de HDA (hexadecanyl acetate). Sa spécificité n'est pas totale, on capture d'autres espèces en nombre variable selon les périodes et les lieux géographiques : Dicestratrifolii Hfn., Hoplodrina ambigua Schiff., Ochropleura plecta L. et Mythimna unipuncta Haw.

- Au niveau de la rémanence de la capsule chargée, nous avons pu montrer que son efficacité se réduit après deux semaines environ d'utilisation. Si le changement de capsule a lieu après 4 semaines de diffusion, en coïncidence avec une période de vol importante, on obtient alors un pic de captures. Afin de disposer d'un attractif ayant un taux de diffusion sensiblement constant, nous avons réduit à 15 jours la durée d'utilisation des capsules. Nous avons montré en 1983 la possibilité d'utiliser des capsules 10 fois moins dosées, il reste toutefois à préciser leur durée de rémanence et leur rendement.

- Les essais d'évaluation du rendement du piège sexuel par lâchers et captures de mâles marqués ont fait apparaître des taux de captures très variables entre expériences. En 1983, avec deux pièges, dans une parcelle de choux fleurs de 4000 m<sup>2</sup>, nous avons observé que le taux de captures est accru lorsque les mâles marqués sont dispersés sur toute la parcelle (26,7 % de captures sur 105 ♂) par rapport à un lâcher groupé (8,7 % sur 115 ♂).

- Des observations effectuées en 1982 nous ont conduit à expérimenter au cours du 1er vol en avril-mai 1983 différents types de pièges (fig. 3).

a) 2 pièges à eau + détergent constitués l'un d'une bassine avec un croisillon en matière plastique transparente, la capsule est fixée à l'intersection des croisillons, l'autre par une bouteille en matière plastique type bouteille eau minérale.

b) 2 pièges à glu, l'un le témoin constitué du piège INRA (10), l'autre du piège INRA fixé sur une planche engluée de façon à différencier les adultes qui se posent à l'intérieur du piège de ceux qui atterrissent à proximité du piège.

Les 4 pièges étaient disposés à 1 m de haut, 3 répétitions ont été mises en place, les pièges d'une répétition sont isolés de 15 mètres, chaque répétition étant disposée dans une parcelle différente. Les résultats sont donnés dans le tableau 2. La plus grande efficacité des pièges à eau apparaît nettement. Si l'on compare les 2 types de pièges à glu, on constate qu'au total, on capture davantage sur la plateforme qu'à l'intérieur du piège où se trouve la capsule (une seule capture a été observée sur le toit englué du piège INRA). Ce résultat peut dépendre de la forme du piège mais il peut aussi être dû à la composition de l'attractif (composants minoritaires absents, rapport des constituants). Plusieurs facteurs semblent intervenir pour limiter les captures aux pièges à glu :

a) la qualité de la glu qui décroît avec le temps  
b) la surface occupée par les mâles déjà capturés  
c) l'effet répulsif que pourrait avoir la phéromone mâle émise par ceux déjà capturés (9).

d) enfin, un "effet piège" dû peut-être à la forme du piège mais aussi à la concentration en attractif qu'il peut provoquer au niveau de la surface de capture.

Pour des questions de commodités par rapport à une bassine et dans l'attente d'une investigation plus approfondie du point (d), nous avons utilisé au cours de l'expérimentation de l'automne 1983, des bouteilles remplies d'eau. Nous avons pu au cours de cette deuxième expérimentation mettre en évidence un accroissement significatif du nombre de captures lorsque le haut de la bouteille est recouvert d'une couche de peinture blanche protégeant la capsule du rayonnement solaire direct, ceci vraisemblablement en relation avec un allongement de l'efficacité maximum de la capsule. Notons ici que la plus grande efficacité du piège à eau par rapport au piège à glu type INRA a été également vérifiée en 1983 sur deux autres espèces de Noctuelles : Scotia segetum Schiff. et Heliothis armigera Hbn.

### 3.2. Etude de la corrélation nombre de captures-nombre de pontes de M. brassicae

Depuis 1980, nous cherchons à établir une corrélation entre le nombre de captures aux pièges sexuels et le nombre de pontes dans la parcelle. Le dénombrement des pontes représente un travail astreignant qu'il serait intéressant de remplacer par le simple relevé des captures aux 3 dates prédéterminées. Les résultats des 4 années d'expériences sont regroupées figure 4. Notons qu'il y a généralement 2 pièges par par-

celle et que la composition de l'attractif est la même pour les 4 années. Seul le piège a changé, le type INRA utilisé de 1980 à 1982 a été remplacé en 1983 par le piège à eau décrit ci-dessus. On peut observer qu'aucune corrélation n'apparaît quelle que soit l'année. Le nombre de pontes observées est généralement plus important au cours du relevé du 1-6/9 que pour les 2 autres dates. On peut supposer qu'il n'y a pas de rapport constant entre le nombre de mâles et le nombre de femelles présents dans la parcelle. L'attractif est susceptible de drainer les mâles sur la parcelle sans qu'il y ait une liaison avec le nombre de femelles. L'attraction est accrue lorsque la population est basse et que la concurrence avec les femelles sauvages est plus réduite (5). Il est vraisemblable que des pièges du type lumineux ou alimentaires susceptibles de capturer les femelles devraient permettre d'établir un meilleur rapport captures-pontes ; toutefois, leur utilisation pose d'autres problèmes. Par contre le piégeage sexuel reste utile pour détecter le début des vols dans des régions où l'on ne dispose pas d'une courbe de référence établie sur plusieurs années ; il y a une bonne coïncidence entre les premières captures et l'observation des premières pontes. Nous avons nous mêmes utilisé le piégeage sexuel de *M. brassicae* dans différentes régions de France afin de situer les périodes de vols.

#### 4. ETUDE DE LA VARIABILITE INTRA ET INTER-POPULATIONS DU CARACTERE DIAPAUSE ESTIVALE CHEZ *M. brassicae*

La comparaison des courbes de captures aux pièges lumineux et sexuels obtenus dans différentes régions de France ne fait pas apparaître de différences importantes au niveau des périodes de vol. On constate simplement un décalage du maximum de vol de fin août au nord du 45ème parallèle à début septembre dans le sud. Seuls les résultats actuels des pièges situés à Hyères, sur le littoral méditerranéen, permettent de supposer l'existence d'une troisième génération partielle.

Cette variabilité, observée au niveau des périodes de fortes captures, traduit l'existence d'une diapause estivale au stade nymphal. Cette diapause, signalée par plusieurs auteurs (6) (4) (7) a fait l'objet d'une comparaison de plusieurs populations d'origines géographiques très différentes, dans les conditions constantes les plus inductrices de 25° C LD 18 : 6. Les fréquences d'éclosions des adultes des différentes origines ont été figurées dans le rapport triennal. Nous représentons ici seulement (fig. 5) celles de trois origines géographiques (Evora (P), Avignon (F), Wageningen (NL)). Il apparaît trois modes mettant en évidence la différence d'intensité de la diapause estivale pour la population d'Evora qui se traduit dans les conditions naturelles par un allongement du temps qui sépare les deux vols. Les études se poursuivent actuellement afin d'analyser les bases génétiques de cette variabilité.

Nous représentons, figure 6, la corrélation entre la latitude moyenne d'origine des différentes populations étudiées et le pourcentage d'insectes diapausants observés à 25° C LD 18 : 6. Une liaison assez étroite apparaît ; le coefficient de corrélation ( $r = - 0,7676$ ) est significatif au seuil 1 %. Il est probable que cette corrélation serait encore renforcée en augmentant le nombre de descendances observées pour chacune des origines. En effet, il existe une forte variabilité intra population qui peut être montrée par l'exemple de l'élevage de 25 descendances provenant d'une population originaire de Wageningen. Testées indépendamment, les 25 lignées peuvent se répartir en fonction du pourcentage de diapause de la façon suivante :

P. cent :	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Nb de lignées :	5	5	3	8	4

Les deux lignées situées aux extrêmes présentent 4,1 et 98,5 % d'insectes en diapause. L'étude de la variance intra population montre que pour une précision de 10 %, il faut tester indépendamment environ 30 à 35 descendances. Ce résultat explique en partie la dispersion des points sur la figure 6. Pour certaines origines, l'échantillon de descendances, toujours supérieur à 10, n'est cependant pas encore suffisant pour refléter la structure réelle de la population.

Le maintien de ce caractère dans des populations septentrionales pose le problème de sa valeur adaptative. Des expériences actuellement conduites en conditions constantes aussi bien qu'en conditions naturelles durant les mois chauds (juillet-début août) montrent que le taux de mortalité de l'espèce aux jeunes stades larvaires est très élevé et la fécondité des adultes réduite.

Il semble donc que grâce aux pressions de sélection exercées soit par les conditions thermiques soit par l'intermédiaire de la plante hôte préférentielle (le chou ne se développe bien qu'en atmosphère humide et en conditions climatiques tempérées), l'ajustement du développement de l'espèce aux conditions climatiques locales soit susceptible de se réaliser.

Dans les populations issues de régions à printemps et étés relativement frais, où l'avantage dû à sa manifestation n'est pas évident, le maintien du caractère "diapause estivale" pourrait s'expliquer soit par une meilleure survie, certaines années, aux températures élevées pour les individus porteurs de ce caractère, soit par des avantages physiologiques que nous n'avons pas encore réussi à montrer. Ce caractère, de manifestation et de durée variable selon l'origine des populations, influence la dynamique saisonnière des populations de M. brassicae.

#### Remerciements :

- Les expérimentations de lutte intégrée avec utilisation d'une suspension virale ont été conduites en collaboration avec M. BURGERJON, INRA, Station de Zoologie, 84140 Montfavet.

- Les auteurs remercient les chercheurs qui ont accepté de récolter et d'envoyer le matériel nécessaire aux expérimentations sur la diapause estivale.

- Nous remercions également M. J.F. TOUBON et Mme BOUDINHON pour leur collaboration aux relevés de populations et aux élevages.

## REFERENCES

1. BUES R., POITOUT H.S., 1981. Etudes préliminaires à la conception d'une lutte intégrée dans le sud est de la France contre les ravageurs en cultures de choux. C.E.C. Programme on integrated and biological control - Progress Report, 1979-1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 127-141.
2. BUES R., POITOUT H.S., INJAC M., BURGERJON A., 1981. Trois années d'expérimentation du virus de la polyédrose nucléaire pour la lutte contre Mamestra brassicae (Lep. Noctuidae) en cultures de choux-fleurs. Def. Veg., 210, 283-293.
3. BURGERJON A., BUES R., POITOUT S., 1979. Essais en cultures de choux-fleurs du virus de la polyédrose nucléaire de Mamestra brassicae (Lep. Noctuidae). Entomophaga 24 (2), 153-161.
4. DOLIDZE G.V., 1957. A study of the ecology of the cabbage moth (Barathra brassicae L.) in Georgia. Trans. Inst. Plant. Prot., Acad. Sci. Georg., 12, 79-100.
5. HARTSTACK A.W., HOLLINGSWORTH J.P., WITZ J.A., BUCK D.R., LOPEZ J.D., HENDRICKS D.E., 1978. Relation of tobacco budworm catches in pheromone baited traps to field populations. SOUTHWEST, entomol. 3, 1, 43-51.
6. MASAKI S., 1956. The local variation in the diapause pattern of the cabbage moth Barathra brassicae L. with particular reference to the estival diapause. Bull. Fac. Agric. Mie. Univ., 13, 29-46.
7. POITOUT S., BUES R., 1973. Mise en évidence d'une diapause nymphale de type estival dans les populations de deux Lépidoptères Noctuidae Hadeninae (Mamestra brassicae L. et Mamestra oleracea L.). Facteurs d'inductions et aperçu sur la variabilité inter population de ce caractère. C.R. Acad. Sc. Série D, t. 276, 3367-3370.
8. POITOUT H.S., BUES R., 1978. La Noctuelle du chou, cycle évolutif, périodes propices aux interventions chimiques. Def. Veg., 193, 184-197.
9. SANDERS C., 1978. Evaluation of sex attractant traps for monitoring spruce budworm populations (Lep. Tortricidae). Can. Ent. 110, 43-50.
10. STOCKEL J., 1976. Mise au point d'un type de piège sexuel "INRA" pour insectes. In Compte rendu de la réunion sur les phéromones sexuelles des Lépidoptères, INRA, Pont de la Maye, 12-14.
11. THEUNISSEN J., 1981. Development of sampling methods of pests in cabbage crops. C.E.C. Programme on integrated and biological control. Progress Report, 1979-1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 184-203.
12. VILLEVIELLE M., BUES R., TOUBON J.F., (in press) Biologie et méthode de lutte contre le charençon ridé du chou en Provence. Pépiniéristes Hortic. Maraîchers.

TABLEAU 1  
 RESULTATS RESUMES DES ESSAIS DE PROTECTION INTEGREE  
 CONDUITS EN CULTURES COMMERCIALISEES DURANT 3 ANNEES

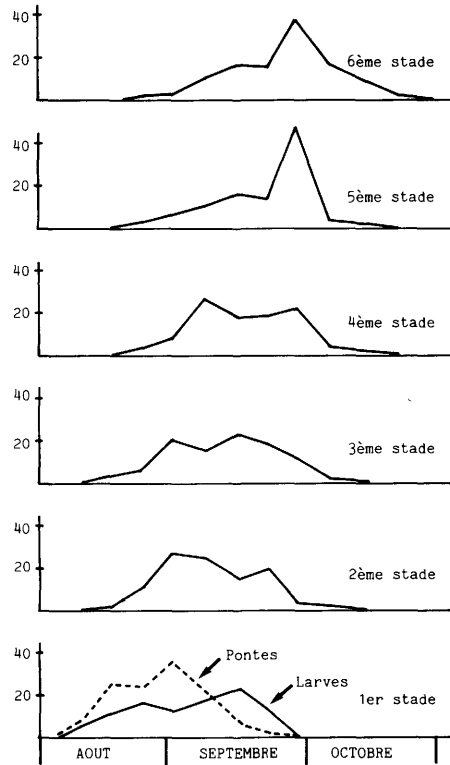
Surface de la parcelle (m <sup>2</sup> )	Dates de plantation	Nb de pontes obs.au			Dates d'interventions /insecticides utilisés	% de dégâts
		20/8	5/9	20/9		
<u>1981</u> 2800	2-5/8	7	5	0	Vir. 24/8-5/9-16/9 + Pyri. 5/9-16/9	1,6
2800	2-5/8	7	5	0	Meth. 24/8-5/9 + Pyri. 16/9	0,4
<u>1982</u> 3400	26-27/7	6	6	1	Aceph. 23/8-9/9	0
1600	28-29/7	3	7	0	Aceph. 20/8-10/9	0
3000	6/8	1	3	2	Vir. 10/9	0
<u>1983</u> 3400	26/7	0	3	0	Meth. 6/9	3,6
1600	28/7	0	5	1	Meth. 6/9-21/9	0
4000	28/7	1	8	2	Aceph. 22/9	0

Vir. = Virus 10<sup>13</sup> pol/ha      Pyri. = Pyrimicarbe 37,5 grs/hl  
 Meth. = Methomyl 40 grs/hh      Aceph. = Acephate 75 grs/hl

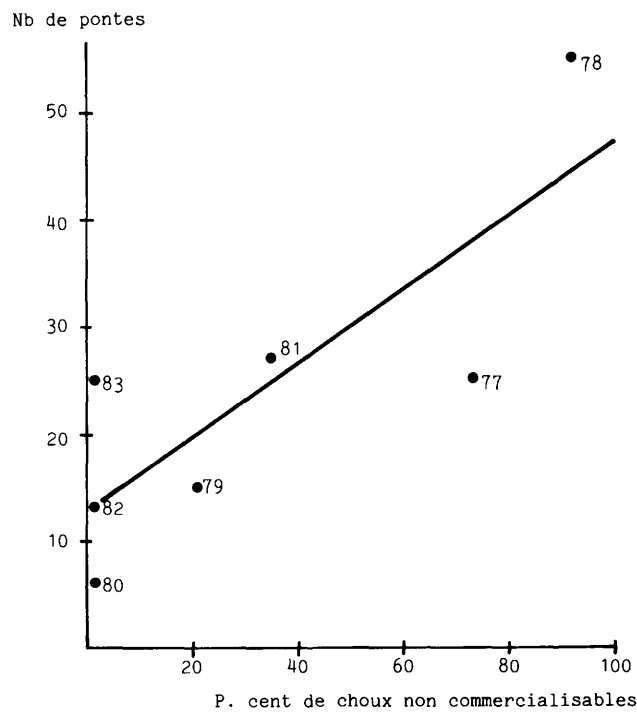
TABLEAU 2  
 COMPARAISON DE DIFFERENTS TYPES DE  
 PIEGES SEXUELS POUR M. brassicae

	Piège à eau		Piège à glu	
	Bassine + croisillons	Bouteille	INRA	INRA + plateforme *    **
	1ère répétition	128	114	10
2ème répétition	40	113	14	14   8
3ème répétition	53	55	10	13   27
TOTAL	221	282	34	51   79

\* Captures dans le piège INRA    \*\* Captures sur la plateforme



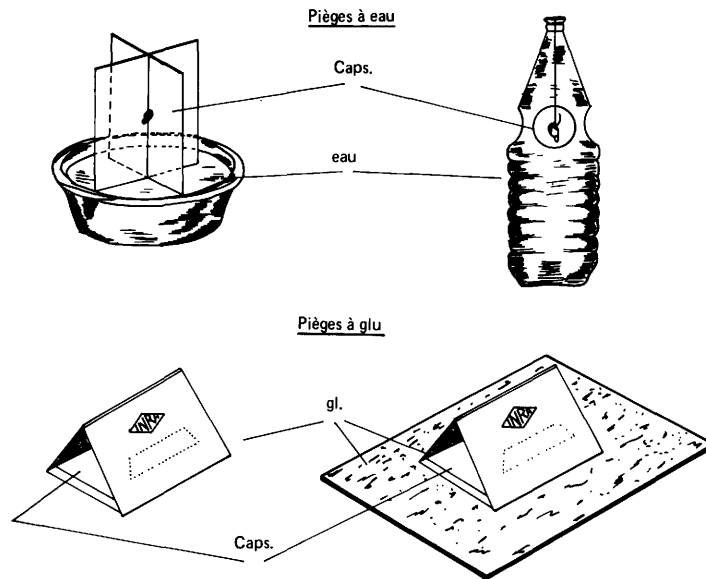
**Figure 1:** Evolution des populations larvaires de M. brassicae sur choux fleurs d'automne au cours des années 1977 à 1979.



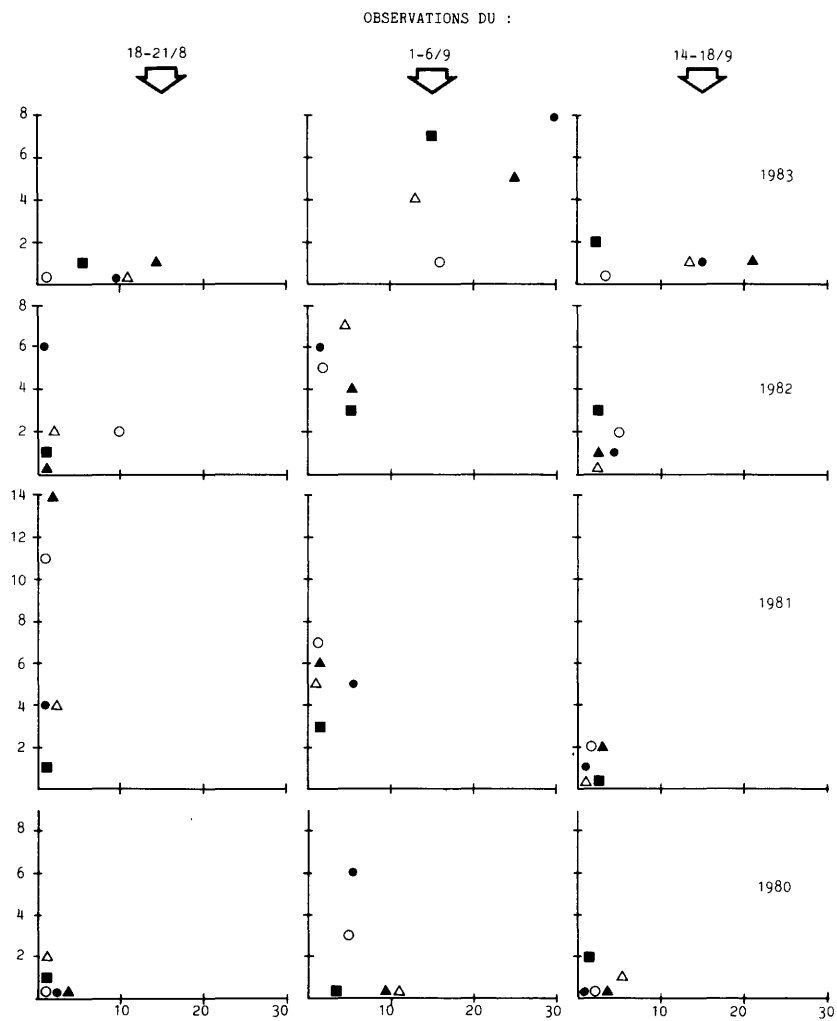
**Figure 2:** Droite de régression entre le nombre de pontes totales de M. brassicae observées chaque semaine pendant toute la durée du vol (6 semaines) et le pourcentage de choux non commercialisables

$r = 0,82$

$y = 0,3443x + 12,8103$

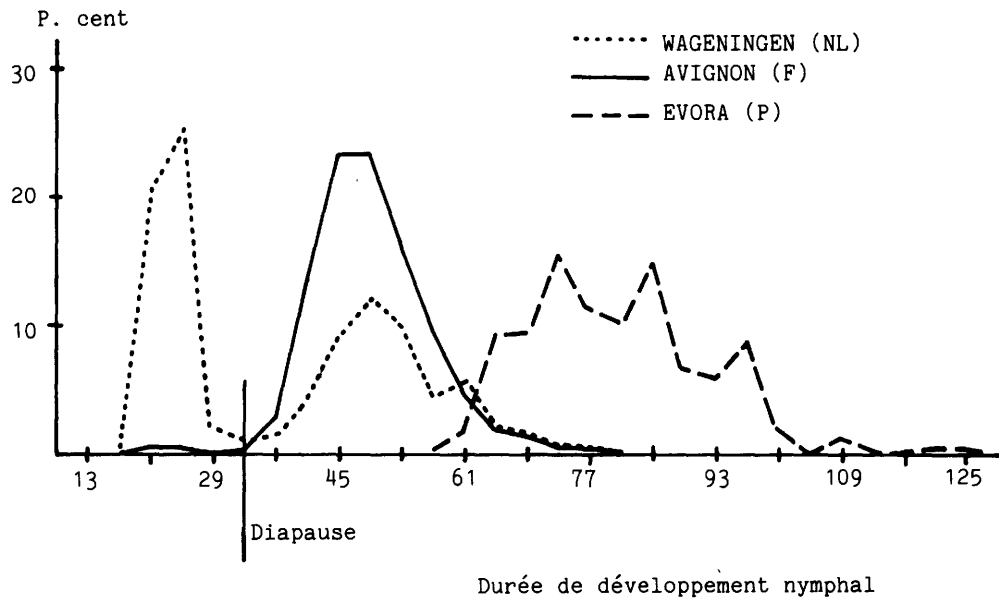


**Figure 3:** Comparaison de différents dispositifs de piègeage sexuel pour *M. brassicae*. (Caps. = Capsule attractive; gl. = flu; eau = eau + mouillant).

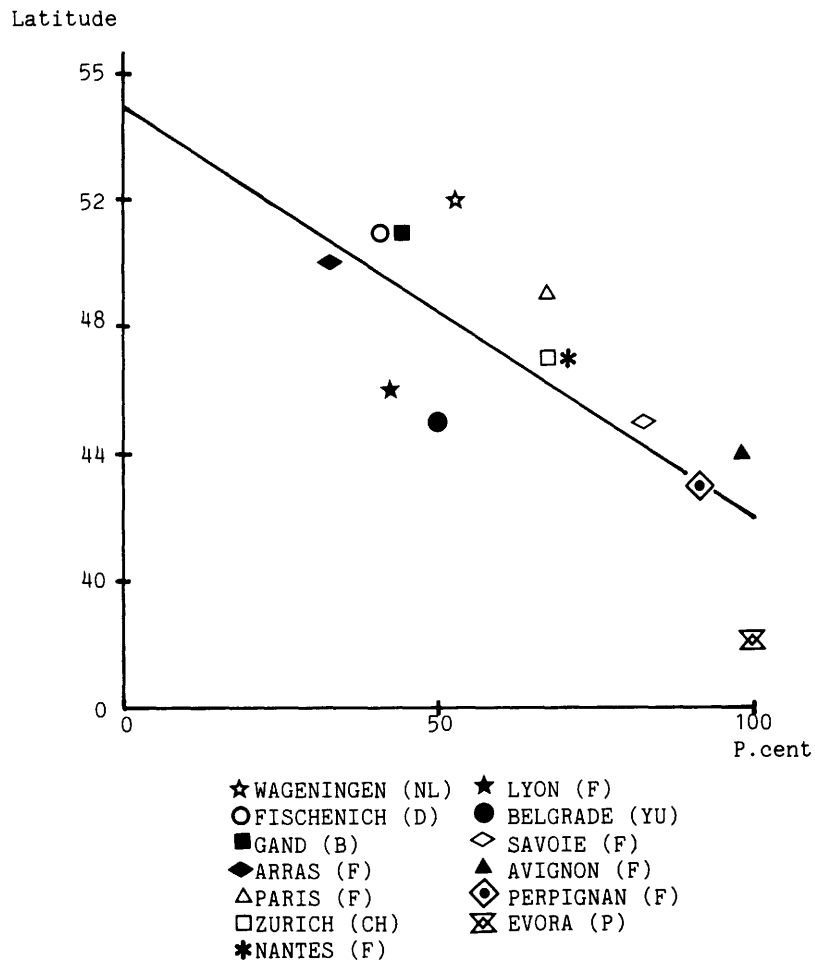


**Figure 4:** Examen durant 4 années de la corrélation entre le nombre de pontes observées sur 40 choux le jour de l'échantillonnage et le nombre de captures par piège sexuel cumulées entre observations. (Dates d'installations des pièges 1-5/8; chaque symbole représente une parcelle).





**Figure 5:** Variabilité de la proportion de nymphes avec diapause estivale entre 3 populations de M. brassicae d'origine géographique différente élevées à 25 °C LD 18 : 6.



**Figure 6:** Corrélation entre la latitude et la pourcentage d'insectes diapausants issus de populations d'origines différentes élevées sur milieu artificiel à 25 °C LD 18 : 6.

$$r = -0,7636^{**}$$

$$y = 0,1316x + 55,3103$$

## **Publications - Contract No. F-0703**

BUES R., POITOUT H.S. (1983) Preliminary studies for the conception of an integrated control on cauliflower plantations in the southeast of France *in* C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 127-141.

## Development of an Integrated System for the Control of Chewing and Sucking Insects in Cabbage Crops

G. Crüger, M. Hommes

Biologische Bundesanstalt, Institut für Pflanzenschutz im Gemüsebau, Hürth-Fischenich (F.R. Germany)

### Summary

The studies served the purpose of developing an integrated control system for Lepidoptera and Homoptera pests in cabbage crops. The range of pests species and data on their population dynamics were worked out by weekly field observations at different sites. When testing different kinds of traps (light-, pheromone- and colour traps) no clear relationship between the catches in the traps and the observed field attack was found. Field tests with cultivars of white, red and savoy cabbage showed that savoy cabbage was the most susceptible one to both the chewing and sucking insects. Red cabbage was the most tolerant one. Significant differences concerning the resistance to pests existed also between the cultivars of the various cabbage species. A combined application of Bacillus thuringiensis and the nuclear polyhedrosis virus of Mamestra brassicae gave a satisfactory control of the caterpillars. In a field trial where the effects of reduced insecticide doses were tested it was shown that for some insecticides a reduction up to 50 % of the recommended dose was possible without decreasing their efficiency. For the most important pests species spraying thresholds were evaluated. They were tested in field experiments comparing a very susceptible cultivar of savoy and a less susceptible red cabbage cultivar. In 1983 the amount of applied insecticide could be reduced for the red cabbage cultivar by 66 % to control the chewing insects and by 50 % to control the sucking insects in comparison with a fortnightly routine spraying schedule. The number of sprays could be diminished by half.

Mise au point d'un système intégré pour la lutte contre les insectes  
broyeurs et suceurs dans la culture du chou.

### Résumé

L'objectif de nos recherches était de trouver une base pour le développement d'un système intégré de lutte contre les animaux nuisibles aux cultures de chou, appartenant aux ordres de Lepidoptera et Homoptera. Par des observations hebdomadaires en plein champ à plusieurs endroits, on a eu

pour résultat un spectre des espèces et des dates concernant la dynamique des populations des animaux nuisibles les plus importants. En mettant à l'épreuve les différents types de pièges (piège à lumière, à phéromone et de couleur), on n'a pas obtenu de coïncidence satisfaisante entre les captures des pièges et le développement observé dans l'envahissement des cultures par les parasites. Parmi les espèces de chou examinées, le chou de Milan s'est révélé particulièrement susceptible aux insectes mordants et suçants. Le chou rouge était le plus résistant. Parmi les différentes variétés de la même espèce de chou des différences significatives se sont montrées dans la susceptibilité aux différents parasites. Par l'usage combiné de Bacillus thuringiensis et un virus de la polyhédrose nucléaire de la noctuelle de chou, on a obtenu un résultat satisfaisant dans la lutte contre les chenilles nuisibles. Une expérience en plein champ pour étudier l'effet que pourrait avoir l'usage diminué des insecticides, a fait voir que, en effet, quelques insecticides ont rendu possible une diminution de la quantité permise de presque 50 %, sans réduire l'efficacité de ces moyens. Pour les plus importants animaux nuisibles on a trouvé des seuils de nuisibilité, testés sur une variété de chou de Milan susceptible et une variété de chou rouge résistante dans une expérience en plein champ. En ce qui concerne la variété tolérante de chou rouge, en 1983, on a pu réduire la quantité d'insecticides de 66 % dans la lutte contre les chenilles nuisibles et de 50 % dans celle contre les pucerons, en comparaison avec une application routinière tous les quinze jours. Le nombre d'applications s'est réduit de moitié.

## ENTWICKLUNG EINES INTEGRIERTEN SYSTEMS ZUR BEKÄMPFUNG BEIßENDER UND SAUGENDER INSEKTEN IM KOHLANBAU

### 1. Einleitung

Ziel des Forschungsprojektes war es, Grundlagen für die Entwicklung eines integrierten Bekämpfungssystems gegen beißende und saugende Insekten im Kohlanbau zu erstellen. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Schädlinge, die die oberirdischen Organe der Kohlpflanzen besiedeln und deren Befall gewöhnlich zu erheblichen Qualitätseinbußen führt, da in der Regel das Erntegut direkt geschädigt wird. Das Erfassen des Artenspektrums und der Bedeutung der einzelnen Schädlinge, die Erprobung verschiedener Fallenarten für Prognosezwecke, die Anfälligkeit von einzelnen Kohlarten und Sorten, der Einsatz von mikrobiologischen Bekämpfungspräparaten, die Wirkung verminderter Insektizidaufwandmengen sowie die Anwendung von Bekämpfungsschwellen standen im Vordergrund der Untersuchungen.

### 2. Artenspektrum und Bedeutung der in Kohlkulturen beobachteten schädlichen Insekten

Um die vorkommenden Arten und ihre Bedeutung zu erfassen, wurden im Gemüseanbaugesbiet der Köln-Aachener-Bucht während der Hauptvegetationszeit an mehreren Standorten wöchentliche Kontrollen in verschiedenen Kohlkulturen durchgeführt.

In der Tabelle I sind die bisher an oberirdischen Pflanzenteilen beobachteten schädlichen Arten aufgeführt.

Tab. I: Spektrum der in Kohlkulturen beobachteten schädlichen Insektenarten (Zeitraum: 1980 bis 1983)

Beißende Insekten:

LEPIDOPTERA (17 Arten)

Amathes c-nigrum L.  
Autographa gamma L.  
Cidaria fluctuata L.  
Discestra trifolii Hufn.  
Evergestis forficalis L.  
Mamestra brassicae L.  
Mamestra oleracea L.  
Mamestra suasa Schiff.  
Noctua pronuba L.  
Phlogophora meticulosa L.  
Phragmatobia fuliginosa L.  
Pieris brassicae L.  
Pieris napi L.  
Pieris rapae L.  
Plutella xylostella L.  
Spilosoma lubricipeda L.  
Spilosoma menthastri Esp.

Saugende Insekten:

HOMOPTERA (7 Arten)

Aleyrodes proletella L.  
Aphis fabae Scop.  
Aulacorthum solani Kalt.  
Brevicoryne brassicae L.  
Macrosiphon euphorbiae Thos.  
Myzus persicae Sulz.  
Trialeurodes vaporariorum Westw.

HYMENOPTERA (1 Art)

Athalia rosae L.

Von den beißenden Arten traten jedoch nur die Kohleule (Mamestra brassicae), der Kleine Kohlweißling (Pieris rapae) und die Kohlmotte (Plutella xylostella) alljährlich an allen Standorten auf und verursachten größere wirtschaftliche Schäden. Unter den saugenden Insekten traf dies nur für die Mehligke Kohlblattlaus (Brevicoryne brassicae) zu. Ausführliche Angaben zur Biologie und Populationsdynamik der einzelnen Schädlinge wurden bereits veröffentlicht (1).

### 3. Erprobung verschiedener Fallenarten für Prognosezwecke

Mit einer auf dem Versuchsgelände des Instituts in Hürth-Fischenich aufgestellten Lichtfalle (Osram HQV-125 W) wurde der Flugverlauf von Kohleule, Kohlmotte sowie einigen anderen schädlichen Noctuidenarten überwacht. Ein Vergleich der Lichtfallenfänge mit dem in den Kohlkulturen beobachteten Befallsverlauf, ergab bei den einzelnen Schädlingen keine zufriedenstellende Übereinstimmung. Insbesondere zu Beginn der Vegetationsperiode beim Auftreten der ersten Schädlingsgenerationen war die Fängigkeit der Lichtfalle zu gering.

Synthetische Sexuallockstoffe wurden für Mamestra brassicae, Plutella xylostella und Evergestis forficalis an verschiedenen Standorten erprobt. Hierbei zeigte sich, daß mit Hilfe der Pheromonfallen vor allem das erste Erscheinen der Falter sicherer erfaßt werden konnte als mit der Lichtfalle. Eine zufriedenstellende Korrelation zwischen Fallenfängen und Befall in den Kohlkulturen ließ sich jedoch auch hier nicht

herstellen. Vor allem bei trockenen und sehr warmen Witterungsperioden wurde bei den Pheromonkapseln für die Kohleule ein sehr schnelles Nachlassen der Fängigkeit registriert. Mit Hilfe der Pheromonfallen ließ sich der Flugverlauf des Kohlzüslers, der nur vereinzelt in den Fängen der Lichtfalle zu entdecken war, recht gut erfassen.

#### 4. Anfälligkeit von Kohlarten und Sorten gegenüber Raupen- und Blattlausbefall

Im Freiland wurde unter natürlichen Befallsbedingungen die Anfälligkeit von 36 Kopfkohlarten gegenüber den verschiedenen Schädlingen geprüft. Dabei zeigte sich, daß signifikante Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber den verschiedenen schädlichen Insektenarten sowohl zwischen den untersuchten Kohlarten (Weiß-, Rotkohl und Wirsing) als auch zwischen den Sorten innerhalb einer Kohlart auftreten (1, 2). In Tabelle II sind für die drei Kopfkohlarten die durchschnittlichen Verluste durch Fraßschaden sowie der mittlere Besatz an Mehligler Kohlblattlaus pro Pflanzen für den Zeitraum von 1980 bis 1982 dargestellt. Am anfälligsten gegenüber Raupenfraß und für Blattlausbefall erwies sich Wirsing. Während Weiß- und Rotkohl den gleichen Blattlausbesatz haben, zeigte sich Rotkohl etwas weniger anfällig gegenüber Fraßschäden als Weißkohl.

Tab. II: Ergebnisse Kohlsortiment ( $\bar{x}$  1980 bis 1982)

Kohlart	Anteil (%) nicht vermarktungsfähiger Kohlköpfe (Fraßschaden)	Brevicoryne brassicae $\bar{x}$ Besatz/Pflanze
Weißkohl	42,4	24
Rotkohl	26,1	26
Wirsing	55,9	60

#### 5. Untersuchungen zum Einsatz von mikrobiologischen Bekämpfungspräparaten

Als biologisches Bekämpfungsverfahren von Lepidopterenlarven im Kohlanbau ist die Anwendung von mikrobiologischen Präparaten am weitesten fortgeschritten. Zur Zeit stehen den Anbauern in der Bundesrepublik Deutschland jedoch nur Bacillus thuringiensis-Präparate zur Verfügung. Diese besitzen eine hervorragende Wirkung gegen Pieris-Arten und Plutella xylostella (3). Nur unzureichend bekämpfen lassen sich dagegen die Larven von Mamestra brassicae. Wie einige Versuche gezeigt haben, könnte diese Bekämpfungslücke durch den Einsatz eines spezifischen Kernpolyedervirus der Kohleule geschlossen werden (4, 5, 6, 7).

Freilandversuche, die 1980 und 1981 in Zusammenarbeit mit dem Institut für biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt durchgeführt wurden, ergaben, daß mit einer relativ hohen Aufwandmenge von  $5 \times 10^{15}$  PIB/ha eine mit einer chemischen Insektizidspritzung vergleichbare Wirkung erzielt werden konnte.

## 6. Untersuchungen zur Wirksamkeit verminderter Insektizid- aufwandmengen

Ziel des integrierten Pflanzenschutzes ist es, vorhandene Schädlingspopulationen nur soweit zu vermindern, daß Schadensschwellen nicht überschritten werden. Dieses Ziel wird sich vielfach auch durch eine Dosis erreichen lassen, die unterhalb der zugelassenen Aufwandmenge liegt. Ein Risiko dieses Verfahrens besteht für den Anwender darin, daß die biologische Wirkung der Präparate durch den Hersteller oder Vertreiber der Mittel dann nicht mehr abgesichert ist. Demgegenüber steht jedoch eine Reihe von Vorteilen, wie Senkung der Ausgaben für Pflanzenschutzmittel, geringere Belastung der Umwelt sowie die Möglichkeit, daß vorhandene Nützlinge durch die Verringerung der Aufwandmengen weniger stark geschädigt werden. Diese Nützlinge könnten somit den Aufbau einer neuen Gradation verhindern oder zumindest so stark verzögern, daß die Zahl der Behandlungen verringert werden kann.

In einem 1981 durchgeführten Feldversuch wurde anhand einiger in der Praxis gebräuchlicher Insektizide die Wirksamkeit der Präparate bei verminderten Aufwandmengen getestet (Tabelle III). Wie die Ergebnisse des Versuches zeigen, war bei den Präparaten Decis und Tamaron eine Reduzierung der Aufwandmenge um 50 %, sowie bei Lannate 25-WP um 25 % möglich, ohne daß ein Nachlassen der Wirkung gegen beißende Schädlinge erkennbar wurde. Dagegen war mit einer Verminderung der Insektiziddosis bei dem Mittel E 605 Combi sofort eine signifikant schlechtere Wirkung verbunden. In der Blattlausbekämpfung schnitt E 605 Combi jedoch am besten ab. Hier war eine Verringerung der zugelassenen Aufwandmengen um 50 % bei gleichbleibender Effektivität möglich. Die anderen drei getesteten Mittel zeigten in diesem Versuch eine völlig unbefriedigende Blattlauswirkung. Bei Lannate 25-WP und der niedrigsten getesteten Aufwandmenge von Decis wurde sogar eine gegenüber der Kontrolle deutlich höhere Anzahl von stark befallenen Pflanzen ermittelt.

Tab. III: Ergebnisse eines Feldversuches zur Wirkung verminderter Insektizidaufwandmengen bei Weißkohl (1981)

Versuchsglieder	Aufwandmenge	Anteil (%) nicht vermarktungs- fähige Kohlköpfe	
		(Fraßschaden)	(Blattlausbefall)
Kontrolle		58	7
Decis	200 ml/ha	1	6
Decis	150 ml/ha	0	5
Decis	100 ml/ha	1	7
Decis	50 ml/ha	7	12
E 605 Combi	600 ml/ha	10	0
E 605 Combi	450 ml/ha	24	0
E 605 Combi	300 ml/ha	35	1
Lannate 25-WP	900 g/ha	6	12
Lannate 25-WP	675 g/ha	6	14
Lannate 25-WP	450 g/ha	11	13
Tamaron	600 ml/ha	4	4
Tamaron	300 ml/ha	5	8
F-Wert		23,2***	3,0**
GD 5 %		9,9	8,0

7. Anwendung von Bekämpfungsschwellen bei zwei unterschiedlich anfälligen Kohlarten

Wesentliche Grundlage für einen integrierten Pflanzenschutz ist die Anwendung von Schadensschwellen. Für Gemüsekulturen ist die Erarbeitung von wirtschaftlichen Schwellenwerten aufgrund der hohen Ertrags- und Preisschwankungen sowie den hohen nationalen und internationalen Qualitätsanforderungen, die an die zu vermarktende Ware gestellt werden, nur sehr schwer möglich. Für die verschiedenen Kulturen lassen sich daher nur Bekämpfungsschwellen erstellen, die einen Ertragsausfall bis zu einer bestimmten Höhe tolerieren. Für den Kohlanbau müssen die Schwellenwerte auf die jeweilige Kohlart und Sorte, das Anbaugebiet, den Anbauzeitpunkt sowie Art und Weise der Vermarktung abgestimmt werden.

Von einem tolerierbaren Ertragsausfall von 5 % ausgehend sowie auf den für einzelne Schädlinge bereits vorhandene Schwellenwerte aufbauend, wurden Bekämpfungsschwellenwerte für die wichtigsten an Kohlkulturen vorkommenden beißenden und saugenden Schädlinge entwickelt und seit 1981 in Freilandversuchen erprobt (1, 2). In den darauffolgenden Jahren wurden die Schwellenwerte anhand der Versuchsergebnisse überarbeitet und erneut getestet. Die im Jahre 1983 an Weiß-, Rotkohl und Wirsing erprobten Schwellenwerte sind in der Tabelle IV aufgeführt. Die Ergebnisse eines Versuches mit einer anfälligen Wirsingsorte und einer wenig empfindlichen Rotkohlsorte sind in der Tabelle V dargestellt. Wie aus den Daten hervorgeht, ließ sich bei der toleranten Rotkohlsorte die ausgebrachte Insektizidmenge im Vergleich zu einer vierzehntägigen Routinespritzung bei der Bekämpfung der schädlichen Raupen um 66 % und bei der Blattlausbekämpfung um 50 % reduzieren. Die Zahl der Spritzungen verringerte sich um die Hälfte. Bei der anfälligen Wirsingsorte konnte dagegen durch den Gebrauch der Bekämpfungsschwellen keine Spritzungen eingespart werden. Lediglich die Insektizidmenge zur Raupenbekämpfung ließ sich um 50 % vermindern.

Tab. IV: Bekämpfungsschwellen 1983

A) Beißende Insekten (Besatz/100 Pflanzen)

Stadium/Größe	Schädlinge, die Eier als Eigelege ablegen	einzelne ablegen	Kohlmotte (P.xylostella)
L <sub>1-2</sub> /≤ 2 cm	200	100	} 50
L <sub>3-6</sub> /≥ 2 cm	50	25	

Korrekturfaktor: 0,5 Wirsing; 1,5 Rotkohl



B) Mehliges Kohlblattlaus (% befallene Pflanzen)

kleine Kolonien 50  
 große Kolonien 10  
 (v 200 Ind./Pflanze)

Tab. V: Versuchsergebnisse Freilandversuch 1983

Versuchsglieder	% nicht vermarktungsfähige Kohlköpfe (Fraßschaden)	
	Wirsing	Rotkohl
Kontrolle	49 (-)	23 (-)
Routinespritzung	0 (5)	0 (6)
Spritzung nach Bekämpfungsschwellen	1 (3)	1 (1)

Insektizid: Decis 200 g/ha, ( ) Zahl der Anwendungen

Versuchsglieder	% nicht vermarktungsfähige Kohlköpfe (Blattlausbesatz)	
	Wirsing	Rotkohl
Kontrolle	88 (-)	34 (-)
Routinespritzung	29 (5)	1 (6)
Spritzung nach Bekämpfungsschwellen	25 (5)	4 (3)

Insektizid: Pirimor 300 g/ha, ( ) Zahl der Anwendungen

## 7. Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojektes war es, Grundlagen und Ansätze für die Entwicklung eines integrierten Systems zur Bekämpfung von schädlichen Lepidopterenlarven und saugenden Insekten im Kohlanbau zu erarbeiten. Artenspektrum und Daten zur Populationsdynamik der wichtigsten Schädlinge wurden durch wöchentliche Feldbeobachtungen an verschiedenen Standorten des Untersuchungsgebietes erarbeitet. Die Erprobung verschiedener Fallenarten (Licht-, Pheromon- und Farbfallen) ergab keine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen den Fallenfängen und dem beobachteten Befallsverlauf in den Kulturen. Von den geprüften Kopfkohlarten erwies sich Wirsing als besonders anfällig gegenüber beißenden und saugenden Insekten. Am wenigsten befallen wurde Rotkohl. Auch zwischen den einzelnen Sorten einer Kohlart zeigten sich signifikante Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber den verschiedenen Schädlingen. Durch den kombinierten Einsatz von Bacillus thuringiensis und einem Kernpolyedervirus der Kohleule wurde eine zufriedenstellende Bekämpfung der schädlichen Raupen erzielt. In einem Freilandversuch zur Wirkung vermindelter Insektizidaufwandmengen zeigte sich, daß bei einigen Präparaten eine Verringerung der zugelassenen Aufwandmenge um 50 % möglich war, ohne daß sich die Wirksamkeit der Mittel wesentlich verschlechterte. Für die bedeutendsten Schädlinge wurden Bekämpfungsschwellen erarbeitet und in Freilandversuchen an einer anfälligen Wirsingsorte und einer wenig empfindlichen Rotkohlsorte erprobt. Dabei konnte im Jahre 1983 bei der toleranteren Rotkohlsorte die ausgebrachte Insektizidmenge im Vergleich zu einer vierzehntägigen Routinespritzung bei der Bekämpfung der schädlichen Raupen um 66 % und bei der Blattlausbekämpfung um 50 % reduziert werden. Die Zahl der Spritzungen insgesamt verringerte sich um die Hälfte.

## REFERENCES

1. HOMMES, M., 1983: Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem H. 213, 210 pp.
2. CRÜGER, G. und M. HOMMES, 1983: Development of an integrated system for the control of sucking and chewing insects in cabbage crops. Commission of the European Communities - C.E.C. Programme on integrated and biological control. Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 142-161.
3. LANGENBRUCH, G.A., 1979: Die Verwendung des Bacillus thuringiensis in der Bundesrepublik Deutschland und Aspekte zu seiner Bedeutung in Europa. Gesunde Pflanzen 31, 315-321.

4. GRÖNER, A. und H. OVERBECK, 1978: Freilandversuche zur Bekämpfung der Kohleule (Mamestra brassicae L., Lep. Noctuidae) mit einem Kernpolyedrovirus. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 30, 7-12.
5. BURGERJON, A.; BUES, R. und S. POITOUT, 1979: Essai en culture de choux-fleurs du virus de la polyedrose nucléaire de Mamestra brassicae (Lep.: Noctuidae). Entomophaga 24, 153-161.
6. INJAC, M. und A. BURGERJON, 1980: Lutte contre Mamestra brassicae L. (Lep.: Noctuidae) en culture de choux-fleurs avec le virus de la polyédrose nucléaire. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 89 (1), 82-87.
7. BUES, R.; POITOUT, H.-S.; INJAC, M. und A. BURGERJON, 1981: Trois années d'expérimentation du virus de la polyédrose nucléaire pour la lutte contre Mamestra brassicae (Lep. Noctuidae) en culture de choux-fleurs. Def. Vegetaux 210, 283-293.

#### **Publications - Contract No. D-0722**

CRÜGER G., HOMMES M. (1983) Development of an integrated system for the control of sucking and chewing insects in cabbage crops - in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 142-161

HOMMES M. (1983) Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen - Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., Berlin-Dahlem H. 213, 210 pp.



## Methods for the Monitoring and Integrated Control of Cabbage Root Fly *Delia radicum*(*brassicae*) (L.)

C. Pelerents (1), M. Van Keymeulen (2)

(1) Laboratorium voor Dierkunde, Landbouwfaculteit, Gent (Belgium)

(2) IWONL, Centrum voor geïntegreerde bestrijding van insecten, Gent (Belgium)

### Summary

Forecasting and monitoring based on studies of the population dynamics allow a specific control of *D. radicum* in the Ghent area (900 km<sup>2</sup>). The emergence of the first flies can be expected when the sum of the soil temperatures (-5 cm) above 5°C from January 1 onwards exceeds 50 day-degrees. For more precise information trapping on four fields with four yellow water traps per field is necessary. The first eggs are expected a week after the moment that more females than males are caught in the traps. By using ten egg-traps the beginning of oviposition is even more accurately assessed. This monitoring achieved during 3 weeks costs 1000 km and 48 man-hours per season. As eggtraps are cheap and simple to handle each grower can, after very short training, use them to define the optimum time of treatment. If oviposition is late and development of the cauliflowers advanced no treatment will be necessary. The best method to determine the damage threshold is the examination of the roots 4 weeks after planting. During the 1983 field experiments the release of *Aleochara bilineata*, was compared with the use of 0, 5, 10 and 20 mg a.i. chlorfenvinphos per plant. No difference was observed between the treatments. The roots were slightly more attacked in the non chemically treated parcels however without influence on the quality and the number of marketable curds.

METHODES D'AVERTISSEMENTS ET LUTTE INTEGREE CONTRE LA MOUCHE  
DU CHOU DELIA RADICUM (=BRASSICAE) (L.).

### Résumé

Les prévisions et méthodes de dépistage basées sur des études de la dynamique de population permettent de lutter de manière spécifique contre *D. radicum* dans la région de Ghent (900 Km<sup>2</sup>). On peut s'attendre à l'apparition des premières mouches lorsque la somme des températures du sol (- 5 cm) au-dessus de 5° C à partir du 1er Janvier dépasse les 50 degrés-jour. Pour des renseignements plus précis, il faut effectuer un piégeage dans 4 champs, avec 4 pièges à eau jaune par champ. On prévoit l'apparition des premiers oeufs une semaine après le moment où le nombre des femelles piégées est supérieur à celui des mâles. En utilisant des pièges pour 10 oeufs, le début du dépôt des oeufs est défini avec encore plus de précision. La réalisa-

tion de ce dépistage pendant 3 semaines coûte 1000 km et 48 heures/homme par saison. Etant donné que les pièges à oeufs sont à bon marché et faciles à manipuler, chaque cultivateur peut les utiliser pour définir le meilleur moment de traitement. Si le dépôt des oeufs est tardif et la pousse des chou-fleurs en avance, aucun traitement n'est nécessaire. La méthode la meilleure pour déterminer le seuil des dégâts est d'examiner les racines 4 semaines après la plantation. Au cours des expériences en champ effectuées en 1983, le lancer de *Aleochara Bilineata* a été comparé à l'emploi de 0,5, 10 et 20 mg a.i. de Chlorfenvinphos par plant. Aucune différence n'a été observée entre les traitements. Les racines ont été légèrement plus attaquées dans les parcelles n'ayant pas subi de traitement chimique, toutefois sans influence sur la qualité et la quantité des parties vendables.

## 1. OEUFS

Les pièges employés jusqu'en 1982 pour l'évaluation de l'oviposition ont permis d'obtenir des renseignements sur la stérilité naturelle des oeufs (10,3 à 11,1%) et sur l'évolution de cette stérilité pendant la période de ponte. La corrélation entre le nombre d'oeufs pondus et le nombre de femelles capturées était significative mais trop peu élevée ( $r=0,50$ ) pour être employée dans le développement de méthodes d'avertissements. En outre ces pièges supposaient la possibilité de disposer de morceaux de rutabaga et nécessitaient des manipulations qui ne pouvaient se faire qu'en laboratoire. Il était donc nécessaire de rechercher d'autres pièges, si possible plus efficaces et réduisant les manipulations à un minimum afin que les maraîchers puissent les utiliser. J. Freuler et S. Fischer de la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins (3) ont mis au point un piège à oeufs constitué de lanières de feutre enroulées et pourvu au centre d'un morceau de caoutchouc mousse. Les différentes lanières sont collées ensemble à la face inférieure. Le piège est glissé autour du collet de la plante par une fente radiale. La mouche pond entre les spires du rouleau.

Ces pièges ont été testés en première et deuxième saison 1983 dans 9 champs de chou-fleurs situés dans un rayon de 45 km autour de Gand. Dans 8 champs dix pièges ont été placés au collet de dix plantes contiguës d'une rangée, dans le neuvième champ 48 pièges ont été disposés sur 4 rangées. Les pièges ont été relevés deux fois par semaine.

D'autre part nous avons disposé dans le même champ des pièges jaunes pour suivre l'évolution du vol des adultes.

TABLEAU I

	1 <sup>er</sup> saison (2mai-23juin)	2 <sup>ième</sup> saison (27juin-22août)
Nbre d'observations	1.276	1.458
Nbre d'oeufs	15.500	13.360
oeufs/piège/observation	12,15	9,16
oeufs/piège/observation (champs à 10 pièges)	14,32	10,56
oeufs/piège/observation (champs à 48 pièges)	11,42	10,31
oeufs/piège/observation (grands champs)	12,76	10,91
oeufs/piège/observation (petits champs)	7,55	6,32
oeufs/piège	129	140

Les résultats obtenus en 1983 avec le nouveau type de piège démontrent clairement la grande efficacité de ces pièges comparée à celle des pièges employés précédemment (6). Pour un total de 6.984 observations nous n'avions récolté que 14.387 oeufs c.a.d. 2,06 oeufs/piège/observation.

Les résultats permettent également de conclure que l'augmentation du nombre de piège par champ n'influence que légèrement et non significativement la moyenne observée par piège en première saison et pas du tout en deuxième saison. Le nombre total d'oeufs capturés est naturellement bien plus élevé (4 à 5 fois) dans le champ où 48 pièges ont été installés, ce qui permet d'obtenir une moyenne plus précise. En outre la répartition des pièges dans le champ donne également une idée, surtout en première saison, de l'invasion du champ par les femelles. Les pièges situés en bordure capturent significativement plus d'oeufs que ceux situés plus à l'intérieur du champ.

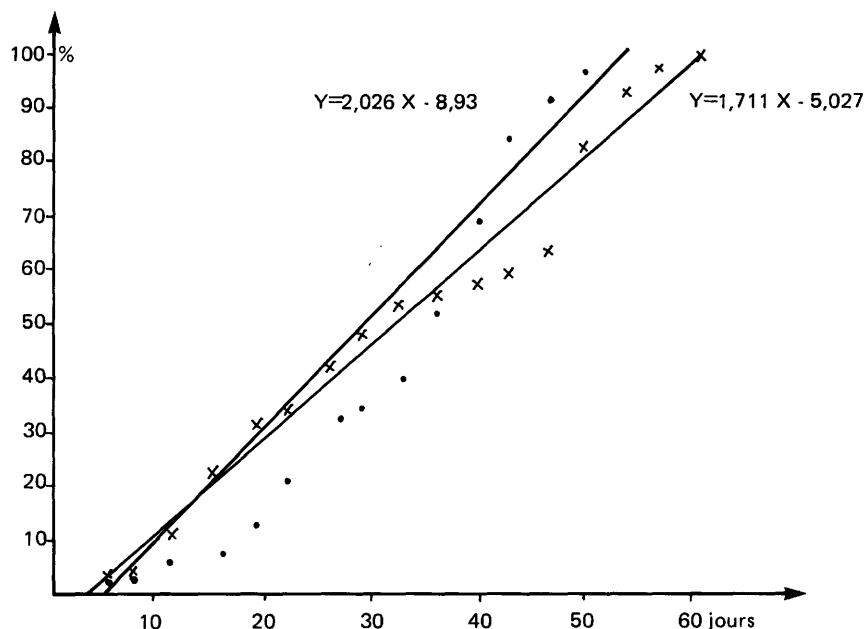
L'analyse de la variance fait ressortir en première instance l'effet très significatif des dates de capture et en deuxième lieu l'effet significatif des rangées ( $F_{\text{calc}} 3,94$   $F_{\text{tab}} 2,88$  et  $4,02$ ).

Le nombre d'oeufs pondus autour des plantes des 15 premières lignes de bordure excède de 20 à 25% celui pondus autour des plantes situées plus à l'intérieur du champ.

Les bordures les plus attractives sont celles entièrement dégagées p.ex. le long d'une route. Des cultures très basses comme poireaux, laitues, prairies influencent négativement ( $P 0,3$ ) le nombre d'oeufs capturés dans les pièges. Des céréales et des haies diminuent significativement ( $P 0,05$ ) les pontes. Les droites de régression établies à partir des pourcentages cumulés des pontes en fonction du nombre de jours après la plantation sont  $y=2,026x-8,93$  pour la première saison ( $t_p = 6,084$ ) et  $y=1,74x-5,029$  ( $t_p = 23,98$ ) pour la deuxième saison. Le test d'homogénéité (4) entre les deux coefficients de régression (2,026 et 1,74) prouve qu'il n'existe pas de différence significative ( $t=1,71$ ) entre ces régressions. L'angle est pour la première saison de  $63^{\circ},73'$  pour la deuxième de  $59^{\circ},68'$  c.a.d. que la durée de la première ponte en 1983 (54j) a été légèrement inférieure à celle de la deuxième (61j). Le fait que la ligne de régression

coupe l'ordonnée en dessous de zéro démontre que les pièges étaient en place avant la première ponte.

Graphique I.



L'application dans la pratique peut se concevoir de différentes façons. La première est l'installation par le maraîcher dans ses champs d'une dizaine de pièges placés autour des plantes d'une rangée perpendiculaire à une bordure bien dégagée. De préférence on commencera la pose des pièges à partir de la quatrième à cinquième plante. Le relevé des pièges et le comptage des oeufs se fera deux fois par semaine. Bien que les oeufs soient visibles à l'oeil nu et que le comptage puisse donc se faire sur place il est préférable de pouvoir disposer de deux jeux ce qui permettra d'emporter les pièges relevés dans un endroit où le contrôle pourra se faire posément à l'aide d'une loupe. Les pièges relevés peuvent ainsi sécher et être nettoyés si nécessaire. Dès l'apparition des premiers oeufs le maraîcher décidera soit de traiter contre la mouche du chou et d'arrêter les observations soit d'attendre que le nombre total d'oeufs par semaine atteigne 50 à 70 avant d'appliquer un traitement.

Une autre approche consisterait en l'installation d'un réseau d'observations, pour une région typiquement maraîchère. Quelques champs d'observations répartis judicieusement en fonction de caractéristiques écologiques spécifiques de cette région suffiraient pour avertir les maraîchers de l'apparition des premiers oeufs.



## 2. ADULTES

Pendant les années précédentes notre attention avait surtout porté sur l'évolution de la population des mâles et des femelles en fonction des dates de captures et de l'emplacement des pièges jaunes. Les nombreuses observations (8.035) avaient permis de capturer 89.287 adultes dont 55,4% étaient des femelles qui pour 62% étaient fécondées. Le lâcher de près de 1.350.000 mouches marquées dont 2 à 10% avaient été recapturées, avait également permis de mieux connaître la longévité, les migrations et les distances parcourues aussi bien pour les femelles que pour les mâles. Les buts principaux recherchés étaient de mieux connaître l'influence des facteurs abiotiques sur le cycle évolutif et de pouvoir se servir des observations pour une stratégie de lutte.

Dans un premier temps il était toutefois nécessaire de rechercher la fonction correspondant le mieux à caractériser l'évolution de la population des mouches par l'intermédiaire des pièges. Les champs n'ayant pas eu chaque année la même dimension une première normalisation a été effectuée en prenant comme base un champ de 3.500 choux-fleurs soit environ 12,5 a. pour une plantation à 0,6x0,6 m.

Etant donné qu'il n'avait pas été possible (6) de trouver une bonne corrélation entre la densité des pièges et le nombre de mouches capturées nous avons pris comme base le nombre de mouches capturées par décennie pendant les différentes années. Par décennie il y a eu 3 relevés des pièges. Les relevés ont commencé le 100ième jour de l'année et se sont poursuivis jusqu'au 260ième jour, soit pendant 17 décennies ou 51 observations.

Le vol de la mouche étant fortement influencé par les conditions climatiques il n'était pas indiqué de prendre les 51 observations comme base de départ mais bien le nombre total des mouches capturées pendant une décennie.

Les droites de régression obtenues de cette façon sont données dans le tableau II (y=somme cumulée des captures x=jours cumulés)

TABLEAU II

Années	Regressions	t	nbr.champs	nbr.mouches
1975	$y=89,5x + 626$	0,1	7	15.247
1976	$y=96,4x + 481$	0,05	7	16.391
1977	$y=99,0x - 655$	0,05	4	15.449
1978	$y=200,9x + 512$	0,02	4	34.166
75-78	$y=486,5x - 906$	0,05	22	81.253

Les données précédentes démontrent que l'influence du nombre de mouches sur le coefficient de régression est grand.

Afin de diminuer cette influence, les données ont été transformées en pourcents et cumulées. Les droites de régression ainsi obtenues sont données dans le tableau III (y=%cumulés des captures x=jours cumulés).

TABLEAU III

Années	Régressions	t
1975	$y=0,6361x - 4,16$	0,01
1976	$y=0,6421x - 6,22$	0,01
1977	$y=0,6573x - 7,03$	0,01
1978	$y=0,6159x - 3,23$	0,01
75-78	$y=0,6430x - 8,67$	0,01

Les fonctions de deuxième et troisième ordre ont également été testées mais n'apportent pas d'améliorations sensibles les valeurs de  $x^2$  et  $x^3$  étant très minimes et inférieures à 0,07.

La comparaison des valeurs estimées à partir des régressions ci-dessus et des valeurs réellement observées fait ressortir une tendance générale de sous-estimation pendant les 6 à 7 premières décades et une surestimation pour les décades suivantes.

Le nombre de mouches capturées pendant les premières décades est plus grand que prévu et moins grand pour les dernières décades. La courbe tracée à partir des données réelles a une légère forme en "S". Ceci est due en majeure partie aux deux générations et au fait que la première génération est plus courte que la deuxième. Les différences entre les estimations et les valeurs observées n'excèdent pas 7,5%.

Afin d'obtenir une meilleure estimation le nombre des mouches capturées par décade a été transformé en logarithmes vulgaires et réexprimé en pourcentages qui ont été cumulés. Les droites de régression sont données dans le tableau IV ( $y = \%$  cumulés du log des captures  $x =$  jours cumulés)

TABLEAU IV

Année	Régressions	t
1975	$y=0,6121x - 2,86$	0,001
1976	$y=0,6180x - 4,56$	0,001
1977	$y=0,6223x - 4,95$	0,001
1978	$y=0,5922x - 1,66$	0,001
75-78	$y=0,6042x - 1,89$	0,001

Cette transformation n'influence que très peu l'inclinaison des droites (environ  $1^\circ$ ) mais diminue les différences entre les valeurs observées et calculées qui n'excèdent guère les 5%. Ces différences sont les plus prononcées au début et à la fin des captures.

Cette linéarité très prononcée après transformation pour les différentes années n'est intéressante que si elle peut être prévue à partir d'observations moins astreignantes que celles réalisées pour la définir.

En 1983 un premier pas dans le sens de la simplification des observations a été fait en diminuant le nombre de pièges à 4 par champ et ceci indépendamment de la grandeur du champ. Dans les mêmes champs que ceux dans lesquels les pièges à oeufs avaient été installés (cfr. 1) 4 pièges ont été placés aux quatre coins de la parcelle de choux-fleurs entre la troisième et quatrième ligne. Nous avons capturé au total

9.309 mouches. Les régressions calculées de la même façon que pour les années 1975-1978 donnent les résultats suivants:

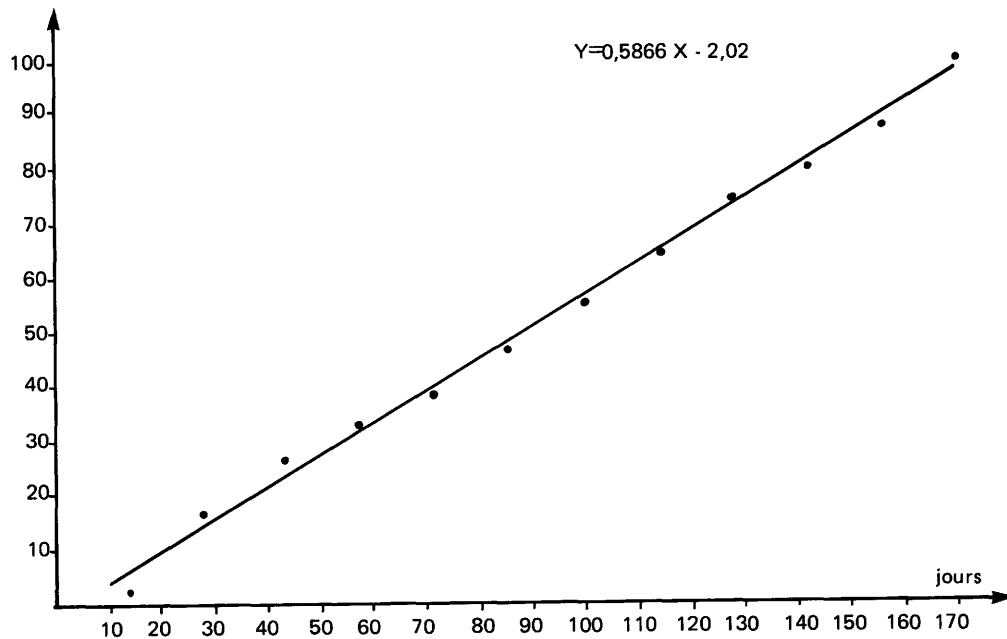
$$y = 54,60x - 188 \text{ (somme cumulée par décade) } \quad t = 0,1$$

$$y = 0,5866x - 2,02 \text{ (% cumulés par décade) } \quad t = 0,01$$

$$y = 0,5935x - 1,16 \text{ (% cumulés des log par décade) } \quad t = 0,001.$$

Le graphique II donne les différences entre les valeurs observées et la droite calculé  $y = 0,5866x - 2,02$ .

Graphique II.



Bien que pour 1983 et dans des conditions totalement différentes (nombre de pièges fortement réduit et emplacement des champs diversifié) des années précédentes nous obtenions des fonctions très similaires il n'en reste pas moins vrai que ces régressions ne peuvent être utilisées dans la pratique que si elles peuvent être définies rapidement c.a.d. après quelques semaines et de préférence à partir d'observations enregistrées automatiquement et valables pour une région assez étendue.

L'enregistrement de la température de l'air sous abri étant très répandu, nous avons essayé de trouver une corrélation avec cette caractéristique du climat. Aucune corrélation satisfaisante n'a été trouvée entre les captures et les températures diurnes minimales, maximales ou moyennes. La pluviosité, le rayonnement solaire et la vitesse du vent interfèrent fortement avec les températures et conditionnent trop l'activité des adultes ce qui influence donc indirectement les captures. En outre les oscillations des températures diurnes sont très prononcées mêmes si l'on ne tient pas compte des températures excédant un certain seuil p.ex.  $15^{\circ}$ . Afin de palier ces inconvénients nous avons essayé comme d'autres auteurs (2) de déterminer l'influence éventuelle de la température du sol à -5cm de profondeur sur l'éclosion des mouches et sur l'évolution des captures.

Des essais effectués en laboratoire pendant plusieurs années et sur plus de 100.000 pupes avaient démontré que l'éclosion des adultes était conditionnée par des températures dépassant 3°C. Les pupes pouvaient être stockées pendant six mois à cette température sans grande influence sur l'éclosion (1). Si les pupes avaient été placées en hibernation le septième jour après le début de la pupaison, l'éclosion débutait le jour après le réchauffement. Se basant sur ces données et sur le fait que le début des captures en champ oscille au environ du centième jour de l'année nous avons cumulé les températures du sol (à -5cm) qui dépassaient les 4°, 5° ou 6°C.

La meilleure relation a été obtenue entre la somme des températures dépassant les 5° et les premières captures. Cette somme est au minimum de 50°C à compter du premier janvier pour toutes les parcelles qui ont été échantillonnées dans un rayon de 45 km autour de Gand. Cette somme est généralement atteinte dans cette zone maraichère entre le 10 et 20 avril.

Cinquante pourcents des mouches de la première génération sont capturés entre le 10 et 20 mai. Toutefois étant donné que la courbe de distribution a une déviation prononcée vers la gauche la période nécessaire pour atteindre les autres cinquante pourcents est plus longue. Pour la deuxième génération les températures du sol dépassent de loin les 5°C et atteignent même celles qui induisent une estivation ou une diapause. Quand les températures du sol à -5 cm dépassent, comme en 1975 et 1983, pendant plus de 30 j 21°C de moyenne le nombre des adultes de la deuxième génération est fortement réduit mais on doit s'attendre à une troisième génération dès la fin août début septembre. La deuxième génération est généralement plus longue et a une allure à dents de scie moins prononcées. Une des caractéristiques les plus importantes pour définir le début d'une génération est la proportion entre les mâles et les femelles.

Le début d'une génération et principalement la première, est toujours caractérisée par une proportion élevée de mâles dans les pièges surtout si pour des raisons climatiques favorables les adultes apparaissent avant le 10 avril.

Cette période à prédominance de mâles s'étend généralement jusqu'au 25 avril pour la première génération c.a.d. pendant deux à trois semaines. Pour la deuxième génération cette période est plus courte et est située vers le début de juillet.

### 3. L'OVIPOSITION

Etant donné que l'adulte n'occasionne aucun dégât mais que ceux-ci sont non seulement fonction du nombre d'asticots mais également du moment de l'attaque, il était important de rechercher une corrélation éventuelle entre l'apparition des femelles et la période de ponte. Des observations en laboratoire avaient fait apparaître que la ponte débute en moyenne une semaine après l'éclosion, et que les oeufs sont pondus endéans 2 à 3 jours.

Un deuxième cycle se manifeste une dizaine de jours après la fin du premier. Seules quelques femelles qui vivent assez longtemps pondent une troisième fois un nombre assez réduit

d'oeufs. Il est également possible par dissection de se rendre compte de la maturation des ovaires qui sont du type poly-trophique. Comme il a été déjà mentionné la corrélation entre le nombre d'oeufs extraits des pièges amorcés avec des morceaux de rutabaga n'était que de 0,50. Pour les pièges employés en 1983 cette corrélation est de 0,82 et de 0,78 respectivement pour la première et deuxième génération, pour autant qu'un décalage de 8 jours soit appliqué entre les observations concernant les femelles et celles concernant les oeufs. Le coefficient de corrélation est pour les deux générations très significatif (0,01). Une relation entre la ponte et les températures de l'air ou celles du sol n'a pas été constatée pour 1983. Il est d'ailleurs moins probable d'en trouver une, vu que la ponte n'est que partiellement influencée par l'effet des facteurs abiotiques sur l'activité de la mouche; une autre composante est d'ordre physiologique. Ce parallélisme entre la ponte et le nombre de femelles capturées devra être vérifié pendant plusieurs saisons en utilisant les nouveaux modèles de pièges.

#### 4. LES PREDATEURS ET LES PARASITES

Après l'enquête effectuée en Europe occidentale par Wishart et al. (7) un certain nombre de chercheurs ont essayé de circonscrire l'importance des prédateurs et des parasites en tant que facteurs limitatifs des dégâts occasionnés par la mouche du chou. La conclusion générale qui ressort de ces différentes recherches est que de nombreux parasites et prédateurs existent, plus de 50 espèces d'insectes sont citées, mais qu'ils ne sont pas à même de limiter d'une façon efficace les dégâts. Parmi toutes les espèces mentionnées le Staphylin Aleochara bilineata Gyll semble le plus spécifique et le plus efficace. L'adulte se nourrit d'oeufs et des jeunes larves tandis que la larve parasite les pupes. Depuis l'utilisation massive des organochlorés et des organophosphorés dans la lutte contre la mouche du chou le pourcentage des pupes parasitées a fortement regressé (de 54% à 8%).

Après avoir réussi à mettre au point un élevage du Staphylin A. bilineata (5) nous avons en 1982 et 1983 lâché dans quatre essais successifs un certain nombre de staphylins sans opérer un seul traitement insecticide contre la mouche du chou.

Les essais préliminaires de 1982 ont permis par le marquage des adultes et la recapture dans des "pitfalls" de mieux définir leur activité et leur dispersion. En 1983 les essais ont été effectués chez un maraîcher au printemps et en été dans un champ de 2.500 choux-fleurs. Quatre objets avaient été prévus en trois répétitions. Les doses suivantes ont été appliquées : 0, 5, 10 et 20 mg de m.a. de chlorfenvinphos au collet de chaque plante dès la première ponte; la dose préconisée étant de 75 à 100 mg. Dans la culture de printemps (18/3 au 14/6) on a lâché 7.200 staphylins soit 5/plante dans celle d'été (15/6 - 22/8) 28.800 soit 12/plante. La culture de printemps n'a pas dû être traitée contre d'autres déprédateurs, celle d'été a été traitée avec du pirimicarb contre Brevicoryne brassicae et avec du trichlorfon contre Pieris rapae, P. brassicae et Mamestra brassicae. Ces produits avaient été choisis parmi d'autres en fonction de leur toxicité réduite

envers A. bilineata. Un premier contrôle effectué après six semaines fait ressortir que 18,3% des plantes dans la parcelle non traitée portent des signes de légères attaques d'asticots sur la racine pivot tandis que pour les parcelles traitées le pourcentage moyen varie de 3 à 6. Le nombre moyen de larves à la récolte est de 8,9 pour la parcelle non traitée et de 4,6; 3,8; 2,2 pour les parcelles respectivement traitées avec 5, 10 et 20 mg de m.a. Le pourcentage des plantes détruites par la mouche du chou varie de 2,3% pour le témoin à 1,6%; 1,3% et 1,6% respectivement pour 5, 10 et 20 mg de m.a.

Ces observations et résultats permettent de conclure que l'attaque initiale par la mouche du chou était générale et que les staphylins, ne sont pas à même de dévorer en peu de temps les oeufs pour prévenir une première attaque par des jeunes asticots mais qu'après une certaine période le nombre de ceux-ci est réduit de telle façon qu'à la récolte on ne retrouve qu'un nombre très peu élevé de larves par plante ce qui n'influence guère la récolte proprement dite. Les doses minimales de chlorfenvinphos influencent aussi bien l'attaque initiale que le nombre final des larves par plante mais n'ont qu'un effet très faible sur la récolte. Le nombre élevé de staphylins lâchés par plante en deuxième saison (12 contre 5) n'influence guère les résultats. D'autres essais devraient toutefois être effectués afin de mieux définir le nombre optimum à lâcher.

## 5. CONCLUSIONS

L'analyse des nombreuses observations et des résultats d'essais effectués en champ et en laboratoire pendant de nombreuses années permettent de dégager un schéma de lutte qui sera d'autant plus intégrée que les observations seront plus diversifiées. Ces observations supposent soit la formation du maraîcher soit l'existence d'un réseau ad hoc qui transmettra les informations aux maraîchers.

Il est toutefois possible de passer par étapes successives de la lutte chimique aveugle à une lutte raisonnée et intégrée.

### 5.1. Choix du matériel végétal

Sans attendre la commercialisation des nouveaux hybrides tolérants il est à recommander surtout pour la première saison de ne repiquer que des plançons bien aoûtés et non forcés. Les plançons qui proviennent de pépinières chauffées résistent moins bien aux premières attaques que ceux qui ont eu besoin de plusieurs mois pour ce développer à de basses températures. La réduction de la motte de terre a un effet néfaste sur le développement racinaire et sur la reprise des plançons après repiquage. On observe actuellement une tendance qui va à l'encontre de ces recommandations : le maraîcher achète ces plançons chez des firmes qui pratiquent le forçage et qui réduisent au maximum la motte de terre.

### 5.2. Date de plantation

Pour la culture de printemps et dans un sol léger bien fumé on peut recommander sans grands risques de repiquer le plus tôt possible. Si par après les conditions climatiques sont favorables, il n'y aura même pas besoin de traiter contre la

mouche du chou. Il est plus difficile d'appliquer cette recommandation dans des sols lourds qui ne se ressuyent que tardivement et dont le réchauffement est lent.

### 5.3. Economie en eau

Le drainage facilite le réchauffement du sol surtout des sols lourds et permet ainsi un repiquage hatif. La réduction du système racinaire par les asticots et la difficulté que la plante a pour son alimentation en eau et en sels nutritifs peuvent être compensées par un apport d'eau. L'irrigation par temps sec et chaud permet une croissance continue de la plante et augmente le seuil de tolérance.

### 5.4. Température du sol (-5cm)

La sommation des températures dépassant 5°C permet de prévoir au printemps et pour une région assez vaste (900km<sup>2</sup>) l'apparition des premiers adultes. Un avertissement devrait être lancé à ce moment avec rappel des doses et des produits préconisés tout en recommandant l'utilisation des produits les moins nocifs pour les parasites et les prédateurs. Actuellement on pourrait recommander p.ex. le chlorfenvinphos à 30 mg de m.a. par plante. En outre le mode d'application a une grande influence sur l'efficacité du produit. Si la quantité de liquide appliquée au collet de la plante est faible, les résultats obtenus sont moins bons, il faut augmenter la concentration. La tendance actuelle est de traiter au pulvérisateur au lieu de verser à l'aide d'un petit récipient monté sur un baton au moins 50 ml de solution moins concentrée. Cette dernière méthode est naturellement plus astreignante que la première mais elle épargne un plus grand nombre de parasites et de prédateurs et évite une certaine phytotoxicité qui ralentit la croissance de la plante et la rend de ce fait plus sensible.

### 5.5. Le piègeage

Une possibilité d'affiner les avertissements réside dans le piègeage des adultes et des oeufs. Quatre pièges à mouches placés aux coins des champs permettent de suivre l'évolution dans le rapport des sexes. Dès que le rapport entre mâles et femelles fait apparaître un nombre plus élevé de femelles on peut s'attendre aux premiers oeufs une semaine après, moment idéal pour traiter de la même façon que celle préconisée sous 5.4.

La prédiction de la ponte sera d'autant plus précise que les points d'observations seront multiples. On peut toutefois admettre que 3 à 4 emplacements suffiront pour une région de 900 km<sup>2</sup>. Bien qu'il ne soit pas exclu que les maraîchers se chargent des observations, il est préférable que le relevé des pièges et la détermination de l'espèce ainsi que celle des sexes soient confiés à une personne entraînée; six à sept relevés suffiront au début de chaque culture. Le cout d'une telle opération serait donc limité à 1000 km et à six hommes/jour par saison. Le piègeage des oeufs doit se concevoir de la même façon mais pour une durée probablement plus longue de 2 semaines. L'avantage des pièges à oeufs du type décrit sous 1 est que le maraîcher sait très facilement faire les obser-

vations lui même sans matériel spécial ni coûteux et en minimum de temps.

#### 5.6. Les seuils de tolérance

Pour franchir la dernière étape c.a.d. celle qui consiste à ne traiter que si l'attaque est telle que des pertes financières sont à craindre, il faudra en plus des piégeages, analyser le système racinaire par extraction de la plante quatre à six semaines après le repiquage.

Si le piégeage des mouches et des oeufs donne une indication sur l'évolution de la population il n'est pas possible à partir de ces observations, de prévoir les dégâts. Seule l'analyse du système racinaire permet de se rendre compte du nombre moyen d'asticots par plante et du stade auquel ils se trouvent. En outre le développement du système racinaire est un très bon indicateur. Si l'on désire effectuer ces analyses, il faut prévoir afin de ne pas dégarnir trop le champ, de repiquer des plantes surnuméraires entre les lignes et à différents endroits car, comme il a déjà été constaté (7), la répartition de la population est influencée par divers facteurs édaphiques et par les vents dominants. Au printemps il est souvent plus facile d'éviter un traitement qu'en été car en été les facteurs abiotiques sont plus favorables à la dispersion et à l'activité des mouches et au développement des oeufs et des larves. Vu la courte durée de végétation en été il n'y a que très peu de latitude entre les observations nécessaires et les décisions à prendre. En première saison le nombre tolérable d'asticots est de 3 par racine, quatre à six semaines après le repiquage

#### REFERENCES

1. DELCOUR, E. (1974). Bijdrage tot de studie van de genetische bestrijding van de koolvlieg, Hylemya brassicae (Bouché). Doct. thesis, Rijksuniversiteit Gent, 162pp.
2. FINCH, S. and COLLIER, R. H. (1983). Emergence of flies from overwintering populations of cabbage root fly pupae. *Ecolog. Entom.* Vol.8, pp.29-36.
3. FREULER, J. et FISHER, S. (1983). Le piège à oeufs, nouveau moyen de prévision d'attaque pour la mouche du chou, Delia radicum(brassicae) L.. *Revue Suisse Vitic.Arboric. Hortic.* Vol. 15(2), pp.107-110.
4. GOMEZ, K. et GOMEZ, A. (1976). Statistical procedures for agricultural research. IRRI - Los Banos - Philippines, pp. 282.
5. NN. (1982). Aktiviteitenverslag. Gent, Centrum voor geïntegreerde bestrijding van insekten. Sectie 1 : Biologische, Genetische, Hormonale bestrijding, pp.86.
6. PELERENTS, C. (1979/1981). Analyse en interpretatie van ecologische waarnemingen betreffende de koolvlieg - Delia brassicae (Bouché), in C.E.C. Programme in Integrated and Biological Control, Progress Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 162-172.



7. PELERENTS, C. (1982). Basisgegevens voor een beredeneerde bestrijding van de koolvlieg, Delia brassicae (Bouché), pp. 67.
8. WISHART, G., COLHOUN, E. and MONTEITH, A. (1957). Parasites of Hylemya spp. (Diptera, Anthomyidae) that attack cruciferous crops in Europe. Can. Ent., Vol.89, pp.634-639.

### Publications - Contract No. B-0750

BERNARD J., LATTEUR G. & PELERENTS C. (1979) La lutte biologique en matière d'animaux et de mauvaises herbes. Revue de l'Agriculture n. 2, Vol. 32, 339-351

DEGHEELE D. & HERTVELDT L. (1979) Consequences of ultrastructural and phenological data for a release schedule in SIT filed program against the cabbage root fly (CRF). Abstract 641. IX International Congress of Plant Protection. Washington, D.C.

PELERENTS C. (1979) La contribution de la Communauté Européenne dans le domaine de la Lutte Intégrée. Proceedings, Int. Symp. IOBC/WPRS, Wenen, 383-386

VAN DE STEENE F. & AMPE G. (1979) Ervaringen met volleveldbespuitingen ter bestrijding van de koolvlieg *Delia brassicae* B. in spruitkool. Med. Fac. Landbouww., Rijksuniv. Gent, 44/1, 127-134

VAN DE STEENE F. & AMPE G. (1979) Actuele gewasbeschermingsproblemen in de groenteteelt. 4. Bestrijding van dierlijke parasieten bij koolgewassen. Landbouwtijdschrift nr. 2, Jg. 32, 511-516. Publié aussi in Revue de l'Agriculture n. 2, Vol. 32, 517-522

VAN DE STEENE F. & AMPE G. (1980) Biologie, schadebeeld en bestrijding van insecten bij koolgewassen. De Boer en Tuinder, 86e jaargang, n. 11, 37-39

PELERENTS C. (1980) Integrated Crop Protection. Proceedings of a Symposium held at Valence/France, 18-19 June. Ed. Ph. Graffin, 15-25

VAN KEYMEULEN M., HERTVELDT L. & PELERENTS C. (1981) Methods for improving both the quantitative and qualitative aspects of rearing *Delia brassicae* for sterile release programmes. Ent. exp. & appl. 30, 231-240. Ned. Entomol. Ver. Amsterdam.

HERTVELDT L. (1981) Fijnregeling in de insectenbestrijding. Verhandeling van de Fakulteit Landbouwwet. te Gent, n. 20, III, 1-25

VAN DE STEENE F., AMPE G. & VANPARYS L. (1982) Gevoeligheid van spruitkoolcultivars voor de koolvliegen van 2e en 3e generatie *Delia brassicae* B. en de efficiëntie van enkele chemische bestrijdingsmiddelen. Med. Fac. Landbouwwet., Rijksuniversiteit Gent, 47/2, 701-710

PELERENTS C., VAN BOGAERT H. & VAN KEYMEULEN M. (1983) Biologische Bekämpfung von Kohlfiegen. Taspo Magazin, n. 1, 31-32

PELERENTS C. et al. (1983) Basisgegevens voor een beredeneerde bestrijding van de koolvlieg, *Delia brassicae* Bouché. Leerstoel Dierkunde, Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent, 1-57

PELERENTS C. (1983) Analysis and interpretation of ecological observations concerning the cabbage root fly *Delia brassicae* Bouché in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 162-172.



## Development of Methods for Monitoring and Forecasting the Incidence of *Delia radicum* (brassicae) Populations on Brassicas

S. Finch, Rosemary H. Collier

National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick (U.K.)

### Summary

The temperature requirements for each stage in the life-cycle of the cabbage root fly were established, including those which induce pupal aestivation. The results were related to field temperatures, particularly to the accumulation of day-degrees (above 6°C) in the soil. An attempt to predict cabbage root fly activity at Wellesbourne in 1983 using accumulated D<sup>o</sup> was quite successful and could be further improved by taking into account the additional factors which induce aestivation and diapause. An extensive monitoring and sampling survey of cabbage root fly populations in the United Kingdom showed that there is considerable variation in the pattern of cabbage root fly emergence and activity. In particular, the spring emergence of flies from diapause pupae was partly or wholly delayed at many sites so that first generation fly activity sometimes extended into July. Samples of the cabbage root fly from sites elsewhere in northern Europe showed similar wide variations in the pattern of post-diapause emergence. Any model for forecasting cabbage root fly activity must allow for such variations in emergence behaviour as well as climatic differences. Although in some regions the emergence patterns were similar, in others they differed appreciably over distances of a few kilometres.

Mise au point de méthodes de dépistage et de prévisions concernant l'activité des populations *Delia Radicum* (Brassicidae) sur le chou.

### Résumé

On a constaté le rôle des conditions thermiques sur chaque stade de l'évolution de la mouche du chou, y compris celles qui font naître l'estivation des pupes. On a traduit les résultats en températures à l'extérieur, en particulier en somme des degrés-jours (au dessus de 6°C) de la terre. A Wellesbourne en 1983, on a réussi assez bien à prédire l'incidence de la mouche du chou, par la sommation des degrés-jours: on pourrait améliorer cette prévision en tenant compte de l'estivation et de la diapause. Une étude des populations de la mouche du chou a démontré que l'émergence et l'activité de la mouche du chou est variable d'un bout à l'autre du Royaume Uni. En particulier l'émergence printanière des mouches en beaucoup d'endroits a été retardée (ou en tout ou en partie) de sorte que l'activité de la première génération n'a pas commencé avant le mois de juillet. Des mouches du chou en d'autres endroits dans le nord de l'Europe ont démontré une variation semblable vis-à-vis de l'émergence après diapause. En faisant une prévision de l'incidence

de la mouche du chou, il faut donc reconnaître la différence en temps d'émergence ainsi que les différences climatiques. En quelques régions les temps d'émergence étaient presque pareils, pourtant en d'autres régions il y avait une variation notable même sur peu de kilomètres.

## 1. INTRODUCTION

In the British Isles, cruciferous crops grown over a short season (e.g. cauliflowers and cabbages) are protected effectively from the cabbage root fly by soil-applied insecticides at sowing or transplanting. For longer-season crops, (e.g. turnips and swedes) particularly those where the pest damages the part of the plant used for human consumption, the soil-applied insecticides are not sufficiently persistent to give adequate protection when the marketed part of the plant is attacked. Additional treatments are then necessary and these are generally much less effective than the initial soil-applied treatments. They need to be applied at a critically determined time to be most effective.

The problem is emphasised because many swede crops are now sown early, on about 1 April, to obtain the higher yields that can be achieved from a long growing season. This means that some crops may be attacked by three generations of cabbage root fly in one year, with the initial soil-applied insecticide being effective against only the first (spring) generation.

Elsewhere in Europe the need to determine the periods of fly activity and egg-laying, so that insecticides or other control measures can be used at an optimum time, is similar to that in the U.K. Up to 1978, there had been little evidence of behavioural and developmental differences in this pest in the north temperate regions. Hence the possibility of developing a uniform model for predicting cabbage root fly activity seemed worthwhile to explore.

### 1.1. Aim of Project

The aim of this research was to develop a practical system for forecasting the times of appearance of the cabbage root fly so that control procedures against this pest can be timed to be as effective as possible. This is already possible for the first generation but if the main periods of activity by the second and third generations of flies can be predicted accurately from weather records, then later insecticide treatments may be more effectively timed.

The project was broadly divided into two parts. Firstly there was a detailed study to determine the thermal requirements for development of each stage in the life-cycle of the cabbage root fly. This was mainly done using the local population at Wellesbourne and involved both laboratory and field experiments. Secondly, an extensive survey of cabbage root fly behaviour was accomplished within the United Kingdom and related to that of samples of the pest from elsewhere in northern Europe. The aim was to establish the level of variation in periods of cabbage root fly activity both within and between regions.

### 1.2. Measurement of accumulated temperatures

Cabbage root fly development was related to several temperature measurements but principally to accumulated day-degrees above  $6^{\circ}\text{C}$  ( $D^{\circ}$ ). A low temperature threshold of  $6^{\circ}$  was appropriate for most stages of the life-cycle, and generally, no high temperature threshold was used.

Accumulated  $D^{\circ}$  were determined at Wellesbourne from 1980-1983 using temperature integrators (Edale Ltd, Cambridge, England). Throughout the four years, accumulated soil and air  $D^{\circ}$  were measured continuously at the Wellesbourne agrometeorological station to compare with the standard daily meteorological records. These included the 09.00h GMT maximum and minimum

air temperatures and the soil temperature at a depth of 10 cm in bare soil.

During these four years accumulated  $D^{\circ}$  were also recorded in a plot of swedes (0.3 ha) used for producing a field population of cabbage root fly. For the majority of the year, the swede foliage provided some ground cover to the soil so that it was slightly warmer than bare soil in the winter, and cooler in the summer. However, over the period of a generation, such small differences were usually equivalent to no more than a few days of development.

## 2. DURATION OF STAGES OF DEVELOPMENT

To forecast the times of appearance of the cabbage root fly requires a full understanding of its life-cycle and developmental physiology so that its response to differing weather patterns can be predicted. Both the laboratory and the field studies undertaken have led to a fuller understanding of the temperature requirements of each stage in the life cycle of the cabbage root fly. In Britain there are usually two or three generations of cabbage root flies each year. Adults of the first, second and third generations are usually active in May, July and late August-early September respectively and late-developing pupae of the second generation and all pupae of the third generation overwinter in diapause. The completion of diapause in the spring is the natural point from which to begin an annual forecast of cabbage root fly activity since in most cases diapause synchronises the activity of individuals within the population (Tauber & Tauber, 1976 (18); Collier & Finch, 1983a (2)).

### 2.1. Diapause completion

Laboratory - Temperature was shown to be the major factor regulating diapause development of the cabbage root fly. By keeping batches of laboratory-reared diapause pupae at constant temperatures of from  $0^{\circ}$  to  $10^{\circ}$ , and then moving samples of these pupae to a constant temperature of  $20^{\circ}$  it was possible to estimate the proportion of pupae which had completed diapause development.

Diapausing pupae had to be subjected to temperatures of from  $0^{\circ}$  to  $6^{\circ}$  for 22 weeks for all individuals to complete diapause development. Post-diapause development then required up to a further 14 days at  $20^{\circ}$  and flies which emerged within 14 days were classed as early-emerging (Finch & Collier, 1983a (8)). From 12 to 22 weeks exposure to temperatures in the range  $0^{\circ}$  to  $6^{\circ}$  gradually increased the percentage of early-emerging flies. Exposure to temperatures above  $6^{\circ}$  invariably reduced the rate of diapause development. Within the  $0-10^{\circ}$  range, parallel linear relationships were established between the logarithm of the duration of the exposure to low temperature and the probit of the percentage of early-emerging flies. Although the lower the temperature between  $0^{\circ}$  and  $10^{\circ}$  the more effective it was in terminating diapause, the differences in effectiveness between  $0^{\circ}$  and  $8^{\circ}$  were very slight (Collier & Finch, 1983b (3)).

Field - Diapause pupae from an overwintering swede crop (Brassica napus var. napobrassicae) at Wellesbourne U.K. were sequentially sampled at approximately 2-week intervals during each of the winters of 1979-82. Batches of pupae were kept in a constant  $20^{\circ}$  to assess the proportion which had completed diapause, the criterion for diapause completion being emergence within 14 days. Table I summarises the completion of diapause in field populations at Wellesbourne. The duration of diapause in days was estimated from when the weekly mean soil temperature at 10 cm fell below  $10^{\circ}$  in the autumn.

The available evidence indicates that the completion of diapause in the winter was determined by the number of days when soil temperatures were

less than  $10^{\circ}$  rather than any periods of more intense cold. For example, diapause was completed earlier in the winter of 1980-81 ( $289 D^{\circ} < 6^{\circ}$ ) than in the very cold winter of 1981-82 ( $463 D^{\circ} < 6^{\circ}$ ) (Collier & Finch, 1983a (2)). On average, 50% of the population had completed diapause by 1 February each

Table I. Completion of diapause in field populations of cabbage root fly at Wellesbourne

Proportion of pupae which have completed diapause	1979-80	1980-81	1981-82
0% (latest date)	10 January	29 December	23 December
50%	7 February	20 January	29 January
90%	5 March	17 February	18 February
Duration of diapause (days)	137	136	131

year. Diapause development was shown to proceed homogeneously in all Wellesbourne pupae, whether of second or third generation origin or in different seasons. The warm autumn temperatures maintained second generation pupae in diapause whilst those of the third generation were completing their larval development during September-October.

## 2.2 Post-diapause development

Laboratory - At constant temperatures in the laboratory, post-diapause development requirements ranged from 43 days at  $8^{\circ}$  to 10.5 days at  $20^{\circ}$ . The threshold for post-diapause development was close to  $6^{\circ}$ , as previously suggested (Eckenrode & Chapman, 1971 (4)) but the relationship between temperature and the rate of development was such that the thermal requirement was not constant. It increased from  $86 D^{\circ}$  at  $8^{\circ}$  to  $150 D^{\circ}$  at  $20^{\circ}$ . Previous studies had estimated the thermal requirement only at temperatures above  $15^{\circ}$  (Eckenrode & Chapman, 1971 (4), 1972 (5); Coaker & Wright, 1963 (1)) and showed that it then related well to the estimated air  $D^{\circ}$  for field emergence. However, in the spring, air  $D^{\circ}$  are accumulated much more rapidly than soil  $D^{\circ}$  and therefore overestimate the temperatures which pupae experience in the soil.

Field - Field emergence of the cabbage root fly was studied at Wellesbourne by either burying wild pupae to specified depths in Tygan(R) mesh bags (Finch & Skinner, 1980 (12)) or by covering areas of an infested overwintered swede crop with large (6 x 3 x 1.8 m high) Tygan(R) field cages. Accumulated soil and air  $D^{\circ}$  were measured using temperature integrators. Flies were trapped and counted as they emerged.

Wild flies emerged in the field during April in the years 1980-3 but the time of 50% emergence varied from 12 to 29 April. There was never more than a 2-day difference in 50% emergence dates of wild flies buried at 6 cm (average pupal depth) in small mesh bags in the soil or those allowed to emerge into the field cages from an overwintered crop. On average, males emerged 4-8 days ( $10-30 D^{\circ}$ ) earlier than females. Traps within a swede crop close to the cages caught wild flies (mainly males) at the same time, but with a second peak later, coinciding with peak numbers captured in nearby new brassica crops. Wild flies required approximately  $104$  soil  $D^{\circ}$  from 1 February for 50% to complete post-diapause development, similar to the thermal requirement at low temperatures in the laboratory. Field tests showed that soil type and pupal depth both had relatively slight effects on the time of spring emergence. Percentage emergence was reduced in heavier soils and at greater pupal depths.

### 2.3. Pre-oviposition period

Laboratory - To determine the duration of the pre-oviposition period, newly-emerged cabbage root flies were confined in cylindrical Tygan(R) mesh cages (6 cm diameter x 13 cm high) (Finch, 1969 (6)) and supplied with a 10% glucose solution and with water. The cages were maintained at 8 to 26° in incubators and the flies were supplied with small cubes of swede as oviposition sites which were replaced daily. Peak oviposition was well defined at the higher temperatures but not at the lower temperatures when it was very extended. Approximately 80 D° were required after emergence for significant egg-laying to occur but at 8° very few eggs were laid even after several weeks, when the flies began to die. A temperature of 8° was apparently at or below the threshold for oviposition.

Field - Newly emerged flies in large net cages (34 x 34 x 34cm) or in the small cylindrical cages were kept outdoors on a shaded table to avoid excessive temperatures and rainfall. Food and oviposition sites were changed daily and accumulated D° were measured using a temperature integrator, the air probe being placed within the cages. Under all conditions flies required 80 D° for oviposition to occur.

Under natural conditions, 50% of flies had emerged from overwintering pupae at Wellesbourne by 22, 12, 18 and 29 April in 1980-1983 but the 50% oviposition dates in newly-planted cauliflower crops less than 1200 m away were 19, 19, 23 and 28 May respectively. The differences were equivalent to 127, 148, 178 and 134 air D° (mean 147) measured at the standard weather station site. However it is very doubtful whether these D° were comparable to those experienced in the microhabitats selected by adult cabbage root flies and whether a lower threshold of 6° is appropriate for this stage.

### 2.4. Egg hatch

Eggs hatched after approximately 50 D°, irrespective of temperature, though slightly fewer D° may have been required at the lowest temperatures.

### 2.5. Egg, larval and adult development

Laboratory - Cabbage root flies were reared at 8 to 26° with a 16 h photoperiod and sampled on five occasions to observe the stages of development. An analysis using log-time and probit % pupated estimated the times to 50% pupation to range from 18 days at 26° to 57 days at 11°, a mean requirement of 317 D°. At 8°, however, very few larvae survived to pupate. In general, flies only emerged from pots at 20° or higher, others entering diapause. For emergence of flies, an average total of 520 D° was required at 20-21 D°.

Field - In 1980 and 1981 pots containing 10 or 20 4-week old radish plants were inoculated with 100 or 200 newly-laid cabbage root fly eggs, placed outside in large Tygan(R) field cages to exclude wild flies, and watered to keep them damp. Accumulated D° within the pots were measured using temperature integrators with sensors in the pots. On average, 50% pupation occurred 296 D° and 50% emergence 494 D° after oviposition. No aestivation was observed, the seasons being relatively cool and the pots also being cooler than the soil due to regular watering. In 1983, cauliflowers grown within large Tygan(R) cages were each inoculated with 40-60 cabbage root fly eggs. At intervals 6 plants were destructively sampled using a 15 cm soil corer (Finch et al., 1978 (15)), and the larvae and pupae were recovered to assess the % pupation. Other plants were then covered with mesh cages to record emergence of the flies. Survival was low and variable, ranging from 0.5 to 15%, and sometimes too low to assess pupation or emergence. In mid-summer, the emergence was also very erratic for aestivating pupae. However, an average of 330 D° were required for

pupation and a further 200 D<sup>o</sup> for emergence of non-aestivating pupae.

### 2.6. Aestivation

Laboratory - Evidence of aestivation in cabbage root flies has been obtained from both laboratory (Harris & Svec, 1966 (16)) and field studies (Missonier, 1963 (17); Finch, 1977 (7)). However, there has been no previous attempt to quantify the phenomenon. Laboratory studies concentrated on determining the stage at which aestivation is induced, the effective temperatures and the periods of exposure to various temperatures to sustain aestivation. This information is essential for predicting the times of activity of second and third generation flies in very hot seasons or localities.

When batches of cabbage root fly were reared at 20 to 30<sup>o</sup> during certain stages of their development, survival to adult was greatest at 20<sup>o</sup> and decreased as the temperature was increased, being least at 30<sup>o</sup>. Provided the insects were not continuously reared at 30<sup>o</sup> after egg-hatch some flies always emerged and very few pupae died even at 30<sup>o</sup>. Egg viability was also apparently unaffected, confirming earlier results at Wellesbourne (Unpublished data).

Figure 1. The effect of temperature on pupal aestivation and adult emergence

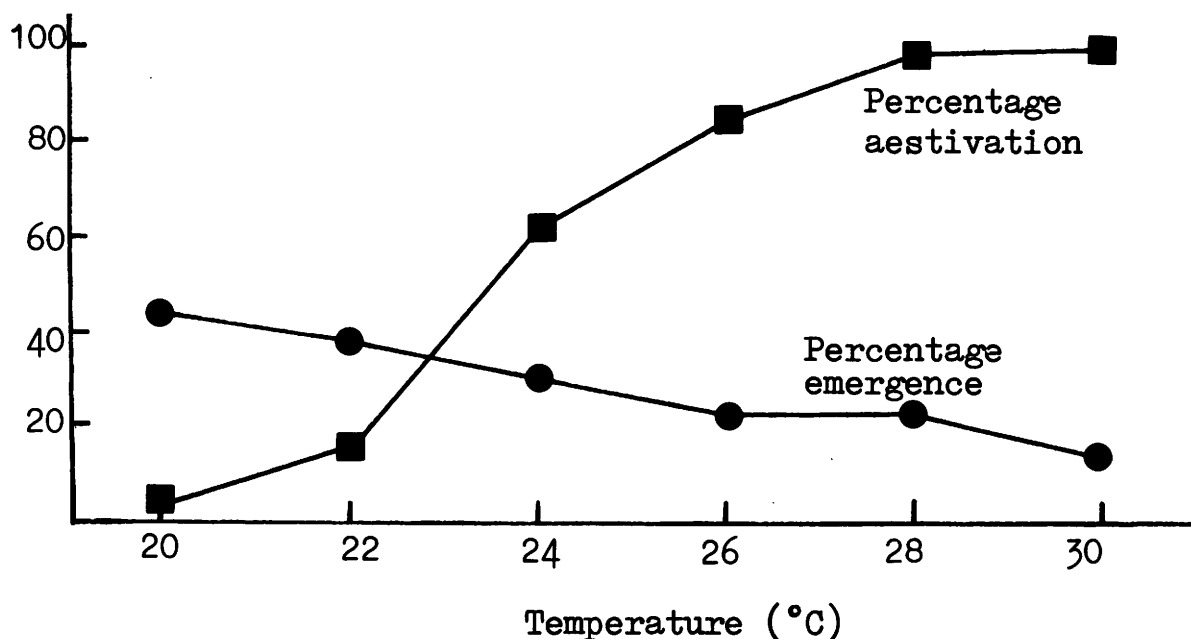


Figure 1 shows the percentage emergence and the percentage of pupae aestivating from one experiment in which the cabbage root fly was reared at 21<sup>o</sup> for 20 days before exposure to a higher temperature (20 to 30<sup>o</sup>) for 52 days and finally placed at 21<sup>o</sup>. The percentage of aestivating pupae was assessed as % of flies emerging after final exposure to 21<sup>o</sup>, compared with those emerging beforehand. In other experiments, pupae were also held in aestivation for different periods. Long exposures to temperatures of 26<sup>o</sup> or less caused a few to cease aestivating but the proportions remaining in aestivation depended on the time at the high temperature. Increasing the temperature from 20 to 30<sup>o</sup> usually increased the proportion of cabbage root flies entering aestivation. However those which had passed the early-pupal, aestivation-sensitive stage developed more quickly



at the higher temperatures. Post-aestivation times at 21° were very similar regardless of the temperature regime to which the insects had been exposed, being approximately 16 days at 21°. They were most susceptible to aestivation after 25 days at 20°, 35 days at 16° and 21 days at 21° (after approximately 330 D°). The newly-formed pupa is the stage at which high temperatures induce aestivation. The delay induced by aestivation was equal to the time spent at the aestivation temperature but aestivation could be re-induced in some pupae after up to about 6 days at 21°. If they were exposed to aestivation-inducing temperatures for either 0,2,4,8,16 or 24 h each day, the proportion aestivating increasing with the time at the higher temperature. The response exceeded 50% of the maximum when the mean temperature was >22°.

Field - In the field, periods when the daily mean soil temperature exceeds 22° (D°/day >16) are likely to induce and maintain aestivation in at least some individuals. However, only those recently pupated, having been subjected to about 330 D° after oviposition would aestivate. It is unlikely that any aestivation occurred during 1980 and 1981, but some of the population may have aestivated in both 1982 and 1983.

### 2.7. Diapause

Laboratory tests showed that diapause induction most probably occurred approximately 250 D° after oviposition, although conditions prior to this could also affect the percentage of insects entering diapause. Outdoors, diapause was induced in pupae arising from eggs inoculated onto radish in pots after 31 July each year. When eggs were inoculated directly onto cauliflower plants in 1983, an exceptionally hot and dry year, some emergence occurred from pupae inoculated on 9 August but not from those inoculated on 16 August.

### 2.8. Duration of stages in the life-cycle of the cabbage root fly

Table II. summarises the approximate duration of each stage in the life-cycle of the cabbage root fly expressed as D° > 6°.

Table II. Duration of stages in the life-cycle of the cabbage root fly

<u>Stage</u>	<u>Post diapause emergence</u>	<u>Pre-oviposition</u>	<u>Egg</u>	<u>Larva</u>	<u>Pupa</u>
D° requirement	100	80	50	250	200
		580			

Where it was possible to measure development in situ in the field, the accumulated temperatures required to complete certain stages in the laboratory were similar to those measured using integrators in the field, particularly for post-diapause and egg-to-adult development. The pre-oviposition requirement is less certain since the flies may have selected microclimates very different to those measured. In addition, there is uncertainty about the temperature threshold for oviposition, which may exceed 8°.

Averaged over 1980, 1981 and 1982 mean activity of the three generations of flies at Wellesbourne occurred after 300, 1000 and 1450 D° (soil), accumulated from 1 February, when 50% of the population had completed diapause. More D° than expected were thus required for completion of both the first and second generations. For example, experimentally a complete generation required 580 D° but, in the field, first to second generation activity required on average 700 D°. This was

to a longer pre-oviposition period than predicted under caged conditions and to the use of only soil D<sup>0</sup> for measuring field development requirements. Fewer than 580 D<sup>0</sup> were required between mean activity of the second and third generations because only the earlier second generation eggs went on to complete a third generation, pupae from the later eggs entered diapause.

### 3. EXTENSIVE SURVEY OF CABBAGE ROOT FLY ACTIVITY

Although a detailed knowledge of the life-cycle of the cabbage root fly has enabled us to forecast activity at Wellesbourne, differences in climate and the developmental behaviour of populations differs in other parts of the U.K. (Finch & Collier, 1983a (8)). The emergence patterns of populations in several regions of Europe were therefore determined to reveal the range of variability to be expected. Two basic techniques were used to assess cabbage root fly activity in different regions. Firstly, cabbage root fly activity was regularly monitored at a number of sites over 3-4 years, by sampling both the egg and adult stages. Secondly, samples of cabbage root flies from various populations were exposed to standard conditions at Wellesbourne in order to compare their responses. Earlier studies showed that there was great variation between populations in the pattern of post-diapause emergence, the differences apparently being inherited (Finch & Collier, 1983a (8)).

#### 3.1. Emergence of flies from pupae collected in northern Europe during the winter 1982-3 (Co-operative study)

When received, the pupae were kept at 4<sup>0</sup> until late April and then placed at 21<sup>0</sup> (16 h-photoperiod). Their emergence is summarised in Table III. Populations from Wellesbourne and Feltwell (England), Wadenswil (Switzerland), Arhus, Skaelskor and Virumgaard (Denmark) were all early-emerging (Finch & Collier, 1983a (8)). The remaining populations displayed a wide range of heterogeneous emergence patterns, ranging from 11 to 90% early emergence. The populations did not fall into three discrete groups like the initial 10 populations from England and Wales (Finch & Collier, 1983a (8)). Those populations with intermediate-emergence characteristics had from 30 to 85% of the flies emerging within 14 days at 21<sup>0</sup>. The times to 50% emergence (T50) ranged from 8 to 62 days and the 10-90% spread of emergence was from 2 to 79 days. Populations in which emergence was particularly late included those from Halsall (N.W. England), Gent (Belgium) and Lausanne (Switzerland). A population from Abergavenny (Wales) was subsequently found also to be late-emerging. Even after extended cold treatment, pupae showing delayed emergence had a low rate of pupal respiration. This suggests that they are probably in an extended diapause. The Feltwell (E. England) population was an intermediate type population in 1981, but in 1983 it was almost entirely early-emerging, indicating that population characteristics may change for reasons as yet unknown.

#### 3.2. Field emergence of populations in the United Kingdom

Since the absolute temperature may differentially affect emergence of flies from different populations (Finch & Collier, 1983b (9)), diapause pupae from the several sites sampled in the United Kingdom were buried in Tygan(R) cages among swedes outdoors in January 1983 and allowed to emerge. Emergence was recorded three times each week (Table IV). All other populations emerged later than the Wellesbourne population, by from 2 (Feltwell) to 44 (Abergavenny) days and had a greater 10-90% spread of

Table III Emergence of flies from pupae collected at several European sites during 1982-83 (Expt 1)

<u>Site of origin</u>	<u>% early emergence</u>	<u>T50</u>	<u>T90</u>	<u>T10-90</u>	<u>% emergence</u>
		<u>(Days at 21°)</u>			
Wellesbourne England	100	8.2	9.0	1.7	58
Feltwell	91	8.1	14.9	7.8	81
Halsall	11	62.3	86.7	70.4	67
Auchincruive Scotland	85	8.5	19.9	12.8	28
Lisburn Northern Ireland	73	9.4	25.7	18.2	69
Dublin Eire	78	9.6	22.2	14.5	49
Wageningen Netherlands	58	10.8	32.7	24.5	68
Gent Belgium	34	37.6	86.9	78.7	47
Hürth- Fischenich West Germany	58	11.4	30.1	22.3	53
Lausanne Switzerland	32	25.3	58.2	48.2	57
Wädenswil	91	9.3	15.0	7.6	80
Århus Denmark	99	8.7	9.8	2.1	73
Skaelskør	100	8.7	9.8	2.1	86
Virumgaard (old crop)	100	9.1	10.4	2.4	23
Virumgaard (new crop)	97	8.6	10.0	2.3	98

Table IV Emergence times of flies from diapause pupae kept under field conditions

<u>Site of Origin</u>	<u>Times to emergence</u>			
	<u>10%</u>	<u>50%</u>	<u>90%</u>	<u>10-90%</u> (days)
Wellesbourne England	21 April	26 April	3 May	12
Feltwell	23 April	28 April	17 May	24
Halsall	28 April	18 May	26 July	89
Abergavenny Wales	27 April	9 June	2 July	66
Auchincruive Scotland	21 April	29 April	31 May	40
Lisburn Northern Ireland	27 April	15 May	17 June	51

emergence, 89 days or the Halsall population. These results demonstrated the variability between populations and implied that there would be limitations to any national forecasting programme if it were based solely on records of the accumulated  $D^{\circ}$  in each locality. The pattern of post-winter emergence may also affect levels of parasitism in field populations (Finch & Collier, 1984 (10)).

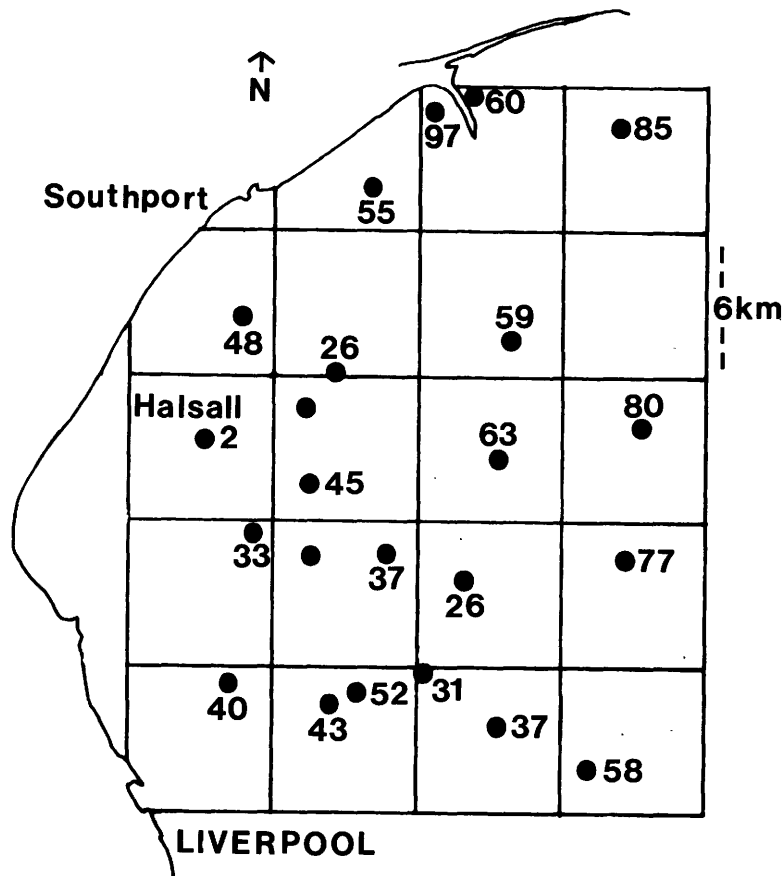
### 3.3. Intensive surveys within a region

It is only feasible to base advisory forecasts regionally, if developmental behaviour is consistent within a region. Intensive surveys were undertaken in two regions: firstly in south-west Lancashire (N.W. England) where at least one late-emerging population had been identified at Halsall and secondly, in the Vale of Evesham (central England), where the populations are early-to-intermediate-emerging and where there is adequate meteorological data.

### 3.4. Intensive survey of populations in south-west Lancashire

Until 1983, a Halsall population and two Devon (S.W. England) populations were the most delayed in emergence, although subsequently others have been found (Table III). The sites previously sampled nearest to Halsall had produced an intermediate-emerging population from Pwllheli (N. Wales) 126 km to the west and an early-emerging population from Hemingbrough (central England) 123 km to the east. A 6 x 6 km grid was established over south-west Lancashire and as far as possible, at least 200 pupae were taken from at least one field in each square. Only one square yielded no pupae. After several weeks at 4<sup>o</sup> the emergence of flies at 21<sup>o</sup> was recorded from the 22 populations sampled (Figure 2).

Figure 2. The percentage of early-emerging flies from diapause pupae sampled in south-west Lancashire in 1983



The Halsall population was still the most extreme for late emergence but, over the whole region, there was considerable variation ranging from 2 to 97% early emergence. None of the populations were homogeneously early emerging and, as expected, the T50's and % early emerging flies were highly correlated. The most rapid emergence occurred from populations collected to the north-east of Halsall. Moving east from Halsall, the average increase in early emergence was 26% per 6 km. Either there is very little mixing of neighbouring populations or the differences are maintained by unknown selective agencies.

In 1981, fly emergence was recorded within a large field cage placed over an overwintering site at Halsall and the mean emergence date of the female flies was 2 June. In contrast, most flies emerged at Wellesbourne, in mid-April and all had emerged by mid-May. This would have been

equivalent to a difference of about 300 D<sup>0</sup>.

### 3.5. Intensive monitoring of populations in the Vale of Evesham

In 1980 and 1981, fly emergence was recorded from sites all located within an area approximately 40 x 15 km from Wellesbourne in the north east to Pershore in the south west. The mean activity dates, as indicated by oviposition, were similar particularly for the first generation, though the activity at Wellesbourne was consistently 2-3 days later than the average. Fly activity was 3-4 days earlier at the more southerly (warmer) sites than at the northerly (cooler) sites. For the Evesham area, 30 km west of Wellesbourne and a main centre for vegetable production the time of activity at one site adequately represented that elsewhere in the area.

### 3.6. Monitoring - England, Wales and Scotland 1980-83

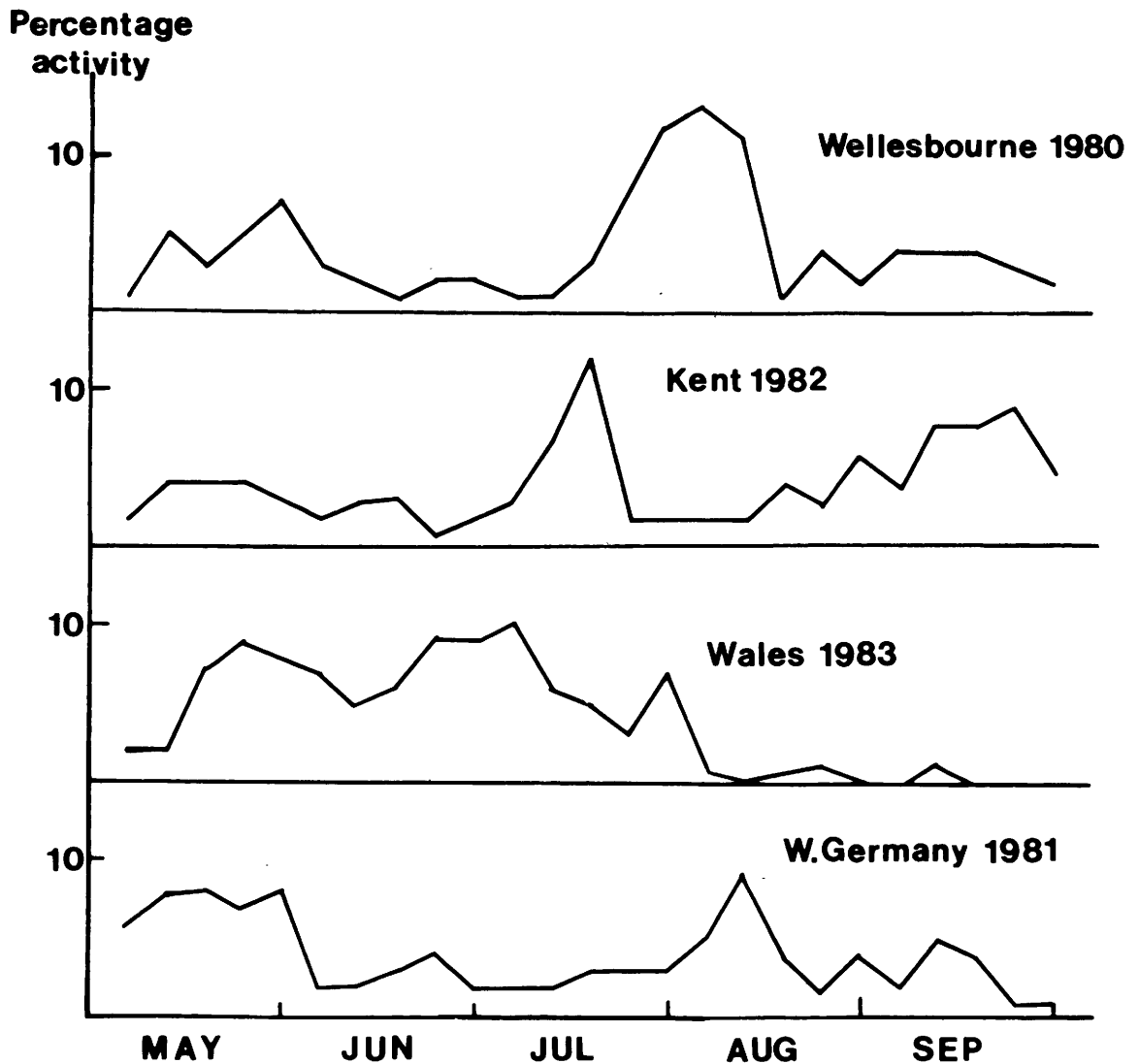
As part of a co-operative study with advisory entomologists (ADAS) and other colleagues to determine cabbage root fly activity patterns, flies were captured at a number of sites during 1980-83 using yellow water traps (Finch & Skinner, 1974 (11)) and soil samples were also taken to collect eggs (Finch *et al*, 1975 (14)). Usually 2-3 samples were obtained each week, but intervals never exceeded 7 days from late-April to at least late-September. However, at some sites only one or two generations were monitored completely. The numbers of flies of each sex were also usually determined.

The numbers of flies and eggs recovered varied between generations and so, for most of the statistical analyses, each generation was considered separately. As a basis for interpreting these and previous results, the start of the first generation was taken as being in early-May, inter-generation periods being mid-late June and mid-late August. The means and variances of the numbers of flies caught during each generation were calculated within these periods. For an impression of the annual activity pattern in each region, the percentage caught in each 3-day trapping period was estimated by linear interpolation. Some of the resulting female activity curves are shown in Figure 3, including one for a site in West Germany. They show the percentage of total activity per 6-day trapping period.

Activity occurred from early-May to late-September at all sites in the United Kingdom, the three generations were usually, but not always, distinguishable even at the most northerly sites. Whereas at some sites the generations were clearly defined, at others, for example in Wales where many of the flies were late emerging, activity of the first two generations were merged and the third did not apparently occur because relatively few females were trapped late in the season.

Peak periods of activity were not apparent at some sites, so the mean activity date was used to describe the timing of each generation. In 1980, for example, activity was not earliest at the most southerly site and latest at the most northerly site, but varied apparently independently of latitude. In the first generation, the time of mean female activity ranged from 13 to 27 May and was earliest at Crieff (Scotland; latitude 56.23N) and latest at Starcross (S.W. England; latitude 50.38N). Females were again early at Crieff in the second generation but latest at Wellesbourne, the mean activity dates ranging from late June until late July. Even so, activity at several sites where the first generation was late was relatively early in the second generation. At Starcross, Abergavenny (Wales), Newcastle (N. England) and in Lancashire (N.W. England) this was almost certainly due to late-emerging first generation adults. The third generation was relatively late in both Devon (S.W. England) and in Scotland.

Figure 3. Female cabbage root fly activity at 4 sites in 1980-83



#### 4. PRACTICAL APPLICATIONS

##### 4.1. Monitoring

Results had shown that sampling for eggs or flies on a plot of about 14 x 14 m is suitable for monitoring cabbage root fly activity (Finch & Collier, 1983b (9)) and that in some localities, for example, the Vale of Evesham in central England, activity at one site adequately represents that at others in the region, only minor differences occurring due to local variations in climate and topography.

At almost half of the sites sampled in 1980-82 fewer than 42 eggs were laid per plant per generation, the threshold attack below which plant growth is unlikely to be measurably affected (Finch & Skinner, 1983 (13)). This suggested that egg-sampling at the times of peak activity may be used to indicate the levels of damage to be expected if crops were not treated. The relationship between adult numbers and potential damage, however, is more difficult to establish.

At sites where cabbage root fly development and emergence behaviour is unlike that at Wellesbourne, monitoring either eggs or adults has enabled us to detect differences in activity and pupal sampling has allowed us to characterise the population at each site.

#### 4.2. Forecasting - Prediction of activity in 1983

Using data collected since 1980 at Wellesbourne, a cabbage root fly prediction curve was prepared, based on the mean accumulated soil  $D^{\circ}$  at a depth of 6 cm, to forecast cabbage root fly activity in 1983. The mean  $D^{\circ}$  to 10% and 50% fly activity in each generation were used to predict when activity would occur in 1983. Throughout this study, for experimental purposes, the 50% level of activity was generally used because this could be determined most accurately, but the 10% level of activity is of most practical importance, being the time when applications of insecticides would be most effective. The curve with both predicted (horizontal lines) and observed (vertical lines) activity dates is shown in Figure 4.

Although the spring of 1983 was exceptionally cold, fly activity was accurately predicted to be several days later than the average. In contrast, during July and August conditions were unusually warm and dry and therefore liable to induce aestivation. Nevertheless, the forecast that most cabbage root flies had passed the aestivation-sensitive stage before the onset of high temperatures was correctly predicted as was a homogeneous emergence. Second generation fly activity was only 2-3 days different from predicted. The third generation was predicted to occur early, which it did, but not as early as expected, being 6-10 days later than expected, probably because some pupae aestivated and because the shortening daylength affects the induction of diapause; fewer second generation pupae would enter diapause when prevailing high soil temperatures accelerate development.

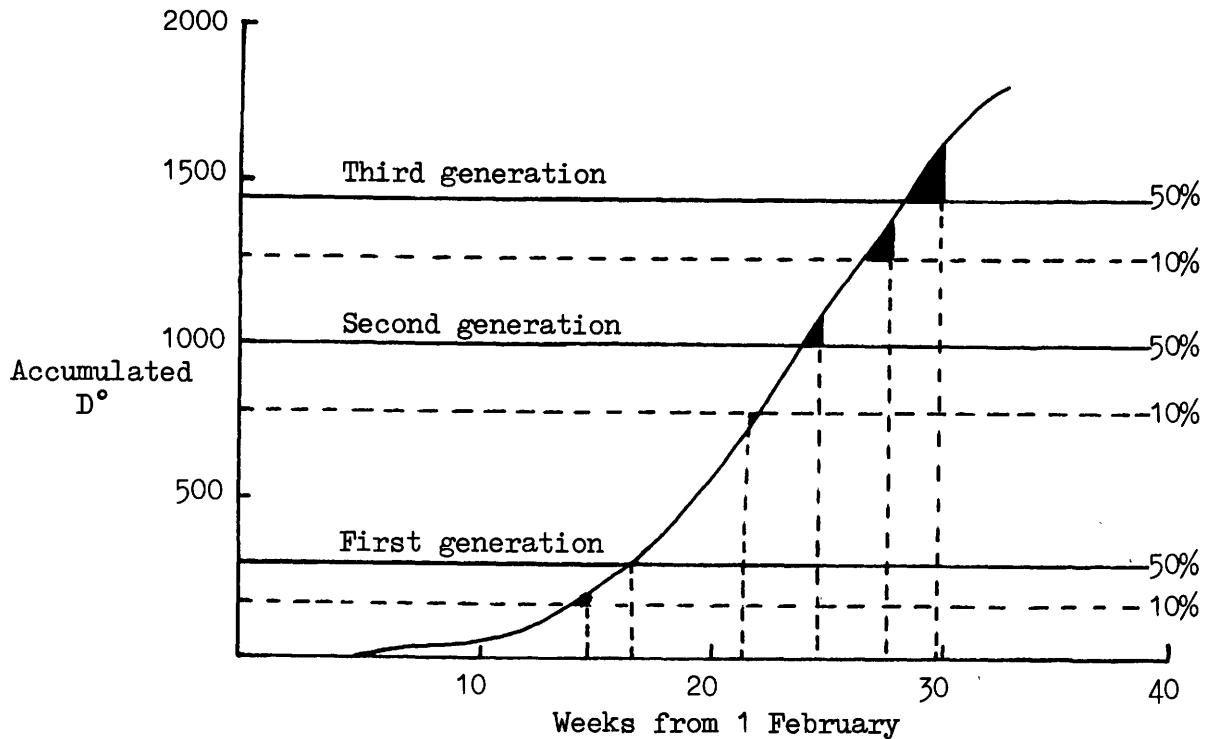
The attempt to predict activity in 1983 showed that a forecast is feasible but that some additional corrections are needed. An improved relationship must be established for the rates of development at temperatures less than about  $10^{\circ}$  during the post-diapause stage. A further improvement of the model would also have to account for aestivation, an important factor being the average age of the population (proportion of newly-formed pupae). In addition, the proportion of second generation pupae entering diapause needs to be known, as this affects the timing of the third generation. At present it seems likely that pupae arising from eggs laid before the first week in August contribute to the third generation whilst those laid after the first week of August enter diapause. Finally, accuracy may be greatly improved by predicting each generation from the occurrence of the previous generation, rather than from 1 February.

#### 4.3. Adaptation of the model for use in other regions

It seems likely that forecasting will have to be primarily locally based because of the great variation in the emergence behaviour of cabbage root fly populations. During 1983, weekly predictions of activity were sent to Regional Entomologists of the UK Agricultural Development and Advisory Service to assess the potential usefulness of the system. Results have not yet been fully collated, but the Wellesbourne-based prediction was directly applicable to the nearby Vale of Evesham and also for the Cambridge area of eastern England. Where heterogeneously-emerging populations occur, a more elaborate model now needs to be assembled.

To adapt the prediction model for each region, the emergence pattern of the population must first be characterised, and the degree of variation within the region measured (e.g. south west Lancashire). Only then would local meteorological data be likely to enable forecasts of fly activity to

Figure 4. Prediction of cabbage root fly activity in 1983 (Horizontal lines = predicted activity; Vertical lines = observed activity)



be made with adequate precision to be of practical value.

However, the strategy for the application of control measures will certainly have to be modified for those regions where late emergence occurs. It may be necessary to apply supplementary treatments in late-June rather than mid-July to prolong periods of protection, when insecticides applied at sowing or transplanting are not sufficiently persistent.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was carried out under MAFF licence No. PHF 428/92 issued under the Import and Export (Plant Health) and Plant Pests (Great Britain) Order 1980. We would like to thank our colleagues for their valuable help in collecting information on cabbage root fly activity throughout northern Europe.

#### REFERENCES

1. COAKER, T.H. and WRIGHT, D.W. (1963). The influence of temperature on the emergence of the cabbage root fly *Erioischia brassicae* (Bouche) from overwintering pupae. *Annals of Applied Biology* 52, 337-343.
2. COLLIER, R.H. and FINCH, S. (1983a). Completion of diapause in field populations of the cabbage root fly (*Delia radicum*). *Entomologia experimentalis et applicata* 34, 186-192.
3. COLLIER, R.H. and FINCH, S. (1983b). Effects of intensity and duration of low temperatures in regulating diapause development of the cabbage root fly. *Entomologia experimentalis et applicata* 34, 193-200.
4. ECKENRODE, C.J. and CHAPMAN, R.K. (1971). Effect of various temperatures upon rate of development of the cabbage maggot under artificial conditions. *Annals of the Entomological Society of America* 64, 1079-83.



5. ECKENRODE, C.J. and CHAPMAN, R.K. (1972). Seasonal adult cabbage maggot populations in the field in relation to thermal-unit accumulations. *Annals of the Entomological Society of America* 65, 151-156.
6. FINCH, S. (1969). Studies on the feeding behaviour of the cabbage root fly *Erioischia brassicae* (Bouche) (Diptera Anthomyiidae) PhD. Thesis. University of Birmingham.
7. FINCH, S. (1977). Monitoring insect pests of cruciferous crops. *Proceedings 1977 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases* 219-226.
8. FINCH, S. and COLLIER, R.H. (1983a). Emergence of flies from overwintering populations of cabbage root fly pupae. *Ecological Entomology* 8, 29-36.
9. FINCH, S. and COLLIER, R.H. (1983b). Development of methods for monitoring and forecasting the incidence of *Delia radicum* (brassicae) populations on brassicas. CEC Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro, A. Piavaux, EUR 8273EN, 173-183.
10. FINCH, S. and COLLIER, R.H. (in press). Parasitism of overwintering pupae of cabbage root fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), in England and Wales. *Bulletin of Entomological Research* 74.
11. FINCH, S. and SKINNER, G. (1974). Some factors affecting the efficiency of water-traps for capturing cabbage root flies. *Annals of Applied Biology* 77, 213-226.
12. FINCH, S. and SKINNER, G. (1980). Mortality of overwintering pupae of the cabbage root fly (*Delia brassicae*). *Journal of Applied Ecology* 17, 657-665.
13. FINCH, S. and SKINNER, G. (1983). Mortality in the soil. Report of the National Vegetable Research Station for 1982 pp. 34-35
14. FINCH, S., SKINNER, G. and FREEMAN, G.H. (1975). The distribution and analysis of cabbage root fly egg populations. *Annals of Applied Biology* 79, 1-18.
15. FINCH, S., SKINNER, G. and FREEMAN, G.H. (1978). Distribution and analysis of cabbage root fly pupal populations. *Annals of Applied Biology* 88, 351-356.
16. HARRIS, C.R. and SVEC, H.J. (1966). Mass rearing of the cabbage maggot under controlled environmental conditions with observations on the biology of cyclodiene-susceptible and resistant strains. *Journal of Economic Entomology* 59, 569-573.
17. MISSIONIER, J. (1963). Etude écologique du développement nymphal de deux diptères muscides phytophages: *Pegomyia betae* Curtis et *Chortophila brassicae* Bouche. *Annales des Epiphyties* 14, 293-310.
18. TAUBER, M.J. and TAUBER, C.A. (1976). Insect seasonality: diapause maintenance, termination and postdiapause development. *Annual Review of Entomology* 21, 81-107.

## **Publications - Contract No. UK-0771**

COLLIER R.H. & FINCH S. (1983) Completion of diapause in field populations of the cabbage root fly (*Delia radicum*). *Entomologia experimentalis et applicata* 34, 186-192

COLLIER R.H. & FINCH S. (1983) Effects of intensity and duration of low temperatures in regulating diapause development of the cabbage root fly. *Entomologia experimentalis et applicata* 34, 193-200

FINCH S. & COLLIER R.H. (1983) Development of methods for monitoring and forecasting the incidence of *Delia radicum (brassicae)* populations on brassicas. C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, C.E.C. Publ. EUR 8273 EN, 173-183

FINCH S. & COLLIER R.H. (1983) Emergence of flies from overwintering populations of cabbage root fly pupae. *Ecological Entomology* 8, 29-36

FINCH S. & COLLIER R.H. "in press" Parasitism of overwintering pupae of cabbage root fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), in England and Wales. *Bulletin of Entomological Research*

## Development and Application of Sampling Methods of Pests in Brassica Crops

J. Theunissen

Research Institute for Plant Protection, Wageningen (the Netherlands)

### Summary

Research on the biology and distribution of some important insect pest species of cabbage crops in The Netherlands has been carried out. This research has resulted in the development of a simple and reliable sampling method for these pests. Practical application of this sampling method in farmers field combined with developed tolerance levels for tolerable pest populations in the crop provides a viable supervised control method for these pests. This supervised control method can be applied by the farmer himself and the risks can be calculated and indicated by means of operating characteristics.

### Mise au point et application de méthodes d'échantillonnage pour les ravageurs des cultures du chou.

#### Résumé

On a fait des recherches sur la biologie et la distribution des ravageurs du chou aux Pays Bas. Les résultats ont permis le développement d'une méthode d'échantillonnage simple et fiable. Cette méthode en combinaison avec des niveaux de tolérance variable a donné une méthode pratique de lutte dirigée. Les cultivateurs sont capables d'utiliser cette méthode de lutte dirigée pour limiter le nombre des traitements chimiques inutiles.

#### 1. INTRODUCTION

The usefulness of sampling methods designed for and used in practical field conditions ultimately depends on the biological properties of the relevant pests and their interactions with the crop. The triangle crop-pest-environment is the closed system in which man interferes with crop protection measures. To establish if the necessity arises to do so, prior assessment of the pest populations in the crop is needed. However, useful field sampling methods have to comply with some prerequisites in order to be acceptable to a grower. They must be reliable, cheap and simple and be presented in a context of proven profitability.

#### 2. RELIABILITY

The reliability of a sampling method pertains to the reproducibility of the sampling results when carried out at identical situations with regard to factors like pest populations and growth stage of the crop. An im-

portant feature of the various pests is their distribution within the crop, both in the individual plant and among all plants. Detailed observations have been carried out on the distribution of *Mamestra brassicae*, *Pieris rapae*, *Pieris brassicae*, *Plutella xylostella* and *Evergestis forficalis*. The experimental design and some results have been discussed elsewhere (1). Analysis of the distribution of eggbatches of *Mamestra brassicae*, *Evergestis forficalis* and *Pieris brassicae* in the described plots of 400 plants shows that at that particular scale there is no preference of the *Mamestra* females for a certain row to oviposit. The number of eggs/eggbatch does not differ in the various rows. Females of *P. brassicae* deposit their eggbatches at random in the crop; *P. rapae* females oviposit more or less evenly.

Weak significant differences ( $0.05 < P < 0.10$ ) between observed numbers of eggbatches of *Evergestis forficalis* and expected numbers suggest the possibility of preferences of the females for certain rows in the field. The above analyses mentioned were based on 42 dates at two locations during four seasons.

The overall impression of the studies on the distribution of the various pests, including *Brevicoryne brassicae*, in the crop was that most species were slightly clustered distributed but that the clusters themselves showed a random distribution. This holds for *Mamestra brassicae*, *Evergestis forficalis*, *Plutella xylostella* and *Brevicoryne brassicae*. Larvae of *Pieris brassicae* are randomly distributed as groups and larvae of *Pieris rapae* show a more even distribution.

These data permitted the use of some probability sampling method at a reasonable low sample size for future use in the field. The choice of this sampling method was related to the relative precision of prospective methods and the costs of their use in terms of manhours/ha. Therefore some methods were compared on these aspects in a 1 ha field of Brussels sprouts (5). One of the compared methods was a systematic sampling method which seemed to be suitable for field use. This method showed a favourable relative precision per unit costs and had been developed for use in a supervised control scheme in Brussels sprouts.

For a number of seasons the reliability of this method has been and will be checked, both in field trials and in commercial fields. If necessary or possible the method will be adapted and simplified respectively. It will be described as it has been introduced to the extension service and the growers.

### 3. SIMPLICITY

To be acceptable to a grower any method has to be simple and cost effective. A method to assess the insect pest population in his crop should show characteristics which could persuade the grower to use it. Such an incentive is the eventual economic result of this crop protection activities using the sampling method as a tool to achieve a profit.

The developed sampling method uses spraying lanes in the crop as a means to spread sampling points evenly over the field along these lanes. The sampling unit is the plant. Criterion is whether or not a plant is infested with (any) caterpillars or/and cabbage aphids (*Brevicoryne brassicae*). The standard sample size is 100 plants/ha. This number is equally divided over the combined length of the spraying lanes, allocating numbers of samples over these lanes proportionally to their length. The allocated number of samples is equally divided along the length of the various spraying lanes (Fig. 1), spacing expressed in paces and taken alternately at the left and right side behind the spraying lane bordering rows. To include the element of probability sampling, the first plant along each spraying lane is taken at random. While sampling the grower traverses his field checking plants for infestation. He ends up with a number of infested and

non-infested plants, and calculates the percentage of plants infested with caterpillars and/or cabbage aphids. This is his sampling result.

#### 4. SAMPLING COSTS

Sampling in crops takes time, which is expressed monetarily in manhours. In the balance of costs and benefits of a rational use of insecticides as opposed to calendar or routine spraying manhours spend on field sampling are costs. To achieve a very high precision of the sampling results these costs may be prohibitive to practical implementation. Therefore, the manhours necessary to obtain the vital information are important. By taking as a criterium the fact whether or not a plant is infested the inspection of the individual plant is very brief. Most time is spend walking along the prescribed route through the field. Apart from the direct purpose this produces additional information for the grower which would not have been collected otherwise. Drought, diseases, wildlife activity etc. may be observed in time to prevent real damage.

The sampling costs in manhours/ha have been determined in a few crops. In red cabbage sampling of one hectare takes about one manhour or less during various growth stages of the crop (4). In Brussels sprouts these costs have been compared for various sampling methods (5). They increase with increasing size of the plants expressed in weeks after transplanting (Table I).

Tabel I. Sampling costs in manhours/ha in Brussels sprouts according to the described sampling method

weeks after transplanting	manhours/ha*
2	0.67
4	1.0
6	1.1
8	1.2
10	1.4
12	1.6
14	1.7
16	2.7

\* sample size is 100 plants/ha

#### 5. USE OF THE SAMPLING RESULTS

Sampling results are made meaningful only when criteria are available to relate these results to. These criteria are approximations of the theoretical control threshold and have been named tolerance levels (7). Tolerance levels can be fixed and declared valid for the entire growing season. This ignores the changing sensitivity of the crop to pest injury during the growing season. Even using these crude tolerance levels significant reductions of insecticide use have been realized (7).

Taking into account the tolerance of the crop during the different growth stages leads to variable tolerance levels. Combining sampling results and a relevant set of variable tolerance levels for caterpillar and cabbage aphid infestation provides a supervised control system for these pests (6).

## 6. RISK ANALYSIS

Accepting the data obtained by field sampling as a basis for taking crop protection decisions involves risks. These risks result from the very use of a sampling method. However, they can be determined based on the binomial distribution of the infested plants in the sample and in the field. An operating characteristic can be calculated and constructed (2) and applied in crop protection as a tool of quality control (3). The probability of taking the right decision, given a certain sample size and tolerance level, is given by the operating characteristic. This is an important tool for the risk analysis of control strategies like supervised control and integrated control.

## 7. CONCLUSIONS

The development of sampling methods for pests in various crops is necessary as a vital component of any rational crop protection strategy.

Practical field sampling methods must be made acceptable to the individual grower to be of any value. This implies incorporation of such methods in a crop protection context of well verified economic feasibility.

## 8. ACKNOWLEDGEMENTS

The support of the European Commission to the research leading to the reported results and especially the support of the meetings of experts in this field is explicitly acknowledged.

## 9. REFERENCES

1. THEUNISSEN, J., 1983. Development of sampling methods of pests in cabbage crops; CEC Programme on Integrated and Biological Control, Progress-Report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 184-201.
2. THEUNISSEN, J. en DEN OUDEN, H., 1983a; Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 1. Uitgangspunten; Gewasbescherming 14(2), 35-40.
3. THEUNISSEN, J. en DEN OUDEN, H., 1983b; Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 2. Het gebruik van de keuringskarakteristiek; Gewasbescherming 14(3): 71-75.
4. THEUNISSEN, J. en DEN OUDEN, H., 1983c; Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 3. Geleide bestrijding in rode kool; Gewasbescherming 14(4): 119-124.
5. THEUNISSEN, J. and DEN OUDEN, H., (in press) Comparison of sampling methods for insect pests in Brussels sprouts; Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 1983
6. THEUNISSEN, J. and DEN OUDEN, H., 1983e; Development of a supervised control system in cabbage crops; Proc. 10th Intern. Congr. of Plant protection Brighton, 1214.
7. THEUNISSEN, J., (in press) Supervised control in cabbage crops; theory and practice; Mitt. Biol. Bundesanstalt

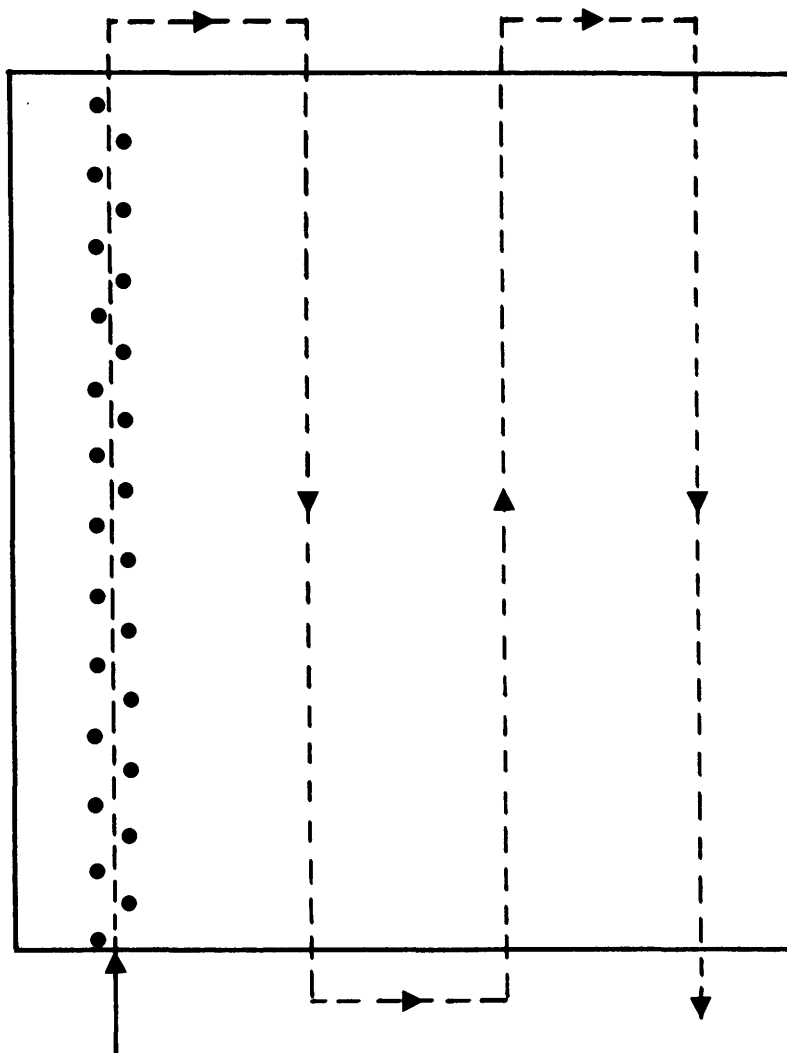


Fig. 1. Scheme of sampling procedure in the field. Alternately to the left and to the right of the spraying lanes (broken lines) samples (black dots) are taken according to the described procedure.

### Publications - Contract No. NL-0791

THEUNISSEN J. (1983) Development of sampling methods of pests in cabbage crops in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 184-201

THEUNISSEN J. en DEN OUDEN H. (1983) Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 1. Uitgangspunten; Gewasbescherming 14 (2), 35-40

THEUNISSEN J. en DEN OUDEN H. (1983) Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 2. Het gebruik van de keuringskarakteristiek; Gewasbescherming 14 (3): 71-75

THEUNISSEN J. en DEN OUDEN H. (1983) Praktijkbemonstering van plagen in vollegrondsgroenten 3. Geleide bestrijding in rode kool; Gewasbescherming 14 (4): 119-124

THEUNISSEN J. and DEN OUDEN H. (1983) Comparison of sampling methods for insect pests in Brussels sprouts; Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 48, 281-286

THEUNISSEN J. and DEN OUDEN H. (1983) Development of a supervised control system in cabbage crops: Proc. 10th Intern. Congr. of Plant protection Brighton, 1214

THEUNISSEN J. "in press" Supervised control in cabbage crops; theory and practice; Mitt. Biol. Bundesanstalt

THEUNISSEN J. and SINS A. "in press" Growth stages of Brassica crops for crop protection purposes; Sci. Hort.





Part 2.b  
**Integrated Control  
of Carrot pests**

DK - 0760  
NL - 0792



## Large Scale Production of *Agrotis segetum* Granulosis Virus

B. Bolet

Zoologisk Institut, Den kgl. Veterinaer-og Landbohøjskole, København (Denmark)

### Summary

The possibility of using the Granulosis Virus (GV) of *Agrotis segetum* for microbial control of some species of cutworms has been investigated. Small scale field trials have shown promising results.

The aim of this investigation has been to develop a method for producing the AsGV by propagation in laboratory-reared larvae and to provide enough virus for further experiments and field trials.

Larvae are reared until time of inoculation, in large groups in boxes with vermiculite. At the time of inoculation there is a large size variation among the larvae. In order to obtain many larvae of uniform and optimal size for virus production, a sorting method utilizing the burrowing behaviour of the larvae, has been developed. From the time of inoculation until death the larvae are reared in groups of 15, in specially fitted boxes. The highest yield is obtained by inoculation of larvae which are in 5th or early 6th instar by a virus concentration resulting in about 70% mortality. Larvae killed by GV are collected using a vacuum-pump.

By means of the procedure described, a yield of  $3,3 \times 10^{11}$  capsules per inoculated larva is obtained as the mean of 2070 larvae.

It will only be possible to evaluate the economic aspects of production of AsGV for microbial control when the exact spraying dose is known.

The project was started May 1st 1980 and finished December 31st 1983. Professor Jørgen Jørgensen has been responsible for the project. The investigations are carried out by cand.scient. Leif Øgaard (until Oktober 15th 1980) and by cand.scient. Bitten Bolet from November 1st 1980. Ole Zethner has been a tutor for L. Øgaard and L.Øgaard a tutor for B.Bolet.

### PRODUCTION SUR GRANDE ECHELLE DE VIRUS DE LA GRANULOSE DE *Agrotis segetum*

#### Résumé

Des recherches ont été effectuées sur la possibilité d'utiliser le virus granulosis (GV) de *Agrotis Segetum* pour la lutte microbique contre certaines espèces de vers rongeurs. Des essais effectués en champ sur une petite échelle ont donné des résultats prometteurs. Le but de cette recherche a été de mettre au point une méthode de production du AsGV par propagation chez des larves cultivées en laboratoire et de fournir assez de virus en vue de nouvelles expé-

riences et d'essais en champ. Les larves sont cultivées jusqu'au moment de l'inoculation, en groupes importants, dans des boîtes garnies de vermiculite. Au moment de l'inoculation, il existe de grandes variations de dimensions entre les larves. Pour obtenir un grand nombre de larves de taille uniforme et optimale pour la production de virus, on a mis au point une méthode de classification utilisant le système de creusement utilisé par la larve. A partir du moment de l'inoculation jusqu'à leur mort, les larves sont cultivées par groupes de 15 dans des boîtes spécialement équipées. Le rendement le plus élevé est obtenu par l'inoculation des larves qui sont au 5ème ou au début du 6ème stade par une concentration de virus portant à une mortalité d'environ 70%. On recueille les larves tuées par GV au moyen d'une pompe à vide. En utilisant la méthode décrite, on obtient un rendement de  $3,3 \times 10^{11}$  capsules par larve inoculée, avec 2070 larves. On ne pourra évaluer les aspects économiques de la production de AsGV pour la lutte microbique qu'une fois connue la dose exacte de la pulvérisation.

Le projet a été commencé le 1er mai 1980 et terminé le 31 décembre 1983. Le responsable du projet était le Prof. Jergen Jergensen. Les recherches ont été effectuées par le collab. scient. Leif Ogaard (jusqu'au 15 Octobre 1980) et par le collab. scient. Bitten Bolet à partir du 1er novembre 1980. L. Ogaard a travaillé sous la direction de Ole Zethner, et B. Bolet sous la direction de L. Ogaard.

## 1. Indledning

Ageruglen (*Agrotis segetum*, Schiff), hvis larver er polyphage, er et velkendt skadedyr udbredt i Europa, Asien og Afrika.

I Danmark optræder 'knoporme', der er en samlebetegnelse for en række jordlevende uglearter (*Noctuidae*), hvoraf *A. segetum* er langt den hyppigste, som alvorlige skadedyr i kartofler, gulerødder, porrer, løg mv.

Angrebsniveauet i de enkelte år siden 1906, er beskrevet (14)(21), og 'knopormeår' med stærke angreb og omfattende skader forekommer uregelmæssigt, en til flere gange hvert tiår.

Forsøg i en række afgrøder med bekæmpelse af ageruglelarver ved hjælp af ageruglens kapselvirus (*Agrotis segetum Granulosis Virus*, AsGV) er beskrevet fra USSR (5). Sidst i 70'erne har Zethner i Danmark forestået en række afprøvninger, hvor AsGV er anvendt til bekæmpelsesforsøg på mindre arealer, dels af udsatte og dels af naturligt forekommende ageruglelarver (22). I forbindelse hermed har der været samarbejde med Pakistan og Sverige, hvor mindre forsøg også er udført (4)(17).

De gunstige resultater opnået i disse forsøg førte til ønske om fortsatte undersøgelser og udførelse af bekæmpelsesforsøg på større arealer overfor naturligt forekommende ageruglelarver. En forudsætning for markafprøvning og senere benyttelse af AsGV er, at det kan produceres i større mængder med en rimelig arbejdsindsats.

Produktion må foretages ved opformering i larver (in vivo), da der endnu ikke er udviklet metoder til opformering af kapselvirus i cellekultur (20). Metoder til opformering i laboratorieopdrættede larver er beskrevet for en række virus/vært systemer og udviklingen er længst fremme ved produktion af bomuldsuglens kernepolyedervirus (*Heliothis* spp. NPV) (12) og løvskovsnornens kernepolyedervirus (*Lymantria dispar* NPV) (2). Begge disse virus produceres i dag kommercielt. På grund af de forskellige insektarters specifikke krav til opdrætsmetode, kan de udviklede metoder dog ikke direkte anvendes ved opdræt af *A.segetum* og produktion af AsGV, men en række principper og delresultater har kunnet udnyttes.

Formålet med den her beskrevne undersøgelse er således at udvikle en metode til produktion af AsGV. Specielt er der arbejdet med:

- a) tilpasning af metoder til opdræt af *A.segetum* larver før og efter inokulering med AsGV.
- b) metode til udvælgelse af larver til inokulering.
- c) fastlæggelse af inokuleringstidspunkt og -dosis.

## 2. Materialer og metoder

### 2.1 Stamkultur

For til stadighed at kunne fremskaffe larver til forsøg er det nødvendigt at have en stamkultur i laboratoriet.

En stamkultur af *A.segetum* er etableret på grundlag af 6. stadium larver indsamlet ved Jægerspris i Nordsjælland.

Stamkulturen holdes på følgende måde.

Imagines: Parring og æglægning foregår ved stuetemperatur (18°-22°) i klare plastkasser (31x21x16 cm), et par sammenkrøllede papirservietter yder skjulemulighed og som næring gives honningvand (10%). Hunnerne lægger æg på gaze ophængt i kassen.

Æg: For at forebygge at en eventuelt uopdaget virusforekomst i opdrættet kan overføres til afkommet via æggenes overflade, desinficeres æggene rutinemæssigt i formaldehyddamp (1).

Larver: Nettet med æg anbringes i en klar plastkasse (22x18x6 cm), heri klækkes æggene. Larverne fodres med substrat fremstillet efter opskrift (modificeret) af Ivaldi-Sender (13) (tabel I). Larverne holdes i thermo-

Tabel I. Næringssubstrat brugt til opdræt af *A.segetum*. Opskrift (modificeret) efter Ivaldi-Sender, 1974.

780 ml vand	4,5 g ascorbinsyre
50 g hvedekim	1,5 g benzoesyre(a)
50 g majsgrøn	1,5 g nipagin(a)
50 g ølgær	20 g agarpulver

(a) I perioder med kraftig svampevækst på substratet er benzoesyre og nipagin erstattet med enten Benlate<sup>R</sup> (0,4 g/kg) eller Orthocid<sup>R</sup> 83 (1 g/kg). Ved problemer med bakterievækst er anvendt Borgal<sup>R</sup> Mite (5 ml/kg).

skab ved 23°-25° og 16 timers fotoperiode.

Ved den fortsatte pasning har der været anvendt 2 forskellige metoder.

1.metode: Ca. 7 dage gamle overføres larverne, der nu er i 2. stadium til en kasse med vermiculite (et kornet isoleringsmateriale baseret på brændt moler). Larverne fodres med substrat, og kasserne tilses 1 gang ugentligt.

Når larverne er i 5. stadium ca. 14-16 dage senere overføres de enkeltvis til 150 ml plastbægre med en substratterning.

2. metode: De 7 dage gamle larver overføres enkeltvis til bægre med substrat. Indtil forpupningen sker 3-4 uger senere tilses larverne 1 gang ugentligt, og substratet udskiftes eller suppleres om nødvendigt. Denne metode har været anvendt i den sidste del af projektperioden.

Pupper: Ved begge metoder indsamles pupper og lægges til klækning i kasser med vermiculite.

Da generationstiden ved 23-25° er ca. 2 måneder, og det er u hensigtsmæssigt med 2 måneders afbrydelse af forsyningen af forsøgsmateriale, desynchroniseres kulturen indenfor de 2 første generationer ved opdræt under forskellige temperaturforhold (10°-17°). Herefter er startet 150 l. stadium larver om ugen til fortsættelse af stamkulturen og forsyning af larver til forsøg.

## 2.2 Masseopdræt og udvælgelse af larver til inokulering.

For at kunne producere virus ved opformering in vivo er det nødvendigt med masseopdræt af larver til inokulering. Samtidig er det af betydning, at de larver der benyttes til inokulering, er af en bestemt størrelse (afsn. 3.4).

I starten af projektperioden er udarbejdet en koloniopdrætsmetode, hvor larverne fra 2. til 5. stadium holdes mange sammen i kasser (29x26x5 cm) med et 3 cm tykt lag vermiculite.

Omkring inokuleringstidspunktet er der imidlertid en betydelig forskel i størrelsen af larverne, således at en sortering er nødvendig. Vejning af larver enkeltvis eller håndsortering er tidskrævende, hvorfor en 'automatisk' netsorteringsmetode er afprøvet.

Det hold larver der skal størrelsessorteres, anbringes på et nylonnet med kendt maskestørrelse. Nettet anbringes ovenpå vermiculite, og larvernes trang til fra 3. stadium at grave sig ned i jord eller andre medier, får dem til at søge gennem netmaskerne. Store larver, der ikke kan passere, tilbageholdes. For at begrænse størrelsen af de frasorterede larver opadtil, placeres de derefter på et net med ca. 10% større masker. De som

Tabel II. Lysforholdenes betydning for sorteringseffektiviteten.

Lysforhold	Larvepassage %(a) $\bar{x} \pm SE$ (b)
Mørke	26±6 d(c)
60W lyspære	50±7 e
Lysstofrør	53±9 e

(a) % larver (5. stadium) passeret net med maskestørrelse 2500µm efter 30 min.

(b) 7 gentagelser.

(c) Tal efterfulgt af samme bogstav (d-e) er ikke signifikant forskellige (Least significant difference test, 5% niveau).

passerer denne maskestørrelse, er begrænset både opadtil og nedadtil i størrelse.

Da forsøg viser at larverne i højere grad stimuleres til at søge ned i vermiculite, hvis der er lys (tabel II), er nettet i alle forsøg placeret 30 cm under en 60W lyspære. En sorteringstid på 30 min. er fundet passende.

Ved anvendelse af ovennævnte fremgangsmåde er foretaget sorteringsforsøg med 14 forskellige net med maskestørrelser mellem 950µm og 3500µm.

Ved sortering af grupper af larver, der er opdrættet sammen i vermiculite, afhænger størrelsesfordelingen blandt de udsorterede larver imidlertid ikke kun af nettets maskestørrelse, men også af antal sorteringer og sorteringstidspunkter. For at undersøge hvornår der frasorteres flest larver af optimal størrelse til inokulering, er foretaget nogle teoretiske beregninger af 'udbyttet' ved sortering på forskellige net og til forskellige tidspunkter. Beregningerne er udført på grundlag af følgende data tilvejebragt ved konkrete forsøg (tabel IV).

- a) den procentvise størrelsesfordeling af larver dag 27 efter ægdesinf.
- b) larvernes vækstrate. Herudfra beregnes larvepopulationens størrelsesfordeling for de følgende dage.
- c) % larver tilbageholdt på net med maskestørrelse 2000 $\mu$ m, ved sortering af larver tilhørende en given vægtklasse.
- d) % larver tilbageholdt på net med maskestørrelse 2200 $\mu$ m, ved sortering af larver tilhørende en given vægtklasse.

### 2.3 Opdræt af larver ved virusproduktion

For at finde den mest hensigtsmæssige opdrætsmetode til larverne fra de inokuleres til de dør er der afprøvet en række forskellige opdrætsenheder.

- a) koloniopdræt i vermiculite.
- b) separatopdræt i små rum dannet af forskellige typer plastrammer med hhv. firkantede rum (22x22x10 mm), aflange rum (40x 12x10 mm) samt specielt fremstillede rammer (40x9x7 mm). Som bund anvendes en glasplade, og en 3 mm acrylplade, med et antal lufthuller over hvert rum, anvendes som låg.
- c) koloniopdræt med 15 larver i flade plastkasser (224x175x10 mm) med en 3 mm acrylplade som låg. I kassens sider er 32 lufthuller med stigende tætthed fra den ende hvor substratet er placeret.

3 forskellige typer af denne opdrætsenhed er afprøvet med det formål

Tabel III. Netsorteringsforsøg. Gennemsnitsvægten af larver der er tilbageholdt på net med en given maskestørrelse og som tillige har passeret den følgende maskestørrelse.

Maskestørrelse $\mu$ m	Larvestadium	$\bar{X}$ Larvevægt (a) mg	SD %
950	3.-4.	18,0	29
1050	4.	26,8	28
1130	4.	36,3	29
1230	4.	53,1	23
1400	4.	70,7	26
1600	4.	78,7	24
1700	4.-5.	101,6	28
1800	5.	122,1	25
2000	5.	173,3	24
2200	5.	257,8	20
2500	5.-6.	262,0	21
2800	6.	353,6	26
3000	6.	437,6	26
3500	6.	589,3	24

(a) Gennemsnit af 100 larver

at få larverne til at udnytte hele kassens areal, frem for at aggregere omkring substratet.

- c1) kassen gennemsigtig.  
 c2) kassen 3/4 mørklagt (sortmalet) og substratet placeret i den lyse del.  
 c3) som c2 men med et stykke sort plast placeret indvendigt i den mørke del.

Over en 14 dages periode er larvernes placering hhv. i og udenfor substratregionen registreret hveranden dag.

#### 2.4 Inokuleringstidspunkt og -dosis

Med henblik på at finde den kombination af viruskoncentration og inokuleringstidspunkt, der giver det største udbytte ved produktion af AsGV, er udført forsøg med 14 kombinationer af forskellige viruskoncentrationer fra  $0,065 \times 10^8$  kaps. til  $65 \times 10^8$  kaps./g substrat og med larvestørrelser fra 4. til 6. stadium (75-300 mg). Senere blev yderligere 10 kombinationer af forskellige viruskoncentrationer fra  $8,5 \times 10^8$  til  $340 \times 10^8$  kaps./g substrat og larvestørrelser fra 5. til 6. stadium (175-325 mg) afprøvet.

I begge forsøgsserier er larverne opdrættet efter metode c3, og forsøgene udført ved stuetemperatur ( $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ). Larverne tilføres virus over en periode på 3 døgn ved at fodre den med substrat påført virus (1 ml virus på 6 g substrat). De virusdøde larver indsamles med pincet ca. hveranden dag i perioden 10-18 dage efter inokulering.

Udbyttet er opgjort i gram virusdøde larver indsamlet. På grundlag af det samlede materiale af virusdøde larver er virusudbyttet efter oprensning bestemt til  $1,9 \times 10^{12}$  kaps./g virusdød larve. På grundlag heraf er nettovirusudbyttet i hvert enkelt forsøgsled omregnet til antal kaps./inokuleret larve.

Tabel IV. Data brugt til beregning af den procentvise størrelsesfordeling blandt larver frasorteret ved anvendelse af forskellige sorteringsmetoder.

	Larvevægt mg												
	<75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225	225-250	250-275	275-300	300-325	>325	
A)	15	12	13	12	10	8	7	6	6	5	2	4	
B)	←	35mg/dag					→	50mg/dag					→
C)	2	9	30	32	41	64	86	85	85	100	100	100	
D)	0	0	0	4	15	28	24	45	56	67	71	100	

A) Den procentvise størrelsesfordeling, dag 27 efter ægdesinfektion, blandt larver opdrættet sammen i vermiculite.

B) Gennemsnitlige vækstrate.

C) Procent larver tilbageholdt på net med maskestørrelse 2000  $\mu$ m, ved sortering af larver tilhørende en given vægtklasse (indenfor 25 mg).

D) Procent larver tilbageholdt på net med maskestørrelse 2200  $\mu$ m, ved sortering af larver tilhørende en given vægtklasse.

#### 2.5 Masseproduktion

For at afprøve metoden i større skala samt fremskaffe en tilstrækkelig virusmængde til senere udførelse af markforsøg, er foretaget en produktion ved inokulering af ialt 2070 larver fordelt på 3 hold.

Opdræt af larver før og efter inokulering foregår som tidligere angivet. Frasortering af 5. til primo 6. stadium larver er foretaget i hånden, idet netsorteringsmetoden på dette tidspunkt endnu ikke var færdigudviklet. Inokulering er foretaget over 3 døgn ved at fodre med substrat



påført virus ( $1,7 \times 10^{10}$  kaps./g substrat).

Indsamling af døde larver er foretaget ved hjælp af en sugeslange påmonteret en vacuumpumpe. Alle kasser gennemses kun en gang i perioden 14-19 dage efter inokulering og døde larver opsamles. På dette tidspunkt udviser overlevende men inficerede larver tydelige sygdomstegn, idet de er hvidlige - lyserøde og har et oppumpet udseende. Disse larver frasorteres og anbringes op til 40 sammen i rene kasser uden substrat. De opsamles 3-7 dage senere, når de er døde.

Virusudbyttet for hvert af de 3 hold er bestemt som beskrevet i det følgende afsnit.

## 2.6 Oprensning og optælling af viruskapsler

Oprensning af viruskapsler fra en råsuspension af døde larver er udført på følgende måde. Først blendes larverne 20 sek. i en blender, og suspensionen stilles i ca. 14 dage ved stuetemperatur. Herved opnås en yderligere nedbrydning af larvernes væv, hvorved viruspartikler frigøres. Råsuspensionen filtreres derefter gennem bomuldsvat og fortyndes samtidig med 5 dele buffer (tris PH 8). Til slut foretages en centrifugering på 50% sukker (w/w) ved 43500 g i 2 timer. Viruset efterenses 2 gange ved 39100 g i 20 min.

Optælling af viruskapsler i den rensede suspension foretages ved brug af mikroskop med mørkefeltskondensator og 400 x forstørrelse, samt et Thoma tællekammer med en dybde på 0,01 mm (10).

Tabel V. Den procentvise størrelsesfordeling på forskellige tidspunkter blandt larver opdrættet sammen i vermiculite, samt beregning af den procentvise størrelsesfordeling blandt netsorterede larver.

		Larvevægt, mg			Sum
		<175	175-325	>325	
Ingen sortering	27	62	34	4	100
	28	40	49	11	100
	29	27	49	24	100
	30	15	47	38	100
Maskestr. 2000 $\mu$ m	A. S27,R28	49	47	4	100
	A. S27,R29	40	54	6	100
	S27,R30	29	62	9	100
	B. S27,S28	25	42	4	71
	B. S27,S29	23	50	5	78
	S27,S30	16	42	9	67
Maskestr. 2200 $\mu$ m	A. S27,R28	42	51	7	100
	A. S27,R29	29	58	13	100
	S27,R30	17	59	24	100
	B. S27,S28	10	29	7	46
	B. S27,S29	5	33	13	51
	S27,S30	4	27	9	40

A) En sortering. En sortering udføres dag 27. Frasorterede larver anvendes til inokulering på denne dag. De resterende larver forbliver i vermiculite og anvendes først til inokulering enten dag 28, 29 eller 30.

B) To sorteringer. 1.sortering udføres dag 27. De resterende larver forbliver i vermiculite og 2.sortering udføres enten dag 28, 29 eller 30. bruges til inokulering de respektive dage.

### 3. Resultater

#### 3.1 Stamkultur

Over en periode på 9 generationer er der opdrættet 48 hold ved brug af metode 1 (afsn 2.2), hvor larverne først i 5. stadium anbringes enkeltvis i bægre. I gennemsnit 32%±17% af disse har nået imagostadiet.

#### 3.2 Masseopdræt og udvælgelse af larver til inokulering

Ved koloniopdræt i vermiculite er overlevelsen fra 2. til 5. stadium i gennemsnit 74±12% (9 gentagelser), når der startes med 125 2. stadium larver pr. kasse. Tætheden for 5. stadium larver bliver således 0,125 larve/cm<sup>2</sup>

Indledende netsorteringsforsøg med 14 forskellige net viser, at det er muligt at udsortere 4. til 6. stadium larver i bestemte vægtklasser med en standardafvigelse på gennemsnitsvægten af de udsorterede larver på 20%-29% (tabel III). Forsøget viser tillige, at ved udsortering af larver af optimal størrelse til inokulering, dvs. med en vægt på 175-325 mg (afsn.3.4), skal anvendes net med en maskestørrelse på 200µm eller 220µm (tabel III).

Tabel VI. Larvernes adfærd ved opdræt i 3 forskellige typer af flade opdrætskasser, hvor substratet er placeret i den ene ende (altid i lys).

	Opdrætskasse		
	Gennemsigtig	3/4 mørklagt	3/4 mørklagt + plastik
Larver (%) udenfor substratregionen	5b <sup>(a)</sup>	33 c	93d

(a) Tal efterfulgt af forskelligt bogstav er signifikant forskellige (Least significant difference test, 5% niveau).

Resultatet, af de teoretiske beregninger over udbyttet af larver i forskellige størrelsesklasser ved brug af forskellige sorteringsmetoder, fremgår af tabel V. Det største udbytte, i form af frasortering af larver af optimal størrelse til inokulering, opnås ved at foretage en sortering dag 27 efter ægdesinfection på net med maskestørrelse 200µm. De resterende larver der har passeret nettes masker holdes endnu 3 dage i vermiculite, og dag 30 anvendes alle disse til inokulering. Herved opnås en 100% udnyttelse af larvematerialet, og af disse vil 62% være af optimal størrelse til inokulering, 29% under 175 mg og kun 9% over 325 mg.

#### 3.3 Opdræt af larver ved virusproduktion

Koloniopdræt af larver i vermiculite under og efter inokulering er ikke hensigtsmæssig, idet de virusdøde larver let brister. Herved flyder virusindholdet ud i vermiculiten og kan ikke opsamles.

Afprøvning af en række opdrætsmetoder, hvor larverne holdes i små rum viser, at det kan være vanskeligt at styre luftfugtigheden. Lav fugtighed er nødvendig, for at fæces kan udtørre. Herved undgås problemer med svampevækst, men til gengæld udtørres substratet i så fald også.

En mulighed synes derfor at være opdræt i større rum, hvor der kan opretholdes høj fugtighed i den del hvor substratet placeres og lav fugtighed i den modsatte ende. Opdrætsenheden model c opfylder disse krav.

Hvis kasserne er klare aggregerer larverne imidlertid omkring substratet, hvilket betyder ekskrementerne ikke udtørres, men at substratet forurenes, og der opstår kannibalisme på grund af høj larvetæthed. Forsøg

med de forskellige opdrætsenheder (c1-c3) viser imidlertid, at larverne i dagtimerne foretrækker at opholde sig i mørke, hvis de har mulighed for det. Ligeledes foretrækker de at have kropskontakt med et eller andet medium, hvilket resulterer i at endnu flere opholder sig i den mørke del, dvs væk fra substratet, når de har mulighed for at placere sig under et stykke plast her (tabel VI).

Ved at anvende opdrætsenheden c3 er det således muligt at opdrætte larver i koloni uden vermiculite.

### 3.4 Inokulerings-tidspunkt og -dosis

I inokuleringsforsøg I er betydningen af larvestørrelsen (125-300 mg) ved inokulering signifikant ( $P=0,0158$ ), mens virkningen af viruskoncentrationen ( $0,65 \times 10^8$ - $65 \times 10^8$  kaps./g substrat) er stærkt signifikant ( $P=0,0001$ ). (tabel VII).

Da inokuleringsdosis ved anvendelse af de to højeste koncentrationer

Tabel VII. Optimering af virusudbytte. Nettovirusudbytte (kaps. $\times 10^{11}$ /larve inokuleret) ved inokulering af larver i forskellige vægtklasser med forskellige viruskoncentrationer.

		Larvestadium Larvevægt( $\pm 5\%$ ) mg						
Forsøg		4.st.	5.st.	5.st.	5.st.	6.st.	6.st.	gns.
dosis(m)	I(c)	75	125	175	250	300	325	udbytte
	0,065	1,8 <sup>(ab)</sup>	0,6 <sup>(b)</sup>					
	0,65	2,1 <sup>(b)</sup>	1,1	2,3	3,6			2,3g <sup>(e)</sup>
	6,5		4,0	4,3	5,3	4,2		4,5f
	65		5,3	4,5	6,2	4,9		5,2 f
gns. udbytte			3,5 h	3,6 h	5,1 i	4,6 ih		
dosis	Forsøg II(d)							
	8,5			4,0 <sup>(ab)</sup>	4,4 <sup>(b)</sup>			
	85			5,0	4,9		4,5	4,8 k
	170			6,6	6,5		5,9	6,4 j
	340				5,8		5,2	5,5 jk
gns. udbytte				5,8 l	5,7 l		5,2 l	

(a) 3 gentagelser pr. forsøg

(b) Indgår ikke i statistisk analyse.

(c) Forsøg I: Stærk signifikant virkning ( $P=0,0001$ ) af viruskoncentrationer, svag signifikant virkning ( $P=0,0158$ ) af larvestørrelsen (variationsanalyse)

(d) Forsøg II: Signifikant virkning ( $P=0,039$ ) af viruskoncentrationer, ingen virkning af larvestørrelse ( $P=0,5323$ )(variationsanalyse)

(e) Tal efterfulgt af samme bogstav (f-1) er ikke signifikant forskellige på 5% signifikans niveau (Duncans multiple range test)

(m) dosis= antal kaps. $\times 10^8$ /g substrat

kun udgør hhv. 0,08% og 0,7% af bruttoudbyttet, og den gennemsnitlige mortalitet er hhv. 57% og 71%, synes der at være en mulighed for at kunne øge udbyttet yderligere ved anvendelse af højere inokuleringskoncentrationer.

Forsøg II viser kun en svag signifikant virkning ( $P=0,039$ ) af virus-koncentrationer og ingen forskel i udbyttet ved inokulering af larver mellem 175 og 325 mg ( $P=0,5323$ ) (tabel VII). Ved anvendelse af koncentrationer på hhv.  $17 \times 10^8$  og  $34 \times 10^8$  kaps./g substrat opnås det største udbytte. Inokuleringsdosis udgør hhv. 1% og 2,4% og mortaliteten hhv. 74% og 72%. En yderligere øgning af inokuleringsdosis kan således ikke forventes at give et større udbytte.

Inokulering af 5.-6.stadium larver i størrelsesordenen 175-325 mg med en viruskoncentration på  $1,7 \times 10^{10}$  kaps./g substrat er derfor valgt som den bedste kombination ved produktion af AsGV.

### 3.5 Masseproduktion

Ved masseproduktionen er der ved inokulering af 2070 larver opnået

Tabel VIII. Nettoudbytte ved masseproduktion af AsGV

	$\bar{X} \pm SD(a)$
Kaps. $\times 10^{11}$ /larve høstet (larveækvivalent)	4,83 $\pm$ 0,65
Kaps. $\times 10^{11}$ /larve inokuleret	3,33 $\pm$ 0,52
Mortalitet %	69 $\pm$ 3,5
Larvevægt ved død, mg	386 $\pm$ 15
Inokuleringsdosis, % af udbytte	1,0 $\pm$ 0,2

(a) Gennemsnit af 3 gentagelser, hvor i alt 2070 5.-primo 6. stadium larver er inokuleret med  $1,7 \times 10^{10}$  kaps/g substrat.

et nettoudbytte på ialt  $6,9 \times 10^{14}$  kaps., dvs. et udbytte på  $3,3 \times 10^{11}$  kaps. pr inokuleret larve, eller da mortaliteten er 69%, et udbytte på  $4,8 \times 10^{11}$  kaps pr. virusdød larve (tabel VIII).

## 4. Diskussion

Omkostningsniveauet ved produktion af insektvirus in vivo afhænger først og fremmest af omkostningerne forbundet med selve opdrættet.

Tidligere metoder til opdræt af *A.segetum* har været ret arbejdskrævende bl.a. på grund af ageruglens lange udviklingstid. Projektet har derfor i særlig grad beskæftiget sig med at udvikle bedre og nemmere metoder til opdræt af *A.segetum* larver, samt at opnå den bedst mulige udnyttelse af larvematerialet ved selve virusproduktionen.

Skønt koloniopdræt er mindre arbejdskrævende end separatopdræt, er metoden uhensigtsmæssig til stamkulturen, idet et helt hold bør kasseres, hvis blot en enkelt larve er blevet inficeret med virus eller andre patogener. Derfor er larverne sidst i projektet holdt separat i bægge allerede fra 2.stadium, således at eventuelle syge dyr kan fjernes, og der er mulighed for at udskifte enkelte bægge ved evt. svampevækst på substrat og fæces.

Separatopdrætsmetoden er væsentlig nemmere sammenlignet med den metode som tidligere er anvendt i Danmark (8)(23), hvor larverne blev håndteret enkeltvis ialt 5 gange, idet de blev overflyttet til succesivt større rum med nyt substrat. Grunden til, at larverne nu kan opdrættes i de samme bægge gennem hele larveperioden, er anvendelse af Ivaldi-Sender substratet, der har en væsentlig længere holdbarhed end Oxford substratet der tidligere blev anvendt (8).

Som regel opdrættes *A.segetum* separat med den begrundelse, at larverne er aggressive og optræder kannibalistiske i de ældre larvestadier (16)(23). Sherlock (19) finder dog, at koloniopdræt er mulig, hvis larverne holdes

sammen i kasser med papir, som de kan skjule sig i. Det svarer til de erfaringer, der er gjort i projektet, hvor grupper af larver holdes sammen i kasser med vermiculite. Vermiculiten kan betragtes som erstatningsmateriale for jord, og herved efterlignes de naturlige forhold, hvor larverne fra 3. stadium er jordboende.

Metoden er fundet effektiv ved masseopdræt af larver til inokulering under forudsætning af, at der opretholdes lav fugtighed i kasserne. En passende tæthed for 5.stadium larver er  $0,13$  larve/cm<sup>2</sup> hvilket er omtrent den samme tæthed ( $0,11$  larve/cm<sup>2</sup>) som Sherlock (19) angiver.

Udbyttet ved produktion af virus in vivo afhænger primært af mortaliteten samt af virusindholdet pr. larve. Da der er en korrelation mellem virusindhold og larvestørrelse (9)(15), opnås det største udbytte, når larverne dør i sidste stadium. Dette kan opnås ved inokulering af larverne i næstsidste eller sidste stadium, idet larverne højst er i stand til at gennemføre et hudskifte inden de dør, når der anvendes en høj konc.

Samtidig kræves dog en stadig større inokuleringsdosis, og f.eks. er opformeringsfaktoren (kaps. produceret/kaps. indgivet) for 1.stadium larver af *Mamestra brassicae* 83500, mens opformeringsfaktoren for 5.stadium larver kun er 1352. Da det imidlertid er omkostningerne pr. opdrættet larve der er af betydning ved produktion af virus in vivo er opformering i 5.stadium larver mest rentabelt, idet en 5.stadium larve indeholder samme antal kapsler som 405 1.stadium larver. (6)

Ved produktion af insektvirus anvendes derfor somregel inokulering i næstsidste eller sidste larvestadium (2)(3)(11).

I forsøgene med at fastlægge inokuleringstidspunkt og -dosis ved produktion af AsGV er det største gennemsnitlige virusudbytte ( $6,4 \times 10^{11}$  kaps pr. inokuleret larve) opnået ved inokulering af 5.-primo 6.stadium larver (175-325mg). Opformeringsfaktoren er således kun 192, men på trods heraf er udbyttet af samme størrelsesorden som ved produktion af æbleviklerens kapselvirus (*Cydia pomonella* GV) hvor der angives et udbytte på  $2 \times 10^{11}$  kaps. (10) eller  $1,9 \times 10^{10}$  kaps pr. inokuleret larve. (3).

Ved produktion af æbleviklerens kapselvirus inokuleres larverne når de er ca. 1 uge gamle (3) og ved produktion af bomuldsuglens kernepolyedervirus (*Heliothis* spp. NPV) inokuleres larverne 6 dage gamle (11). Uviklingstiden for *A.segetum* er derimod betydelig længere, og først 24 dage efter æggene er klækket, er de hurtigst voksende larver først i 6.stadium. På dette tidspunkt er der en betydelig variation blandt larver opdrættet sammen i vermiculite, de mindste vejer således under 75 mg og de største over 325 mg (tabel IV). Inokulering af hele larvematerialet samtidig vil derfor give et forholdsvist lavt udbytte pr. larve inokuleret. For at opnå en bedre udnyttelse af larvematerialet foretages derfor en sortering af larverne ved brug af den udviklede netsorteringsmetode. Ved at foretage sorteringen netop, når de største larver har nået en vægt på 325 mg, er det kun nødvendigt at begrænse larvernes størrelse nedadtil, dvs. der behøves kun sortering på en netstørrelse. Herved frasorteres de største larver der inokuleres samme dag, mens de resterende larver først inokuleres 3 dage senere, når hovedparten af disse har nået en passende størrelse.

Opdræt af 5.-6.stadium larver i forbindelse med selve virusproduktionen viste sig at være vanskelig, idet de store larver producerer en betydelig mængde fæces, således at der nemt opstår et meget fugtigt miljø, hvor ageruglelarverne ikke trives, og med stor risiko for svampevækst på substrat og fæces. Ved anvendelse af en specielt udformet opdrætsenhed (type c3) er disse problemer imidlertid løst, idet der er en fugtighedsgradient i kassen, og kassens udformning iøvrigt bevirker, at larverne fortrinsvis opholder sig væk fra substratet dvs. i kassens tørre del.

Ved afprøvning af produktionsmetoden i større omfang er opnået et virusudbytte på  $3,3 \times 10^{11}$  kaps/larve inokuleret, hvilket kun er ca. halvde-

len af udbyttet i inokuleringsforsøget. En væsentlig årsag hertil er sandsynligvis, at der for at mindske arbejdsindsatsen, er anvendt en mere ekstensiv indsamlingsmetode. I inokuleringsforsøget er døde larver fra alle kasser indsamlet hveranden dag, således at de er 'friske og hele', mens indsamling af døde larver fra alle kasser i masseproduktionsforsøget kun er foretaget en gang. Samtidig er syge larver taget fra og samlet i få kasser uden substrat, hvorfra de senere høstes. En stor del af larverne høstes således først flere dage efter de er døde. På grund af de øvrige larvers aktivitet vil enkelte larver være ødelagt, så viruset flyder ud og udtørres eller opsuges i ekskrementer og ikke kan opsamles.

De opnåede udbytter er af acceptabel størrelse, men først når der på grundlag af egentlige markforsøg foreligger viden om, hvilke virusdoser pr. ha der skal anvendes, er det muligt at vurdere, om der ved den her beskrevne metode kan produceres tilstrækkeligt virus med en rimelig arbejdsindsats.

### 5. Projektforløb

Kontraktforskningsprojektet (o76o) er forløbet i perioden 1.5.198o-31.12.1983 under ledelse af Professor Jørgen Jørgensen. En vid. ass. har været deltidsansat ( indtil 15. okt. 198o cand.scient. L.Øgaard og fra 1.nov.198o cand. scient B.Bolet). Desuden har O.Zethner (indtil 31.dec. 198o) og L.Øgaard (fra 1.nov 198o) været tilknyttet som faglige vejledere.

### REFERENCES

- (1) BATHON, H. & Gröner, A. (1977). Vergleich verschiedener Methoden zur Desinfektion der Eier der Kohleule (*Mamestra brassicae* (L.))(Lep.:Noctuidae). Z.ang.Ent. 84,305-310.
- (2) BELL, R.A., OWENS, C., SHAPIRO, M. & TARDIF, J.R. (1980). Development of Mass-Rearing Technology. In: C.C.Doane Ed.: The Gypsy Moth: Research Towards Integrated Pest Management. U.S.Dept.Agric.Tech.Bull. 1584.
- (3) BRASSEL, JAKOB (1978). Entwicklung von Methoden für die Produktion eines Granulosisvirus-Präparates zur mikrobiologischen Bekämpfung des Apfelwicklers, *Laspeyresia pomonella* (L.)(Lep.,Tortricidae) und Schätzung der Produktionskosten. Mitt.Schweiz.Entomol.Ges., 51, 155-211.
- (4) CHARPENTIER, R. (1978). Virus mot jordflylarver (*Scotia segetum*) - ett laboratorieförsök i fält. Växtskyddsnotiser 42, 34-39.
- (5) DIKASOVA, E.T. (1969). Granulosis virus of winter cutworm and its use for the control of this pest. Uzbekistan Sci.Acad.,Tashkent,USSR,146pp (på russisk)
- (6) EVANS, H.F., LOMER, C.J. & KELLY, D.C. (1981). Growth of Nuclear Polyhedrosis Virus in Larvae of the Cabbage Moth, *Mamestra brassicae* L. Arch.Vir. 70, 207-214.
- (7) GRÖNER, A. (1976). Das Kernpolyedervirus der Kohleule (*Mamestra brassicae* (L.)): Seine Produktion und Erprobung für die biologische Schädlingsbekämpfung. Z.ang.Ent.82, 138-143.
- (8) HANSEN, L.Ø. & ZETHNER, O. (1979). Technique for rearing 26 species of Noctuidae (Lepidoptera) on an artificial diet. Yearbook Royal Vet. and Agricult.Univ.,Copenhagen. 84-97.
- (9) HEDLUND, R.C. & YENDOL, W.G. (1974). Gypsy Moth Nuclear-Polyhedrosis Virus Production as Related to Inoculating Time, Dosage, and Larval Weight. J.Econ.Entomol. 67(1), 61-63.
- (10) HUBER, J. (1981). Personlig medd.
- (11) IGNOFFO, C.M. (1965). The Nuclear-Polyhedrosis Virus of *Heliothis zea* (Boddie) and *Heliothis virescens* (Fabricius). I. Virus Propagation and Its Virulence. J.Invert.Pathol. 7, 209-216.

- (12) IGNOFFO, C.M. & COUCH, T.L. (1981). The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species. In: Burges, H.D.(ed.): Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980. Academic Press. 329-362.
- (13) IVALDI-SENDER, C. (1974). Simple technique for a permanent breeding of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera, Tortricidae) on artificial diet. *Ann.Zool.Ecol.anim.* 6(2), 337-343.
- (14) MIKKELSEN, S.A. & ESBJERG, P. (1981). The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. *Danish J.Plant Soil Science.* 85, 291-301.
- (15) MOHAMED, M.A., COPPEL, H.C., PODGWAITE, J.D. & ROLLINSON, W.D. (1983). Accumulation of Nucleopolyhedrosis Virus of the European Pine Sawfly (Hymenoptera: Diprionidae) as a Function of Larval Weight. *J.Econ.Entomol.* 76, 287-289.
- (16) POITOUT, S. & BUES, R. (1974). Rearing larvae of twenty-eight species of Noctuidae and two species of Arctiidae (Lepidoptera) on a simple artificial diet, breeding peculiarities according to the different species. *Ann.Zool.Ecol.anim.* 6(3), 431-441.
- (17) SHAH, B.H., ZETHNER, O., GUL, A. & CHAUDHRY, M.I. (1979). Control experiments using *Agrotis segetum* granulosis virus against *Agrotis ipsilon* (Lep.: Noctuidae) on tobacco seedlings in Northern Pakistan. *Entomophaga* 24(4), 393-401.
- (18) SHAPIRO, M., OWENS, C.D., BELL, R.A. & WOOD, H.A. (1981). Simplified, efficient system for in vivo mass production of Gypsy Moth nucleopolyhedrosis virus. *J.Econ.Entomol.* 74, 341-343.
- (19) SHERLOCK, P.L. (1979). A method for mass-rearing the cutworm *Agrotis segetum* in the laboratory. *Ent.exp.& appl.* 26, 245-251.
- (20) STOCKDALE, H. & PRISTON, R.A.J. (1981). Production of insect viruses in cell culture. In: Burges, H.D.(ed.). Microbial control of pest and plant diseases 1970-80. Academic Press. 313-328.
- (21) STAPEL, C. (1977). Den økonomiske betydning af plantesygdommenes og skadedyrenes bekæmpelse i landbruget. *Ugeskr.f.Agron.,Hort.,Forst. og Lic.* 122, 735-746.
- (22) ZETHNER, O. (1980a). Control of *Agrotis segetum* (Lep.: Noctuidae) in root crops by granulosis virus. *Entomophaga* 25(1) 27-35.
- (23) ZETHNER, O. (1980b). Five years continuous rearings of the turnip moth (*Agrotis segetum* Schiff.). *Kgl.Vet.- og Landbohøjskole. Årsskr.*69-80.

#### **Publications - Contract No. DK-0760**

JORGENSEN J. (1983) Large scale production of *Agrotis segetum* Granulosis-Virus and field tests in C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 205-213





## Resistance of Carrot to the Carrot Fly, *Psila rosae* \*

J.H. Visser (1), O.M.B. de Ponti (2)

(1) Department of Entomology, Agricultural University, Wageningen (the Netherlands)

(2) Institute for Horticultural Plant Breeding (NT), Wageningen (the Netherlands)

### SUMMARY

The project consisted in two parts: a) screening and selection of carrots for resistance to the carrot fly, *Psila rosae*, and b) tracing the nature of resistance factors. a) In field tests about 240 cultivars and 50 wild *Daucus carota* accessions were screened for resistance, followed by two generations of line selection. Those cultivars which sustained the three-fold test (as cultivar, I<sub>1</sub> and I<sub>2</sub> line) were used for further breeding. They were intercrossed aiming at an increase of resistance by accumulating resistance genes. The majority of cultivars is rather susceptible and only a few show some level of resistance. The wild *Daucus carota* accessions are not very resistant. In the most resistant material the increase of damage is slower than in susceptible cultivars. The breeding of carrot fly resistant carrot cultivars appears to be promising, although progress is slow. b) The main components in extracts of carrot plants and in the air over foliage and roots were identified and quantified. Air sampling methods were improved, and a simple extraction procedure was developed for the detection of trans-methylisoeugenol levels in carrot foliage. Resistance levels as evaluated in field tests in damage caused by larval feeding activity, cannot be explained by the particular chemical composition of carrot cultivars. However, the variation in trans-methylisoeugenol levels between cultivars and lines is appreciable. Future screening for carrot cultivars with low levels of trans-methylisoeugenol, an oviposition stimulant for the carrot fly, might select lines showing resistance for oviposition by the carrot fly.

### Résistance de la carotte à la mouche de la carotte, *Psila rosae*

### RESUME

Le projet consistait en deux parties : (a) inventaire et sélection de carottes pour la résistance à la mouche de la carotte, *Psila rosae*, et (b) identification de la nature des facteurs de résistance. (a) 240 cultivars et 50 variétés sauvages de *Daucus carota* de même que leurs deux générations suivantes par sélection linéaire ont été testés en plein champ pour la résistance. Les meilleurs cultivars ayant subi le triple test (comme cultivar, puis en lignée I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub>) ont été retenus pour des croisements. Ils ont été croisés entre eux dans le but d'augmenter la résistance par accumulation de gènes de résistance. La majorité des cultivars est plutôt susceptible, quelques-uns seulement montrant un certain niveau de résistance. Les variétés sauvages de

This contract ended on 31 December 1981.

Daucus carota ne sont guère résistantes. Dans le matériel le plus résistant, l'augmentation des dommages est plus lente que dans les cultivars susceptibles. Le croisement de cultivars de carotte résistants à la mouche de la carotte semble prometteur, bien que les progrès soient lents (b). On a identifié et quantifié les composants principaux d'extraits de plants de carottes, de l'air au-dessus du feuillage et de racines. Les méthodes d'échantillonnage de l'air ont été améliorées, et on a développé une procédure simple d'extraction pour la détection des niveaux de trans-méthylisoeugenol dans le feuillage de carotte. Les niveaux de résistance évalués au cours de tests en plein champ en fonction des dommages causés par l'activité de nutrition des larves, ne peuvent s'expliquer par la composition chimique particulière des cultivars de carottes. Cependant la variation des taux de trans-méthylisoeugenol entre les cultivars et les lignées est appréciable. Dans le futur, la recherche de cultivars de carottes à faible taux de trans-méthylisoeugenol un stimulant de l'oviposition chez la mouche de la carotte, pourrait permettre de sélectionner des lignées montrant une résistance pour l'oviposition par cette mouche.

#### SAMENVATTING

Het project bestond uit twee gedeeltes: a) het opsporen en selecteren van wortels met resistentie tegen de wortelvlieg, Psila rosae, en b) onderzoek naar de aard van de resistentie factoren. a) In het veld werden ongeveer 240 rassen en 50 wilde herkomsten van Daucus carota bekeken op resistentie, gevolgd door twee generaties lijn selectie. De rassen die drie keer achtereen (als ras, I<sub>1</sub> en I<sub>2</sub> lijn) goede resultaten gaven, werden geselecteerd. Ze werden onderling gekruist met het oogmerk het resistentie niveau te verhogen door accumulatie van resistentie genen. De meeste rassen zijn nogal vatbaar, en slechts enkele vertonen enige resistentie. De wilde herkomsten van Daucus carota zijn niet erg resistent. In het materiaal met het hoogste resistentie niveau verloopt de aantasting minder snel dan in de vatbare rassen. Het ontwikkelen van wortels met resistentie tegen de wortelvlieg blijkt mogelijk, hoewel de vooruitgang langzaam verloopt. b) De hoofdcomponenten in extracten van wortelplanten en in de lucht boven loof en wortels werden geïdentificeerd en gekwantificeerd. De luchtbemonsteringsmethoden werden verbeterd, en een eenvoudige extractie procedure werd ontwikkeld ter bepaling van de gehalten van trans-methylisoeugenol in wortelloof. De mate van resistentie zoals vastgesteld in veldproeven aan de hand van schade veroorzaakt door de maden, kan niet worden verklaard door een bepaalde chemische samenstelling van wortelrassen. Echter de variatie in het gehalte aan trans-methylisoeugenol tussen rassen en lijnen is opmerkelijk. Door het opsporen van wortelrassen met lage gehalten aan trans-methylisoeugenol, een stof die de ovipositie door de wortelvlieg stimuleert, kan in de toekomst mogelijk leiden tot lijnen resistent voor ovipositie door de wortelvlieg.

In Europe carrot belongs to the most important vegetable crops. Because carrot is a major component of baby food the presence of chemical contaminants must be limited to the absolute minimum. For this reason only a few insecticides are registered for application against the carrot fly Psila rosae, a key-pest of carrot in Europe. Moreover, development of resistance of the carrot fly to the presently used insecticides necessitate to search for alternatives of chemical control.

In 1979 the EC expert group on "reduction of the use of chemicals against carrot pests, especially the carrot fly" agreed that host plant resistance might be a basic component in integrated control of the carrot fly. This group recommended that the development of resistant cultivars should be stimulated and strengthened by an analysis of the nature of the resistance factors. The long-term breeding project in the Netherlands provided the sound basis for an EC-project summarized in this report. The project has been carried out by four institutes:

- a) developing resistant cultivars - Institute for Horticultural Plant Breeding (IVT), and Research Institute for Plant Protection (IPO), Wageningen;
- b) tracing the nature of resistance factors, chemical analyses - Department of Entomology, Agricultural University, Wageningen, and Central Institute for Nutrition and Food Research TNO (CIVO), Zeist.

#### Developing resistant cultivars

The EC-project was a continuation of a project carried out by IVT and IPO since 1974, and the same selection procedure was used (De Ponti & Freriks, 1980; De Ponti et al., 1981). Since 1974 about 190 cultivars of mainly West-European origin have been screened for resistance. During the project another 51 cultivars including East-European ones were tested. Wild Daucus carota accessions were also evaluated. The  $I_1$  and  $I_2$  inbred lines and the intercross families tested in 1979 and 1980 originate from the former project. All the material tested in the three years of the EC-project is mentioned in Table 1.

The screening was carried out in field trials in Twello, an area with generally a large natural population of carrot flies. Insecticides were not used, and herbicides were applied before the carrot plants emerged. In May, the material was sown in 3-8 replicate rows 1.5 long, depending on the amount of seed available. For the second part of this report it needs to be emphasized that, using one-row plots, adjacent rows belong to different cultivars, accessions, lines or families, although a block design was used in which related material was sown in one block. Row distance was 0.2 m. In October carrots were harvested, washed and classified as attacked or unattacked. From those cultivars that were repeatedly less attacked, about 20 unattacked carrots were selected from the most heavily infested replicates (at the highest selection pressure). Seed was grown for each selected plant in the next year, and a year later the resulting inbred ( $I_1$ ) lines were compared with the parental material. In case the  $I_1$  lines confirmed the resistance of the parents, individual plants were selected, and the  $I_2$  lines were screened for resistance two years later. Those cultivars<sup>2</sup> which sustained the threefold test (as cultivar,  $I_1$  and  $I_2$  line) were used for further breeding. They were intercrossed aiming at an increase of resistance by accumulating resistance genes. The first intercross families were tested in 1980 and more will follow in 1982 and later.

Because the level of attack alters from year to year six standard cultivars were added to each trial. As susceptible controls we sown Amsterdamse Bak, Danvers 126 and Vita Longa; as resistant controls Nantes, Vertou and Clause's Sytan.

### Results and discussion

The results of the last three years of testing are summarized in Table 1. The level of attack altered from year to year and, therefore, only differences within one year can adequately be compared. Highly resistant cultivars have not been found. The majority of cultivars is rather susceptible and only a few show some level of resistance. Also the wild Daucus carota accessions are not very resistant. In judging the figures of Table 1 one should bear in mind that the level of attack in the test area is abnormally high. There are areas in the Netherlands, where the population of the carrot fly is far less. Moreover, the level of attack might be influenced by interplot interference between test rows.

Table 1 demonstrates clearly that differences in resistance exist between and within cultivars commercially grown in Europe. Surprisingly enough East-European cultivars seem to be more susceptible than those of West-European origin. Differences within cultivars are demonstrated by the increase of resistance due to one or two generations of line selection. Improvement of the resistance seems to be possible in some cultivars. After two or three generations of line selection only a number of cultivars were selected for further breeding. These are mentioned in Table 2.

In 1981 part of the material was harvested and classified at two dates, the beginning of October and the middle of November. The development of the incidence of attack (Figure 1) demonstrates that in the most resistant material the increase of damage is slower than in susceptible cultivars.

The breeding of carrot fly resistant carrot cultivars appears to be promising, although progress is slow. This slowness is accentuated by the fact that carrot is a biannual crop. This project will be continued without EC-support.  $I_2$  lines have already been intercrossed. The first generation intercross families tested in 1980 did not yet exceed the resistance of the  $I_2$  lines, but progress is expected in the next generations, which are available from 1982. From the  $I_2$  lines selected in 1980 large amounts of seed are harvested in 1981, which will be used for screening in large field plots to avoid interplot interference. The wild Daucus carota accessions did not markedly exceed the resistance of the cultivated carrot. Besides the agronomic value of these wild relatives is very poor. Therefore, this material will not be used. Large seed quantities of the selected accessions are stored to serve as a reservoir of resistance genes.

### Tracing the nature of resistance factors

Isolation and chemical analyses of the volatiles which emanate from carrot cultivars showing different resistance levels, were undertaken. The programme consisted in three parts: a) GLC-MS identification of the major carrot plant volatiles, b) improvement of air sampling methods, and c) comparative chemical analyses of a number of carrot cultivars and lines.

The components identified in extracts of carrot plants are listed in Tables 3 and 4. As extracts do not represent the actual composition of volatiles which the carrot fly and its larvae meet, the air over fresh foliage and roots was investigated.

For complete adsorption of the volatiles traps of 1-2 mg of carbon appeared to be insufficient. Therefore, different types of adsorbent materials were analysed for their efficiencies to adsorb carrot plant volatiles. For this purpose 100 litres of air were sucked over cut carrot plants, and the volatiles trapped making use of different adsorbents. After extraction and concentration, GLC analyses showed that tenax and carbon were insufficient for complete adsorption and recovery of carrot plant volatiles (Table 5). In this respect traps containing amborsorb turned out to be superior. For that reason amborsorb was used in the comparative chemical analyses of carrot cultivars. In Table 6 and 7 some of the results are shown.

In the air over roots terpinolene is the major component (Table 6). In the air over foliage myrcene, sabinene and  $\alpha$ -pinene are predominant. The data obtained from samples which were harvested on consecutive days show large variations (see Danvers, Table 7).

HPLC analyses of the air over foliage did not reveal a correlation between the relative amount of trans-methylisoeugenol, an oviposition stimulant for the carrot fly, and the percentage of unattacked carrots (Figure 2). This experiment was repeated with extracts of carrot foliage (Table 8); the data support the previous conclusion. In other words, resistance levels cannot be explained by the particular chemical compositions of carrot cultivars.

### Discussion

Resistance is measured as damage caused by larval feeding activity. Other kinds of genotypic variation within and between cultivars were not selected. The experimental design used in the selection of host plant resistance did not include the possibility to reveal differences between varieties in respect of attractiveness for orientation, landing and oviposition by carrot fly. As larvae have been reported to migrate from one row to another (Overbeck, 1978), a smaller number of eggs deposited in the soil surrounding a particular cultivar does not necessarily result in less damage of this cultivar, compared to other's, at the end of the growing season.

In the period of the EC-project the main components in extracts of carrot plants and in the air over foliage and roots were identified and quantified. Some of these components are biologically significant for carrot flies. Cis-3-hexenyl acetate and  $\beta$ -caryophyllene caused distinct electroantennogram responses even at minute concentrations (Guerin & Visser, 1980). Trans-methylisoeugenol has been reported as a potent oviposition stimulant for the carrot fly (Staedler, 1972), and dispensers containing this compound increased the number of carrot flies captured on glue covered orange plexi-glass traps (Guerin & Staedler, 1980). The effects on oviposition and trap catches were linearly related to the log of the amount of trans-methylisoeugenol used. Besides, trans-methylisoeugenol caused large electroantennogram responses in the carrot fly (Guerin & Visser, 1980).

As the significance of trans-methylisoeugenol in host plant selection by the carrot fly is without any doubt, micro-analyses of this compound in the air over different varieties and lines were undertaken. Besides, the isolation of trans-methylisoeugenol was simplified as to create a practical extraction method for screening different cultivars on their trans-methylisoeugenol levels.

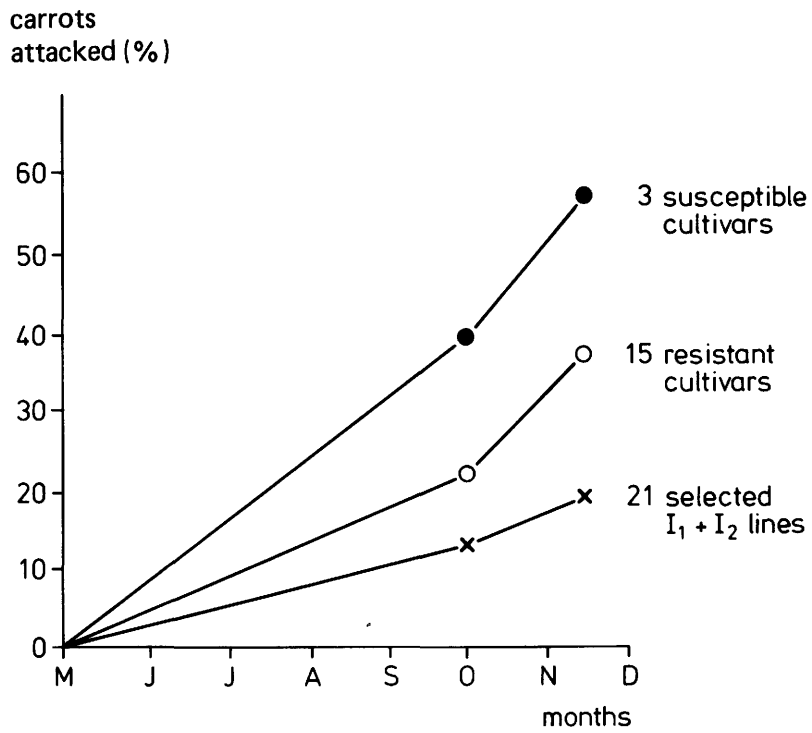
It turned out that the variation in trans-methylisoeugenol levels between cultivars and lines is appreciable. Future screening for carrot cultivars with low levels of trans-methylisoeugenol might select lines showing resistance for oviposition by the carrot fly, and, thus, improve the present resistance of carrots to this noxious insect.

### References

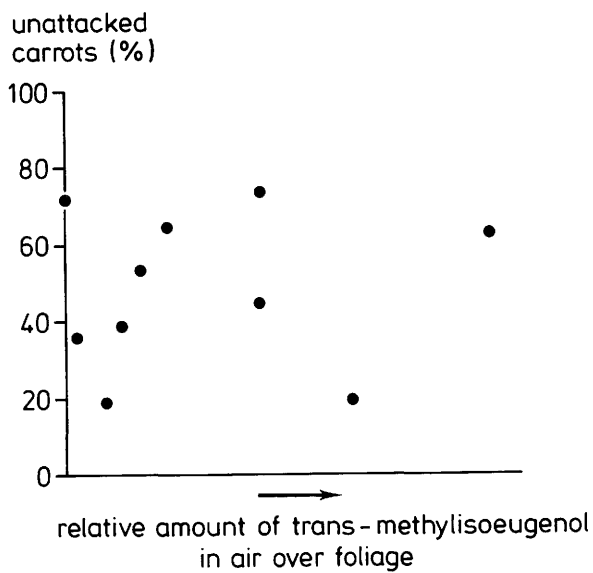
- Guerin, P.M. & E. Staeder (1980). Carrot fly olfaction: behavioural and electrophysiological investigations. Abstract from joint congress on chemoreception, ECRO IV & ISOT VII, Noordwijkerhout, Holland.
- Guerin, P.M. & J.H. Visser (1980). Electroantennogram responses of the carrot fly, *Psila rosae*, to volatile plant components. *Physiological Entomology* 5 : 111-119.
- Overbeck, H. (1978). Untersuchungen zum Eiablage- und Befallsverhalten der Möhrenfliege, *Psila rosae* F. (Diptera:Psilidae) im Hinblick auf eine modifizierte Chemische Bekämpfung. *Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw.sch.* 183, 145 p.
- Ponti, O.M.B. de & J.C. Freriks (1980). Breeding carrot (*Daucus carota*) for resistance to the carrot fly (*Psila rosae*). In: A.K. Minks & P. Gruys (Eds), *Integrated control of insect pests in the Netherlands*, PUDOC, Wageningen, p. 169-172.
- Ponti, O.M.B. de, J.C. Freriks, M. Steenhuis & H. Inggamer (1981). Improving the resistance of carrot and onion to respectively carrot fly and onion fly by recurrent selection. *Bull. SROP/WPRS IV-1*: 59-62.
- Staedler, E. (1972) Über die Orientierung und das Wirtswahlverhalten der Möhrenfliege, *Psila rosae* F. (Diptera:Psilidae). II Imagines. *Z. ang. Ent.* 70: 29-61.

### **Publications - Contract No. NL-0792**

- GUERIN P.M., VISSER J.H. (1980) Electroantennogram responses of the carrot fly, *Psila rosae*, to volatile plant components. *Physiological Entomology* 5, 111-119
- PONTI O.M.B., FRERIKS J.C. (1980) Breeding carrot (*Daucus carota*) for resistance to the carrot fly (*Psila rosae*). In: A.K. Minks, P. Gruys (Eds), *Integrated control of insect pests in the Netherlands*, Pudoc, Wageningen, pp. 169-172
- PONTI O.M.B. de, FRERIKS J.C., STEENHUIS M., INGGAMER H. (1981) Improving the resistance of carrot and onion to respectively carrot fly and onion fly by recurrent selection. *Bull. SROP/WPRS IV-1*, 59-62



**Figure 1:** Development of the incidence of attack at the end of the growing season.



**Figure 2:** The proportion of carrot plants unattacked by the carrot fly and the relative amount of trans-methylisoeugenol in the air over their leaves.

**Table 1** Material tested and selected in field trials of 1979, 1980 and 1981. In brackets, the mean proportion (%) of carrots attacked.

material	number tested		number selected	
<u>1979</u>				
susceptible controls	3	(54)	-	
resistant controls	3	(49)	-	
cv's from West-Europe	19	(52)	11	(49)
cv's from East-Europe	10	(59)	1	(46)
wild <u>Daucus carota</u>	52	(47)	8	(41)
I <sub>2</sub> lines	5	(33)	5	(33)
<u>1980</u>				
susceptible controls	3	(74)	-	
resistant controls	3	(56)	-	
cv's from West-Europe	6	(67)	0	
cv's from East-Europe	7	(84)	0	
I <sub>2</sub> lines	75	(55)	13	(32)
intercross families	39	(54)	7	(38)
<u>1981</u>				
susceptible controls	3	(39)	-	
resistant controls	3	(24)	-	
cv's from East-Europe	9	(44)	0	
I <sub>1</sub> lines	121	(21)	7	(13)
I <sub>2</sub> lines	32	(21)	14	(13)



**Table 2** Inbred lines selected for further breeding after selection in two or three successive generations.

<u>1978</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>
I <sub>2</sub> Signal	I <sub>2</sub> (FL x HC)	I <sub>2</sub> Nantes
I <sub>2</sub> Nantes	I <sub>2</sub> Nantes	I <sub>2</sub> Vertou
I <sub>2</sub> Pioneer	I <sub>2</sub> Vertou	I <sub>2</sub> (FL x HC)
I <sub>2</sub> Vertou	I <sub>2</sub> Caramba	I <sub>2</sub> Duranda
	I <sub>2</sub> St. Valery	I <sub>1</sub> Sytan
		I <sub>1</sub> Carentan
		I <sub>1</sub> Touchon
		I <sub>1</sub> Tip Top
		I <sub>1</sub> Nantskaja Goryskaja

**Table 3** Compounds identified by GLC-MS analyses in a Likens-Nickerson extract (ether-pentane) of carrot plants.

---

$\beta$ -pinene, sabinene, myrcene, limonene, terpinene, ocimene, terpinolene, p-cymene, 3-hexen-1-ol, 2-hexen-1-ol, 3-hexenyl acetate, bergamotene, 4-terpineol,  $\beta$ -caryophyllene, sesquiphellandrene,  $\beta$ -farnasene, humulene, bisabolene, germacrene D, methyleugenol, methylisoeugenol

---

**Table 4** Compounds identified by GLS-MS analyses in a continous extract (ether-pentane) of carrot plants.

---

myrcene, limonene, 1-hexanol, 3-hexen-1-ol, 2-hexen-1-ol, bergamotene,  $\beta$ -caryophyllene, bornyl acetate,  $\beta$ -farnasene, sesquiphellandrene, bisabolene, p-cymene-8-ol, 2-phenylethanol, methyleugenol, methylisoeugenol

---

**Table 5** Comparative analyses of the air over cut carrot plants, making use of different adsorbent materials. Traps A parallel, traps B in series with A.

relative amounts	Tenax		Carbon		Porapak Q		Ambersorb	
	A	B	A	B	A	B	A	B
$\alpha$ -pinene	7	16	124	190	275	0	239	52
$\beta$ -pinene	5	12	66	66	120	0	105	20
myrcene	325	56	744	37	575	0	720	0
limonene	103	40	276	16	210	0	274	0
terpinene	92	15	3	1	172	0	200	0
terpinolene	151	18	10	1	290	0	340	0
cis-3-hexenyl acetate	17	0	39	1	18	0	39	0
$\beta$ -caryophyllene	69	13	165	0	168	0	172	0

**Table 6** Comparative chemical analyses of carrot varieties. Air over roots.

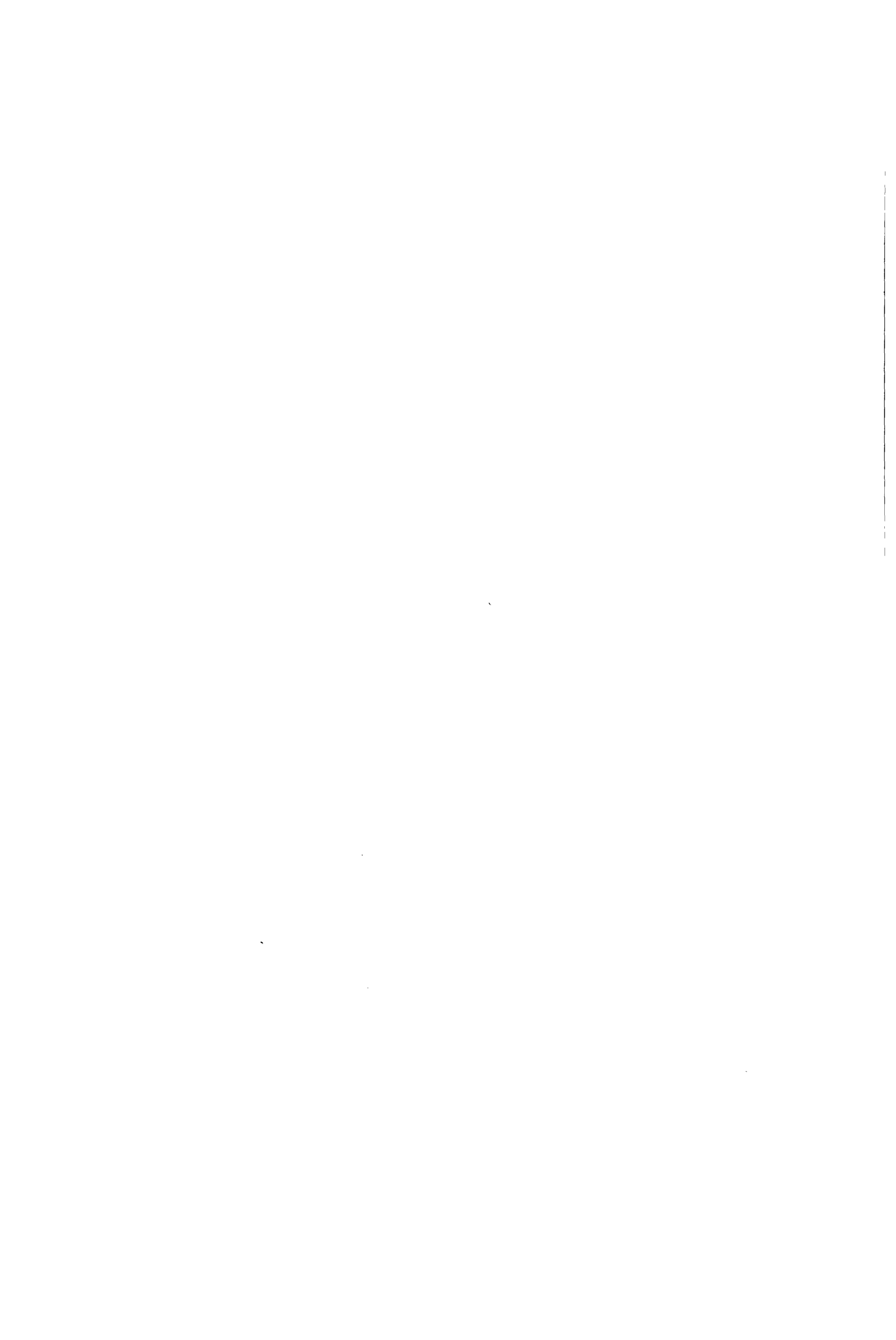
relative amounts	Sytan	Danvers	Vertou	A'dam Bak
$\alpha$ -pinene	7	7	10	8
$\beta$ -pinene	7	10	3	10
sabinene	4	6	12	6
myrcene	13	18	9	13
limonene	39	48	27	63
terpinene	23	36	15	24
cymene	16	17	8	18
terpinolene	300	300	125	380
$\beta$ -caryophyllene	11	19	14	30
unattacked carrots %	34	19	64	39

**Table 7** Comparative chemical analyses of carrot varieties. Air over foliage

relative amounts	Sytan	Vertou	I <sub>2</sub> Vertou	Danvers	Danvers	A'dam Bak
α-pinene	164	131	54	126	205	1024
β-pinene	24	27	17	26	46	56
sabinene	116	295	293	126	212	109
myrcene	383	194	400	133	259	114
limonene	64	39	18	53	151	268
terpinene	19	11	4	11	32	25
cymene	15	10	5	9	12	17
terpinolene	77	29	2	34	100	146
β-caryophyllene	91	31	12	25	52	92
unattacked carrots %	34	64	72	19	19	39

**Table 8** Comparison of the proportion of carrot plants attacked by the carrot fly in a field test in 1980 and the amount of trans-methylisoeugenol in their leaves.

material	% carrots unattacked	trans-methylisoeugenol content (mg/kg)
Population Nantes 79609	45	13.40
Population Nantes 79617	63	14.15
I <sub>2</sub> Vertou	72	0.30
Population Nantes 79611	73	16.25
I <sub>2</sub> St.Valery	74	7.75
Population Signal 79660	85	2.93
I <sub>2</sub> Vertou	89	3.20



# Part 3

## **Integrated and Biological Control in Cereals**

F - 0704  
F - 0705  
F - 0706  
I - 0733  
B - 0751  
B - 0752  
UK - 0772  
IR - 0780



## Biological Control of Cereal Aphids with Entomophthorales

B. Papierok (1), P. Silvie (1), J.P. Latge (1), C.A. Dedryver (2), J.M. Rabasse (3), G. Remaudiere (1)

- (1) Insects Biological Control Unit, Pasteur Institute, Paris (France)  
 (2) INRA - Zoology Laboratory, Rennes Research Center, Le Rheu (France)  
 (3) INRA - Zoological and Biological Control Station, Antibes (France)

### Summary

Research done in France on Entomophthorales attacking cereal aphids gave published results in very numerous fields: biology, ecology, systematics, biochemical characterization of strains, physiology of growth and sporulation, production and formulation of inoculum, measure of infectivity, determination of factors governing the pathogenicity. Under oceanic climate, in western France, Erynia neoaphidis is the most effective and constant natural enemy of cereal aphids. In continental France the effect of Entomophthorales is more irregular but E. neoaphidis and Entomophthora planchoniana can develop spectacular epizootics. In greenhouses it is possible to permanently establish the disease after spraying an industrially produced inoculum. However the enzootic development of the entomophthorosis is not able to prevent the increase of the aphid populations. Major difficulties are: selection of the best suitable strain for the control strategy, depending on the population level, and obtaining an inoculum physiologically closer to that natural one. When taking into consideration the leading part often played by Entomophthorales in the regulation of aphid populations, further research is needed in these priority areas.

### LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES AU MOYEN DES ENTOMOPHTHORALES

#### Résumé

En France, les recherches menées sur les Entomophthorales pathogènes de pucerons des céréales ont abouti à des résultats dans de très nombreux domaines: biologie, écologie, systématique, caractérisation biochimique des souches, physiologie de la croissance et de la sporulation, production et formulation de l'inoculum, mesure de l'infectivité, analyse des facteurs déterminants du pouvoir pathogène. Sous le climat océanique de l'Ouest de la France, Erynia neoaphidis apparaît comme l'agent de régulation le plus efficace et le plus constant des populations de pucerons sur céréales. En zone continentale, l'action des champignons est plus irrégulière mais E. neoaphidis et Entomophthora planchoniana sont capables d'expansions épizootiques spectaculaires. A l'heure actuelle, en serre, il est possible grâce à l'application d'un inoculum qui peut être produit industriellement, d'implanter la maladie. Celle-ci ne se maintient cependant qu'à un niveau enzootique et n'affecte pas significativement la croissance des populations aphidiennes. Les difficultés majeures sont les suivantes: choix de la souche la mieux adaptée à la stratégie de lutte compte-tenu des niveaux de populations et obtention d'un inoculum physiologiquement plus proche de l'inoculum in vivo. Le rôle souvent prépondérant que jouent les Entomophthorales dans la nature justifie le développement des recherches dans ces directions.

## 1. INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, devant les problèmes posés par l'utilisation à grande échelle des insecticides chimiques, un intérêt croissant s'est manifesté pour les possibilités offertes par la lutte biologique. Les Entomophthorales, qui sont les seuls microorganismes capables de réduire à un niveau très bas les populations de Pucerons en zones tempérées, ont ainsi fait l'objet d'une attention privilégiée dans plusieurs pays, notamment en Europe.

En France, l'Unité de Lutte biologique contre les Insectes de l'Institut Pasteur (G. REMAUDIERE, J.P. LATGE et B. PAPIEROK) s'est donné comme objectif la mise au point d'un procédé permettant d'assurer l'implantation précoce d'un inoculum d'Entomophthorale dans les populations de pucerons des céréales afin de freiner leur expansion et de prévenir les dommages économiques. Les recherches ont été menées en collaboration avec C.A. DEDRYVER (I.N.R.A., Centre de Recherches de Rennes) et J.M. RABASSE (I.N.R.A., Station de Zoologie et de Lutte biologique d'Antibes).

## 2. PROGRAMME ET CONDUITE DES RECHERCHES

Un microorganisme candidat à la lutte biologique contre les pucerons doit présenter les principales caractéristiques suivantes:

- être facilement produit à une échelle industrielle, dans des milieux peu coûteux;

- conserver sa vitalité pendant plusieurs mois et être manipulable comme un produit phytosanitaire classique;

- être hautement infectif vis-à-vis du ou des insectes-cibles et posséder une spécificité parasitaire suffisamment étroite.

La mise au point d'une préparation biologique implique donc la mise en place d'un ensemble de recherches pluridisciplinaires couvrant à la fois l'aspect fondamental et appliqué. Ainsi, le programme "Entomophthorales" a concerné:

- la recherche de souches pathogènes des pucerons de céréales, en liaison avec les progrès de la connaissance écologique et systématique des Entomophthorales (Institut Pasteur). L'écologie de ces champignons dans les populations de pucerons des céréales a été étudiée dans l'Ouest de la France et dans le Bassin parisien (INRA Rennes, Institut Pasteur);

- l'estimation et la comparaison de la pathogénicité des souches vis-à-vis des trois principales espèces de pucerons (Sitobion avenae Fab., Metopolophium dirhodum Walker et Rhopalosiphum padi L.), en liaison avec un approfondissement de la connaissance des facteurs qui conditionnent la virulence (Institut Pasteur);

- la mise au point de méthodes industrielles permettant la fabrication des spores et leur conditionnement, en liaison avec les progrès des recherches sur la physiologie de la nutrition et de la sporulation du champignon (Institut Pasteur);

- la réalisation des premières expérimentations en serre (Rennes et Antibes) et en cultures de céréales d'hiver (Brie-Comte-Robert, Rennes, Gembloux et Littlehampton).

Des chercheurs stagiaires ont participé à la réalisation du programme: F. BEAUMONT, I. DELPUECH et G. PINOCHET (France), D. PERRY, P. BREY et D. MONTROSS (U.S.A.), L. SAMPEDRO et G. IBARRA (Mexique), B. TORRES (Brésil). Plusieurs collègues étrangers ont en outre apporté leur concours à certaines phases des travaux: N. WILDING (Rothamsted



Experimental Station), R. HALL (Glasshouse Crops Institute, Littlehampton), G. Latteur (Centre de Recherches agronomiques, Gembloux), G. HENNEBERT (Université catholique de Louvain), S. KELLER (Station fédérale de Recherches agronomiques de Zurich), A. UZIEL (Faculté d'Agriculture de Rehovot, Israël), J.J. SANGLIER (Sandoz, Bâle).

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Systématique des Entomophthorales

Les données écologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques accumulées depuis une dizaine d'années ont permis de mettre en évidence des synonymies entre des espèces désignées sous des noms différents selon les auteurs, de construire une nouvelle classification et de corriger certaines erreurs introduites dans la nomenclature au cours des 100 dernières années. Les genres suivants, à potentialité entomopathogène, sont distingués par la morphologie de conidies primaires et secondaires: Conidiobolus (à conidies sphériques ou pyriformes avec papille arrondie ou pointue), Neozygites (à conidies primaires sphériques ou pyriformes avec papille tronquée et à capilloconidies secondaires munies d'un disque adhésif), Entomophthora (à conidies primaires campanulées), Erynia (à conidies primaires ovoïdes ou allongées portant une papille arrondie non séparée du corps par un épaulement, capilloconidies absentes), Zoophthora (à conidies cylindriques à fusiformes, à papille arrondie ou pointue, séparée du corps par un épaulement, capilloconidies présentes) (39, 40).

Grâce à cet effort de clarification, le statut des espèces pathogènes d'Aphides est désormais fixé sans ambiguïté. Les 6 espèces les plus communes sont désignées ainsi:

- Erynia neoaphidis Remaudière & Hennebert est l'espèce la plus fréquente dans le monde entier; elle était connue jusqu'à maintenant sous le nom de Entomophthora aphidis Hoffmann in Fresenius; son rôle dans la limitation des populations aphidiennes a été précisé en France océanique comme en France continentale (41),
- Entomophthora planchoniana Cornu,
- Conidiobolus obscurus (Hall & Dunn) Remaudière & Keller = Entomophthora thaxteriana Petch (42),
- Neozygites fresenii (Nowakowski) Remaudière & Keller = Entomophthora fresenii Nowakowski,
- Zoophthora phalloides Batko,
- Conidiobolus osmodes Drechsler.

Les études en systématique ont montré que la taxonomie fongique classique fondée sur des bases morphologiques peut aussi s'appuyer avantageusement sur des critères physiologiques (mode de formation des spores de résistance), pathologiques (comportement pathogène vis-à-vis des pucerons) et biochimiques (profil d'acides gras des lipides intracellulaires neutres et polaires, profils électrophorétiques d'isoenzymes, composition en sucres des parois (13, 14, 15, 16, 42).

#### 3.2. Ecologie des Entomophthorales pathogènes de Pucerons des Céréales

L'analyse des données recueillies depuis 1975 met en évidence le rôle joué par Erynia neoaphidis, Entomophthora planchoniana et Conidiobolus obscurus dans la régulation des peuplements de pucerons sur Céréales. Des différences importantes sont notées dans l'incidence res-

pective de ces 3 Entomophthorales, non seulement en fonction de l'hôte mais surtout en fonction des conditions climatiques de la région considérée.

Dans le Bassin parisien, deux Entomophthorales sont susceptibles de se développer certaines années d'une manière épizootique dans les populations des pucerons des céréales: S. avenae et surtout M. dirhodum: E. neoaphidis en périodes humides, E. planchoniana en périodes plus chaudes et plus sèches. Ainsi, en 1981, la population de M. dirhodum est anéantie par E. neoaphidis, la croissance des taux de mycose étant très rapide: 0,3 % le 24 juin, 2 % le 1er, 20 % le 7 et 33 % le 10 juillet.

Dans l'Ouest de la France, les Entomophthorales apparaissent comme les agents de régulation les plus efficaces et les plus constants des populations de pucerons des céréales. L'action de E. neoaphidis est toujours prépondérante vis-à-vis de M. dirhodum et de S. avenae, E. planchoniana apparaît généralement plus tard que E. neoaphidis qui est l'espèce ayant la plus grande période d'activité et infectant à un moment donné le plus grand nombre de pucerons. C. obscurus a toujours un rôle très faible et semble davantage parasiter les pucerons situés sur le feuillage que ceux situés sur les épis (3, 4, 5).

Au plan pratique, l'étude des situations aphidiennes observées depuis 1975 sur céréales nous conduit à considérer les traitements préventifs qui tendent de plus en plus à se généraliser contre les pucerons de ces cultures comme un non-sens économique et une grave atteinte au fragile équilibre du milieu. Au cours des 7 dernières années ont été notées 2 années de pullulations aphidiennes en céréales, les seules au cours desquelles des traitements aphicides locaux pouvaient être justifiés par leur rentabilité; ces mêmes traitements appliqués au cours des 5 autres années l'ont été en pure perte. Une telle situation justifie l'analyse précise, réalisée à Rennes (INRA), des nombreuses données accumulées dans l'Ouest de la France. Il en ressort que les facteurs-clés conditionnant l'évolution ultérieure des populations aphidiennes sur céréales y sont les températures moyennes de février et la densité des pucerons à l'épiaison, le nombre de jours de pluies en mai semblant être le facteur principal de l'action des Entomophthorales. On peut donc envisager pour ces régions la mise en place d'un système d'avertissements agricoles fondés sur un modèle intégrant ces différentes composantes.

### 3.3. Physiologie des Entomophthorales. Production et conservation de l'inoculum

Trois types de cellules interviennent dans le cycle des Entomophthorales, le corps hyphal, la spore de résistance (absente chez certaines espèces, en particulier chez Erynia neoaphidis) et la conidie (qui est l'organe infectieux). En raison de la difficulté d'obtention à grande échelle des conidies et de leur faible durée de survie (de quelques mm à quelques jours), les études relatives à la production de l'inoculum n'ont concerné que les corps hyphaux et les spores de résistance.

#### 3.3.1. Exigences nutritionnelles des Entomophthorales

Les divers genres d'Entomophthorales présentent de grandes différences dans leurs exigences nutritionnelles. Hormis Massospora

et Neozygites dont aucune espèce n'a pu être cultivée à ce jour, les résultats obtenus montrent que Entomophthora est le genre le plus exigeant (E. planchoniana n'a jamais été cultivé à ce jour). Les genres Erynia et surtout Conidiobolus apparaissent comme les moins exigeants. D'une manière générale, les espèces à tendance saprophytique (Conidiobolus) ont des besoins nutritionnels très inférieurs à ceux des genres présentant une spécificité élevée vis-à-vis des insectes (Massospora, Neozygites, Entomophthora et Zoophthora).

Le développement de 26 espèces d'Entomophthorales est possible sur un milieu simple à base de 1 % d'extrait de levure et 4 % de glucose, avec chez certaines espèces appartenant aux genres Entomophthora et Zoophthora, une croissance moins importante que celle obtenue sur jaune d'oeuf ou sur des milieux très concentrés en hydrolysats de protéines et lipides d'origine animale ou végétale (10, 12).

Les recherches sur la physiologie et la nutrition des Entomophthorales ont été particulièrement développées dans le cas de Conidiobolus thromboides (34) et dans celui de C. obscurus. Un milieu chimiquement défini optimal pour la croissance et la sporulation de cette dernière espèce a été mis au point: il contient 11 acides aminés, 4 vitamines (thiamine, biotine, acide folique et penthoténate) et des sels (phosphates, sulfates de Mg, Mn et de Zn) (25).

### 3.3.2. Production des spores de résistance de C. obscurus

La production des spores de résistance de quelques souches de C. obscurus a été mise au point en fermenteur en culture discontinue (8, 9, 11, 17). Une excellente sporulation est obtenue dans un milieu à base de glucose et d'extrait de levure. Afin d'abaisser le prix de revient, divers résidus industriels riches en azote ont été expérimentés avec succès pour remplacer l'extrait de levure. Des rendements importants de spores (jusqu'à  $2 \times 10^6$  sp/ml) ont été obtenus avec un milieu à base d'huile de maïs (source de carbone) et d'extrait soluble de maïs (source d'azote) (extrait N° 14850; Société des Produits du Maïs).

Ces procédés de production, mis au point en fermenteur de 20 l ont été transposés à l'échelle industrielle (société ORSAN), avec des rendements en spores de l'ordre de  $10^6$  sp/ml comparables à ceux obtenus au laboratoire. Toutefois, très peu de fermentations ont été réussies dans des cuves de 100 à 1000 l. La plupart des accidents survenus en fermenteurs industriels sont dûs à des contaminations précoces ou tardives dont l'origine n'a pas été élucidée. Ces inconvénients résultant de la longueur de la fermentation (7 à 8 jours à 20°C), un nouveau procédé de fermentation a été mis au point (46). Il s'appuie sur le fait qu'il n'y a plus d'échanges avec le milieu extérieur dès que la préspore est formée. Au 4ème jour de la culture, les préspores sont extraites du fermenteur, lavées à l'eau courante, puis enrobées d'argile humide; après 4 à 5 jours à 20°C, leur évolution est terminée. La transposition à l'échelle industrielle de ce nouveau procédé n'a pas été entreprise.

### 3.3.3. Production des corps hyphaux de E. neoaphidis

Les souches de E. neoaphidis présentent une grande variabilité dans leur aptitude à se développer du milieu artificiel. Après des essais en fioles agitées sur un grand nombre de souches entretenues au laboratoire, c'est une souche isolée par G. LATTEUR au Brésil qui a été retenue en

raison de ses faibles exigences et de son taux de croissance élevé.

En fermenteur de 20 litres, le maximum de croissance est atteint en 3 jours dans les conditions suivantes: milieu à base de 60 g de glucose + 20 g d'extrait de levure par litre, température 20°C, vitesse de rotation 700 tpm, aération 0,1 vvm. Le rendement en poids sec est de 0,38 g de mycélium par g de nutriments apportés (26).

La technique de production d'Hyphomycètes en milieu solide a également été adaptée à E. neoaphidis; avec du mycélium produit en culture liquide, on inocule des grains de riz ou d'autres substrats, imbibés ou non de milieu. Après 1 ou 2 semaines, le champignon est bien ancré sur son support et commence à sporuler (11).

#### 3.3.4. Germination des spores de résistance de C. obscurus

Les spores de résistance de C. obscurus sont caractérisées par un état de dormance qui est levé au bout d'un stockage de 3-4 mois à +4°C en milieu humide, conditions dans lesquelles les spores conservent leur vitalité pendant au moins un an (21, 33). La levée de la dormance peut être obtenue après enrobage des spores dans de l'argile (35). Les meilleurs résultats sont obtenus avec le mélange spore:eau:attapulгите réalisé dans les proportions 1:2:5 (20).

La germination des spores mûres (22) est obtenue en plaçant celles-ci dans l'eau, à une température comprise entre 12 et 16°C. Certains fongicides peuvent diminuer les taux de germination aux doses d'emploi préconisées. La germination des spores dont la dormance a été levée n'est pas synchrone: les premiers tubes germinatifs apparaissent après 3 ou 4 jours mais le maximum de germination est atteint seulement 12 jours plus tard à 12°C comme à 16°C. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de réduire cet échelonnement important.

#### 3.3.5. Survie du mycélium de E. neoaphidis

La survie à moyen terme des corps hyphaux a été étudiée sur du mycélium formé in vivo et in vitro et placé à différentes températures (+4 à +20°C) et humidités relatives (20 à 100 %). Dans les cadavres entiers ou broyés, le champignon garde sa vitalité pendant 4 mois à 20 et 42 % d'H.R. à +4°C, pendant seulement 2 mois à +20°C. Le mycélium produit en milieu liquide ne peut être conservé plus d'un mois à +4°, ni plus de 2 semaines à +20°C, quelle que soit l'H.R. comprise entre 20 et 81 %. En revanche, le mycélium cultivé sur grains de riz peut être gardé 2 mois à +4° et 1 mois à +20°C.

Les différences de résistance constatées entre les mycéliums in vivo et in vitro peuvent être reliées aux différences morphologiques observées entre les corps hyphaux dans le cadavre (courts, renflés, avec un protoplasme dense) et ceux produits en milieu artificiel (allongés, ramifiés et très souvent très vacuolisés). La pression osmotique (455 mOs dans le puceron et 400 mOs dans le milieu) ne semble pas intervenir.

Un facteur favorable à la conservation des sclérotos pourrait être le dessèchement très progressif du mycélium dans le puceron, phénomène au niveau duquel intervient probablement la cuticule. La morphologie particulière des noyaux et des mitochondries des corps hyphaux déshydratés dans le cadavre montre qu'ils se trouvent dans un état de "vie ralentie". Lorsque le mycélium est réhumidifié, il reprend son activité, le noyau et les mitochondries retrouvant leur aspect normal. La déshydratation rapide du mycé-

lium in vitro pourrait être un des facteurs expliquant ses faibles potentiels de survie (45).

La survie du mycélium obtenu de culture a pu être prolongée par enrobage dans des argiles de type attapulgite et kaolinite. Le mycélium homogénéisé avec 1 part d'eau et 1 ou 2 parts d'argile, a pu être conservé 2 mois à +4° et 1 mois à +20°C, soit deux fois plus longtemps que le même mycélium non enrobé. L'étude, en microscopie électronique en balayage, de la structure environnant la cellule fongique dans un mélange argile-mycélium montre que la survie de ce dernier est directement sous la dépendance de la porosité de l'échantillon. Dans le cas de la kaolinite ou de l'attapulgite, dont la porosité est faible (de l'ordre de 1 µm), les particules des argiles adhèrent bien aux parois fongiques. A l'inverse, la porosité élevée de produits tels que la silice de diatomées ou du silicate de calcium entraînent un dessèchement rapide du mélange, d'où un faible temps de survie du champignon.

En serre, le mycélium pulvérisé est capable de projeter des conidies pendant une durée excédant rarement 3 jours (1, 7). Une suspension très concentrée assure une meilleure survie. Dans certaines conditions, le mycélium pulvérisé sur le sol est capable de se maintenir vivant plus longtemps que celui appliqué sur les plantes.

### 3.4. Pouvoir pathogène des Entomophthorales

#### 3.4.1. Pouvoir pathogène de C. obscurus

Au sein de l'espèce C. obscurus, les souches qui poussent rapidement, plissent le milieu et produisent facilement des spores de résistance(21) sont moins infectives que celles qui ont une croissance plus lente, plissent peu le milieu et ne donnent pas de spores. Les 2 types de souches se distinguent également par des différences dans les durées d'incubation de la maladie et dans le nombre de conidies émises par les cadavres (31, 42). L'étude de ces paramètres de l'infection revêt une grande signification écologique. Les souches qui devraient se révéler les plus actives sont celles caractérisées à la fois par une CL 50 faible, un pouvoir multiplicateur élevé et un cycle d'infection de courte durée (30).

La stabilité de l'infectivité d'une souche entretenue par repiquages successifs pendant plus de 3 ans a été démontrée. Il apparaît par ailleurs que le niveau d'infectivité de C. obscurus se stabilise dès la mise en culture; pour une même souche, les conidies issues de pucerons infectés ont une CL 50 2 fois plus faible que celles issues de la culture in vitro (27).

#### 3.4.2. Les facteurs déterminants du pouvoir pathogène de C. obscurus

Parmi les facteurs dépendant de l'hôte influant sur le pouvoir pathogène de C. obscurus, le stade et l'état physiologique jouent un rôle significatif. Les adultes aptères de A. pisum sont moins sensibles que les adultes ailés originaires du même clone.

Le jeûne des pucerons, préalablement à l'infection, accroît significativement leur sensibilité par rapport à celle d'insectes normalement alimentés.

L'étude de l'évolution des conidies à la surface des pucerons a montré que chez les souches agressives de C. obscurus, les conidies germent en donnant un tube germinatif; à l'inverse, la majorité des souches non agressives donnent des conidies secondaires (19). L'étude biochimique de

l'épicuticule du puceron a révélé que certains constituants hydrophiles et hydrophobes de la cuticule stimulent la germination des conidies des seules souches agressives (2, 23, 43, 44). Un autre aspect a été abordé, celui des capacités d'adhérence de la conidie sur le puceron: un mucus présent à la surface de la conidie jouerait un rôle dans l'adhérence de celle-ci à la cuticule de l'hôte.

Les souches agressives ont pu être distinguées des souches non agressives par la considération de 2 complexes enzymatiques: lipase, estérase et chitinase (24).

L'étude immunologique entreprise sur différentes souches de C. obscurus a montré que ce champignon est faiblement immunogène et n'a mis en évidence aucune communauté antigénique entre le puceron hôte et les souches agressives. Celles-ci ont pu être séparées de souches non agressives par analyse immunoélectrophorétique des antigènes confrontés aux sérums épuisés par les antigènes hétérologues (au moins une bande commune à chaque catégorie de souches (43).

L'étude électrophorétique des protéines totales d'une cinquantaine de souches, a été effectuée en système unidimensionnel en gel de polyacrylamide. Parmi les 17 systèmes enzymatiques testés, 7 seulement produisent des profils avec des bandes bien définies: il s'agit des estérases, glucose phosphatase, phosphoglucose mutase, malate déshydrogénase, glucose phosphate 6 déshydrogénase, leucine aminopeptidase et de la NADP transhydrogénase.

Un regroupement des souches a pu être réalisé après comparaison de leurs zymogrammes en fonction de l'aptitude à donner les spores durables in vitro (13).

#### 3.4.3. Physiopathologie de la mycose à C. obscurus

La composition en acides gras du mycélium de C. obscurus qui s'est développé dans son hôte est identique à celle du puceron sain (18). Le phénomène de mimétisme des acides gras se retrouve lorsqu'on remplace le glucose par de l'huile de tournesol dans le milieu de culture; dans ce cas, le profil d'acides gras du champignon devient similaire à celui de l'huile. Cette découverte pourra être mise à profit dans la recherche de milieux de culture capables de fournir une qualité de mycélium comparable à celle des mycéliums formés in vivo.

#### 3.4.4. Comparaison du comportement pathogène de plusieurs Conidiobolus

La pathogénie de 2 espèces de Conidiobolus attaquant normalement les insectes (C. obscurus à spectre d'activité restreint aux pucerons et C. apiculatus à spectre d'activité plus large) a été comparée à celle de 3 espèces à tendances saprophytiques (C. coronatus, C. osmodes et C. thromboides). Il est apparu ainsi différents degrés dans les symptômes de réaction de l'hôte tels que la mélanisation du tégument aux points de pénétration des tubes germinatifs, le temps d'incubation de la maladie et l'intensité de sporulation du cadavre (29). La brièveté du temps d'incubation résulte probablement de l'intervention de substances toxiques. Il a en effet été établi que vis-à-vis des chenilles de Galleria, les filtrats de culture de 4 espèces de Conidiobolus possèdent, à des degrés variables, une activité toxique; ce sont, dans l'ordre d'activité décroissante: C. coronatus, C. thromboides, C. osmodes et C. apiculatus. Les filtrats de C. obscurus se sont révélés sans effet.

#### 3.4.5. Pouvoir pathogène de E. neoaphidis

Les CL 50 varient selon les souches de E. neoaphidis de 1 à quelques dizaines de conidies par mm<sup>2</sup>. La souche brésilienne (1299) retenue en raison de sa rapidité de développement en fermenteur, a été éprouvée sur plusieurs espèces et clones de pucerons: Aphis fabae, Aphis gossypii, Metopolophium dirhodum, Myzus persicae, Aulacorthum circumflexum et Schizaphis graminum se sont avérés sensibles ainsi que le clone B de Acyrtosiphon pisum isolé de Haute-Savoie. En revanche, le clone A de A. pisum isolé de La Varenne est apparu résistant à E. neoaphidis; ce clone particulier s'était déjà révélé résistant à 2 autres Entomophthorales, C. obscurus (28) et Z. radicans. Trois autres espèces de pucerons (en particulier Sitobion avenae) sensibles aux souches de E. neoaphidis originaires d'Europe se sont montrées résistantes à la souche brésilienne, ce qui indiquerait une variabilité infrasécifique marquée chez E. neoaphidis.

#### 3.4.6. Pouvoir pathogène de Zoophthora radicans

Chez Zoophthora radicans, espèce à large spectre d'hôtes, les souches isolées de pucerons ou d'autres Homoptères (Psyllides ou Jassides) ont vis-à-vis des Pucerons une infectivité plus élevée (en termes de CL 50) que celles originaires d'insectes d'autres ordres (Diptères, Lépidoptères, Hyménoptères). Les souches isolées d'Homoptères (Aphides, Jassides et Psyllides) sporulent abondamment sur pucerons en donnant le plus souvent des conidies, plus rarement des spores de résistance. Dans les mêmes conditions expérimentales, les souches provenant de Lépidoptères sporulent moins intensément alors que celles isolées de Diptères et d'Hyménoptères ne produisent qu'un nombre extrêmement faible de conidies et pratiquement jamais de spores durables. Dès que les cadavres sont placés dans les conditions d'humidité favorables à l'émission des conidies, une lyse partielle du mycélium se produit. Ce comportement du champignon dans un hôte très éloigné systématiquement de son hôte originel apparaît comme le reflet d'une impasse biologique et écologique (32).

#### 3.5. Essais d'application d'Entomophthorales en plein champ et en serre

Des applications de spores de résistance de C. obscurus et de corps hyphaux de E. neoaphidis ont été réalisées d'une part sur cultures de céréales et d'autre part sur différentes cultures en serre.

##### 3.5.1. Essais d'application de spores de résistance de C. obscurus

La première application de spores de résistance de C. obscurus a été réalisée sur Rhopalosiphum padi en serre, en 1979, avec des spores mûres incubées 4 jours dans l'eau (donc commençant à germer le jour suivant l'aspersion). Les premiers pucerons morts de mycose ont été détectés 4 jours après le traitement. Ensuite le champignon s'est maintenu d'une manière enzootique et la croissance de la population a été plus faible dans la serre traitée que dans la serre témoin (6).

Les essais prévus sur céréales en plein champ en 1980 n'ont pas apporté de résultats tangibles car le peuplement aphidien était trop faible et n'a jamais manifesté une tendance à l'évolution exponentielle. Ils ont néanmoins montré que la dormance des spores appliquées sur le terrain pouvait être levée 1 à 2 mois plus tôt que les spores vernalisées dans des conditions artificielles à une température constante de +4°C (26, 37).

Les essais prévus en 1981 ont dû être annulés en raison de la quantité insuffisante et de la mauvaise qualité des spores fournies par l'industrie. Deux essais accessoires ont pu toutefois être mis en place en serre: sur laitue à Rennes (contre Aulacorthum solani, Nasonovia ribis-nigri et Macrosiphum euphorbiae) et sur aubergine à Antibes (contre Macrosiphum euphorbiae et Myzus persicae). Pour compenser la très faible capacité de germination des spores (5 à 7 % maximum), des doses énormes ont été employées. La mycose est apparue relativement tard dans les populations de pucerons (10 et 17 jours après le traitement, respectivement à Rennes et à Antibes) et sa dissémination a été très lente; les taux de mycose ont été 6 à 8 % à Rennes, et seulement 0,1 % à Antibes (36, 38).

### 3.5.2. Essais d'application de mycélium de E. neoaphidis

Le seul essai d'application de mycélium de E. neoaphidis (souche brésilienne) sur céréales a été réalisé en 1981 dans un des dispositifs expérimentaux qui n'avaient pu être utilisés pour C. obscurus, faute de quantités suffisantes d'inoculum. Le déroulement de l'essai a été contrarié par la présence d'une mycose spontanée à E. neoaphidis qui s'est développée d'une manière épizootique dans les parcelles traitées comme dans les parcelles témoins, rendant impossible toute appréciation de l'effet du traitement proprement dit (38).

Des applications de mycélium de E. neoaphidis ont été effectuées en serre sur laitue (Rennes, INRA) et sur aubergine (Antibes, INRA) (1, 7, 26, 36, 38).

A chaque fois, le traitement est suivi de l'apparition de la mycose qui occasionnellement se dissémine dans les populations des zones traitées et même des zones non traitées. Ainsi, dans le meilleur des cas (sur laitue à Rennes, en 1981), le taux de mycose atteint 38 %, 18 jours après la pulvérisation, dans la population de Macrosiphum euphorbiae dont la croissance se trouve arrêtée. Bien que la population de Aulacorthum solani soit affectée par un taux de mycose de 20 %, sa croissance n'est que ralentie (26, 38).

## 4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les travaux effectués en France sur les Entomophthorales pathogènes de pucerons de céréales ont conduit à de nombreux résultats, dans des domaines très variés, relevant de la recherche fondamentale comme de la recherche appliquée.

### 4.1. Les Entomophthorales comme ennemis naturels des pucerons

Les Entomophthorales jouent un rôle souvent prépondérant dans la régulation des populations aphidiennes. En plein champ, Erynia neoaphidis est l'espèce qui présente la plus forte tendance à l'expansion épizootique, particulièrement lorsque les populations aphidiennes ont atteint des niveaux élevés. La rapidité avec laquelle cette espèce se multiplie dans les conditions naturelles est remarquable (taux de mycose passant de 5 à 33 % en 5 jours, à Brie-Comte-Robert en 1981), et traduit un potentiel épizootique exceptionnel. Entomophthora planchoniana est également capable de développement épizootique contrairement à Conidiobolus obscurus; cette dernière espèce dont l'action est plus discrète, a l'avantage de se maintenir aux dépens de colonies très faibles.



L'analyse des résultats obtenus grâce aux recherches écologiques intensives réalisées dans l'Ouest de la France (INRA, Rennes) montre que l'on peut maintenant envisager l'établissement d'un modèle de prévision de l'évolution des populations aphidiennes basé sur un schéma climatique. L'intérêt évident d'une telle démarche devrait inciter à étendre les enquêtes écologiques systématiques aux autres régions céréalières pour lesquelles on manque généralement de données suffisamment précises.

Les essais d'infection en serre à l'aide d'un inoculum produit in vitro ont prouvé qu'il était possible d'implanter la maladie dans les populations aphidiennes à un niveau enzootique sans pouvoir cependant freiner significativement leur croissance. En revanche, dans les mêmes conditions de culture (brumisations répétées), des Entomophthorales peuvent apparaître spontanément et se développer de manière épizootique. Les causes de ce phénomène devraient être recherchées.

#### 4.2. Production et conservation des Entomophthorales

Les recherches sur la physiologie et la production des Entomophthorales ont permis de vaincre l'une après l'autre les difficultés représentées notamment par la culture du champignon, l'obtention de hauts rendements en spores durables de C. obscurus et la levée de leur dormance. Il a été montré que les procédés mis au point sont transposables à l'échelle industrielle.

Les faibles possibilités de conservation du mycélium de E. neoaphidis constituent un handicap majeur à l'utilisation de cette espèce. Des différences sont observées dans les durées de survie entre corps hyphaux formés in vivo et in vitro. Par ailleurs, l'enrobage du mycélium dans certaines argiles (de type attapulгите ou kaolinite) augmente son temps de survie. Ce phénomène qui dépend étroitement de la température et de l'humidité, est lié à la faible porosité du produit enrobeur. Les études en microscopie électronique ont montré en outre qu'à l'intérieur du puceron, le corps hyphal déshydraté se maintient plusieurs mois dans un état de "vie ralentie" qui revient à la normale si le champignon est réhumidifié. Compte tenu de l'ensemble de ces résultats, il conviendrait de mettre au point:

- a) une méthode de production d'un mycélium dont les caractéristiques seraient plus proches de celles du mycélium formé dans l'insecte;
- b) un procédé de déshydratation "contrôlée" du mélange formulé.

#### 4.3. Pouvoir pathogène des Entomophthorales

Des progrès importants ont été réalisés dans la connaissance des facteurs déterminants du pouvoir pathogène des Entomophthorales, en particulier de Conidiobolus obscurus. Ils soulignent l'intérêt du modèle C. obscurus/puceron pour l'étude approfondie des relations champignon parasite-insecte hôte.

La méthode de mesure comparative de l'infectivité des Entomophthorales est maintenant bien au point. La CL 50 d'une souche vis-à-vis d'un insecte donné ne représente cependant qu'un des éléments du comportement pathogène, au niveau duquel interviennent également la durée d'incubation de la mycose (intervalle entre deux cycles d'infection) et l'intensité de sporulation du champignon sur le cadavre (pouvoir multiplicateur de l'inoculum). L'approche analytique réalisée jusqu'à présent n'a fait intervenir que ces trois éléments; elle ne permet pas de juger réellement du potentiel épizootique d'une souche d'Entomophthorale. L'étude de celui-ci pourrait

être abordée avec une méthode analogue à celle utilisée par R. HALL dans le cas du Deutéromycète Verticillium lecanii et fondée sur la quantification du pourcentage de transmission de la maladie du puceron à sa descendance.

Une différence essentielle a été mise en évidence entre espèces de Conidiobolus à tendance saprophyte et espèce de Conidiobolus à tendance parasite. Les premières (C. osmodes, C. thromboides) peuvent avoir une infectivité extrêmement élevée et tuent l'insecte très rapidement. En revanche, les insectes infectés par les secondes meurent au bout de quelques jours, l'intensité de sporulation du champignon sur le cadavre est généralement plus forte. L'action des espèces à tendances saprophytiques peut être comparée à une action insecticide. Leur emploi pourrait être envisagé sur des populations de pucerons ayant atteint un niveau important.

#### 4.4. Essais d'application des Entomophthorales

Les raisons pouvant être à l'origine de l'absence d'expansion épidémiologique de la maladie introduite artificiellement dans des populations aphidiennes doivent être surtout recherchées au niveau d'une faiblesse éventuelle du potentiel épidémiologique des souches utilisées et au niveau des très strictes conditions d'humidité (H.R. proche de 100 %) qu'elles exigent pour la réalisation de chaque cycle d'infection. La recherche de souches à fortes capacités épidémiologiques et à faibles exigences écologiques devrait faire l'objet d'une attention privilégiée.

#### 5. CONCLUSION

Les résultats obtenus pendant les 5 dernières années par les chercheurs français travaillant sur les Entomophthorales pathogènes de Pucerons, confirment l'intérêt d'aborder un problème de recherche appliquée avec la collaboration de scientifiques appartenant à de nombreuses disciplines: entomologie, mycologie, biochimie, immunologie, écologie, pathologie. Des problèmes fondamentaux intéressants ont été soulevés, tels que ceux liés à la différenciation biochimique de la spore, à la classification de ce groupe fongique ou aux facteurs déterminants du pouvoir pathogène. Toutefois, l'efficacité d'une méthode de lutte biologique contre les Aphides à l'aide des Entomophthorales n'a pas encore été pleinement démontrée alors que ces champignons occupent le plus souvent la première place dans le cortège de leurs ennemis naturels. Ceci souligne la difficulté qu'il y a à domestiquer un agent biologique, difficulté que seul permettra de lever la poursuite de l'effort de recherche.

#### **Publications - Contract No. F-0704**

- DEDRYVER C.A., PERRY D., LATGE J.P., PAPIEROK B. et REMAUDIERE G. (1979) Première implantation de *Entomophthora obscura* dans une population de *Rhopalosiphum padi* en serre, à l'aide de spores de résistance produites *in vitro*. In: Lutte biologique et intégrée contre les pucerons. Colloque franco-soviétique, Rennes, 26-27 septembre 1979. 67-72
- LATGE J.P., PERRY D.F., REISINGER O., PAPIEROK B. et REMAUDIERE G. (1979) Induction de la formation des spores de résistance d'*Entomophthora obscura* Hall & Dunn. C.R. Acad. Sci. Paris. 288, sér. D, 599-601
- PAPIEROK B. et WILDING N. (1979) Mise en évidence d'une différence de sensibilité entre 2 clones du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* Harr. (*Hom. Aphididae*) exposés à 2 souches du champignon Phycomycète *Entomophthora obscura* Hall & Dunn. C.R. Acad. Sci. Paris, 288, série D. 93-95
- REMAUDIERE G., LATGE J.P. et PAPIEROK B. (1979) Reconsidération taxonomique et *Entomophthora obscura* Hall & Dunn. Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur), 130A, 151-162
- DEDRYVER C.A. (1980) Premiers résultats concernant le rôle de trois espèces d'*Entomophthora* dans la limitation des populations de pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. Bull. IOBC/WPRS. 3 (4), 5-10

- LATGE J.P. (1980) Sporulation d'*Entomophthora obscura* Hall & Dunn en culture liquide. Can. J. Microbiol. 26, 1038-1048
- LATGE J.P. et DE BIEVRE C. (1980) Lipid composition of *Entomophthora obscura* Hall & Dunn. J. Gen. Microbiol. 121, 151-158
- LATGE J.P., KING D.S. et PAPIEROK B. (1980) Synonymie de *Entomophthora virulenta* et de *Conidiobolus thromboides*. Mycotaxon. 11, 255-268
- LATGE J.P. et PERRY D.F. (1980) The utilization of an *Entomophthora obscura* resting spore preparation in biological control against aphids. Bull. SROP. III. 4, 19-25
- PAPIEROK B. et COREMANS-PELSENEER J. (1980) Contribution à l'étude de *Conidiobolus osmodes* Drechsler (Zygomycètes *Entomophthoraceae*) agent occasionnel d'épizooties chez les pucerons (Homoptères *Aphididae*). Cryptog. mycol. 1, 111-117
- PAPIEROK B. et LATGE J.P. (1980) Considérations sur le pouvoir pathogène de *Entomophthora obscura* Hall & Dunn à l'égard des pucerons des céréales. Bull. OILB/SROP, 3 (4), 27-29
- PERRY D.F. (1980) Contribution à l'étude de la formation de la germination et de la conservation des spores durables d'Entomophthorales en vue de la lutte biologique contre les pucerons. Thèse Doc. 3ème cycle. Univ. Paris VI
- PERRY D.F. et LATGE J.P. (1980) Chemically defined media for growth and sporulation of *Entomophthora virulenta*. J. Invertebr. Pathol. 35, 43-48
- REMAUDIERE G. et HENNEBERT G.L. (1980) Révision systématique de *Entomophthora aphidis* Hoffm. in Fres. Description de deux nouveaux pathogènes d'Aphides. Mycotaxon. 11, 269-321
- REMAUDIERE G. et KELLER S. (1980) Révision systématique des genres d'*Entomophthoraceae* à potentialité entomopathogène. Mycotaxon. 11 (1), 323-338
- BEAUMONT F. (1981) Lutte biologique contre les pucerons des salades, en serre, à l'aide d'entomophthorales. Mémoire E.N.S.F.A. 53 p.
- DEDRYVER C.A. (1981) Biologie des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. Répartition spatio-temporelle et action limitative de trois espèces d'*Entomophthoraceae*. Entomophaga. 26 (4), 381-393
- LATGE J.P. (1981) Mass production, storage and formulation of resting spores of *Conidiobolus obscurus* (Hall & Dunn) Rem. & Kell. In: Euraphid, Rothamsted, 1980. Ed. L.R. Taylor. 39-40
- LATGE J.P. (1981) Comparaison des exigences nutritionnelles des Entomophthorales. Ann. Microbiol. (Ins. Pasteur). 132B, 299-306
- PAPIEROK B. et WILDING N. (1981) Etude du comportement de plusieurs souches de *Conidiobolus obscurus* (Zygomycètes *Entomophthoraceae*) vis-à-vis des pucerons *Acyrtosiphon pisum* et *Sitobion avenae* (Hom. *Aphididae*). Entomophaga. 26, 241-249
- PINOCHET G. (1981) Essais d'utilisation de deux Entomophthorales dans la lutte contre les pucerons en serre d'aubergines. Mémoire D.A.A. 29 p.
- REMAUDIERE G. (1981) Provisional field trials with *Conidiobolus obscurus* and proposed trials for 1981. In: Euraphid, Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor. 41-42
- REMAUDIERE G., LATGE J.P. et MICHEL Marie-France (1981) Ecologie comparée des Entomophthoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. Entomophaga. 26, 157-178
- BREY P.T. (1982) Contribution à l'étude de la pathogénicité de *Conidiobolus obscurus* vis-à-vis du puceron *Acyrtosiphon pisum*. Thèse 3ème cycle, Paris, VI. 64 p. + VII p. + app.
- DELPUECH I. (1982) Lutte biologique contre les pucerons en serre. Essai d'utilisation des Entomophthorales. Mémoire D.A.A., I.N.A.P.G. 35 p.
- LATGE J.P. (1982) Production of Entomophthorales. Proc. IIIrd int. Coll. Invertebrate Pathol., Brighton. 164-169
- LATGE J.P., PAPIEROK B. et BREY P.T. (1982) Variation of the fatty acid composition of *Conidiobolus obscurus* depending on the *in vivo* and *in vitro* development. J. Invertebr. Pathol. 40, 274-278
- LATGE J.P., PREVOST M.C., PERRY D.F. et REISINGER O. (1982) Etude en microscopie électronique de *Conidiobolus obscurus*. I. Formation et germination des azygospores. Can. J. Bot. 60, 413-431
- LATGE J.P., SAMPEDRO-ROSAS L. et BREY P.T. (1982) Physiological study of the pathogenicity of *Conidiobolus obscurus*. Abst. IIIrd int. Coll. Invertebrate Pathol. Brighton, 109
- PAPIEROK B. (1982) Entomophthorales: virulence and bioassay design. Proc. IIIrd int. Coll. Invertebrate Pathol., Brighton, 176-181
- PERRY D.F. et LATGE J.P. (1982) Dormancy and germination of *Conidiobolus obscurus* resting spores. Trans. Br. mycol. Soc. 78, 221-225
- SAMPEDRO L. (1982) Agressivité de *Conidiobolus obscurus* vis-à-vis du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum*. Thèse 3e cycle, Univ. Paris XI. 101 p.
- DEDRYVER C.A. (1983) Field pathogenesis of three species of entomophthorales of cereal aphids in Western France. In Aphid Antagonists. EC Exerts' Meeting, Portici, nov. 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema. Publ. Rotterdam. EUR 8601 EN 11-19
- LATGE J.P. (1983) *Conidiobolus obscurus* et les Entomophthorales pathogènes de pucerons. Thèse Dr. es. Sc., Université Paris XI. 119 p. + X
- LATGE J.P., SILVIE P., DEDRYVER C., RABASSE J.P., PAPIEROK B. et REMAUDIERE G. (1983) Advantages and disadvantages of *Conidiobolus obscurus* and *Erynia neoaphidis* in the biological control of aphids. In: Aphid antagonists, E.C. Experts' Meeting, Portici, nov. 1982. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema. Publ. Rotterdam. EUR 8601 EN, 20-32
- REMAUDIERE G. (1983) Biological control of cereal aphids with entomophthorales. CEC programme on integrated and biological control. Progress report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 227-246
- SILVIE P. (1983) Survie expérimentale des corps expérimentaux de *Erynia neoaphidis*, Entomophthorale pathogène de Pucerons. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris XI. 65 p.
- LATGE J.P. et BOUCIAS D. "in press" Intraspecific variability in *Conidiobolus obscurus*. J. appl. Env. Microbiol

- LATGE J.P., FOURNET B., COLE G., DUBOURDIEU D. et TONG N. "in press" Composition chimique et ultrastructure des parois des corps hyphaux et des azygospores de *Conidiobolus obscurus*. Can. J. Microbiol
- LATGE J.P. et MOLETTA R. "in press" Cinétique de la croissance mycélienne de *Conidiobolus obscurus*. Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)
- LATGE J.P., PAPIEROK B. et SAMPEDRO L. "in press" Agressivité de *Conidiobolus obscurus* vis-à-vis du puceron du pois. I. Comportement des conidies sur la cuticule avant la pénétration de tube germinatif dans l'insecte. Entomophaga
- LATGE J.P., SAMPEDRO L. et HALL R.A. "in press" Agressivité de *Conidiobolus obscurus* vis-à-vis du puceron du pois. III. Activités enzymatiques exocellulaires. Entomophaga
- LATGE J.P. et SANGLIER J.J. "in press" Utilisation des plans factoriels pour l'étude des facteurs influençant la croissance et la sporulation de *Conidiobolus obscurus*. Can. J. Bot.
- PAPIEROK B., VALADAO L., TORRES B. et ARNAULT M. "in press" Contribution à l'étude de la spécificité parasitaire du Champignon entomopathogène *Zoophthora radicans* (Brefeld), Batko (Zygomycètes, Entomophthorales). Entomophaga
- SAMPEDRO L., UZIEL A. et LATGE J.P. "in press" Agressivité de *Conidiobolus obscurus* vis-à-vis du puceron du pois. II. Mode de germination *in vitro* des conidies primaires de souche d'agressivité différente. Mycopathologia

#### BREVET

LATGE J.P. and PERRY D.F. (1980) Perfectionnements apportés aux procédés de préparation des spores durables d'Entomophthorales pathogènes d'insectes, préparation des spores ainsi obtenues et compositions phytosanitaires contenant les dites préparations. Demande de brevet N.° 80.24.769 déposée le 21.XI.1980

## Five-Years Trapping of Cereals Aphids with Suction Trap, in France

A. Mouchart

Association for Agricultural Technical Coordination, Paris (France)

### Summary

In France, 10 suction traps are working continuously, an eleventh one is estashing. During the 5 last years, the works have been directed to tests of the relevance, the reliability and geographical range of the information given by suction traps and research about forecasting methods of the evolution of catches and the possibility of using suction traps for pests other than aphids.

Suction trap is an interesting tool in order to collect necessary datas for epidemiologic studies. In mater of forecasting of attacks, the trap seems to be considered like a complementary alarm mean of field observations.

### CINQ ANNEES DE PIEGEAGE DES PUCERONS DE CEREALES AU PIEGE A SUCCION, EN FRANCE

### Résumé

En France, dix pièges à suction fonctionnent en permanence ; un onzième est en cours d'installation. Au cours des 5 dernières années, les travaux ont été orientés vers l'étude de la fiabilité, la pertinence et la portée géographique de l'information obtenue à l'aide du piège à suction, la recherche de méthodes de prévision de l'évolution des captures et l'exploration des possibilités d'utilisation du piège pour d'autres ravageurs que les aphides.

Le piège à suction, est un outil intéressant pour recueillir les données nécessaires à l'étude de l'épidémiologie des pucerons. En ce qui concerne l'utilisation dans la prévision des risques de dégâts, le piège semble devoir être considéré comme un moyen d'alerte complémentaire de réseaux d'observations sur le terrain.

### 1. INTRODUCTION

Ravageurs de la plupart des plantes cultivées, les pucerons comptent parmi les principaux ravageurs des cultures céréalières françaises. Les espèces les plus fréquentes sont : Sitobion avenae, dangereux au moment de l'épiaison ; Rhopalosiphum padi, principal vecteur du virus de la Jaunisse nanisante de l'orge (JNO) à l'automne ; et Metopolophium dirhodum dont l'incidence économique est moins connue.

Bien que variables selon les régions et les années, les pertes de récoltes, jusqu'à 35 qx/ha dans le cas d'attaque de JNO (Bayon 1976), incitent à la mise en oeuvre d'une protection préventive et systématique en l'absence de possibilités de prévision.

Des réseaux de surveillance des cultures ont été mis en place dans les départements français par le Service de la Protection des Végétaux (SPV), en liaison avec l'Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF) (De la Rocque et Piquemal 1980). La colonisation des cultures étant souvent le fait d'individus ailés, l'implantation d'indicateurs des périodes et de l'intensité des vols à l'échelle régionale, pourrait permettre d'alléger le travail considérable fait dans le cadre des réseaux de terrain.

## 2. CHOIX DE L'INDICATEUR DE VOL

S'agissant d'inventorier les espèces d'aphides et de prévoir l'évolution des populations, l'indicateur de vol doit échantillonner quantitativement et être suffisamment fidèle pour que les résultats obtenus en divers lieux ou sur des périodes différentes, soient comparables et reproductibles dans des conditions identiques.

Deux systèmes de piégeage peuvent être actuellement envisagés :

- le piège jaune du type Moericke (Moericke 1951) : basé sur l'attraction exercée par le jaune sur les pucerons durant leur vol de contamination, il fournit dans certains cas des renseignements d'ordre quantitatif (Robert, Rabasse, Rouze Jouan 1974). Cependant, l'information n'étant disponible qu'au moment où les pucerons sont déjà installés dans la culture surveillée, elle peut perdre de sa pertinence pour la diffusion d'avertissements à l'échelle régionale, en particulier lorsqu'il s'agit de pucerons vecteurs de virus (Robert et Choppin de Janvry 1977) ;
- le piège à aspiration ou piège à succion du type Johnson et Taylor : plus récent, il consiste à échantillonner les insectes à 12,2 m de hauteur, à l'aide d'un système d'aspiration prélevant une quantité d'air constante par unité de temps. Contrairement au système précédent, il ne fait appel à aucun comportement particulier des aphides si ce n'est le fait de voler. De plus, il semble permettre une projection sur une vaste échelle avec un nombre réduit de points d'observations (Taylor 1974, Robert et Choppin de Janvry 1977).

## 3. LE RESEAU EXPERIMENTAL ACTAPHID

Le réseau ACTAPHID fut créé en 1977 par l'ACTA en collaboration avec des Services officiels (Institut national de la recherche agronomique (INRA) et Service de la Protection des Végétaux) et les Instituts techniques agricoles (dont l'ITCF), et avec le concours financier de la délégation générale à la recherche scientifique et technique.

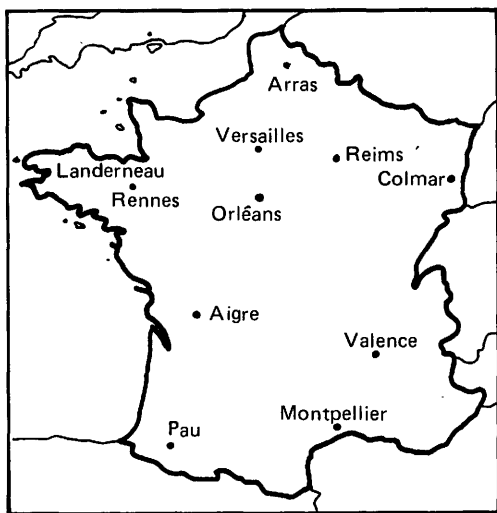
Il s'agissait :

- de mettre en place sur le territoire français une ébauche de réseau de pièges à succion,
- d'exploiter les résultats de piégeage pour mieux connaître l'activité de vol des principales espèces d'aphides et définir les possibilités d'utilisation de ces données à des fins d'avertissements agricoles dans le contexte agroclimatique français.

En outre, l'existence ou la perspective de mise en oeuvre de ce système de piégeage dans différents pays d'Europe laissait présager la possibilité d'étudier les migrations aphidiennes pouvant intervenir sur une vaste échelle. En 1979, la Commission des Communautés Européennes, accordait également un concours financier dans le cadre des études menées sur les pucerons des céréales.

#### 4. IMPLANTATION ET FONCTIONNEMENT DU RESEAU

Constitué de 7 pièges dès 1978, le réseau en compte actuellement 10 en fonctionnement permanent; un onzième est en cours d'installation (cf. figure 1 et tableau 1). Par ailleurs, deux pièges, rattachés au réseau français, ont été construits pour le compte de la Station de Haute Belgique - CRA Gembloux.



Poste	Date d'installation	Organisme responsable
Arras	13 avril 1978	S.P.V.
Landerneau	27 avril 1978	F.N.P.P.T. et I.T.P.T.
Rennes	19 avril 1978	I.N.R.A. et I.T.P.T.
Colmar	2 mai 1977	I.N.R.A.
Orléans	26 mar 1978	S.P.V.
Aigre	23 mars	A.C.T.A.
Montpellier	7 avril 1978	I.N.R.A.
Valence	novembre 1980	I.N.R.A.
Pau	23 mars 1982	A.G.P.M.
Versailles		I.N.R.A.
Reims	avril 1983	S.P.V.

Figure 1 et tableau 1: Implantation et organismes responsables

Chaque poste de piègeage est placé sous la responsabilité d'un organisme participant au réseau (cf. tableau 1) ; l'installation et la maintenance des pièges incombant à l'ACTA. La détermination et le dénombrement des pucerons sont effectués sur place.

En matière de fonctionnement, il a été nécessaire d'organiser :

- la construction des pièges : fabriqués en France à l'initiative de l'ACTA et selon les plans aimablement communiqués par la Station de Rothamsted, ils sont réalisés en tôle galvanisée et différent du modèle anglais par l'adaptation d'un système de tourniquet qui assure le changement automatique du bocal recevant les captures durant 6 jours consécutifs. Le mécanisme apporte une solution aux problèmes créés par les périodes d'indisponibilité du piègeur et confère une grande fiabilité aux données recueillies car le changement s'opère à heure fixe (minuit) ;
- un service de maintenance assurant notamment la révision périodique des pièges,
- la détermination des pucerons capturés par un personnel qualifié ayant suivi 3 sessions, d'une semaine chacune, dans 3 stations de l'INRA : Rennes, Colmar et Montpellier ; compte-tenu de l'implantation progressive du réseau et de mouvements de personnel, cette formation a dû être assurée chaque année,
- la diffusion des résultats hebdomadaires de captures aux spécialistes des différents organismes participant au réseau: Centralisées par l'ACTA, ces données, ainsi que celles des postes belges, sont récapitulées dans un bulletin hebdomadaire adressé aux membres des organismes français participant au réseau ainsi qu'aux responsables nationaux des pays partenaires dans

les conditions prévues lors de la réunion organisée sous l'égide de la CEE en mars 1982,

- la saisie informatique des résultats journaliers de captures: Assurée par l'ACTA, elle nécessite parallèlement l'élaboration de programmes de travail. Actuellement deux programmes permettent la comparaison de courbes de captures entre espèces et/ou postes,
- la mise en place d'autres réseaux de piègeage (bacs jaunes de Moericke) et des observations en cultures pour étalonner le système de capture.

## 5. EXPLOITATION DES DONNEES

Les études engagées ont principalement trait :

- aux courbes de captures printanières
- à la fiabilité et la portée géographique de l'information recueillie
- aux possibilités de prévision des captures intégrant des paramètres climatiques
- à l'utilisation du piège à succion à l'égard d'autres ravageurs que les aphides.

## 6. ETUDE DES COURBES DE CAPTURES

Portant essentiellement sur R. padi, S. avenae et M. dirhodum, les travaux visent principalement à rechercher :

- une éventuelle chronologie des dates de première capture d'un poste à l'autre selon la latitude et le climat régional,
- le reflet de phénomènes exceptionnels observés sur le terrain.

### 6-1. CHRONOLOGIE DES DATES DE PREMIERE CAPTURE (DPC)

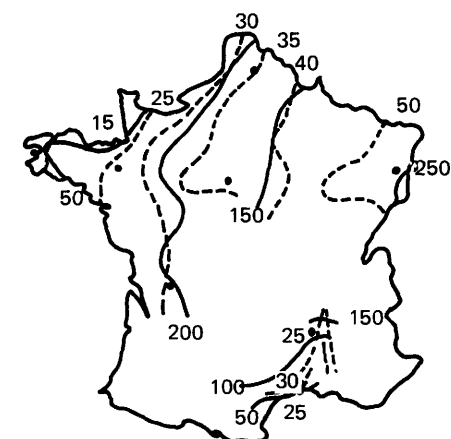
Dans plusieurs régions françaises, notamment en fonction de la rigueur de l'hiver, on observe le maintien d'une fraction plus ou moins importante des populations hivernantes sous forme d'individus parthénogénétiques aptes à coloniser précocement les cultures au sortir de l'hiver (Dedryver 1980). Cet auteur souligne également l'effet dommageable des coups de froid tardifs sur le développement des populations au printemps.

Pour les régions d'implantation des pièges, les figures 2 et 3 présentent des extraits de cartes saisonnières établies par le Service de la Météorologie nationale sur la période 1950 à 1975 et concernant :

- le nombre de jour de gel et la moyenne des sommes de températures minimales inférieures à 0°C, durant l'hiver ;
- la date de la dernière gelée printanière ( $T_n < 0$  sous abri, 4<sup>o</sup> quintile) et la moyenne des sommes de températures moyennes supérieures à 4°C, au printemps.

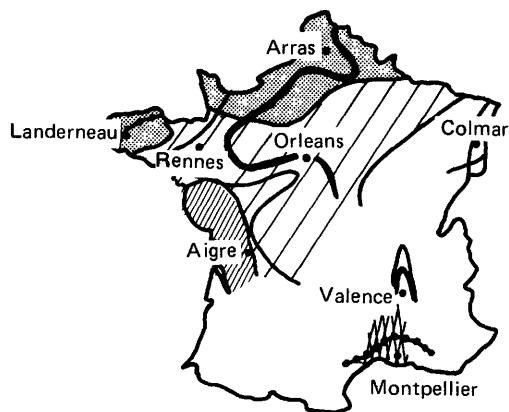
Leur lecture permet d'envisager une certaine chronologie des dates de première capture, les postes situés en zones à l'influence méditerranéenne ou océanique enregistrant chaque année les premières captures.





----- Nombre de jours de gel  
 — Moyenne des sommes  $T^{\circ}$  minimal  $< 0$

Figure 2: Nombre de jours de gel et moyenne des  $\Sigma$  de  $T^{\circ}_m \leq 0$  durant l'hiver.



..... 20/3  
 ..... 31/3  
 — 20/4  
 — 30/4

400  
 500  
 600  
 700  
 800

Figure 3: Dates de dernière gelée et moyenne des  $\Sigma T^{\circ}$  moyenne  $> 4^{\circ}\text{C}$  au printemps.

Cette hypothèse est testée, espèce par espèce, pour les postes de Montpellier, Aigre, Valence, Rennes, Landerneau, Orléans, Arras et Colmar; les autres ayant été implantés trop tardivement. L'année 1978 n'est pas prise en compte du fait de risques d'erreur liés à l'installation trop tardive de certains pièges. (cf. tableau 2).

R. padi

Année	Ordre de sortie des pièges et dates de premières captures							
1979	Montpellier 23/1	Colmar 14/5	Orléans 15/5	Arras 18/5	Rennes 18↔20/5	Aigre 25↔27/5	Landerneau 7/6	
1980	Montpellier 4/1	Aigre 14/4	Rennes 15/4	Landerneau 25/4	Colmar 6/5	Orléans 13/5	Arras 14/5	
1981	Montpellier 27/1	Rennes 29/3	Valence 10/4	Landerneau 13/4	Colmar 7/5	Aigre 8/5	Orléans 10/5	Arras 10/5
1982	Montpellier 1/1	Valence 20/1	Aigre 27/3	Orléans 5/4	Arras 17/4	Rennes 23/4	Landerneau 8/5	Colmar 14/5
1983	Montpellier 1/1	Valence 6/1	Aigre 25/1	Rennes 23/3	Landerneau 16/4	Orléans 25/4	Colmar 30/4	Arras 21/5

M. Dirhodum

Année	Ordre de sortie des pièges et dates de premières captures								
1979	Montpellier 8/4	Orléans 29/5	Landerneau-Arras 1↔4/6		Colmar 4/6	Rennes 19/6	Aigre 21/6		
1980	Montpellier 10/3	Aigre 5/5	Colmar 6/5	Rennes 12/5	Orléans 14/5	Landerneau 17/5	Arras 21/5		
1981	Montpellier 22/3	Rennes 6/5	Arras 11/5	Orléans 15/5	Valence 18/5	Landerneau 19/5	Colmar 29/5	Aigre 30/5	
1982	Valence 8/2	Montpellier 25/3	Orléans 5/4	Aigre 28/4	Rennes 28/4	Colmar 6/5	Landerneau 8/5	Arras 7/6	
1983	Orléans 9/3	Montpellier 8/4	Landerneau 23/4		Rennes 28/4	Valence 8/5	Colmar 16/5	Aigre 1/6	Arras 2/6

S. avenae

Année	Ordre de sortie des pièges et dates de premières captures							
1979	Montpellier 9/11/2	Rennes 28/5	Orléans 29/5	Landerneau 8/6	Aigre 10/6	Colmar 18/6	Arras 27/6	
1980	Montpellier 16/4	Rennes	Orléans 3/5	Landerneau 10/5	Aigre 12/5	Arras 18/5	Colmar 20/5	
1981	Rennes 7/4	Arras 9/4	Aigre 12/4	Landerneau 13/4	Montpellier 16/4	Valence 10/5	Orléans	Colmar 29/5
1982	Valence 8/4	Aigre 21/4	Landerneau 30/4	Rennes 2/5	Orléans 14/5	Arras	Colmar 19/5	Montpellier 21/5
1983	Valence 4/1	Montpellier 9/4	Rennes	Landerneau 26/4	Orléans	Aigre 3/5	Colmar 7/5	Arras 24/5

Tableau 2 : Ordre de sorties des pièges en fonction de la date de 1<sup>o</sup> capture.

Dans la plupart des cas, les postes de Montpellier, Aigre et Rennes figurent bien parmi les premiers postes à capturer les pucerons ; toutefois, des bouleversements sensibles se produisent certaines années. De plus, les écarts entre postes des dates de premières captures sont variables d'une campagne à l'autre. Un effet "climat de l'année" doit donc être pris en compte dans la prévision des dates de première capture.

#### 6-2. REFLET DE PHENOMENES OBSERVES SUR LE TERRAIN

Depuis la création du réseau, il a été observé :

- une pullulation de M. dirhodum à la fin du printemps et en début d'été 1979 dans la partie septentrionale du territoire,
- des populations parfois abondantes de R. padi à la fin de l'hiver 1981-1982 dans plusieurs zones du Centre Ouest, incitant localement à la mise en oeuvre de mesures de protection des cultures de printemps contre les attaques de Jaunisse nanisante de l'Orge.

L'importance des captures de M. dirhodum enregistrées aux postes d'Arras et d'Orléans entre la 26 et 29<sup>ème</sup> semaine de l'année 1979 (cf. figure 4) reflète bien le premier phénomène. En ce qui concerne R. padi en début de 1982, et bien qu'aucun piège du réseau ne soit implanté au cours des zones touchées, on observe dans les postes les plus proches, c'est à dire, ceux d'Aigre et d'Orléans (cf. tableau 2 et figure 5) :

- des captures de R. padi plus précoces que les années précédentes
- à l'issue de la 24<sup>ème</sup> semaine, un total des captures plus élevé que par le passé.

Il semble donc que les pullulations ou infestations précoces puissent être détectées à l'aide du réseau. Un resserrement du maillage améliorerait cette possibilité.

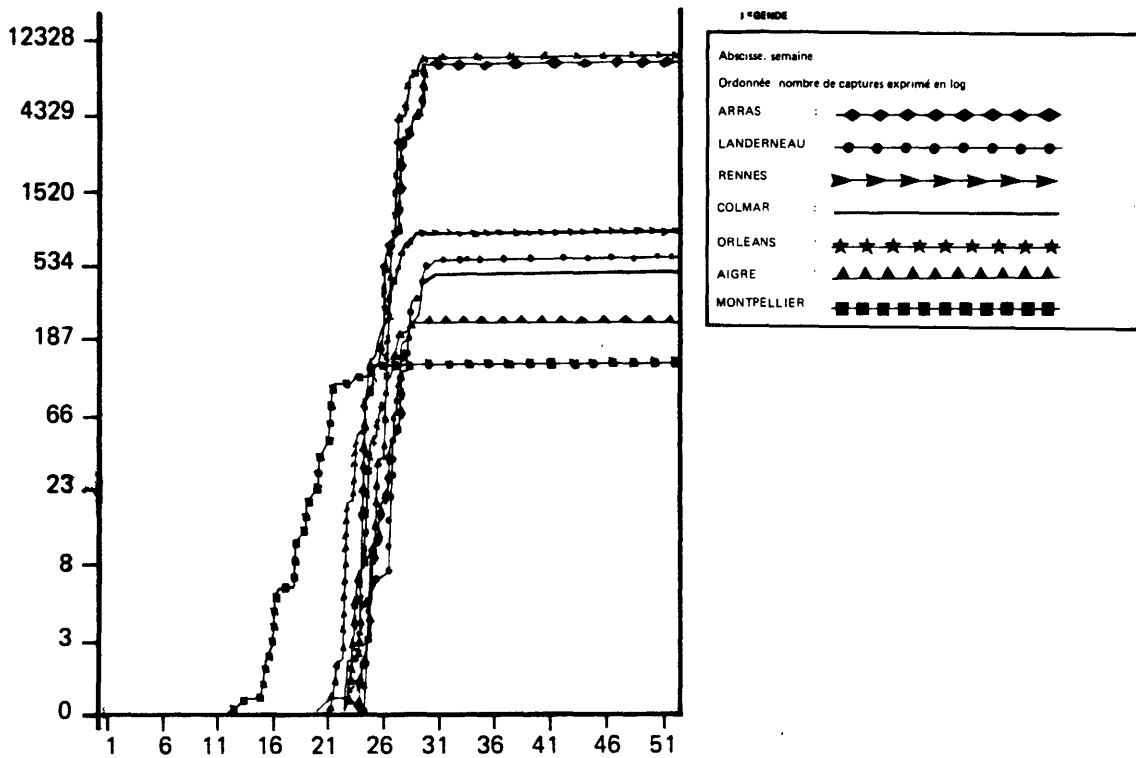
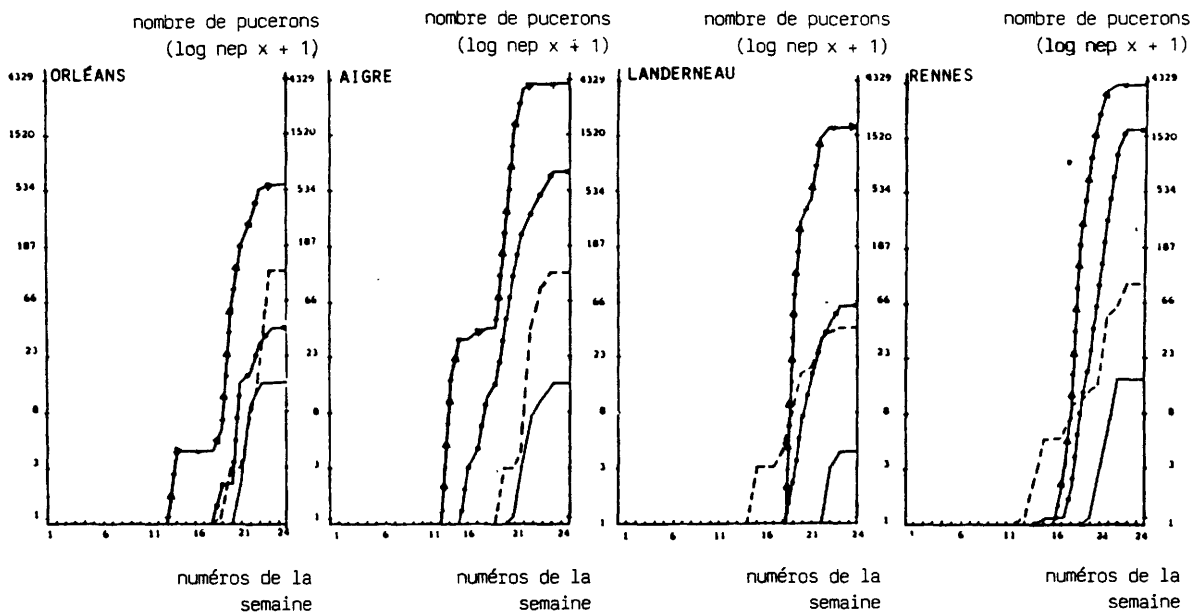
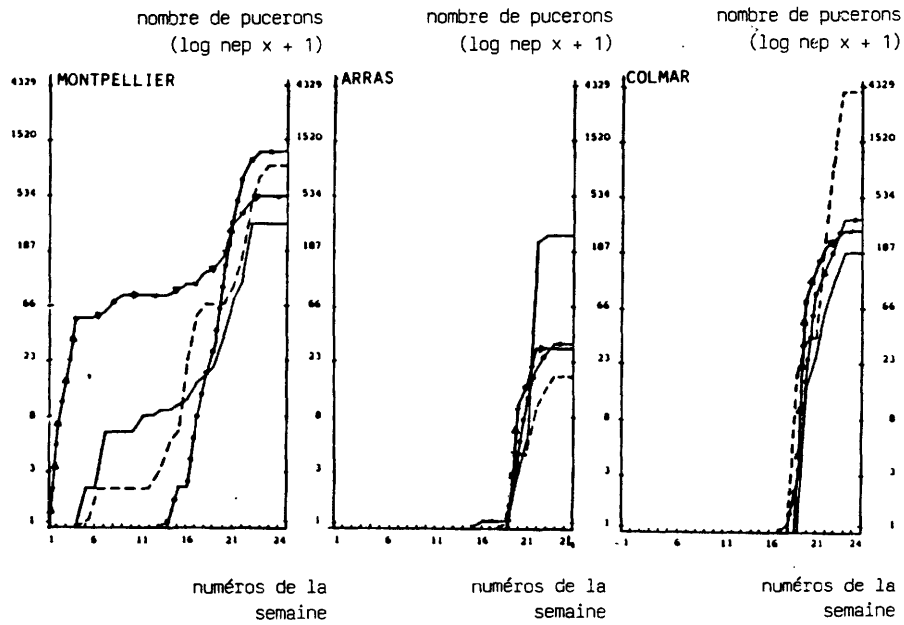


Figure 4 : Courbes de captures de *M. dirhodum* en 1979 (comme pour la figure 5, l'unité de temps est la semaine normalisée définie par les chercheurs de la station de Rothamsted (la première allant de 1 au 7 janvier, les 29 février et 31 décembre ne sont pas pris en compte)).





Legende : — 1979    - - - - 1981  
 ••••• 1980    ➡➡➡ 1982

Figure 5.: Evolution des captures de *R. padi* durant les 24 premières semaines de 1979 à 1982 (captures cumulées)

## 7. INFORMATION FOURNIE PAR LE PIÈGE A SUCCION

### 7-1. INFESTATIONS PRINTANIÈRES

Les résultats de piégeages ont été comparés :  
 - dans les régions de Rennes (par l'INRA et le SPV), d'Orléans (par le SPV, l'ITCF et l'ACTA), d'Aigre (par le SPV et l'ACTA) et d'Arras (par le SPV en 1983), à des observations réalisées sur une douzaine de parcelles, selon un protocole établi par MM. Dedryver (INRA) et Ladevèze (SPV) et permettant de recueillir des informations précises sur la structure des populations (cf. figure 6).

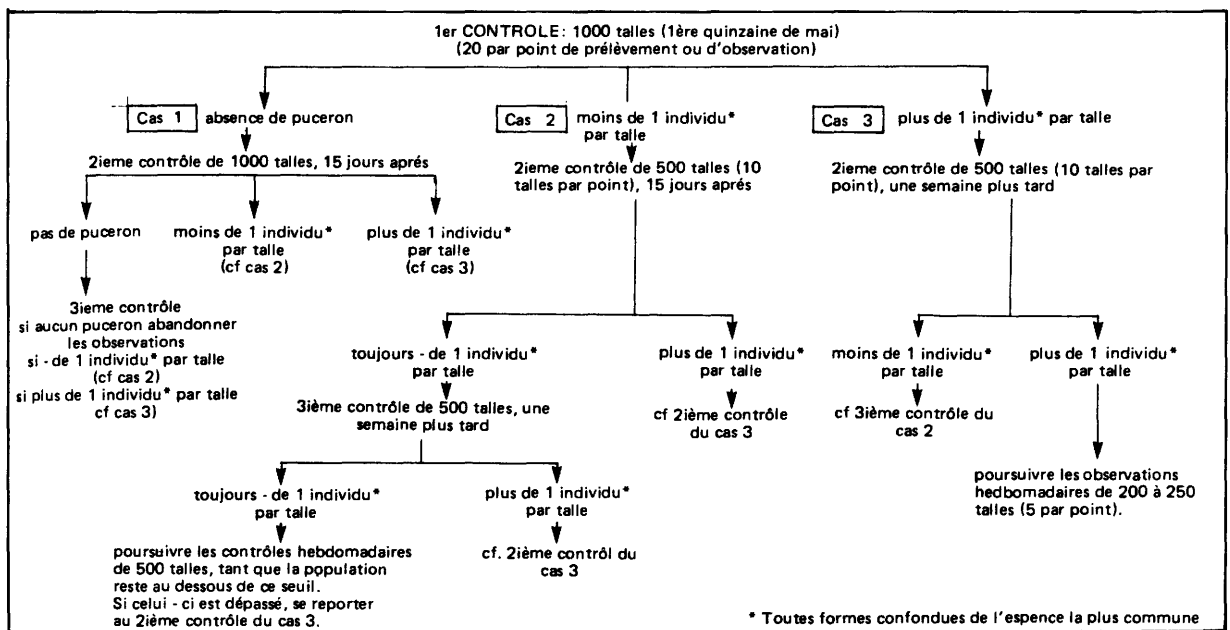


Figure 6: Schéma des observations sur la dynamique des populations aphidiennes.

- dans le bassin rennais, à des sondages effectués au moment de l'épiaison par l'INRA et le SPV,
- dans le centre, à des suivis de cultures réalisés par le SPV (examen de 100 talles) dans un rayon de 150 km autour du piège d'Orléans ;
- dans la région de Valence, à des contrôles visuels et des prélèvements au "D Vac" réalisés par l'ACTA dans 13 parcelles en 1983.

Il ressort de ces travaux que :

- dans le Bassin rennais, selon MM. Dedryver et Ladevèze, dans un rayon de 10 à 20 km, le piège à succion est un bon indicateur des contaminations par R. padi et S. avenae des cultures de céréales d'hiver semées tardivement et indemnes de pucerons à l'automne ;
- dans la région d'Orléans, selon M. de la Messelière (SPV), les faibles vols de S. avenae au début du printemps peuvent laisser prévoir un développement important des populations sur épis, les conditions climatiques ultérieures étant déterminantes pour confirmer ou infirmer ce risque. De plus, les développements importants de S. avenae au stade sensible de la culture s'accompagnent généralement de vols massifs d'ailés, mais les deux phénomènes étant simultanés, il convient de réagir très rapidement. Par contre, dans tous les cas, le piège ne permet pas de prévoir les pullulations trop localisées ou dans des secteurs trop éloignés du piège ;
- dans la zone de Valence, selon M. Poncelet stagiaire ingénieur chez MM. Gendrier et Reboulet, les premières captures au piège à succion interviennent après les premières prises au "D Vac" mais précèdent les observations visuelles sur le terrain dans 10 cas sur 13.

## 7-2. INFESTATIONS AUTOMNALES

Les relations populations aphidiennes au champ - cumul des captures au piège à succion durant les périodes correspondantes - dégâts de jaunisse naissante de l'orge, ont été étudiées par l'ACTA dans la région d'Aigre.

L'intensité des liaisons semblant varier notamment selon la présence plus ou moins lointaine de réservoirs de pucerons lors des vols de contamination, les sites d'observations des périodes de contamination mis en place durant l'automne 1981 (19 parcelles dans un rayon de 100 km autour du piège) ont, pour la plupart, fait l'objet de photographies aériennes en vue de préciser leur environnement.

En ce qui concerne le piège à succion, M. Bayon responsable de ces travaux considère qu'il détecte très bien des vols qui correspondent à des pourcentages d'attaques très faibles au champ et nettement inférieurs au seuil de nuisibilité ou de dégât immédiat. Toutefois les résultats de piégeage ne sont représentatifs que pour les champs qui correspondent à son environnement et à la "précocité" de la zone où se trouve le piège. Dans les régions concernées par la jaunisse nanisante de l'orge, il lui apparaît nécessaire et important de créer, en complément du piège à succion, des réseaux d'observations en culture. Une grille de décision est proposée (cf. tableau 3).

PUCERONS VECTEURS DE VJNO <i>R. padi</i> , principalement en automne (parfois : <i>S. avenae</i> , <i>M. dirhodum</i> )				CONTROLE AU CHAMP DES QUE LA CEREALE POINTE			remarques										
PRINCIPAUX RESERVOIRS		PUCERONS (IMPORTANCE)		POUVOIR VIRULIFERE		INTENSITE DU (DES) VOL(S)		Temperatures supérieures à 10 - 12 °C en fin d'après-midi ou avant pluies		délais d'intervention après les premières arrivées en culture et avant le début des dégâts.		Conditions pouvant annuler ou différer le traitement		Facteurs défavorisants			
								% plantules habitées par les vols		- multiplication rapide avec % de plantules habitées en augmentation		- multiplication lente % de plantes habitées en faible augmentation ou légère régression					
absentes importantes absentes importantes		absents très faibles importants		TRES VIRULIFERE		- apport exogène (généralement faible)		<< 10 - 15 %		10 à 20 jours selon l'évolution				• Gel continu pendant plusieurs jours (sans dégel ni neige)  • répétitions précoces de gélées nocturnes avec des températures diurnes < 3-4°C puis avec hiver normal ensuite, mais "radicalement exceptionnel"		début ou courant hiver (déc.-janv.) "Non désherbage précoce ou DMDC ou DMTP (associé ou non à l'engrais liquide)	
						très faibles		< 10 - 15 %		7 à 10 jours selon l'évolution							
						moyennement faible ou peu important		≈ 10 - 15 %		< 7 jours		10 à 15 jours ou plus selon l'évolution					
						très important		> 10 - 15 %		SANS DELAIS (TRAITEMENT A REALISER AU PLUS VITE)		7 jours maximum					
						>> 10 - 15 %											
						absents importants absents importants		absents très faibles importants		PEU VIRULIFERE		- apport exogène (généralement faible)					
très faibles		< 10 - 15 %		15 jours à 3 semaines ou plus selon évolutions et conditions climatiques													
moyennement faible ou peu important		≈ 10 - 15 %		7 à 15 jours (maxi)													
très important		> 10 - 15 %		7 jours								15 jours à 3 semaines					
>> 10 - 15 %				7 jours								10 - 15 jours selon conditions climatiques					
				< 7 jours								7 - 10 jours maxi. selon conditions climatiques					

Tableau 3 : Modèle ou "arbre de décision" des traitements contre les pucerons vecteurs de la jaunisse nanisante de l'orge à l'automne, établi par F. Bayon et J.P. Ayrault d'après les essais en cultures réalisés en contamination naturelles et artificielles entre 1976 et 1983.

## 8. RECHERCHES D'INTERPRETATIONS INTEGRANT DES PARAMETRES CLIMATIQUES

Toute tentative d'élaboration de méthode de prévision de l'évolution des populations aphidiennes implique de prendre en considération l'influence du climat (Robert et Rouze-Jouan 1976, Rabbinge 1979).

Dans un premier temps, il s'est agi d'étudier l'influence d'un maximum de paramètres climatiques sur la dynamique des captures, à partir des résultats de piégeages des printemps 1979 et 1980. En 1983, ce travail a été complété par une étude préliminaire sur la prévision à court et moyen terme des captures journalières de *R. padi*

### 8-1. INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES

Conduite par l'ITCF et l'ACTA en liaison avec l'INRA et le SPV, cette action se décompose en deux études :

a) celle des relations entre les dates des premières captures et les paramètres ci-après, considérés sur la période du 1er décembre de l'année précédente au 31 mars :

- nombre de jours de gel à 0°C, à -5°C et à -10°C,
- somme des températures minimales, maximales, moyennes
- somme des températures moyennes supérieures à 0°C, à 4°C, à 6°C ou à 10°C,
- nombre de périodes où la température journalière chute brutalement et demeure basse pendant 3 jours,
- rayonnement global, durée d'insolation, nombre de jour où l'insolation est nulle, supérieure à 2 heures ou supérieure à 4 heures.

b) celle des relations entre l'importance des captures jusqu'au 15 juin et les paramètres suivants, calculés sur la période allant du 1er avril au 15 juin :

- somme des températures moyennes,

- somme des températures moyennes supérieure à 6°C,
- nombre de jours où la température maximale est supérieure à 25°C,
- nombre de jours de gel à 0°C,
- somme des précipitations et nombre de jours où les précipitations sont supérieures à 10 mm.,
- rayonnement global, durée d'insolation moyenne.

Cette étude a été réalisée avec et sans introduction de la date de première capture et en excluant le poste de Montpellier. (cf. tableau 4) :

ETUDE		ESPECES	Sitobion avenae	Metopolophium dirhodum	Rhopalosiphum padi
1 Facteurs climatiques du 1/12 au 31/3 en relation avec la date des premières captures.	avec Montpellier		nombre de jours de gel à 0 °C (64 %)	nombre de jours où l'insolation est supérieure à 2 h (80 %)	nombre de jours où l'insolation est >2h (81 %)
	sans Montpellier		nombre de jours de gel à -5 °C (53 %)	nombre de jours où l'insolation est > 2h (18 %)	nombre de jours où l'insolation est >2h (63 %)
2 Facteurs climatiques du 1/4 au 15/6 en relation avec l'importance des captures	SANS MONTPELLIER	sans dates des 1ères captures	sommes des précipitations (36 %)	nombre de jours où la pluviométrie est $\geq$ à 10 mm (39 %)	somme des précipitations (44,9 %)
		avec dates des 1ères captures	Date des 1ères captures de <u>S. avenae</u> (50 %)	Dates des 1ères captures de <u>M. dirhodum</u> (56,2 %)	Somme des précipitations (44,9 %)

Tableau 4 : Paramètres climatiques ayant une influence prépondérante sur la dynamique des captures (entre parenthèses le pourcentage de la variation totale expliquée).

Pour partie, ces résultats confirment les données bibliographiques, notamment en ce qui concerne l'influence du nombre de jours de gel et des précipitations printanières sur la précocité et l'importance du développement des populations de pucerons. Il faut cependant noter qu'ils ne portent que sur deux années, dont les caractéristiques climatiques ont pu favoriser l'expression de certains facteurs.

## 8-2. PREVISION DE L'EVOLUTION DES CAPTURES JOURNALIERES

Menée par l'ACTA, cette étude porte sur la prévision des captures journalières de R. padi au printemps et en début d'été. Ce travail nécessitant un nombre important de données biologiques, seuls les postes implantés avant 1979 ont été pris en compte. Les paramètres climatiques, obtenus auprès de la Météorologie nationale, sont : la température, l'humidité relative, la force du vent, les précipitations journalières, les précipitations de 6 à 18 heures, la durée d'insolation. Une préselection qui demanderait à être vérifiée pour les autres postes, est effectuée à partir des données de Colmar.

L'hypothèse de base pour le traitement statistique est la réalisation d'un processus stationnaire gaussien entièrement décrit par sa moyenne, ses fonctions d'autocorrélation et corrélations croisées. Des modèles à fonctions de transfert sont estimés soit en s'inspirant de la méthode élaborée par Box et Jenkins, soit par une technique de régression multiple ascendante.

Cette étude met en évidence le rôle primordial de la force du vent pour expliquer la variation des captures au jour le jour quand les autres facteurs (température, insolation, précipitations) ne sont pas limitants (ce qui est

presque toujours le cas en mai-juin et juillet) ainsi que l'intérêt des sommes de températures hivernales dans la prévision des dates de première capture.

### 9. PREVISION DES ATTAQUES D'AUTRES RAVAGEURS

Les cécidomyies des fleurs de blé (Sitodiplosis mosellana et Contarina tritici) peuvent causer des dégâts importants dans certaines régions céréalières. Les attaques sont insidieuses et extrêmement irrégulières. La surveillance nécessite la mise en place d'un réseau de pièges.

Les deux espèces étant capturées au piège à succion, des études ont été menées par l'ACTA dans la région d'Aigre, selon deux axes :

- 1) la liaison des captures au piège à succion en 1980 et 1981 avec les paramètres climatiques,
- 2) la relation entre vols, stades de sensibilité de la culture et dégâts dans la région Charentes-Poitou de 1978 à 1981.

Des "seuils climatiques minimaux" pour le vol ainsi que les conditions optimales favorisant le premier pic sont mis en évidence. De plus, il semble exister une relation entre la présence et l'importance des vols, d'une part, et les stades de sensibilité des blés, d'autre part. (cf. tableau 5).

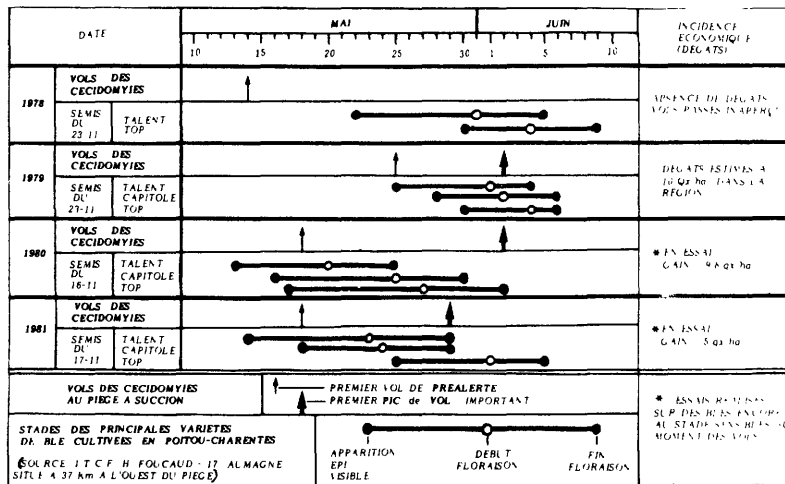


Tableau 5 : Relation entre vols de Cécidomyies, périodes de sensibilité des cultures et dégâts.

### 10. CONCLUSION

Dans l'état actuel de nos travaux et compte tenu de l'installation relativement récente du réseau français, le piège à succion paraît être un outil très intéressant pour recueillir les données nécessaires à l'étude de l'épidémiologie des aphides, notamment du déterminisme de l'activité de vol. En ce qui concerne l'exploitation à des fins de prévision des risques de dégâts directs ou indirects des aphides en culture des céréales, le réseau de piège semble devoir être considéré comme un moyen d'alerte complémentaire de réseaux d'observations de terrain ; les travaux conduits à propos des Cécidomyies des fleurs de blé laissent, par ailleurs, espérer une utilisation de ce piège pour réaliser des avertissements agricoles dans un but de pré-alerte et/ou de traitement contre ces ravageurs.

L'exploration des possibilités d'exploitation du réseau n'est pas terminée, mais les actions menées jusqu'à présent laissent penser qu'un pas important ne pourra pas être franchi sans la prise en compte des données climatiques en plus d'observations de terrain. Compte tenu de la variabilité



de l'évolution des populations d'aphides selon les années, de telles études nécessitent le recueil de données sur de très longues périodes. C'est pourquoi l'action entamée dans le cadre du réseau EURAPHID, sous l'égide de la CEE, nous semble devoir être, pour le moins, poursuivie.

#### REFERENCES

- BAYON F., AYRAULT J.P. 1976 : Importance de la Jaunisse nanisante de l'Orge (J.N.O. ou BYDV) et des pucerons des céréales en Poitou-Charentes - La défense des Végétaux 182, 261 - 278.
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P. 1982 : Epidémiologie de la Jaunisse nanisante de l'Orge (BYDV) en Poitou-Charentes. Rôle de l'origine des pucerons et de la durée de séjour sur la culture, conséquences sur l'époque d'intervention en culture, liaison rendement quantité de virus Med. Fac. Landbouww Rijksuniv, Gent, 47/3 - 1039 - 1052.
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P (in press) Rôle de la photographie aérienne couleur dans la détection des réservoirs de Rhopalosiphum padi vecteurs du virus de la Jaunisse nanisante de l'Orge (VJNO ou BYDV) en Poitou-Charentes - Communication au Symposium International de Phytopharmacie et de Phytiairie - Gent, mai 1983
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P. 1983 : Rôle du piège à succion dans la détection des vols de cécidomyies des céréales (S. mosellana et C. tritici). La Défense des Végétaux, 223, 255 - 266.
- BOUCHERY Y. 1982 : The biology of cereal aphids ; overwintering and spring migration. In Euraphid Rothamsted 1980 Ed. L.R. TAYLOR. 26.
- DEDRYVER C.A. 1980 : Les pucerons dans les rotations céréalières - Perspectives Agricoles, 37, 54 - 64.
- DEDRYVER C.A., LADEVEZE L., TURPEAU E., ROBERT Y. 1982 : Les pucerons des céréales dans le Bassin de Rennes ; comparaison des évolutions de populations sur quelques parcelles de blé d'hiver et des captures d'ailés au piège à succion du Rheu. in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 11-15.
- LAPRAS E. 1983 : Etude de la liaison entre les captures de pucerons Aphis fabae et Rhopalosiphum padi et variables climatiques. Mémoire de fin d'études effectué à l'ACTA.
- DE LA MESSELIERE, 1981 : Prévision des attaques de pucerons des céréales dans le sud du Bassin parisien. In C.R. des journées d'études et d'information sur les pucerons des cultures organisées par l'ACTA du 2 au 4 mars, 135 - 149.
- MOUCHART A. 1980 : Le réseau expérimental ACTAPHID. In Euraphid Rothamsted 1980. Ed. by L.R. TAYLOR, 27 - 28.
- MOUCHART A. 1981 : Amélioration des techniques d'observation et de prévision des déplacements et des contaminations des pucerons des céréales. In CEC programme on integrated and biological control, progress report 1979/1981, Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273EN, 248-270.
- MOUCHART A. et DE LA MESSELIERE Ch. 1982 : Etude concernant les pucerons des céréales dans le cadre du réseau ACTAPHID. in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, UK, 31-46.
- PONCELET A. : Ennemis naturels des pucerons des céréales - Méthodes - Evolutions des populations - Influence de l'agroécosystème. Mémoire de fin d'étude effectué à l'ACTA.
- RABBINGE R., ANKERSMIT G.W., PAK G.A. (1979) Epidemiology and simulation of population development of Sitobion avenae in winter wheat. Neth. Path. 85, 197-220.

- ROBERT Y., RABASSE J.M., ROUZE-JOUAN J., 1974 : Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de pucerons en cultures de pommes de terre. I - Influence de la hauteur de piégeage. Ann. Zool. Ecol. anim, 6, 349 - 372.
- ROBERT Y., CHOPPIN DE JANVRY E. 1977 : Sur l'intérêt d'implanter en France un réseau de piégeage pour améliorer la lutte contre les pucerons. B.T.I.. 323, 559 - 568.
- ROBERT Y., 1980 : The operation of yellow water traps and suction traps and the interpretation of the data collected. In Euraphid. Rothamsted 1980. Ed. L.R. TAYLOR, 28 - 32.
- ROBERT Y., TURPEAU E., DEDRYVER C.A. 1982 : Diminution du nombre des pucerons des céréales capturés entre 1978 et 1981 en Bretagne. in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions alphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 59.
- DE LA ROCQUE B., PIQUEMAL J.P., 1980 : Un réseau pour la protection des céréales. Perspectives Agricoles, 35, 42 - 39.
- TAYLOR L.R., 1974 : Monotoring Change in the distribution and abundance of Insects Rep. Rothamsted exp. stn. for 1973, part 2, 202 - 239.

## Publications - Contract No. F-0705

- BOUCHERY Y. (1980) The biology of cereal aphids; overwintering and spring migration. In Euraphid, Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor, 26
- MOUCHART A. (1980) Le réseau expérimental ACTAPHID. In Euraphid, Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor, 27-28
- ROBERT Y. (1980) The operation of yellow water traps and suction traps and the interpretation of the data collected. In Euraphid, Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor, 28-32
- DE LA MESSELIERE Ch. (1981) Prévion des attaques de pucerons des céréales dans le sud du Bassin parisien. In C.R. des Journées d'études et d'information sur les pucerons des cultures organisées par l'ACTA du 2 au 4 mars, 135-149
- MOREAU J.P. et WARIN S. (1981) Etude comparative de trois pucerons des céréales par captures aux pièges à succion du réseau ACTAPHID et par prélèvements de céréales à Vaersailles. In C.R. des Journées d'études et d'information sur les pucerons des cultures organisées par l'ACTA du 2 au 4 mars, 147-149
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P. (1982) Epidémiologie de la Jaunisse nanisante de l'orge (BYDV) en Poitou-Charentes. Rôle de l'origine des pucerons et de la durée de séjour sur la culture, conséquences sur l'époque d'intervention en culture, liaison rendement quantité de virus Med. Fac. Landbouww Rijksuniv, Gent, 47/3 - 1039-1052
- DEDRYVER C.A., LADEVEZE L., TURPEAU E., ROBERT Y. (1982) Les pucerons des céréales dans le Bassin de Rennes; comparaison des évolutions de populations sur quelques parcelles de blé d'hiver et des captures d'ailés au piège à succion du Rheu. In Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 11-15
- MOUCHART A. et DE LA MESSELIERE Ch. (1982) Etude concernant les pucerons des céréales dans le cadre du réseau Actaphid. In Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 31-46
- ROBERT Y., TURPEAU E., DEDRYVER C.A. (1982) Diminution du nombre des pucerons des céréales capturés entre 1978 et 1981 en Bretagne. In Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 57-59
- BAYON F., AYRAULT J.P. (1983) La Jaunisse nanisante de l'orge (JNO) méthode actuelle de prévision des risques en automne. La Défense des Végétaux, 223, 268-275
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P. (1983) Rôle du piège à succion dans la détection des vols de cécidomyies des céréales (*S. mosellana* et *C. tritici*). La Défense des Végétaux, 223, 255-266
- MOUCHART A. (1983) Amélioration des techniques d'observation et de prévision des déplacements et des contaminations des pucerons des céréales. In CEC Programme on Integrated and Biological Control, Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN 248-270
- BAYON F., AYRAULT J.P., PICHON P. "in press" Rôle de la photographie aérienne couleur dans la détection des réservoirs de *Rhopalosiphum padi* vecteurs du virus de la Jaunisse nanisante de l'orge (VJNO ou BYDV) en Poitou-Charentes - Communication au Symposium International de Phytopharmacie et de Phytiatre - Gent, mai 1983
- DE LA MESSELIERE Ch. "in press" Evolution de *Sitobion avenae* dans les cultures de blé du Nord de la France en 1983 - Comparaison d'observations en cultures et des données du piège à succion

**Cereals Disease Due to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*.  
Problems Arising from the Development of a Biological Control  
Method Based on the Use of an Hypoaggressive Strain of the Pest**

P. Lucas (1), J.M. Lemaire (2), G. Doussinault (3)

(1) INRA - Phytopathological Station, Le Rheu (France)

(2) INRA - Phytopathological Station, Montfavet (France)

(3) Plants Improvement Station, Le Rheu (France)

Summary

Inoculation of wheat plants by an hypoaggressive strain of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* protect them against attacks by an aggressive one. This phenomenon is exploited for the development of a biological control method of take all. Description of the method and first results obtained in station are shown. Results obtained and conditions for effectiveness of the method are discussed.

LE PIÉTIN ECHAUDAGE DES CÉREALES DU A  
GÆUMANNOMYCES GRAMINIS VAR. TRITICI.  
PROBLÈMES POSES PAR LA MISE AU POINT D'UNE  
METHODE BIOLOGIQUE DE LUTTE BASEE SUR L'UTILISATION  
D'UNE SOUCHE HYPOAGRESSIVE DU PARASITE.

Résumé

L'inoculation de plantules de blé avec une souche hypoaggressive de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* induit chez celles-ci une réaction de défense les protégeant d'attaques ultérieures par une souche agressive du même parasite. Cette observation est exploitée pour la mise au point d'une méthode de lutte biologique contre le piétin échaudage. La reproduction de ce phénomène, biologique au champ est, malgré quelques bons résultats obtenus, encore trop mal maîtrisée et nécessite des études complémentaires. Les premiers résultats et les facteurs conditionnant la réussite de la méthode sont discutés.

I. INTRODUCTION

Connu depuis très longtemps sur céréales, le piétin échaudage dû à *Gaeumannomyces graminis* (Sacc) Arx & Olivier var. *tritici* Walker, fait l'objet de nombreuses études dans différents pays du monde. A ce jour, pourtant, aucune méthode de lutte chimique n'est proposée et la faible variabilité observée chez le blé n'a pas permis de sélectionner des variétés résistantes à cette maladie.

Dans beaucoup de pays, les recherches se sont orientées vers l'étude d'un phénomène naturel observé lorsqu'on fait succéder une culture de blé plusieurs années sur une même parcelle : le déclin de la maladie. Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène (COOK & REIS, 1981). En France, des travaux effectués à la

Station de Pathologie végétale de l'INRA de Rennes ont montré que la stimulation d'une fraction particulière de la microflore saprophyte du sol entraînait une réduction de l'incidence de la maladie (propriétés antagonistes de certaines bactéries protéolytiques par exemple) (LEMAIRE et JOUAN), 1970. Parallèlement, il a pu être isolé à partir de blé cultivé sur une sole en monoculture depuis de nombreuses années des souches hypoagressives du parasite (LEMAIRE et al, 1970). Cette perte d'agressivité pourrait être un des éléments explicatifs du phénomène de déclin naturellement observé.

L'étude des souches hypoagressives a permis de montrer que :

- des souches hypoagressives de G. graminis tritici inoculés au blé étaient susceptibles de protéger celui-ci vis-à-vis d'une attaque ultérieure par une souche très agressive du même champignon (TIVOLI et al, 1974).

- des souches hypoagressives de G. graminis tritici incorporées dans un sol semblaient transmettre le caractère hypoagressif aux souches sauvages (LEMAIRE et al, 1976).

C'est sur ces deux observations que repose le principe de la méthode de lutte que nous essayons de mettre au point.

## 2. LA METHODE DE LUTTE - RESULTATS

La méthode doit donc permettre une installation de la souche hypoagressive sur les racines. Après de nombreux essais où l'inoculum était produit sur paille puis sur orge et enfoui dans le sol, la solution retenue a été l'enrobage des semences. Le champignon est cultivé sur grains d'orge humidifiés puis autoclavés. Après trois semaines d'incubation à 22°C, l'inoculum est séché puis broyé. C'est cette poudre, additionnée d'un mélange à base d'argile pour l'adhérence qui est utilisée en enrobage de semences à la dose de 5Kg pour 100Kg de semences (cf. annexe).

Un certain nombre d'essais ont ainsi pu être mis en place et on peut distinguer :

- les essais en petites parcelles mis en place dans le réseau expérimental de l'INRA. Ils ont pour but principal l'amélioration de la méthode de lutte biologique.

- les essais dits de "plein champ" mis en place chez les agriculteurs. Ce réseau est intéressant pour étudier les problèmes posés par l'utilisation de la méthode en conditions normales de production.

### 2.I. Résultats obtenus en station

Chaque année un essai est mis en place à la station de Rennes permettant d'évaluer de nouvelles méthodes d'apport de l'inoculum hypoagressif. L'efficacité du traitement est généralement appréciée par une estimation de l'importance des foyers de piétin échaudage après l'épiaison. En 1982 nous avons procédé à un examen du système racinaire.

#### - Matériel et méthode

L'inoculum hypoagressif est apporté selon 9 modalités différentes (tab. I). L'essai est implanté sur une parcelle ayant porté, la campagne précédente une culture de blé traitée biologiquement par enrobage des semences. Le dispositif adopté est un dispositif en blocs de Fisher à 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire mesure 6m<sup>2</sup> et comprend 6 rangs de blé (variété "Rescler").

A l'épiaison 12 prélèvements de 2 à 3 plantes sont réalisés

sur les 4 rangs centraux et le pourcentage du système racinaire né-crosé est apprécié pour chaque plante.

Traitements

N°	Nature	Dose d'inoculum
1	Semences nues, non enrobées (témoin)	
2	Enrobage humide avec argile	2Kg/100Kg sem.
3	Enrobage humide avec argile	5Kg/100Kg sem.
4	Enrobage humide avec argile inoculum détruit	5Kg/100Kg sem.
5	Epannage microgranulés	20Kg/ha
6	Epannage microgranulés	10Kg/ha
7	Epannage microgranulés	5Kg/ha
8	Poudrage à sec	2Kg/100Kg sem.
9	Enrobage avec tensioactif	5Kg/100Kg sem.
10	Enrobage avec huile de paraffine	5Kg/100Kg sem.

Tableau I : Nature des différentes techniques d'apport de l'inoculum comparées.

Traitements :											
Blocs :	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	40	13	27	20	33	90	50	33	37	27	
II	27	10	20	16	6	37	26	37	7	47	
III	43	17	30	36	27	60	40	33	27	70	
IV	80	33	20	43	30	46	40	26	36	30	
Moyenne	47	18	24	29	24	58	39	32	27	43	
	ab	d	cd	bcd	cd	a	abc	bcd	cd	abc	

Tableau II : Pourcentage de plantes ayant plus de 50 p.cent de système racinaire atteint à l'épiaison en fonction des traitements (les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à p = 0.05)

Situations	Nb d'essais	Levée (nb de plantes/m2)	Epiaison (nb épis/m2)	Coefficient de tallage
		Traité	Non Tr.	Trai.: N.Tr.:
1er blé	22	234	238	514 : 497 : 2,2 : 2,1
1er trait.				
2ème blé	9	218	231	490 : 462 : 2,2 : 2,0
1er trait.				
2ème blé	6	264	266	574 : 584 : 2,2 : 2,2
2ème trait.				

Tableau III : Densités de plantes à la levée et densités d'épis observées suivant le rang de culture et le traitement réalisé (1981-82).

## - Résultats

Dans le tableau 2 apparaissent en fonction des traitements et des blocs les pourcentages de plantes ayant plus de 50p.cent du système racinaire atteint. D'après cet essai il serait possible de diminuer la dose d'inoculum jusqu'à 2p.cent du poids de grain avec la même efficacité de protection. Seuls l'apport de "microgranulés" à la dose la plus forte et l'enrobage avec tensioactif donnent des résultats comparables.

### 2.2. Résultats obtenus au champ

#### 2.2.1. Matériel et méthode

Dans la plupart des cas, une parcelle homogène est partagée en deux parties, l'une reçoit des semences enrobées avec la souche hypoagressive, l'autre reçoit des semences "nues". La conduite de la culture est propre à chaque agriculteur. Des notations sont effectuées à la levée (densité de peuplement) et à l'épiaison (peuplement épi, appréciation de l'état sanitaire). Les rendements sont estimés dans chaque partie sur plusieurs prélèvements effectués à la moissonneuse batteuse.

#### 2.2.2. Notations sur le peuplement

Les notations réalisées à la levée (tableau 3) montrent que le nombre de plantes par m<sup>2</sup> est inférieur dans la partie traitée. Cette diminution peut être attribuée à une plus faible densité de semis due à un mauvais écoulement des semences enrobées au moment du semis.

A l'épiaison par contre le nombre d'épis par m<sup>2</sup> est supérieur dans les situations traitées une seule fois que ce soit en premier ou deuxième blé. Ce phénomène n'est pas observé en deuxième blé-deuxième traitement où le coefficient de tallage est identique à celui des blés non traités.

#### 2.2.3. Rendements

Les rendements obtenus dans les parcelles témoins et le rapport rendement parcelle inoculée/rendement parcelle témoin figurent dans le tableau 4. Y sont regroupés les résultats obtenus au cours des trois dernières campagnes.

On peut remarquer pour les deux premières campagnes que, si en premier blé les résultats sont variables, à partir du deuxième blé les rendements obtenus après un ou deux traitements sont dans la grande majorité des cas supérieurs à ceux obtenus dans les parcelles "témoin", le gain étant variable suivant les situations.

En ce qui concerne la dernière campagne (1982-83) qui comportait des essais intéressants (3ème blé avec risques importants de piétin échaudage) l'effet du traitement est nul et semble même pénalisant dans certaines situations. Des notations réalisées dans ces essais n'ont pas montré de réduction significative de la maladie lorsque le traitement avait été réalisé.

#### 2.2.4. Notations maladies

L'estimation de l'importance du piétin échaudage dans ces parcelles

Campagne 1980 - 1981

1er blé		2ème blé		3ème blé		4ème blé		5ème blé	
1er trait.		2ème trait.		1er trait.		2ème trait.		1er trait.	
(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)
45	98	47	I00	47	II3	42	I20	36	II9
71	III	60	I02			I3	I53		
55	I00	46	I00						
72	97	47	I23						
44	II4								
61	82								

Campagne 1981 - 1982

1er blé		2ème blé		3ème blé	
1er trait.		1er trait.		2ème trait.	
(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)
55	I04	84	II0	50	I04
80	98	54	I05	73	I03
75	97	72	I00	68	I02
47	II5	82	I04	72	I04
64	I05	75	I01	49	I06
54	98	57	I07		
67	I01				
64	94				
40	I04				
70	98				
75	94				
47	99				
71	I00				
73	91				
84	I04				
66	99				
66	I09				
62	I00				

(I) : rendement dans la parcelle témoin non traitée (Qx/ha).  
(2) :  $\frac{\text{rend. parc. traitée}}{\text{rend. parc. témoin}} \%$

Campagne 1982 - 1983

1er blé		2ème blé		3ème blé	
1er trait.		2ème trait.		2ème trait.	
(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)
76	I06	77	85	I5	I33
78	I02	63	I00		
		68	98		
		69	I01		
		72	I00		

Tableau 4 : Résultats à la récolte des essais mis en place en situation normale de culture chez les agriculteurs.

d'essais dont la superficie était d'au moins 1ha s'est avérée très délicate faute de temps et de moyens à y consacrer. D'une manière générale l'appréciation s'est faite par comparaison visuelle entre l'importance des foyers (taille et nombre) dans les deux situations traitée et non traitée.

Nous n'avons que peu de renseignements sur la campagne 1980-81 mais il a pu être observé en 1982 que :

- sur premier blé il n'y avait pas de piétin échaudage à l'exception d'un essai où les rendements sont identiques dans les deux situations (71Qx/ha).

- sur onze deuxième blé quatre sont indemnes de piétin échaudage, deux présentent quelques plantes attaquées et cinq sont infestés de foyers plus importants (rendements observés après traitement pour ces derniers (en Qx/ha) et augmentation par rapport au témoin entre parenthèses): 86 (+3,5) 69 (+1) 75 (+3) 52 (+3) 75 (+2).

- sur l'essai en troisième blé, les attaques sont très importantes (rendement obtenu 43Qx/ha (-1)).

En 1983 et en ce qui concerne les essais en troisième blé l'importance des attaques de piétin échaudage ne semblait pas avoir été réduite par le traitement.

### 2.3. Discussion

Les expérimentations menées ces dernières années tant en station qu'au champ semblent montrer que :

- le phénomène de prémunition mis en évidence par TIVOLI et al (1974) peut être induit au champ par apport d'une souche hypoagressive au niveau du système racinaire de plants de blé. Cette induction peut se traduire par une diminution des attaques de piétin échaudage.

- par contre le niveau de protection assuré est très variable dans le temps et dans l'espace, cette variabilité empêchant à l'heure actuelle toute utilisation pratique commerciale du procédé.

En fait l'induction d'un bon niveau de résistance chez la plante est conditionnée par un certain nombre de préalables.

1. L'aptitude de la souche hypoagressive à induire la prémunition,
2. La maîtrise de l'apport de cet inoculum hypoagressif à la dose convenable,
3. La survie de l'inoculum entre le moment où il est apporté et l'émission de racines par la plante,
4. La bonne installation du champignon hypoagressif sur les racines et dans le sol,
5. L'aptitude de la plante à réagir à cette installation,
6. Une contamination naturelle du sol faible lors du premier traitement et un sol "pas trop réceptif" à la maladie.

En ce qui concerne le point n°1, les conditions semblent satisfaites : plusieurs souches hypoaggressives ont été comparées quant à leur aptitude à induire une réaction de défense chez la plante. La souche actuellement utilisée (n° 9II de la collection) est celle qui a donné les meilleurs résultats.

Le travail réalisé actuellement dans les centres de recherches de Rennes et Montfavet est orienté vers une meilleure maîtrise de la technique. Il faut dans un premier temps analyser dans quelle mesure les points 2 à 6 sont satisfaits et dans le cas contraire apporter des solutions.



### 3. ANALYSE CRITIQUE DE LA METHODE DE LUTTE - ORIENTATIONS DES RECHERCHES

#### 3.1. La technique d'apport de l'inoculum

Les travaux de TIVOLI et al (1974) ont montré l'importance de la dose d'inoculum sur le niveau de résistance induite. Il apparaît donc important que la quantité d'inoculum hypoagressif apportée au niveau de chaque plante soit constante. La technique d'enrobage actuellement utilisée ne satisfait pas entièrement à ces exigences et il est impératif d'en améliorer l'adhérence. Des travaux sont actuellement en cours avec la collaboration d'un ingénieur chimiste au sein d'une entreprise privée intéressée par l'exploitation du procédé de lutte.

#### 3.2. La survie de l'inoculum

D'une manière générale, l'enrobage est réalisé quelques jours avant le semis et à condition de bien sécher les semences après enrobage et de les entreposer dans un endroit frais et sec, le problème de la survie de l'inoculum sur des semences non traitées chimiquement ne se pose pas. Il n'en est pas de même pour les semences traitées avec des fongicides, insecticides et répulsifs.

La présence de lindane et d'antraquinone ne semble pas gêner l'installation de la souche hypoagressive. De premières études réalisées en 1977 au laboratoire semblaient montrer une certaine compatibilité entre traitement de semences avec du manèbe ou des organo-mercuriques et survie de la souche hypoagressive. Il semble qu'avec la technique d'enrobage actuellement utilisée cette constatation devienne caduque. En tout état de cause et quelle que soit la technique d'enrobage, oxyquinoleate de cuivre et fongicides à base de benzimidazoles sont à proscrire.

Nous avons repris les études de compatibilité avec ces 4 types de fongicide. A partir de semences enrobées successivement par l'un ou l'autre puis par la souche hypoagressive nous n'avons jamais eu de croissance mycélienne du champignon après dépôt de celles ci sur un milieu à base d'extrait de malt. Des essais sont actuellement en cours afin de déterminer si l'inhibition est aussi importante lorsque les semences sont en terre.

#### 3.3. La réceptivité des sols à la souche hypoagressive et aux souches agressives

Cet aspect recouvre les points 4 et 6 des préalables à une bonne efficacité de la méthode de lutte. En effet s'il importe que la souche hypoagressive s'installe sur le système racinaire de la plante et dans le sol il est aussi primordial que le niveau de résistance induit ne soit pas submergé par un potentiel infectieux trop élevé du sol ou par une réceptivité trop grande qui se traduirait par une multiplication trop rapide de l'inoculum agressif sauvage.

En 1982, des échantillons de sols prélevés dans 60 situations différentes ont été distribués dans 3 séries de 5 vases de végétation, puis ensemencés avec du blé (variété "Rescler"). Les plantes de deux séries ont été contaminées au stade 3 feuilles respectivement par une souche agressive et une souche hypoagressive de Gaeumannomyces graminis

tritici, la troisième série servant de témoin. Après trois mois de végétation sous serre plastique les indices de nécroses observés après contamination avec la souche agressive sont très variables suivant les sols. De même, il a pu être observé que la contamination avec la souche hypoagressive semblait entraîner une modification du volume racinaire chez la plante, modification variable suivant les sols (LUCAS et al, 1983). Ces observations qui semblent montrer toutes conditions égales par ailleurs, des différences suivant les sols, dans l'évolution de la maladie, et sur le développement de la plante contaminée par la souche hypoagressive peuvent expliquer la variabilité des résultats observés au champ.

Avant d'aller plus avant dans cette voie, un travail méthodologique est toutefois nécessaire quant à la définition des conditions de mise en place du test : doses et forme de l'inoculum, état hydrique des sols testés, durée des tests, critères de mesure...). Ce travail est entrepris actuellement à la station de pathologie végétale de Rennes.

### 3.4. L'aptitude de la plante à se prémunir

Le niveau de résistance induite chez le blé par l'inoculation avec une souche hypoagressive dépend du génotype de la plante. Certaines variétés comme "Ducat", "Lutin", "Roazon", "Talent" réagissent bien, d'autres moins bien comme "Capitole" et "Champlein". Outre l'acquisition de résistance, l'inoculation entraîne une augmentation de la teneur en chlorophylle, une précocité accrue aux stades jeunes du blé également variables suivant les génotypes (LEMAIRE et al, 1979).

Sur cet aspect deux équipes abordent les relations entre la plante et les souches hypoagressive et agressive du parasite.

En Avignon, à la station de pathologie végétale, sont étudiés les mécanismes d'élicitation du phénomène et de réaction de la plante. Celle-ci libère en effet une substance antifongique non spécifique (essentiellement chez les cultivars répondant le mieux à la prémunition). Cette substance est capable à son tour, d'être un agent d'induction de résistance au piétin échaudage. Elle est thermosensible, (40°C, 1h), soluble et précipitable par le sulfate d'ammonium. Cependant la caractérisation de cette substance se heurte à une difficulté majeure, son caractère labile.

A Rennes, à la station d'amélioration des plantes, un travail de sélection pour l'aptitude à la prémunition est engagé depuis 1973 suivant une méthodologie originale (LEMAIRE et al, 1982). Des résultats particulièrement intéressants ont été obtenus, puisque chez certaines lignées des augmentations de rendement allant jusqu'à 39p. cent ont été observées à la suite de l'inoculation par la souche hypoagressive (tableau 5).

## 4. CONCLUSION

L'exploitation du phénomène d'hypoagressivité observé chez G. graminis tritici avec pour objectif la mise au point d'une méthode de lutte contre le piétin échaudage se heurte encore à un certain nombre d'obstacles. En effet, si l'intérêt de la méthode proposée a pu être mis en évidence dans plusieurs situations, l'influence de certains facteurs extérieurs reste trop importante pour espérer en faire très rapidement une méthode utilisable par tous avec de

bonnes chances de succès.

Trois aspects qui conditionnent cette réussite nous paraissent devoir être étudiés en priorité.

1. Les conditions d'installation de la souche hypoagressive (ou des souches hypoaggressives) dans les sols et les limites apportées à l'efficacité de l'action de cette (ou ces) souche(s) en fonction de la vitesse d'évolution de la maladie, c'est-à-dire la réceptivité aux souches hypoaggressives ou agressives du parasite.

2. Le caractère variétal de l'aptitude à la prémunition et notamment la sélection pour ce caractère. Cette démarche originale devrait déboucher sur l'obtention de variétés rendant plus performante la méthode de lutte.

3. Les mécanismes d'induction et d'expression de la résistance. Outre l'intérêt scientifique d'une telle étude des relations entre plante et champignon (grâce en particulier au matériel végétal sélectionné), l'identification des substances en cause peut laisser espérer la mise au point d'une méthode de lutte d'utilisation plus souple que celle aujourd'hui proposée.

LIGNEES	Rendement Qx/ha en situation traitée	Rendement en % du témoin
Maris Bilbo x Kavkaz IO2 - I	44,4	I24
" II4 - I	44,4	II5
" I20	44,4	II3
" 32	44,1	I08
Maris huntsman x(VPMxMoisson)4 IOI	42,7	I39
Maris Bilbo x Kavkaz I56	41,9	I29
" I9I - 6	41,9	II4
" 52 - 6	41,0	I20
Maris huntsman	41,0	II4

Tableau 5 : Comparaison des rendements obtenus en second blé par les meilleures lignées sélectionnées.

#### REFERENCES

- COOK R.J., REIS E., 1981. Cultural control of soilborne pathogens of wheat in the Pacific North West of the U.S.A. ; in Strategies for the Control of Cereal Disease, JENKYN J.F., PLUMB R.T. Federation of British Plant Pathologists. Blackwell Scientific Publications, OXFORD.
- LEMAIRE J.M., JOUAN B., 1970. L'utilisation de substrats à base de protéines pour lutter contre le piétin échaudage des céréales.

- Ann. Phytopath., 2(I) 263, 1970.
3. LEMAIRE J.M., LAPIERRE H., JOUAN B., BERTRAND G. 1970. Découverte de particules virales chez certaines souches d'O. graminis agent du piétin échaudage des céréales, conséquences agronomiques prévisibles. C.R. Acad. Agric. Fr. du 21 octobre 1970. II34-II38.
  4. LEMAIRE J.M., JOUAN B., COPPENET M., PERRATON B., LECORRE L., 1976. Lutte biologique contre le piétin échaudage des céréales par l'utilisation de souches hypoagressives d'Ophiobolus graminis. Sciences Agronomiques, Rennes : 63-65.
  5. LEMAIRE J.M., CARPENTIER F., DALLE J.F., DOUSSINAULT G., 1979. Lutte biologique contre le piétin échaudage des céréales. Modifications physiologiques chez le blé inoculé par une souche atténuée d'Ophiobolus graminis. II Changement de la teneur en chlorophylle. Ann. Phytopath. II(2) : 193-197.
  6. LEMAIRE J.M., DOUSSINAULT G., LUCAS P., PERRATON B., 1982. Possibilités de sélection pour l'aptitude à la prémunition dans le cas du piétin échaudage des céréales (Gaeumannomyces graminis). Cryptog., Mycol. 3(4) 347-359.
  7. LUCAS P., LEMAIRE J.M., DOUSSINAULT G., 1983. Compte-rendu des travaux effectués sur la mise au point d'une méthode de lutte biologique contre Gaeumannomyces graminis agent du piétin échaudage des céréales. Rapport annuel relatif au contrat C.E.E. n° 706.
  8. TIVOLI B., LEMAIRE J.M., JOUAN B., 1974. Prémunition du blé contre Ophiobolus graminis Sacc. par des souches peu agressives du même parasite. Ann. Phytopathol. 6(4) : 395-406.

ANNEXE : PROTOCOLE DE REALISATION DE L'ENROBAGE DISTRIBUE AUX EXPE-  
RIMENTATEURS.

PREPARATION DE L'ENROBAGE

A l'aide d'une bétonnière ou d'une baratte, l'agriculteur est en mesure de réaliser lui-même l'enrobage de ses semences.

L'enrobage se fait en trois temps :

1. Mouillage de la semence,
2. Apport d'une poudre mouillable contenant l'inoculum MYCOPROX 9II (poudre grise),
3. Apport final d'une poudre absorbante (poudre blanche).

Utiliser les proportions suivantes :

Pour 100 kg de semences :

- 12 litres d'eau
- 5 kg d'inoculum
- 1 kg de poudre absorbante.

Quantité de semences à mettre dans la bétonnière

Elle dépendra du volume de la bétonnière. A titre indicatif, la capacité d'enrobage d'une petite bétonnière de 125 litres est de l'ordre de 20 à 25 kg maximum de semences (au-delà l'enrobage est irrégulier).

1. Introduire dans la bétonnière la semence de blé ou d'orge. Verser ensuite l'eau. Faire tourner la bétonnière. Au bout de 2 minutes, le grain est humidifié.

2. Maintenir la bétonnière en marche et verser lentement la poudre grise (inoculum), puis laisser tourner pendant 6 mn.

3. Maintenir la bétonnière en marche et verser la poudre blanche ; puis laisser tourner pendant 1 mn.

Les semences ainsi préparées doivent être séchées (on peut par exemple les étaler en une faible épaisseur dans un endroit propre et aéré). Il faut, quel que soit le mode de séchage adopté, tenir compte des recommandations générales.



## Attempts to Control *Fusarium culmorum* Foot-Rot on Wheat by Non Pathogenic *Fusarium* Isolates

V. Piglionica, C. Cariddi

Phytopathological Department, University, Bari (Italy)

### Summary

After a brief account on the importance of *Fusarium culmorum* as the main incitant of foot-rot in wheat areas of Southern Italy, some results are given on the possibility to control the disease by a biological method. Protection of plants was performed by coating healthy kernels with macroconidia and/or microconidia of *Fusarium* isolates non pathogenic to wheat sowed in artificially infested soil. The results have shown that it is possible to increase significantly not only the emergence of seedlings in infested soil but also to reduce weight loss in infected plants.

TENTATIVES POUR LIMITER LES INFECTIONS DE *FUSARIUM CULMORUM* SUR LE BLE PAR DES ISOLATS NON PATHOGENES DE *FUSARIUM*

### Résumé

Des expériences de champs dans lesquelles les graines de blé "revêtues" de conidies de deux isolats non pathogènes de *Fusarium* ont mis en évidence la possibilité de protéger les plantes pendant la période d'émergence et de limiter de manière significative le dégât sur le terrain infecté artificiellement par *Fusarium culmorum*, un des plus importants agents de la pourriture basale sur le blé dur en Italie du Sud.

TENTATIVI DI CONTENERE LE INFEZIONI DI *FUSARIUM CULMORUM* SU GRANO A MEZZO DI ISOLATI NON PATOGENI DI *FUSARIUM*

### Riassunto

Prove in campo nelle quali sono state utilizzate cariossidi di frumento "conciate" con conidi di due isolati non patogeni di *Fusarium*, hanno messo in evidenza la possibilità di proteggere le piante all'emergenza e di contenere significativamente il danno alla produzione su terreno infestato artificialmente con *Fusarium culmorum*, uno dei più importan-

ti agenti causali di "mal del piede" nelle coltivazioni dell'Italia meridionale.

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Il "mal del piede" su Frumento duro

Nel complesso quadro patologico del Frumento, il "mal del piede", qui inteso nella più vasta accezione del termine, costituisce l'alterazione più preoccupante per i cerealicoltori.

Indagini eseguite in Italia, hanno messo in evidenza che nelle regioni meridionali ove è largamente coltivato il Frumento duro (Triticum durum Desf.), l'alterazione è causata in prevalenza da alcune specie patogene di Fusarium (4,9) mentre nelle regioni centrali e settentrionali, ove è diffuso il Frumento tenero (Triticum aestivum L.), altre specie fungine (Cercospora herpotrichoides Fron., Gaeumannomyces graminis Sacc.) Arx et Oliver, in particolare) prevalgono come agenti causali del "mal del piede".

Delle cinque specie patogene di Fusarium che interessano il Frumento: F. culmorum (W.G.Smith) Sacc., F. nivale (Fr.) Ces., F. graminearum Schw., F. avenaceum (Corda ex Fr.) Sacc. e F. tricinctum (Corda) Snyd. et Hans., soltanto le prime due sono risultate costantemente associate a sintomi di "mal del piede" sulle colture di Frumento duro e, di esse, la più pericolosa sembra essere F. culmorum. Accade infatti che F. nivale, a causa delle condizioni climatiche avverse (alta temperatura e modesta umidità relativa), ha scarse possibilità di causare danni al di là dei mesi invernali più freddi e la sua forma perfetta (Calonectria nivalis Schaffn. = Monographella nivalis (Schaffn.) Müller), pur abbondantemente presente fino in Sicilia, ha scarso significato ai fini della epidemiologia del patogeno (1,4,7).

Fusarium culmorum del quale non è nota la forma perfetta, vive nel terreno e trae vantaggio, nella sua epidemiologia, di condizioni di aridità e di temperature elevate (10). Esso può infettare le piantine di frumento già a fine autunno senza manifestare alcun sintomo esterno nel periodo invernale. In primavera, con l'innalzarsi della temperatura, l'infezione si manifesta principalmente con marciumi basali dei culmi di accostamento e con imbrunimenti del "piede", talora estendentisi oltre il secondo nodo del culmo principale. E' il momento della comparsa in campo delle spighe sbiancate ("White heads") che conferiscono alla pianta un aspetto simile a quello osservabile nella fase di maturità, con la differenza che in quelle spighe le cariossidi non sono formate. E' ovvio che le infezioni possono interessare direttamente anche le piante adulte e, in tal caso, il danno alla produzione è più o meno grave a seconda della velocità con la quale il patogeno supera le guaine della base per invadere i tessuti del culmo.

Ad attacchi di quest'ultimo tipo è associata la presenza di imbrunimenti che possono essere totali ovvero interessare solo parzialmente la porzione basale del culmo sotto forma di striature longitudinali (Fig.1).

### 1.2. La protezione delle piante

La lotta contro F. culmorum non è delle più facili. Il patogeno sopravvive a lungo nel terreno anche in assenza di colture cerealicole (per il vero esso è in grado di infettare specie graminacee infestanti) ed è difficile immaginare che interventi semplici e poco costosi con composti chimici



siano idonei ad eradicare un inoculo particolarmente resistente quale quello costituito dalle clamidospore del patogeno. Un mezzo efficace di lotta potrebbe esser dato dalla rotazione con colture non graminacee, ma risulta alquanto difficile, nella condizione attuale, proporre ad aziende strettamente cerealicole di modificare i propri programmi. In verità, prove eseguite in Puglia (2) avevano messo in evidenza che composti benzimidazolici (Carbendazim, Tiofanate-Metil, in particolare) applicati come concianti della semente, possono contenere i gravi esiti delle infezioni su terreni coltivati a frumento per oltre un decennio. Per conseguire tali risultati, era stato però necessario eccedere nelle dosi di composto rispetto a quelle comunemente impiegate (2,7); ma sembra fin troppo evidente che se tale pratica dovesse essere a lungo adottata arricchirebbe il terreno di residui in desiderabili.

Per tal motivo, orientati da osservazioni preliminari eseguite su saggi in serra (10), si è stati indotti a verificare in campo l'efficacia di specie di Fusarium non patogene per il Frumento verso F. culmorum.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1. Infestazione del terreno

La prova è stata condotta in agro di Valenzano (provincia di Bari) su terreno non coltivato con graminacee da oltre 20 anni che è stato infestato con due dosi di inoculo. Quest'ultimo proveniva da isolamenti monoconidici di F. culmorum eseguiti su piante di coltivazioni siciliane che nelle annate precedenti avevano subito gravi attacchi di "mal del piede". L'isolato è stato scelto per la sua alta patogenicità manifestata nel corso di saggi preliminari che avevano previsto il confronto con numerosi altri ceppi di varia provenienza.

L'inoculo da utilizzare per l'infestazione del terreno è stato ottenuto stemperando in acqua masse conidiche prelevate da colonie del patogeno allevate su agar-patata-destrosio (PDA) in capsule Petri di polistirolo incubate, in ottobre, per 20 giorni ad una finestra esposta a Nord che non riceveva luce solare diretta.

Per la infestazione del terreno, 4 giorni prima della semina sono stati distribuiti  $2 \times 10^8$  e  $4 \times 10^8$  conidi per metro lineare di solchetto, rispettivamente per la dose semplice e per la dose doppia di inoculo. Si è fatto ricorso ad un'unica sospensione di conidi che è stata distribuita in ragione di 200 ml e di 400 ml per metro lineare.

### 2.2. Protezione delle cariossidi

Sono state impiegate cariossidi sane di frumento duro cv. Valgerardo, una delle cultivar che, apparentemente, è più suscettibile a F. culmorum.

La protezione è stata ottenuta mediante "concia" delle cariossidi con conidi (macroconidi e/o microconidi) di due isolati di Fusarium non patogeni per i cereali provenienti da frumento. Essi, per brevità saranno indicati con le sigle F2 ed F5. Di uno di essi (F2) sono stati impiegati separatamente sia macroconidi (F2M) che microconidi (F2m).

Anche questi isolati fungini sono stati allevati su PDA secondo le

tecniche consuete e le colonie incubate per circa 20 giorni ad una finestra esposta a Nord che non riceveva luce solare diretta. Per una maggiore produzione di macroconidi da parte di F2, la metà delle capsule Petri contenenti tale isolato sono state esposte per 10 giorni ad illuminazione fornita da lampade Philips a luce di Wood tipo TL 40/08 (F40T12BLB) alternate a lampade Philips TL 40/33 in ambiente a 25° C.

La "concia" delle cariossidi è stata eseguita impiegando sospensioni conidiche molto concentrate aggiunte in aliquote di 4 ml a 500 cariossidi entro matraccini sferici di vetro. Questi ultimi sono stati tenuti in rotazione fino alla completa distribuzione della sospensione sulla superficie delle cariossidi e fino a quando il materiale tornava ad essere completamente secco. La "concia" è stata sempre effettuata un giorno prima della semina. Controlli eseguiti su 4 gruppi di 5 cariossidi per volta e per ciascun tipo di concia, hanno messo in evidenza che, mediamente, ciascuna cariosside aveva sulla superficie:  $6 \times 10^5$  macroconidi di F2M,  $2,5 \times 10^6$  microconidi di F2m e  $3 \times 10^5$  macroconidi + microconidi di F5.

### 2.3. Impianto del campo sperimentale

La verifica dell'efficacia della "concia" su terreno infestato artificialmente con due diverse dosi di inoculo, ha richiesto il confronto fra 12 diverse tesi che sono state replicate 4 volte in altrettanti blocchi randomizzati. Le parcelle erano costituite da singole file di 2 metri nelle quali sono state deposte 40 cariossidi. Ciascuna fila-parcella era separata dalla fila-parcella successiva da 2 file di bordo distanti fra loro 30 cm nelle quali è stata eseguita la semina di 100 cariossidi non trattate per ciascuna fila.

Le tesi messe a confronto sono qui di seguito indicate:

1. Cariossidi conciate con F2M su terreno infestato con dose semplice di F. culmorum;
2. Cariossidi conciate con F2m su terreno infestato con dose semplice di F. culmorum;
3. Cariossidi conciate con F5 su terreno infestato con dose semplice di F. culmorum;
4. Cariossidi non conciate su terreno infestato con dose semplice di F. culmorum (= testimone infetto dose semplice);
5. Cariossidi non conciate su terreno non infestato (= testimone sano);
6. Cariossidi conciate con F2M su terreno non infestato;
7. Cariossidi conciate con F2m su terreno non infestato;
8. Cariossidi conciate con F5 su terreno non infestato;
9. Cariossidi conciate con F2M su terreno infestato con dose doppia di F. culmorum;
10. Cariossidi conciate con F2m su terreno infestato con dose doppia di F. culmorum;

11. Cariossidi conciate con F5 su terreno infestato con dose doppia di F. culmorum;
12. Cariossidi non conciate su terreno infestato con dose doppia di F. culmorum (= testimone infetto dose doppia).

L'inserimento di esse nella prova ha avuto lo scopo di verificare: 1) l'efficacia della "concia" verso le due dosi di F. culmorum (tesi 1,2,3,9, 10 e 11); 2) l'influenza degli isolati "concianti" sulla germinabilità delle cariossidi e sul successivo sviluppo delle piante (tesi 6,7,8); 3) il danno causato alle piante dalle due dosi di inoculo di F. culmorum distribuite al terreno (tesi 4 e 12); 4) la capacità produttiva delle cariossidi sane sul terreno scelto per la prova (tesi 5).

#### 2.4. Rilievi di campo e di laboratorio

Periodici rilievi di campo sono stati eseguiti durante tutto il ciclo vegetativo del frumento. Le osservazioni più interessanti hanno riguardato comunque la fase di pre-accestimento e il periodo prossimo alla maturazione.

E' stata pertanto controllata l'emergenza delle piante e, alla raccolta, è stato rilevato il numero di culmi con spighe fertili per ciascuna pianta. Particolare attenzione è stata posta nel rilevare il grado di imbrunimento della porzione basale dei culmi. Esso è stato valutato come "Intensità media ponderata" (I.M.P.) di imbrunimento e calcolato secondo l'Indice di McKinney che ha comportato l'adozione di una scala empirica formata da 3 classi: classe 0 = pianta con culmi non imbruniti; classe 1 = pianta con culmi mostranti striature brune; 3 = piante con culmi fortemente imbruniti (si veda al proposito la Fig.1).

Dai culmi imbruniti prelevati da ogni parcella sono stati eseguiti isolamenti in coltura per verificare in quale misura l'alterazione, che come è noto è aspecifica, era dovuta a F. culmorum.

I rilievi sono stati completati con il controllo della produzione.

### 3. RISULTATI

#### 3.1. Influenza della concia sulla malattia

Dall'esame della Tabella I si rileva che la "concia delle cariossidi" ha significativamente contenuto la comparsa di imbrunimenti sulle piante di parcella non infestate con F. culmorum (tesi 6,7,8). Ci si sente di attribuire tale contenimento all'azione della concia osservando il dato relativo alla tesi 5 (testimone sano) ove gli imbrunimenti, che dovevano in teoria essere trascurabili, hanno un'intensità molto alta, segno evidente che anche in tali parcella il patogeno era presente nonostante che per oltre 20 anni non era stato coltivato alcun tipo di cereali.

Gli imbrunimenti più gravi si sono però avuti quando al terreno è stato aggiunto F. culmorum ma di scarso rilievo è stato il contenimento determinato dagli isolati non patogeni sull'intensità di essi.

Molto interessanti sembrano invece i risultati scaturiti dagli isolamenti eseguiti allo scopo di accertare la presenza di F. culmorum nei culmi imbruniti. Valori compresi fra 93% e 100% di presenza del patogeno sono sta

Tabella I. - Influenza della "concia" delle cariossidi sugli imbrunimenti alla base del culmo e sulla presenza in essi di Fusarium culmorum (a).

Numero della tesi	Gravità degli imbrunimenti (b)	Presenza in % di <u>F.culmorum</u> nei culmi imbruniti	% di isolamenti positivi del patogeno negli imbrunimenti della classe "1"	% di isolamenti positivi del patogeno negli imbrunimenti della classe "2"
1	68,8 A	100,0 A	53,6 C	46,4 A
2	73,1 A	100,0 A	53,7 C	46,3 A
3	64,1 A	100,0 A	69,4 ABC	30,6 ABC
4	74,0 A	100,0 A	49,3 C	50,7 A
5	28,5 B	53,0 B	90,4 AB	9,6 BC
6	12,9 C	25,1 B	76,2 ABC	23,8 ABC
7	16,1 BC	23,3 B	93,2 AB	6,8 BC
8	13,2 C	26,7 B	95,0 A	5,0 C
9	64,3 A	100,0 A	68,1 BC	31,9 AB
10	64,7 A	93,3 A	72,5 ABC	27,5 ABC
11	58,5 A	100,0 A	76,3 ABC	23,7 ABC
12	72,8 A	100,0 A	54,4 C	45,6 A

(a) I dati contrassegnati da lettera simile non differiscono fra loro per  $P = 0,01$

(b) Gravità espressa come Intensità media ponderata secondo l'Indice di McKinney che indica il valore percentuale della massima gravità dell'alterazione

ti riscontrati sulle piante delle parcelle il cui terreno era stato infestato artificialmente mentre valori più modesti, compresi fra 23% e 27%, sono scaturiti da piante provenienti da cariossidi "conciate" allevate su parcelle non infestate artificialmente. Un dato certamente alto (53%) è stato quello relativo alla percentuale di isolamenti positivi ottenuti da piante provenienti da cariossidi sane allevate su terreno non infestato. Una verifica più approfondita (si vedano le ultime due colonne della Tabella I) ha portato però a mettere in evidenza che le piante allevate su terreno non infestato artificialmente hanno dato, negli imbrunimenti leggeri (classe 1), percentuali di isolamenti positivi comprese fra 76% e 95% mentre alquanto modeste sono state le percentuali di isolamenti positivi negli imbrunimenti della classe 2.

Prendendo in considerazione le piante delle parcelle infestate artificialmente, si nota che le percentuali di isolamenti positivi aumentano note

volmente nella classe 2 e ciò, indipendentemente dalla dose di inoculo distribuito al terreno.

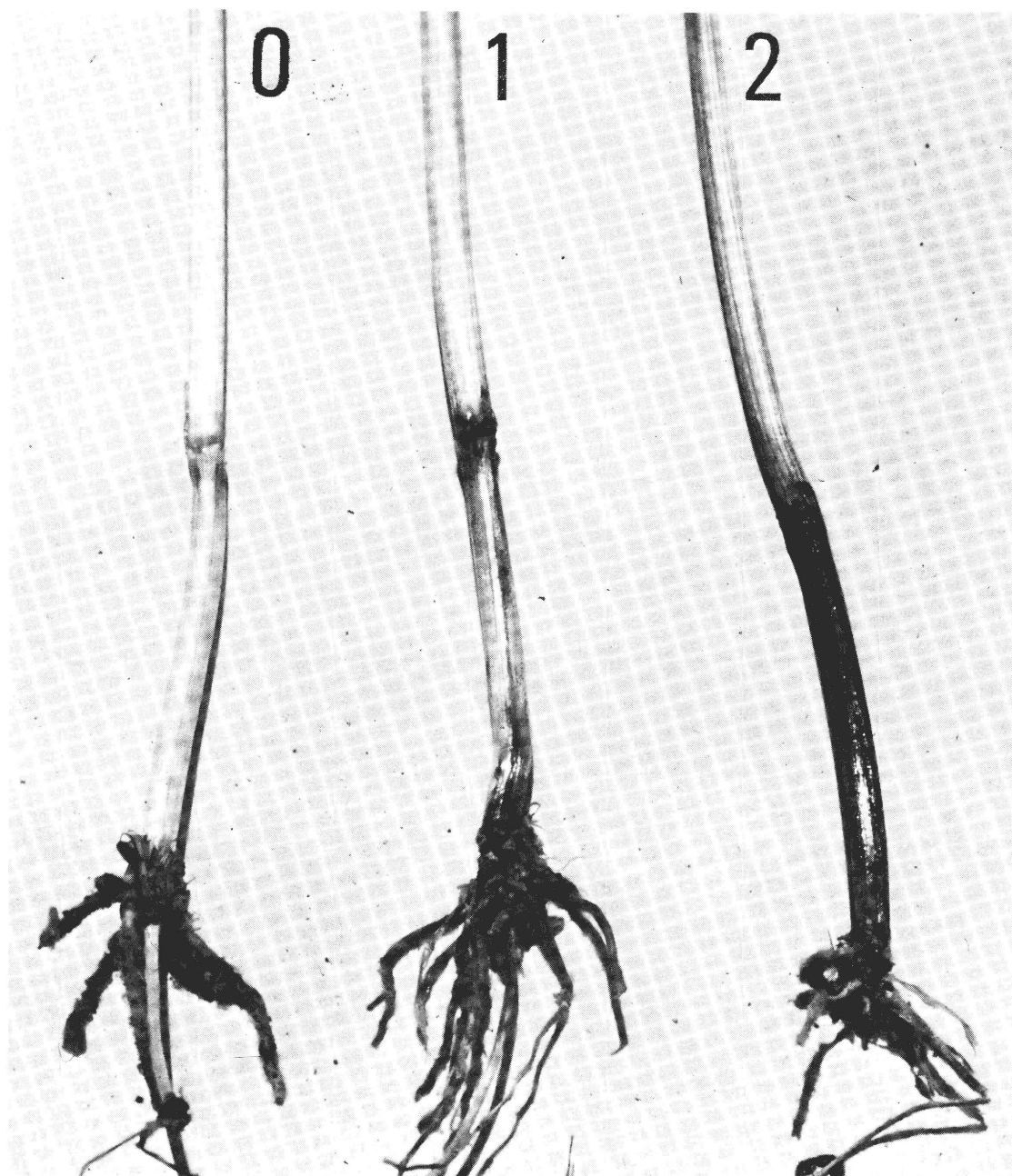


Fig.1. - Classi di imbrunimento in culmi di Frumento duro.

### 3.2. Influenza della "concia" delle cariossidi sullo sviluppo delle piante e sulla produzione.

Dalla Tabella II appare evidente che gli isolati con i quali è stata e seguita la "concia", non hanno alterato la germinabilità delle cariossidi. L'emergenza delle piante è stata invece significativamente ridotta dalla presenza nel terreno di F. culmorum il quale ha causato perdita di piante senza alcuna differenza significativa fra le due dosi di inoculo adottate.

Per quanto riguarda l'azione proteggente, l'isolato F2, sia sotto for-

ma di macroconidi (F2M) che sotto forma di microconidi (F2m), ha mostrato di essere più efficace dell'isolato F5 nel contrastare l'aggressività di F. culmorum. I valori relativi a tale isolato proteggente non si sono stati-

Tabella II. - Azione proteggente degli isolati "concianti" sull'emergenza, sullo sviluppo delle piante e sulla produzione (a).

Numero della tesi	Numero di piante emerse e loro percentuale calcolata su 40 piante	Numero di piante raccolte	Numero di culmi fertili (b)	Produzione di cariossidi per parcella, in grammi
1	25,7 (64,2) BC	23,5 ABC	43,7 C	50,7 CDE
2	27,7 (69,2) ABC	25,5 ABC	55,7 B	56,9 BCD
3	21,2 (53,0) CD	21,0 BC	40,2 CD	46,3 DEFG
4	17,5 (43,7) D	16,2 CD	34,2 DE	28,2 FG
5	32,0 (80,0) AB	30,2 A	67,0 A	79,9 A
6	29,7 (74,2) AB	29,2 A	57,7 B	64,0 ABCD
7	27,0 (67,5) ABC	25,7 AB	58,5 B	70,9 ABC
8	33,5 (83,7) A	32,2 A	67,5 A	74,2 AB
9	27,2 (68,0) ABC	26,0 AB	56,2 B	47,4 DEF
10	27,0 (67,5) ABC	25,5 ABC	60,2 AB	60,6 ABCD
11	15,0 (37,5) D	14,5 D	26,5 E	24,7 G
12	16,0 (40,0) D	14,5 D	29,0 E	23,6 G

(a) I dati contrassegnati da lettera simile non differiscono fra loro per  $P = 0,01$

(b) Culmi portanti una spiga con cariossidi ben formate.

sticamente discostati dal "testimone sano" (tesi n.5) e, al tempo per stesso, hanno mostrato differenze altamente significative nei confronti dei "testimoni infetti" (tesi 4 e 12).

Vi è ancora da notare che dall'epoca di pre-accestimento all'epoca della maturazione, F. culmorum non ha causato ulteriore moria di piante. E' evidente pertanto che l'azione patogena più incisiva è stata esplicata dal patogeno nei 50 giorni successivi alla semina e che tale azione ha direttamente influenzato la produttività.

Nella Tabella III sono però riportate anche le percentuali dei dati di produzione calcolate nei confronti del "testimone sano" e dei relativi "testimoni infetti". Appaiono ivi ben evidenti le riduzioni di peso dovute alla presenza di F. culmorum nel terreno e il contenimento del danno operato dalla concia delle cariossidi.

Tabella III. - Influenza della protezione delle cariossidi sulla produzione per singola pianta e per l'unità di superficie (a)

Tesi n.	Produzione in grammi per pianta	Decremento (%) rispetto al "testimone sano" (b)	Incremento (%) rispetto ai "testimoni relativi" (c)	Produzione in quintali per ettaro (d)	Decrementi in quintali e in % rispetto al "testimone sano" (b)	Incrementi in quintali e in % rispetto ai "testimoni relativi" (c)
	g	%	%	q	q %	q %
5	2,6507	-----	+57,2	31,4	-----	+10,5 50,3
1	2,1544	-18,7	+23,5	29,9	- 1,5 4,7	+ 8,5 39,7
2	2,2869	-13,7	+31,1	25,9	- 5,5 17,5	+ 4,5 21,0
3	2,1745	-18,0	+24,6	28,8	- 2,6 8,3	+ 7,4 34,5
4	1,7446	-34,2	-----	21,4	-10,0 31,8	-----
9	1,7964	-32,2	+10,4	21,4	-10,0 31,8	+ 1,1 5,4
10	2,3984	- 9,5	+47,4	26,7	- 4,7 14,9	+ 6,4 31,5
11	1,7054	-35,7	+ 4,8	23,9	- 7,5 23,9	+ 3,6 17,7
12	1,6275	-38,6	-----	20,3	-11,1 35,3	-----

(a) Ad eccezione della tesi n.5 ("testimone sano"), nella presente tabella non sono considerate le tesi su terreno non infestato con F. culmorum.

(b) Il "testimone sano" è costituito dalla tesi n.5 per la quale è stato previsto l'impiego di cariossidi sane su terreno sano.

(c) La tesi n.4 rappresenta il testimone relativo alle tesi n.1,2,3 mentre la tesi n.12 rappresenta il testimone relativo alle tesi n.9,10 e 11. Il dato relativo alla tesi n.5 è stato calcolato rispetto ai valori scaturiti dalla media dei due testimoni infetti (tesi 4 e tesi 12).

(d) La produzione per ettaro è stata calcolata sulla base di una presenza in un campo di frumento duro di 2.500.000 spighe/ha.

Come è indicato in calce alla Tabella III, le produzioni per ettaro sono state calcolate sulla base di 2.500.000 spighe per ettaro. Il dato relativo al peso della singola spiga è stato ottenuto dividendo il peso in grammi della produzione parcellare per il numero di culmi con spiga fertile presenti in ogni parcella. Tutti i dati della Tabella III che sono da ritenere indicativi, non sono stati elaborati statisticamente.

#### 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli incoraggianti risultati ottenuti aggiungono utili elementi alla prospettiva di contenere i danni causati da F. culmorum utilizzando isolati

non patogeni per i cereali. Tale prospettiva era già stata messa in evidenza in precedenti saggi (3,6). I risultati ottenuti in serra sembrano anche abbastanza concordanti con quelli ottenuti su terreno. Ogni volta si è fatto però ricorso ad una infestazione artificiale del substrato (sabbia o terreno) sul quale le piante sono state allevate; e tale condizione sperimentale potrebbe dar luogo a risultati forse non ripetibili su terreni a ringrano naturalmente infestati. Vi è comunque da ritenere che in questi ultimi, il livello di infestazione dovrebbe essere più basso di quello preparato artificialmente, tenendo conto dei più modesti danni alla produzione che in altre occasioni sono stati riscontrati (8). Rimarrebbe inoltre da verificare la validità del risultato anche nei confronti di altre popolazioni di F. culmorum poiché è noto che tale specie fungina è variabile nella virulenza (10).

Un problema importante da risolvere è anche costituito dalla preparazione del materiale con il quale "conciare" le cariossidi da proteggere. Si potrebbe pensare a spore liofilizzate da usare tal quali o mescolate a polveri inerti; si potrebbe pensare alla distribuzione sul terreno degli isolati non patogeni; e ciò eviterebbe eventuali danni alla semente in conseguenza di sviluppo di micelio su materiale non seminato immediatamente dopo il trattamento. Vi sarebbe inoltre da verificare l'efficacia non soltanto dei conidi delle specie non patogene ma anche del loro micelio o di estratti e filtrati colturali.

Sarebbe infine necessario poter disporre di un elevato numero di isolati non patogeni da saggiare verso F. culmorum.

## 5. RINGRAZIAMENTI

Vivi ringraziamenti vengono espressi in questa sede al Prof. G.P. Martelli, Direttore del Dipartimento di Patologia vegetale dell'Università di Bari, per la sensibilità mostrata nell'acconsentire che la prova di cui alla presente Nota venisse comunque svolta.

L'Amministrazione Centrale dell'Università di Bari, pur avendo ricevuto il Contratto CEE nel febbraio del 1982, lo ha restituito firmato dopo 8 mesi dopo un telegramma di protesta di uno degli autori.

A tutt'oggi, 13 febbraio 1984, l'Amministrazione Universitaria non ha messo a disposizione del Dipartimento di Patologia vegetale i fondi CEE per venuti a Bari a giugno del 1983 né ha erogato al Dipartimento la quota del Ministero Agricoltura relativa al primo anno.

Il programma, che doveva iniziare nell'ottobre del 1982 essendo stati espletati gli adempimenti preliminari della sperimentazione nei 15 mesi precedenti, poichè era sostenuta da un finanziamento di 26 milioni di lire annui per due anni, era stata impostata su base molto ampia. Era stato infatti previsto l'impiego di materiale "protetto" presso campi già individuati di tre importanti zone cerealicole: in agro di Gravina di Puglia (Bari), in agro di Cerignola (Foggia) e in agro di Sparacia (Agrigento).

Per non aver quindi potuto mantenere pienamente gli impegni presi, il responsabile del programma (V. Piglionica), chiede di essere scusato presso il Coordinatore generale del Programma e presso i Colleghi delle altre Istituzioni Europee.



## REFERENCES

1. BOTTALICO, A. e PIGLIONICA, V. (1977). La sanità delle cariossidi di frumento e di mais con particolare riferimento alla presenza in esse di specie patogene di Fusarium. *Rivista di Agronomia*, 11, 146-152
2. CARIDDI, C. e PIGLIONICA, V. (1981). Efficacia di anticrittogamici impiegati come concianti delle cariossidi di frumento seminate su terreni a a ringrano. In: Atti del Convegno CNR "La difesa dei Cereali", Parretti Grafiche, Firenze, 269-274
3. DE GIORGI, F. (1983). Tentativi preliminari di controllo biologico di Fusarium culmorum (W.G.Smith) Sacc. su Frumento duro. Tesi di laurea presso il Dipartimento di Patologia vegetale di Bari, 37 pp.
4. PIGLIONICA, V. (1975). Il mal del piede del frumento. *Italia agricola*, 112 (1), 114-120
5. PIGLIONICA, V. (1982). Considerazioni sulla lotta contro le malattie crittogamiche su frumento duro nelle regioni dell'Italia meridionale. In: *Monografie di Genetica Agraria*, 5, 295-303
6. PIGLIONICA, V. e FRISULLO, S. (1975). Le malattie dei cereali nell'Italia meridionale. IV. Problemi connessi alla presenza di Fusarium nivale e del suo stato perfetto Calonectria nivalis su Grano. *Phytopathologia Mediterranea*, 14, 76-81
7. PIGLIONICA, V. e FRISULLO, S. (1978). Rilevamento delle malattie crittogamiche del Frumento e del Mais con particolare riferimento alle specie patogene di Fusarium. In: *Rapporti sull'attività svolta nell'ambito del Subprogetto CNR 'Fitoiatria del Frumento, del Mais e del Sorgo'*, Ediz. CNR, 29-45
8. PIGLIONICA, V. e FRISULLO, S. (1981). Attempt to estimate the yield reduction in *Triticum durum* plants affected by Fusarium culmorum. In: *Seminaire "LIMITES DE POTENTIALITE DE PRODUCTION DU BLE DANS DIFFERENTS SYSTEMES DE CULTURE ET DANS DIFFERENTES ZONES MEDITERRANEENNES"* (Seminaro AGRIMED tenuto a Bari dal 30.9. al 2.10.1981, 227-228 (Riassunto)
9. PIGLIONICA, V., FRISULLO, S. e SNYDER, William C. (1974). Osservazioni sul mal del piede del Grano duro. *Italia Agricola*, 111 (6), 121-123
10. PIGLIONICA, V., GIGANTE, F. e FRISULLO S. (1975). Le malattie dei cereali nell'Italia meridionale. II. Fusarium roseum f.sp. cerealis su Grano duro. *Phytopathologia Mediterranea*, 14, 60-68.



## Reduction of Insecticides against Cereals Aphids by Improving Observation and Prognosis Methods

G. Latteur, J. Nicolas

Applied Zoology Station, Gembloux (Belgium)

### Summary

This work is a study of the possibility of integrating data obtained with a twelve meter high suction trap situated in Gembloux (Belgium) in a warning agricultural system related to aphid populations in wheat during the good season. Besides the daily catchings with the trap, the observations have consisted in estimating the importance of aphid populations in 8 or 9 winter wheat spreading around the trap from 1980 to 1983 and from the beginning to the end of the infestation. Though there is an undeniable correlation between the populations in the fields and the intensity of captures in the trap during the growing stage of the populations, the recorded variations from one year to the other are too important to enable us to consider nowadays the trap a reliable element as far as the prognosis of the evolution of aphid populations is concerned. The main reasons are the great sensitiveness of the winged aphids to climatic conditions and the migrations from very distant regions. A model able to improve the trap data according to the relative importance of those different factors might make this apparatus more reliable.

### REDUCTION DE L'UTILISATION DES INSECTICIDES CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES EN AMELIORANT LES METHODES D'OBSERVATION ET DE PROGNOSE

### Résumé

Ce travail étudie la possibilité d'intégrer les données recueillies par un piège à suction de 12,20 m de haut, situé à Gembloux (Belgique), dans un système d'avertissement agricole relatif aux pullulations aphidiennes en froment pendant la bonne saison. Outre les récoltes journalières au piège, les observations ont consisté à estimer, de 1980 à 1983, et du début à la fin des infestations, l'importance des populations aphidiennes dans 8 ou 9 champs de froment d'hiver dispersés autour du piège. Bien qu'il existe une corrélation indéniable entre les populations aux champs et l'intensité des captures au piège pendant la phase de croissance des populations, les variations enregistrées d'une année à l'autre sont trop importantes pour que le piège puisse être considéré, actuellement, comme un élément fiable en matière de prévision de l'évolution des populations aphidiennes. Les raisons principales sont la grande sensibilité des pucerons ailés aux conditions climatiques et les migrations en provenance de contrées très éloignées. Un modèle permettant de corriger les données du piège en fonction de l'importance relative de ces différents facteurs permettrait vraisemblablement de rendre cet appareil plus fiable.

## 1. INTRODUCTION

Pour répondre à notre contrat avec la C.C.E., nous avons entrepris de vérifier dans quelle mesure un piège à succion de 12,20 m de haut pouvait contribuer à limiter les observations longues et pénibles qui sont faites en champs de céréales à paille, pour suivre, dans un but de prognose, l'évolution des densités aphidiennes. Le choix de ce type de piège se justifiait par le fait que les nombreux travaux réalisés depuis plus de 20 ans par le Prof. L. TAYLOR et son équipe (Rothamsted) ont démontré les qualités indéniables de cet appareil pour quantifier les déplacements aériens des aphides.

Ce travail est en fait le prolongement d'une étude qui a commencé en 1971 dans le but d'élaborer un système de prognose relatif aux pucerons des froments d'hiver. En fonctionnement depuis fin 1979, le piège a apporté sa contribution au travail en cours et seules les données qui permettaient d'évaluer son utilité pour la prognose aphidienne ont été présentées ici. L'ensemble des résultats accumulés au cours de ces 13 dernières années feront l'objet prochainement d'une analyse globale.

## 2. MATERIEL ET METHODE

Le piège à succion adopté est celui du type TAYLOR et PALMER, mis au point à Rothamsted et auquel fut adapté par BOUCHERY un système automatique de changement journalier des pots de récoltes. Ce changement a lieu à 0 heure.

Au cours des 4 années d'observation, le débit de l'air dans le piège n'a jamais été réduit comme on peut le faire lorsque les captures sont importantes et les récoltes ont toujours été triées entièrement. Avec l'aide du Prof. G. REMAUDIERE (Institut Pasteur, Paris), presque tous les pucerons capturés ont pu être identifiés. Les observations sur le terrain ont été réalisées, selon l'année, dans 8 à 9 champs de froment d'hiver dispersés autour du piège et situés à des distances variant de 1 à 80 km.

Chaque semaine, du début à la fin du développement des colonies aphidiennes dans les champs, les pucerons sont comptés in situ par espèce (Metopolophium dirhodum, Sitobion avenae et Rhopalosiphum padi), sur un nombre de talles variant de 200 à 50 par champ, selon le niveau de l'infestation. Lors des premiers comptages, lorsque les pucerons sont peu nombreux, la proportion des différentes formes larvaires et adultes est notée. Outre les pucerons vivants, les pucerons tués par mycose ou par Hyménoptères parasites sont notés ainsi que la présence éventuelle de larves de syrphes ou de coccinelles sur les talles examinées.

Les résultats de l'évolution des populations aphidiennes des champs ont été groupés selon l'éloignement de ces derniers par rapport au piège. Un premier groupe comprend des champs (4 ou 5) situés en moyenne à 5 km du piège, tandis qu'un second est constitué de 3 ou 4 champs dont l'éloignement moyen est d'environ 40 km.

## 3. RESULTATS

Etant donné que, dans les froments d'hiver échantillonnés, les populations de Rhopalosiphum padi ont été absentes ou presque (densité maximum

moyenne inférieure à 0,1 individu/talle), nous n'avons pas tenu compte de cette espèce.

### 3.1. Captures totales au piège à suction

Tableau I - Nombre de pucerons capturés par le piège à suction

Année	<u>Metopolophium</u>	<u>Sitobion</u>	Ensemble des espèces
	<u>dirhodum</u>	<u>avenae</u>	
1980	287	2.124	16.850
1981	1.391	3.361	22.190
1982	673	1.609	14.273
1983 (1)	+ de 41	+ de 631	+ de 16.387

(1) Le dépouillement des captures n'est pas encore terminé.

Le tableau I indique qu'environ 70.000 pucerons ont été capturés par le piège au cours de ces quatre années. Presque tous les pucerons ont été déterminés et ils se répartissent en quelque 250 espèces, soit presque deux fois plus que l'ensemble de celles qui étaient connues jusqu'à présent en Belgique (SEMAL, 1956).

Le nombre total de pucerons capturés a varié relativement peu d'une année à l'autre. Par contre, ce nombre est nettement moins constant pour les deux principaux pucerons des céréales, Metopolophium dirhodum et Sitobion avenae, en particulier pour le premier.

### 3.2. Evolution des captures journalières au piège et des densités aphidiennes aux champs

Les figures 1 à 8 reproduisent l'évolution des captures journalières au piège et des densités aphidiennes moyennes observées dans les deux groupes de champs de froment au cours de chaque année d'observation. De leur examen, il ressort que l'évolution aux champs et au piège est, dans l'ensemble, relativement parallèle. On observe cependant, surtout pour S. avenae, que des densités maximum aux champs ne correspondent pas toujours avec des captures maximum au piège. En 1980, ces dernières ont été observées 10 à 15 jours plus tôt qu'au champ et en 1982, 8 à 10 jours plus tard.

On remarque, aussi que, même pendant une période très courte, les captures au piège peuvent varier considérablement en intensité. Cela s'explique par la grande sensibilité des pucerons ailés aux facteurs atmosphériques tels que la pluie, la vitesse du vent et la température.

L'évolution des populations dans les deux groupes de champs est également relativement parallèle, mais les maximum atteints sont parfois différents, c'est le cas pour les populations de M. dirhodum en 1980 et de S. avenae en 1982.

### 3.3. Relation entre la somme des captures hebdomadaires au piège et les densités aphidiennes aux champs

Etant donné que les observations aux champs sont faites en général tous les 7 jours, nous avons, pour l'étude de la relation piège-champs,

TABLEAU II - Nombre moyen de Sitobion avenae par talle (1) et nombre total de S. avenae ailés capturés au piège à succion au cours des 7 jours précédant l'observation au champ (2)

Groupe de champs proches du piège			Groupe de champs éloignés du piège		
Date	(1)	(2)	Date	(1)	(2)
03.06.1980	0	3	04.06.1980	0,2	4
10.06.1980	0,7	39	11.06.1980	0,8	58
17.06.1980	1,5	44	18.06.1980	2,2	25
24.06.1980	5,0	19	25.06.1980	4,2	21
03.07.1980	9,9	85	14.06.1980	12,4	310
15.07.1980	14,5	345	24.07.1980	5,4	292
23.07.1980	5,1	231	30.07.1980	0	365
30.07.1980	0	365	--	--	--
19.05.1981	0	1	20.05.1981	0	1
01.06.1981	0	3	02.06.1981	0,2	8
08.06.1981	0,3	18	09.06.1981	0,5	14
15.06.1981	0,9	18	16.06.1981	2,9	22
22.06.1981	3,2	32	23.06.1981	5,8	73
29.06.1981	7,5	345	30.06.1981	9,5	302
06.07.1981	13,9	475	07.07.1981	10,0	778
13.07.1981	10,3	1576	14.07.1981	7,4	1742
20.07.1981	1,6	438	21.07.1981	0	205
02.06.1982	0,1	1	--	--	--
10.06.1982	0,3	1	09.06.1982	0,3	2
17.06.1982	0,7	2	16.06.1982	0,5	0
23.06.1982	1,6	10	22.06.1982	1,1	7
30.06.1982	2,8	13	29.06.1982	2,0	13
07.07.1982	1,6	140	13.07.1982	0,7	429
14.07.1982	0,8	517	20.07.1982	0	548
21.07.1982	0	503	--	--	--
02.06.1983	0	0	02.06.1983	0	0
09.06.1983	0,4	17	09.06.1983	0	17
16.06.1983	0,8	13	16.06.1983	0,1	13
23.06.1983	1,4	55	23.06.1983	0,2	55
30.06.1983	2,2	238	30.06.1983	0,2	238
07.07.1983	0,9	(x)	07.07.1983	0,1	(x)
14.07.1983	0	(x)	14.07.1983	0	(x)

(x) Captures non encore triées.

TABLEAU III - Nombre moyen de Metopolohium dirhodum par talle (1) et nombre total de M. dirhodum ailés capturés au piège à succion au cours des 7 jours précédant l'observation au champ (2)

Groupe de champs proches du piège			Groupe de champs éloignés du piège		
Date	(1)	(2)	Date	(1)	(2)
03.06.1980	0	0	04.06.1980	0	0
10.06.1980	0	0	11.06.1980	0,1	0
17.06.1980	1,3	1	18.06.1980	0,9	1
24.06.1980	2,3	5	25.06.1980	1,3	5
03.07.1980	2,8	31	14.07.1980	1,0	65
15.07.1980	1,2	63	24.07.1980	0,4	38
23.07.1980	0,6	33	30.07.1980	0	29
30.07.1980	0	29	--	--	--
19.05.1981	0	1	20.05.1981	0	1
01.06.1981	0,1	1	02.06.1981	0,1	5
08.06.1981	0,5	8	09.06.1981	0,6	5
15.06.1981	1,6	25	16.06.1981	2,3	26
22.06.1981	3,8	62	23.06.1981	5,1	85
29.07.1981	5,6	237	30.06.1981	6,8	213
06.07.1981	11,2	233	07.07.1981	10,6	315
13.07.1981	9,9	597	14.07.1981	10,5	577
20.07.1981	0,3	161	21.07.1981	0	118
02.06.1982	0,1	0	09.06.1982	0,2	6
10.06.1982	0,3	6	16.06.1982	0,8	9
17.06.1982	0,7	17	22.06.1982	0,9	47
23.06.1982	1,6	41	29.06.1982	2,1	22
30.06.1982	2,8	25	13.07.1982	1,0	286
07.07.1982	1,6	157	20.07.1982	0	118
14.07.1982	0,8	305	--	--	--
21.07.1982	0	87	--	--	--
02.06.1983	0	1	02.06.1983	0	1
09.06.1983	0	2	09.06.1983	0,1	2
16.06.1983	0	2	16.06.1983	0,3	2
23.06.1983	0,2	3	23.06.1983	0,7	3
30.06.1983	0,2	16	30.06.1983	1,5	16
07.07.1983	0,1	(x)	07.07.1983	1,0	(x)
14.07.1983	0	(x)	14.07.1983	0,2	(x)
21.07.1983	0	(x)	21.07.1983	0	(x)

(x) Captures non encore triées.

cumulé les captures des 7 jours précédant l'observation aux champs (tableaux II et III). Cela permet d'ailleurs de minimiser les variations journalières du piégeage qui sont dues aux variations climatiques. On constate que 5 fois sur 8 pour S. avenae et 4 fois sur 8 pour M. dirhodum, le piège a capturé des ailés avant que l'on en observe aux champs. L'inverse n'a été observé que pour la seconde espèce et seulement deux fois.

Ces tableaux indiquent également que du début de l'infestation aphidienne jusqu'à son maximum, l'importance relative des captures d'ailés par rapport à la densité aux champs, augmente avec le temps. Cela se comprend quand on sait que la proportion d'ailés au sein des populations est d'autant plus élevée que les colonies s'accroissent et que la plante vieillit. Lorsque les populations dans les froments diminuent, les captures hebdomadaires au piège continuent en général à augmenter pendant 1 à 2 semaines. Pour S. avenae, le maximum de captures durant la semaine qui précède le comptage aux champs est parfois observé alors que les colonies ont complètement disparu. Cela a déjà été signalé par DEDRYVER et al (1982) sans qu'une explication satisfaisante ait pu être donnée.

Pour le calcul de la corrélation, il n'a pas été tenu compte des résultats enregistrés après que les populations aux champs aient atteint leur maximum car dès que ces dernières décroissent, l'importance pratique de la relation piège-champs n'a pas d'utilité.

Il a été possible de tracer une droite de régression linéaire entre l'importance des populations aux champs et la somme des piégeages des 7 jours précédant l'observation aux champs (fig. 9 et 10). Les coefficients de corrélation obtenus sont, pour S. avenae, de 0,83 pour les champs proches et de 0,76 pour les champs éloignés. Pour M. dirhodum, ces coefficients de corrélation sont respectivement de 0,89 et de 0,97. Bien que la valeur élevée des coefficients de corrélation prouve qu'il existe une bonne relation entre les deux variables étudiées, il est essentiel d'attirer l'attention sur l'ampleur de la variation qui est observée. Cela est particulièrement vrai pour S. avenae, espèce pour laquelle nous avons plus d'informations relatives aux infestations importantes, que pour M. dirhodum, que ce soit dans les champs proches ou éloignés du piège.

Dans notre pays, en matière de pucerons des froments, nous estimons que pour rentabiliser au maximum un traitement antiaphide, l'ultime prognose doit être effectuée au début de la troisième décennie de juin. A cette époque, en effet, les populations aphidiennes sont encore faibles et peu préjudiciables, mais peuvent, au cours des deux à trois semaines qui suivent, se développer rapidement et entraîner des dommages économiquement sensibles.

Dans le tableau IV figurent, pour les quatre années d'observation, les densités moyennes aux champs vers le 22 juin, la somme des captures au piège jusque cette date et le maximum atteint par les populations aphidiennes. Ces données permettent, dans ce cas précis de prévision d'évaluer la sensibilité du piège dont on a réduit au maximum les variations par un cumul sur une longue période et de la comparer à celle d'un avertissement qui serait basé sur l'importance des populations observées aux champs vers le 22 juin. On se rend compte cependant que, pour les deux espèces d'aphides, les deux relations envisagées sont très variables d'une année à l'autre. Cette variation est plus importante pour la première relation (piège/champs) que pour la seconde (champs/champs). Pour S. avenae, le principal élément perturbateur de la relation est la valeur des captures de 1983, année de très faible développement aphidien, qui atteint 110 unités, soit presque autant qu'en 1980 et 1981, années qui ont connu des pullulations importantes et très dommageables de pucerons.



Tableau IV - Nombre moyen de pucerons par talle, observés dans les champs proches du piège les 22, 23 ou 24 juin (selon l'année) (1), nombre total de pucerons capturés au piège jusqu'à la même date (2) et nombre moyen maximum de pucerons par talle, atteint dans ces mêmes champs (3)

Année	<u>Sitobion avenae</u>			<u>Metopolophium dirhodum</u>		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1980	5,0	113	14	2,3	6	3
1981	3,2	118	14	3,8	122	11
1982	1,6	14	3	1,6	57	3
1983	1,4	110	2	0,2	10	0,2

La faiblesse relative des captures observées en 1982 pourrait, quant à elle, s'expliquer par les précipitations qui furent particulièrement importantes en juin (89 mm répartis sur 16 jours, du 1er au 23 juin). Cependant, cet argument est peu défendable car, pendant la même période, les captures de M. dirhodum ont été, pour des populations équivalentes aux champs, quatre fois plus importantes. Pour ce puceron, la relation piège/champ est encore plus variable que pour S. avenae.

#### 4. CONCLUSIONS

En tant qu'instrument de recherche qualitative, le piège à suction est, en ce qui concerne les aphides en général, un moyen remarquable d'investigation. Le seul fait d'avoir permis, en quatre ans de fonctionnement, d'ajouter à la liste des espèces de pucerons connues en Belgique plus d'une centaine d'espèces le prouve à suffisance.

Le piège détecte bien le vol de colonisation printanier des S.avenae et un peu moins bien celui de M. dirhodum. Cette particularité qui confirme les observations de DEDRYVER et al (1982) permet d'évaluer l'importance de l'immigration printanière sans entreprendre des observations très fastidieuses aux champs. Elle ne présente cependant pas d'intérêt pratique important pour la prognose.

S'il est évident qu'une relation existe entre l'importance des captures au piège totalisées pour les 7 jours qui précèdent l'observation aux champs, et cette observation elle-même, par contre l'écart entre les limites de confiance est très important, ce qui rend aléatoire toute prévision s'appuyant sur l'intensité des captures au piège à un moment déterminé.

Le cumul des captures jusqu'au moment ultime de la prognose, soit peu après le 20 juin, ne nous a pas permis de mettre en évidence une nette relation entre cette valeur et la densité maximum atteinte par la suite par les populations aux champs. Si la relation entre les densités aux champs vers le 22 juin et l'évolution ultérieure des populations est un peu meilleure que la précédente, elle nous semble encore trop faible pour être utilisée telle quelle pour une prognose valable. Ainsi, par exemple, l'écart entre les densités de S. avenae relevées aux champs les

22 juin 1981 et 1982, ne varie que du simple au double, alors que le maximum atteint oscille, lui, du simple au quintuple. Cela tient à l'action des facteurs abiotiques et surtout biotiques sur le développement des populations aphidiennes qui est déterminante et très variable d'une année à l'autre. Aussi, pour qu'un système de prognose donne des résultats acceptables, il est indispensable qu'il puisse prévoir l'importance de l'action des auxiliaires. Les données que nous avons recueillies sur ces derniers au cours de la durée de ce contrat, ajoutées à celles recueillies de 1971 à 1979, devraient nous permettre d'élaborer prochainement un tel système de prévision.

Les résultats défavorables obtenus avec le piège à succion et qui confirment ceux de DEDRYVER (1982), sont vraisemblablement dus à la grande sensibilité des pucerons ailés aux facteurs climatiques tels que pluies, vitesse du vent et température, ainsi qu'aux flux migratoires provenant de régions nettement plus éloignées que la zone sous contrôle et qui sont difficiles à déceler et à évaluer.

Il n'est cependant pas utopique de penser que les études qui sont menées actuellement tant en Angleterre qu'en France sur l'influence des facteurs abiotiques sur l'intensité des captures au piège et sur la détection des flux migratoires ne puissent aboutir à élaborer un modèle qui corrigerait les données du piège pour les rendre plus représentatives de la situation aphidienne dans la région qui l'entoure. Cet instrument pourrait alors trouver sa place dans un système d'avertissement agricole contre les pucerons des céréales pour limiter les observations aux champs qui seront toujours nécessaires, au moins pour évaluer l'importance des auxiliaires présents.

## 5. REFERENCES

1. DEDRYVER, C.A., LADEVEZE, L., TURPEAU, E. et ROBERT, Y. (1982). Les pucerons des céréales dans le bassin de Rennes : comparaison des évolutions de populations sur quelques parcelles de blé d'hiver et des captures d'ailés au piège à succion au Rheu. *in* Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 11-15.
2. SEMAL, J. (1956). Catalogue des Aphididae de Belgique. Bull. et Ann. Soc. Roy. Entom. de Belgique, XCII : 79-94.

## 6. LEGENDE DES FIGURES

Figures 1 à 8 : Evolution des densités aphidiennes au piège à succion et dans deux groupes de champs se trouvant en moyenne à 5 km (-----) et 40 km (————) du piège.

▲ Piège non opérationnel toute la journée ou quelques heures.

Figures 9a, 9b, 10a, 10b. Relation entre le nombre total de pucerons ailés capturés au piège à succion durant les 7 jours qui précèdent l'observation aux champs et densités moyennes observées aux champs.

Fig. 1

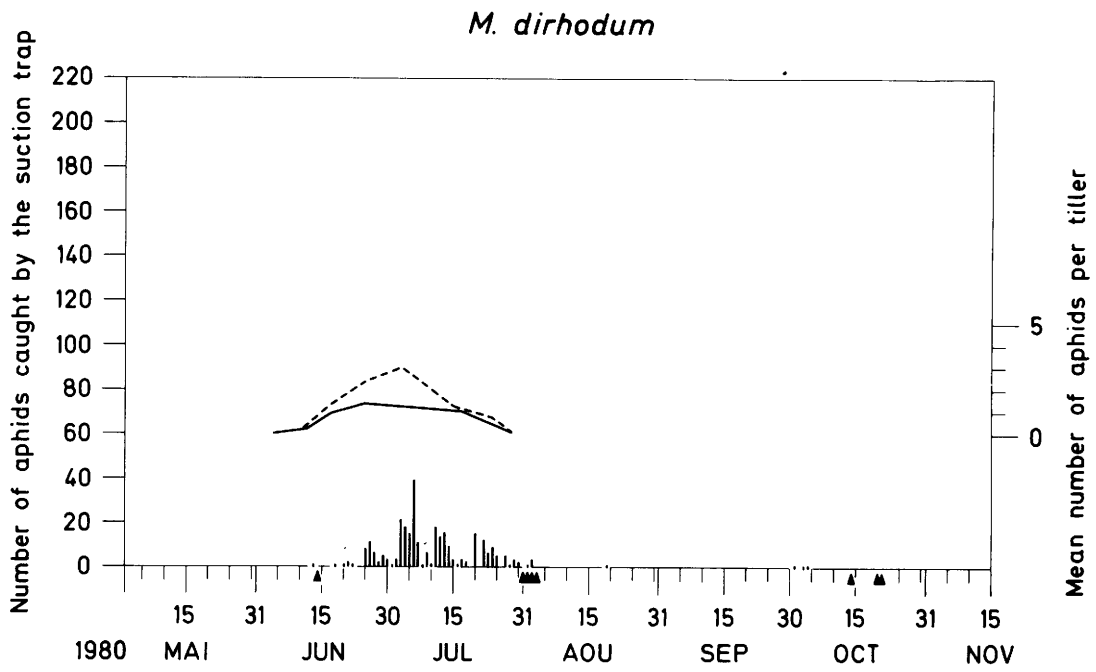


Fig. 2

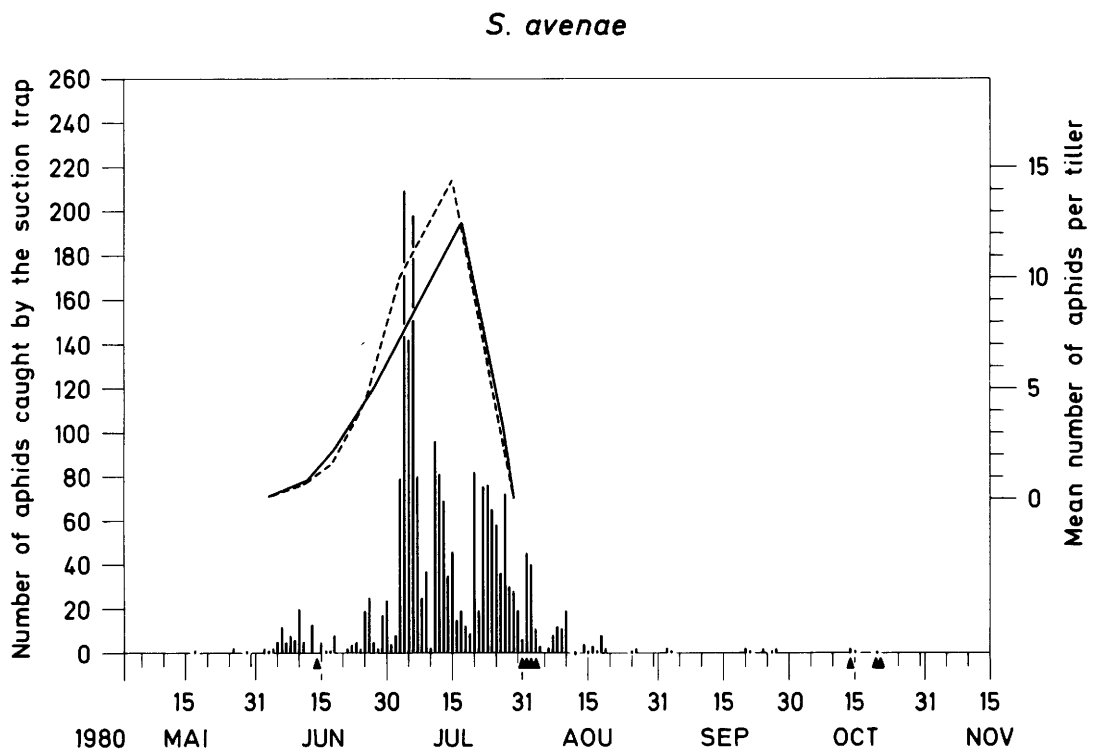


Fig. 3

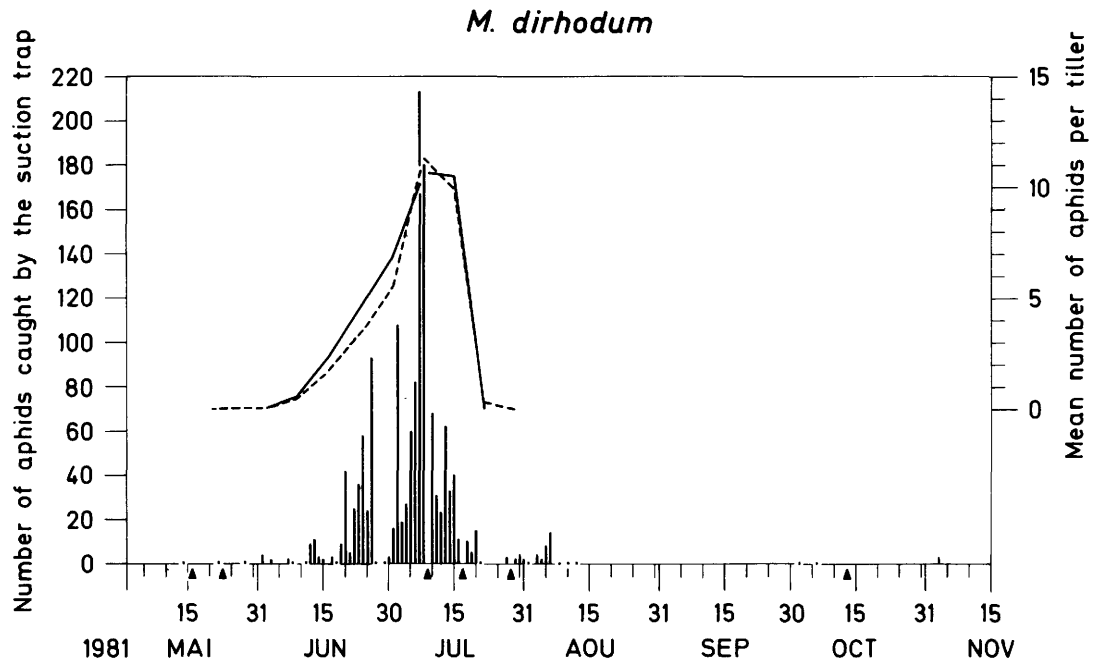
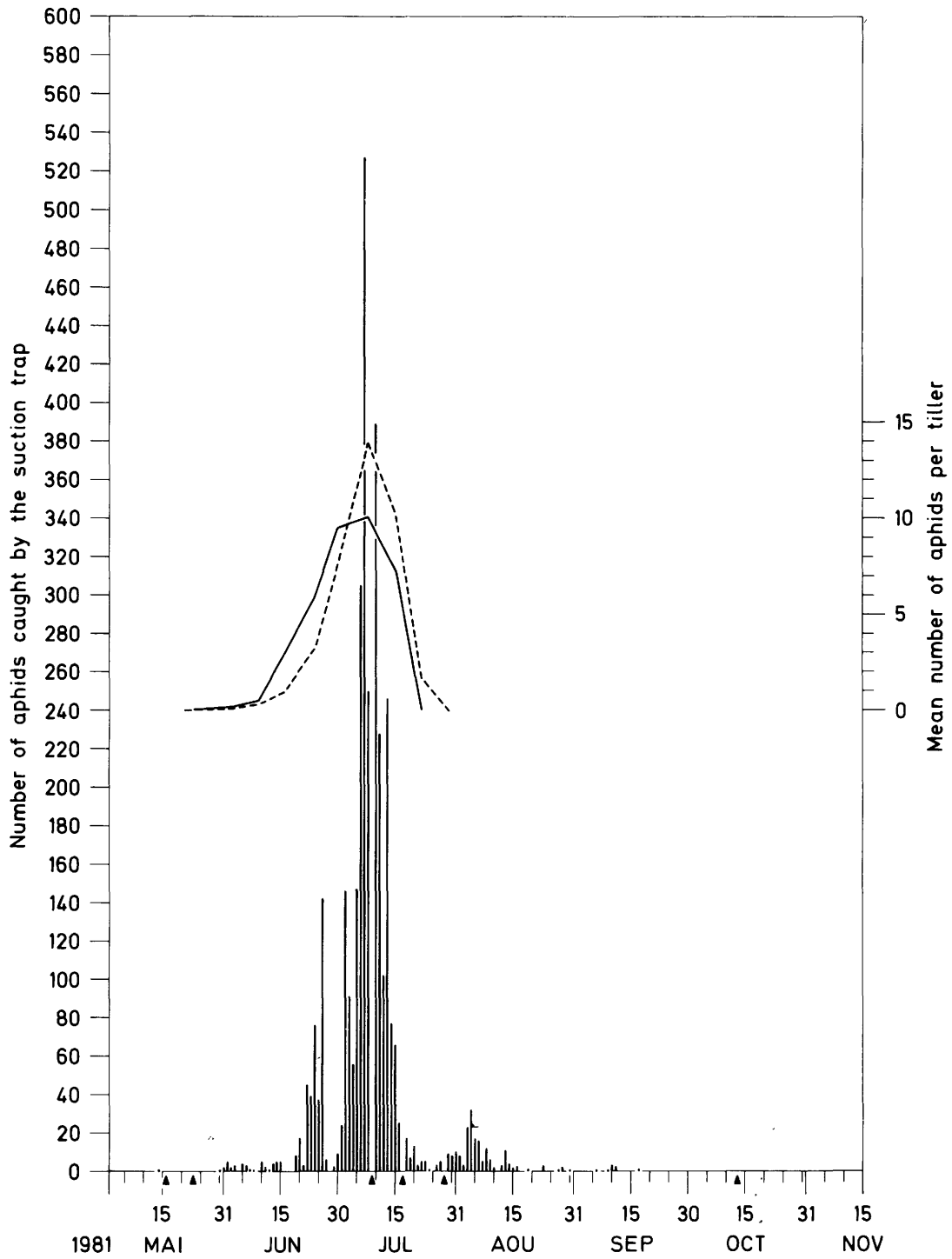


Fig. 4

*S. avenae*



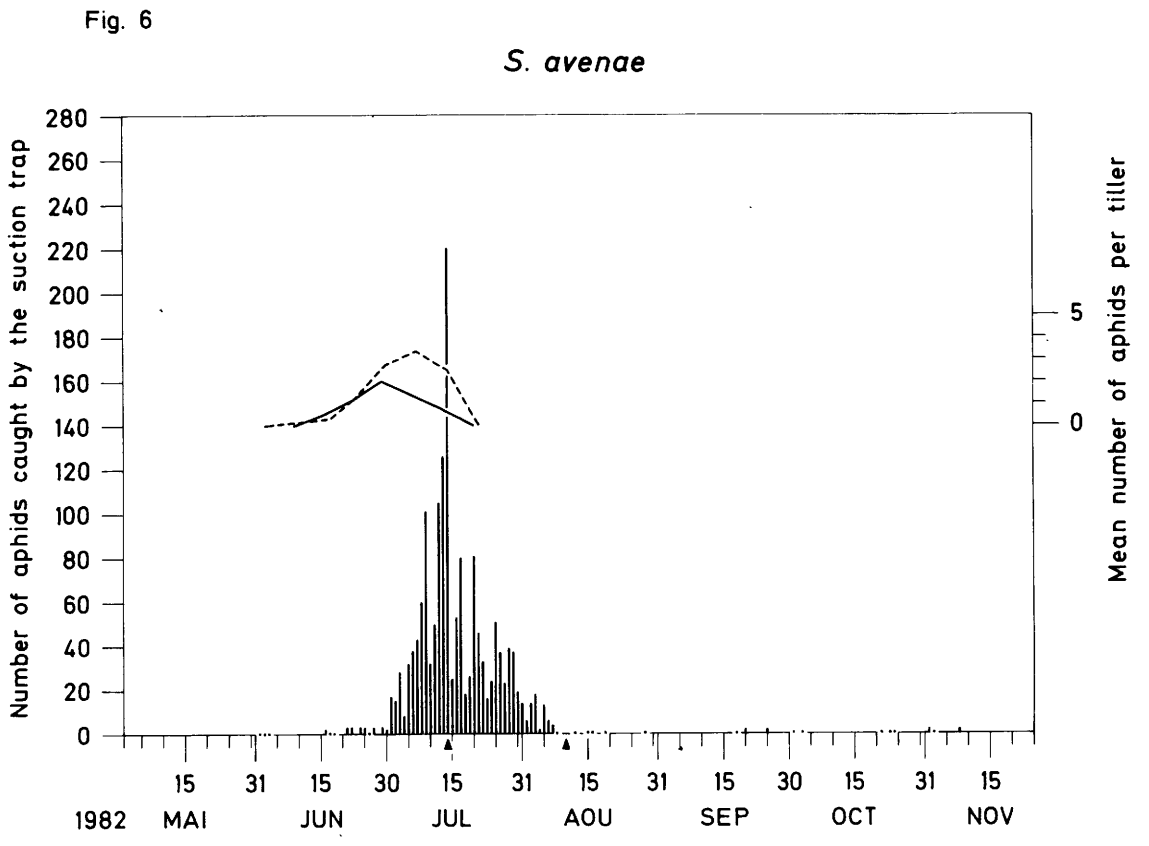
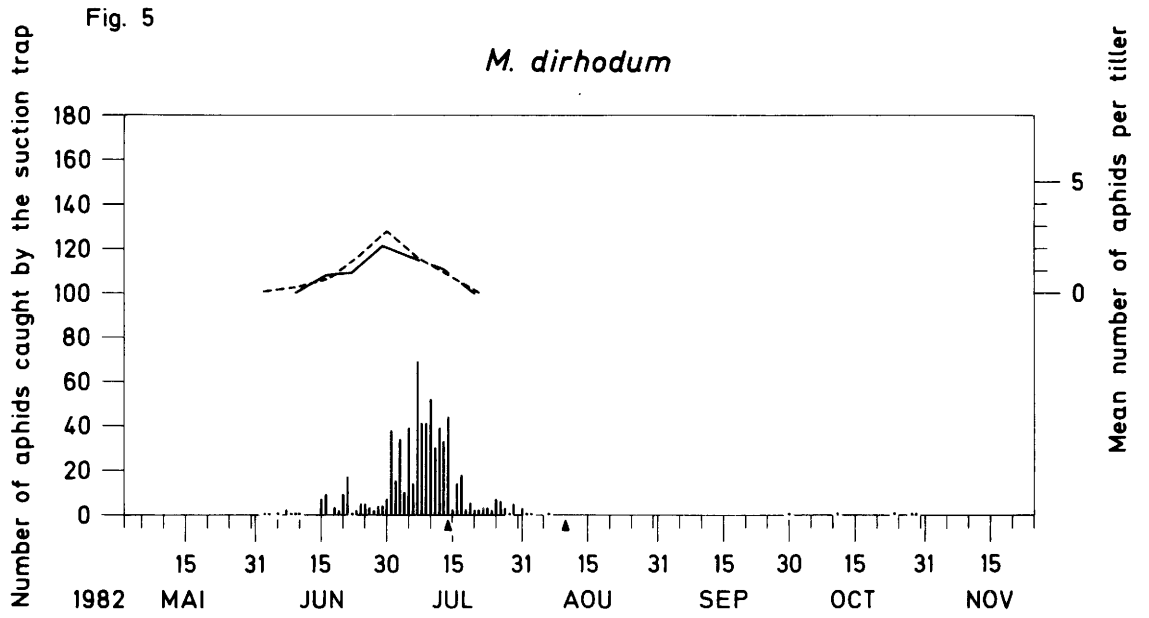


Fig. 7

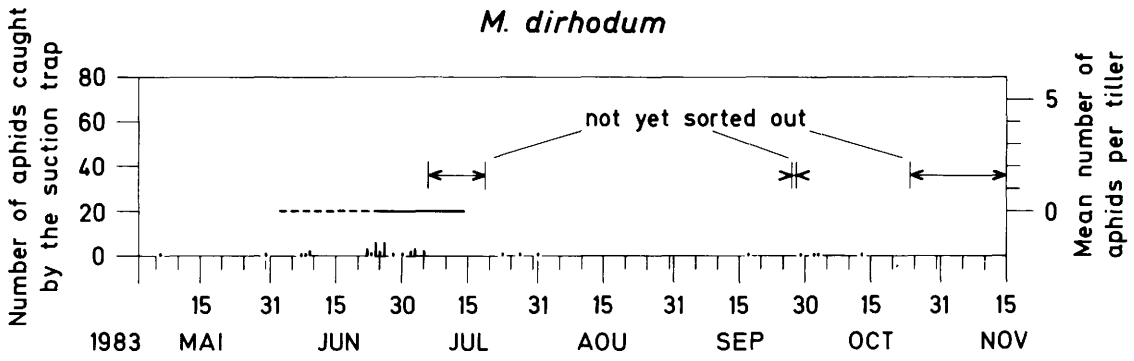


Fig. 8

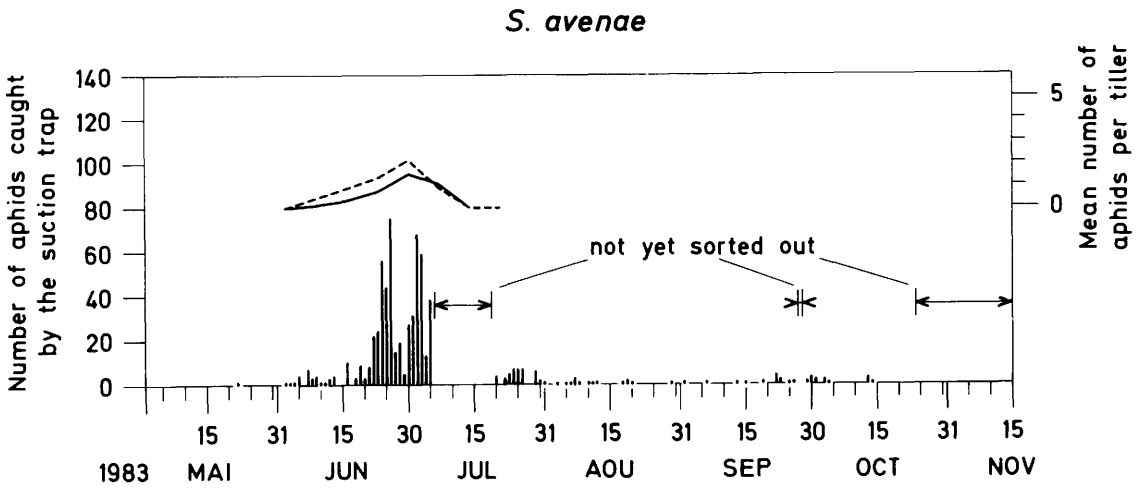


Fig. 9

Champs proches du piège

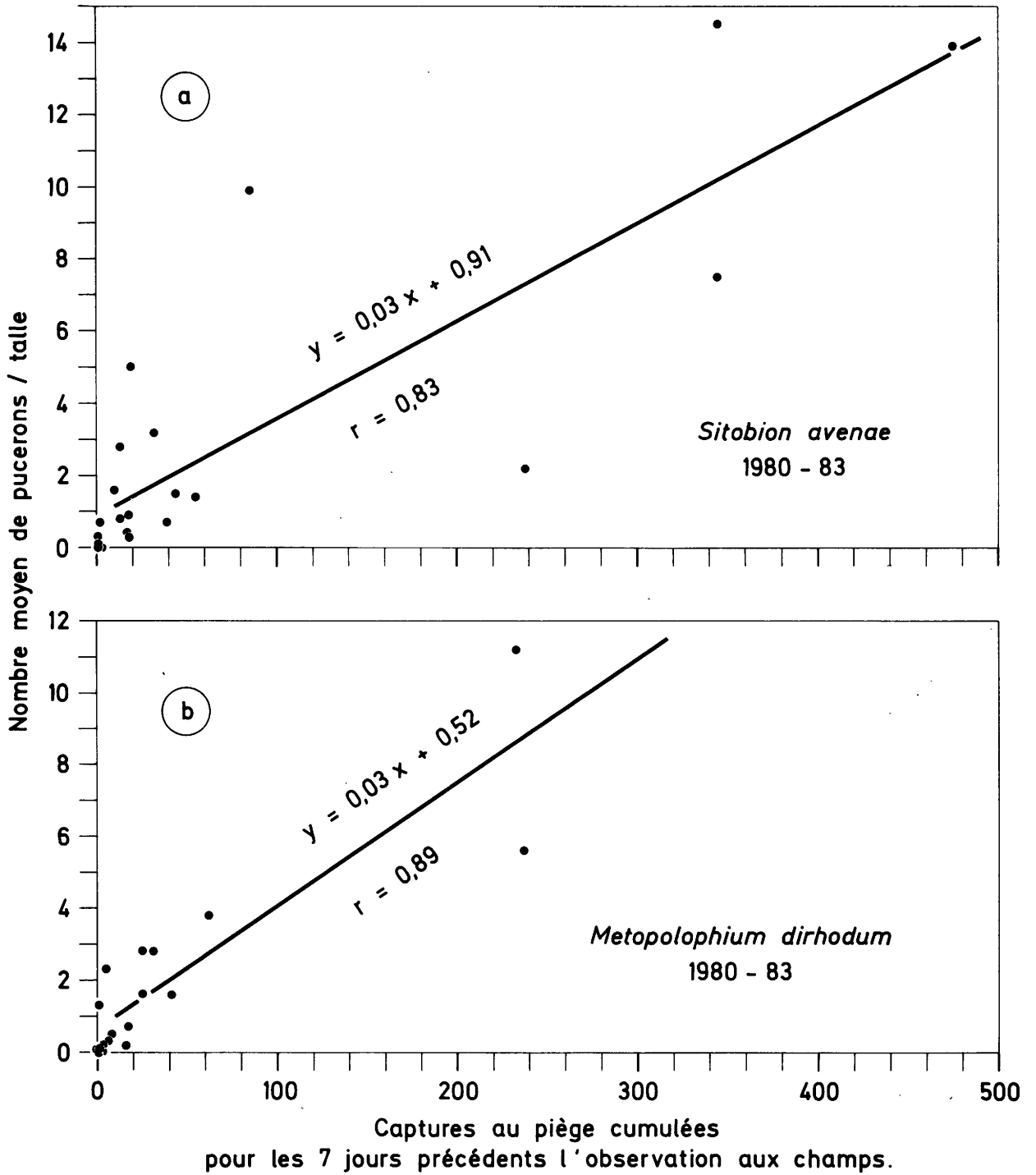
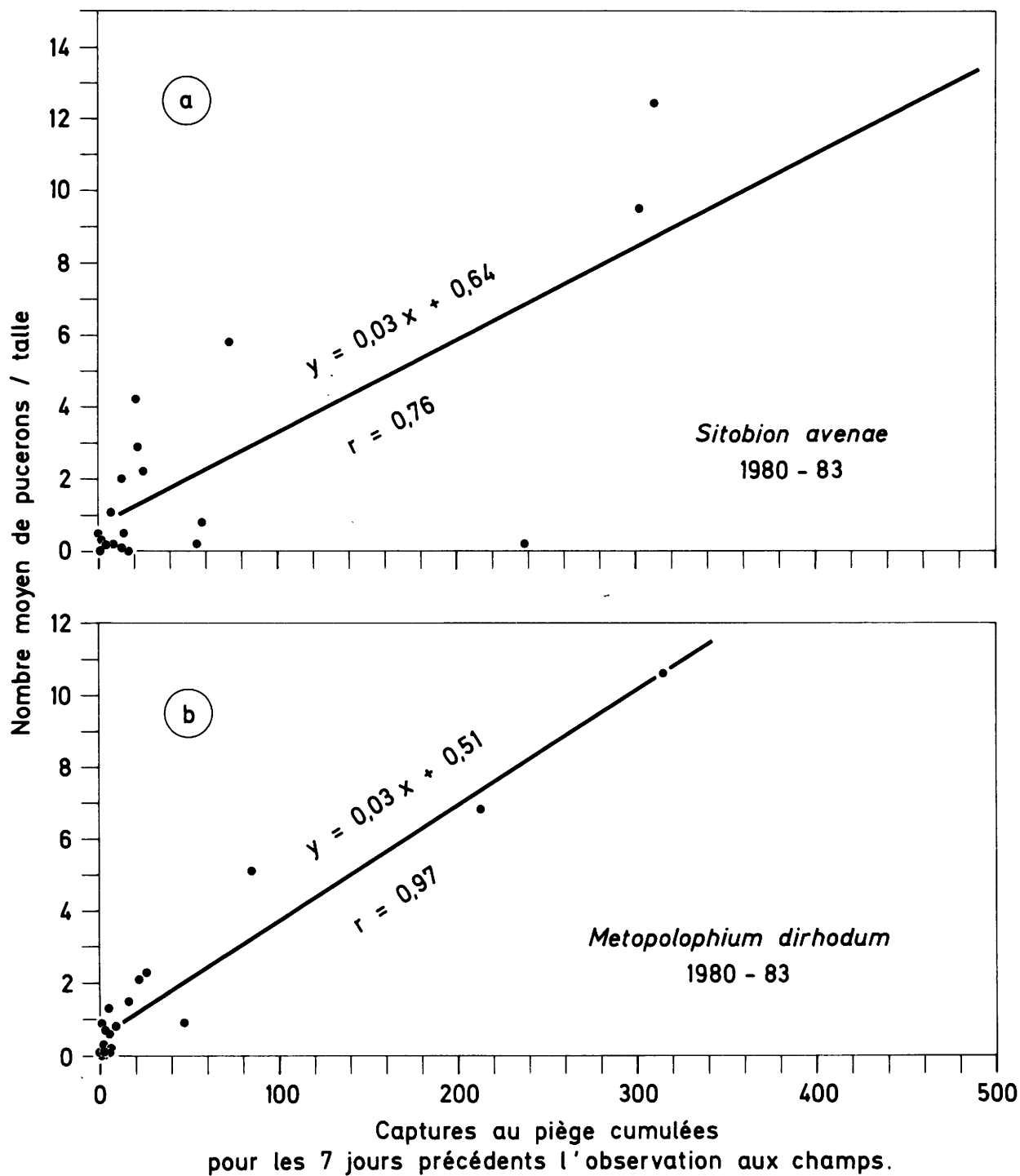




Fig. 10

Champs éloignés du piège



## **Publications - Contract No. B-0751**

LATTEUR G., NICOLAS J. (1982) Piège à succion et prognose aphidienne en céréales: premiers résultats d'une étude en cours en Belgique. In Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 23-29

LATTEUR G., NICOLAS J. (1983) Reduction of the use of pesticides against cereal aphids by improvement of the observation and prognose methods. CEC Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report 1979/1981. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 271-282

## Research on the Feasibility of Producing in Vitro an Entomophthorale Biopreparation Based on Conidia or Mycelium to Control Cereal Aphids

G. Latteur, J. Destain, J. Godefroid  
Applied Zoology Station, Gembloux (Belgium)

### Summary

The work which has been undertaken from 1979-1983 to control cereal aphids with an Entomophthorale biopreparation has been dealing with the biology and field application of Conidiobolus obscurus and Erynia neoaphidis as well as the production of the latter in vitro and its virulence. The biological study has been devoted to the influence of the temperature and humidity on the survival of the conidia and hyphal bodies of E. neoaphidis and on the evolution of the production of conidia by resting spores of C. obscurus. We have contributed to test treatments with resting spores against cereal aphids, organized in several countries by the Pasteur Institute, in 1980. The production of E. neoaphidis mycelium has been obtained in a 16 liter fermenter and 3 test treatments in winter wheat were made in 1982. Because of the negative results in the field tests, research about the influence of the multiplication in vitro on the virulence of those entomophagens has been entered upon. It has first required the setting up in the lab, of a particularly reliable infection method to determine the LC50. A series of culture media, the constitution of which is near to that of the aphids, has been made and the study of their action on the virulence of conidia has begun.

### RECHERCHES SUR LA POSSIBILITE DE PRODUIRE IN VITRO UNE BIOPREPARATION A BASE DE CONIDIES OU DE MYCELIUM D'UNE ENTOMOPHTHORALE POUR LUTTER CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES

### Résumé

Les travaux qui ont été entrepris de 1979 à 1983 en vue de lutter contre les pucerons des céréales avec une biopréparation à base d'Entomophthorale, ont porté sur la biologie et l'application en champ de Conidiobolus obscurus et d'Erynia neoaphidis ainsi que, pour cette seconde espèce, sur sa production in vitro et sa virulence. Les études de biologie ont été consacrées à l'influence de la température et de l'humidité sur la durée de vie des conidies et des corps hyphaux d'E. neoaphidis ainsi que sur l'évolution de la production de conidies par les spores durables de C. obscurus. Nous avons collaboré à des essais d'application de spores durables contre les pucerons des céréales organisés, en 1980, dans plusieurs pays par l'Institut Pasteur. La production de mycélium d'E. neoaphidis a été réalisée en fermenteur de 16 litres et trois essais de traitements en froment d'hiver ont été réalisés en 1982. Etant donné les résultats

négatifs obtenus lors des essais en champ, des recherches relatives à l'influence de la multiplication in vitro sur la virulence de ces entomopathogènes ont été entreprises. Elles ont d'abord nécessité la mise au point, au laboratoire, d'une méthode d'infection particulièrement fiable et fidèle pour mesurer les CL50. Une série de milieux de culture dont la constitution se rapproche de celle des pucerons ont été fabriqués et la mesure de leur action sur la virulence des conidies a commencé.

## 1. INTRODUCTION

On trouvera dans ce rapport un résumé des principales études qui ont été réalisées sur les Entomophthorales de 1979 à 1983 dans le cadre de notre contrat avec la C.C.E.

Nous avons poursuivi trois buts précis :

- a. L'élargissement des connaissances sur la biologie de ces microorganismes afin de mieux raisonner leur utilisation en champ et de préciser leur potentiel de conservation.
- b. La production et l'application en champ, contre les pucerons des céréales, de biopréparations à base d'un inoculum d'Entomophthorale.
- c. La recherche de milieux de culture qui permettraient au matériel produit in vitro de conserver les qualités intrinsèques du champignon naturel.

## 2. DUREE DE VIE DES CONIDIES D'Erynia neoaphidis REMAUD. ET HENN.

### 2.1. Introduction et méthode

La durée de vie des conidies, seuls éléments infectant des Entomophthorales, est un paramètre important à connaître si l'on désire utiliser ces entomopathogènes comme agents de lutte biologique. Le moyen le plus aisé à utiliser pour déterminer si une conidie est en vie, est de vérifier si elle est toujours capable de produire une conidie de substitution (dite secondaire, tertiaire, etc...). Dans une étude précédente (LATTEUR, 1980), réalisée avec l'espèce Conidiobolus obscurus (HALL et DUNN) REMAUD. et KELL., nous avons en effet constaté que la perte du pouvoir infectant d'un inoculum à base de conidies correspondait à la perte de sa faculté de produire des conidies de substitution.

Notre recherche a été effectuée avec des inoculums d'E. neoaphidis constitués chacun de la production conidienne d'une momie d'Acyrtosiphon pisum HARRIS. Le support de l'inoculum était de la terre non stérile humide. Après l'inoculation, ces échantillons ont été soumis à des conditions différentes de température, d'humidité et de lumière. Périodiquement, la vitalité des conidies était mesurée en les soumettant à des conditions favorables à la production de conidies de substitution (20°C, lumière, humidité saturante). Celles-ci étaient ensuite comptées au microscope.

### 2.2. Résultats

A 20°C et sur une terre dont l'humidité est entretenue, l'inoculum conserve sa faculté de produire des conidies de substitution pendant 24 jours. Cependant, du début à la fin du stockage, la production de conidies diminue de façon logarithmique. Elle est de 20.000 à 30.000 le premier jour, de 1.000 à 3.000 le dixième jour et de quelques dizaines d'unités le vingtième jour.

A 20°C, lorsque l'échantillon de terre est séché dès après son inoculation, les conidies peuvent, au moins dans les 7 jours qui suivent, à

nouveau sporuler dès que leur support est réhumidifié. Il est également important de préciser qu'après 3, 5 et 7 jours de séchage, la production totale en conidies de substitution est plus importante qu'après un séjour équivalent sur de la terre humide.

A 5°C, à l'obscurité et sur de la terre humide, les conidies perdent lentement leur faculté de produire des conidies de substitution. Après 7 mois et 1/2 de stockage, durée maximum prévue pour l'essai, une production de quelques 1.100 unités a encore été enregistrée.

A 5°C, à la lumière et sur de la terre humide, les conidies perdent plus rapidement qu'à l'obscurité leur possibilité de sporuler. Après 4 mois de ce traitement, plus aucune conidie de substitution n'a été décelée. Cela peut être attribué en partie à la prolifération à la surface des échantillons d'algues et de mousses qui entravent l'émission des conidies.

### 2.3. Conclusions

Ces essais confirment les résultats obtenus précédemment avec C. obscurus (LATTEUR, 1980), à savoir que, même à 20°C et en conditions humides ou sèches, les conidies survivent nettement plus longtemps que ce qui était généralement admis jusqu'à présent (MACLEOD, 1963).

En ce qui concerne les perspectives d'utilisation au champ d'inoculum à base de conidies ou de corps hyphaux (qui produisent dès leur application des conidies), ces informations sont encourageantes car elles permettent de croire en une rémanence non négligeable de leur pouvoir pathogène même en conditions de sécheresse passagère.

En se basant sur les résultats de conservation à 5°C, il semble fondé de penser que des conidies produites en automne peuvent survivre à l'hiver et perpétuer, au printemps suivant, le cycle d'E. neoaphidis dont on ne connaît pas d'autre forme de résistance.

## 3. DUREE DE CONSERVATION DES CORPS HYPHAUX D'Erynia neoaphidis DANS DES PUCERONS MOMIFIES

### 3.1. Introduction et méthode

Une des qualités que l'industriel exige d'un matériel biologique appelé à être commercialisé, est sa bonne conservation entre le moment de sa fabrication et celui de son utilisation, soit pendant environ 4 à 5 mois dans le cas des Entomophthorales.

Bien que nos travaux aient montré que la durée de vie des conidies était nettement supérieure à ce qui était admis, il est évident qu'elle est loin d'être suffisante pour répondre aux exigences de la pratique.

Etant donné que WILDING (1973) avait montré qualitativement que des corps hyphaux d'Entomophthorales pouvaient résister plusieurs semaines à plusieurs mois selon la température et l'humidité relative du milieu de conservation, nous avons entrepris une étude destinée à suivre quantitativement la survie des corps hyphaux d'E. neoaphidis produits in vivo, au laboratoire, avec le puceron A. pisum.

Les momies obtenues ont été conservées à quatre températures positives (x) (+5°C, +20°C, +25°C et +30°C, +1°C) et, à chacune de ces températures, plusieurs niveaux d'humidité relative ont été expérimentés : 0 %, 15 %, 33 %, 60 % et 88 % à 5°C et 20°C, ainsi que 15 %, 33 % et 60 % à 25°C et 30°C. Périodiquement, des lots de momies étaient prélevés pour

---

(x) Des essais préliminaires avaient montré que les momies ne résistent guère aux températures négatives.

mesurer leur vitalité en les humidifiant afin qu'elles puissent produire des conidies. Celles-ci étaient recueillies dans le fond d'une boîte de Pétri en plastique transparent. L'intensité de projection était mesurée par photométrie puis convertie en nombre de conidies, à l'aide d'une droite d'étalonnage préalablement établie.

### 3.2. Résultats

A toutes les températures étudiées, c'est l'humidité relative de 15 % qui assure aux corps hyphaux la meilleure conservation.

Tableau I - Durée de conservation (en jours) à 15 % d'humidité relative qui entraîne une diminution de 20 %, 50 % et 80 % par rapport à la production au temps 0 de la quantité de conidies émises par les momies.

T°	Diminution de la quantité de conidies de		
	20 %	50 %	80 %
+ 5°C	160 jrs	225 jrs	345 jrs
+ 20°C	63 jrs	90 jrs	150 jrs
+ 25°C	58 jrs	75 jrs	85 jrs
+ 30°C	18 jrs	42 jrs	60 jrs

A + 5°C et 15 % d'humidité relative (tableau I), les corps hyphaux des momies perdent 20 % de leur faculté d'émettre des conidies après un peu plus de 5 mois de conservation. A + 20°C et + 25°C, cette diminution s'observe après 2 mois environ et à + 30°C, après 18 jours. Une perte de 80 % de leur potentiel de production n'est observée qu'après environ 1 an à + 5°C, 6 mois à + 20°C, 3 mois à + 25°C et 2 mois à + 30°C. Des essais en cours nous ont permis de constater que les momies peuvent également résister plus de 4 semaines à + 35°C.

### 3.3. Conclusions

Ces résultats permettent de penser qu'un mycélium de qualité produit in vitro et correctement conditionné, pourrait répondre aux exigences de l'industrie.

D'autre part, la bonne résistance des corps hyphaux à des températures aussi élevées que + 30°C et même + 35°C permet d'être optimiste quant à la bonne tenue des biopréparations à des températures ordinaires.

Il faut préciser que les résultats de conservation que nous avons obtenus avec cette souche, d'origine belge, sont nettement meilleurs que ceux enregistrés par LATGE et al (1983) avec la souche 64, d'origine brésilienne, dont les momies d'A. pisum ne se conservent pas plus de 4 mois à 4°C et 2 mois à 20°C.

## 4. ETUDE DE L'EMISSION DE CONIDIES PAR LES SPORES DURABLES DE Conidiobolus obscurus PRODUITES IN VITRO

Si les conditions physiques permettant la meilleure germination dans l'eau des spores durables ont été bien étudiées (PERRY et LATGE, 1982), aucune donnée n'a encore été recueillie sur les conditions qui leur assurent

la meilleure production de leur élément infectant qu'est la conidie.

Le but de ce travail fut donc d'étudier l'évolution de la production des conidies de ces spores en fonction de la température, de l'éclairement, de la nature et de l'humidité du support ainsi que de la durée de sa dessiccation.

La terre a été choisie comme support de référence, car c'est un réservoir naturel de spores durables. Le papier filtre et l'ouate cellulosique, d'usage plus aisé, ont également été utilisés dans certains essais afin de vérifier dans quelle mesure ils pouvaient, au laboratoire, remplacer la terre dans ce genre de recherche.

La germination des spores dans l'eau a également été suivie, comme l'ont fait PERRY et LATGE (1982).

Cette étude est en cours de publication (LATTEUR et al, 1982). Nous en rappelons ci-après les conclusions.

La température joue un rôle important à la fois sur le rendement total en conidies et sur l'évolution de leur production. Des trois températures étudiées (10, 15 et 20°C), c'est avec la seconde qu'un maximum de conidies sont produites en un minimum de temps (14 jours). La durée d'émission est maximum à 10°C (23 jours), tandis que le rendement en conidies est le plus faible à 20°C.

Par rapport à la quantité de spores durables appliquées sur le sol (200/mm<sup>2</sup>), le rendement moyen en conidies est faible puisqu'il atteint seulement 37 % à 10°C, 55 % à 15°C et 13 % à 20°C.

Le taux de germination dans l'eau, quant à lui, est nettement plus élevé : 93 % à 10°C, 90 % à 15°C et 60 % à 20°C. De plus, si c'est à 15°C que la germination fut la plus rapide, c'est à 20°C qu'elle fut la plus lente et non à 10°C comme pour l'émission des conidies.

Le fait que la germination des spores dans l'eau soit en moyenne plus élevée que le taux de production des conidies est important car lorsqu'il s'agit de mesurer la vitalité des spores durables d'Entomophthorales, le choix de la méthode dépend du but recherché. Puisqu'il y a tout lieu de penser que l'infection ne se fait pas à partir du tube germinatif de la spore durable, mais bien grâce à la conidie qu'elle engendre à l'air libre, les méthodes respectant cette caractéristique devraient être utilisées chaque fois que l'on souhaite se rapprocher des conditions naturelles en vue d'utiliser ces spores dans la lutte biologique.

Bien qu'elle soit relativement faible, de l'ordre de 10 à 20 %, l'influence favorable de la lumière sur l'émission des conidies par les spores durables semble bien indiscutable.

La nature du support sur lequel sont étalées les spores durables influence également l'émission des conidies. Des trois substrats comparés, terre, papier filtre et ouate cellulosique, c'est à partir de ce dernier que les spores émettent le plus de conidies et que l'évolution de la production s'identifie le plus à celle observée à partir de la terre.

La dessiccation, quant à elle, affecte la vitalité des spores durables, excepté lorsque sa durée ne dépasse pas une douzaine de jours. De plus, dans ce cas, on observe un effet positif qui se marque sur la vitesse de production des conidies et le nombre maximum de conidies produites par 24 heures.

Après 24 jours de séchage sur terre à 15°C, le rendement en conidies est de quelque 35 % inférieur à celui des spores non séchées, tandis que cette diminution est de 70 % après 48 jours. Les spores semblent résister mieux à la dessiccation sur le papier filtre puisqu'après 24 jours, leur production en conidies n'est diminuée que de 11 %.

D'un point de vue pratique, l'étalement de la germination des spores sur au moins deux semaines confirme qu'en lutte biologique elles conviennent surtout pour un usage préventif. On peut, en effet, espérer qu'elles puissent hâter l'épizootie en renforçant l'inoculum naturel, mais ne pas entraîner l'élimination rapide des déprédateurs visés. De plus, leur optimum thermique, voisin de 15°C, les destine à un usage plutôt hâtif, même en région tempérée.

#### 5. PRODUCTION IN VITRO DU MYCELIUM D'*Erynia neoaphidis* ET SA CONSERVATION A COURT TERME

Les recherches qui avaient été prévues sur la production d'un inoculum à base de conidies ont été abandonnées. Cet inoculum qui peut être considéré comme idéal (LATGE et al, 1983) n'en est pas moins très difficile à obtenir en grandes quantités (car les conidies ne sont produites qu'à l'air libre) et à conserver. Aussi, nous sommes-nous tournés vers la production de mycélium (corps hyphaux) qui est nettement plus aisée puisque possible en milieu liquide. Ces corps hyphaux sont, quant à eux, capables, dès leur distribution à l'air libre, d'engendrer des conidies. Les conditions de fermentation que nous avons utilisées sont grosso modo celles décrites par LATGE et al (1983). Nous avons d'abord travaillé avec une souche d'*E. neoaphidis* (n° 64) que nous avons trouvée au Brésil (LATTEUR, 1982). Ce choix était justifié par le fait que cette souche se développe très aisément en fermenteur et que sa virulence mesurée par notre collègue PAPIEROK, (Institut Pasteur) et par nous-même en laboratoire sur *A. pisum* et *Metopolophium dirhodum* semblait acceptable.

Etant donné que pour effectuer des essais en champ, il fallait disposer du produit de plusieurs fermenteurs de 16 litres, nous avons été confrontés avec le problème de la conservation du mycélium. A part la lyophilisation qui a échoué, nous n'avons pu essayer d'autres techniques de conservation à l'état sec de quantités importantes de mycélium. La méthode que nous avons finalement adoptée a consisté à conserver les corps hyphaux dans le liquide de fermentation, à 5°C, sous aération et agitation constantes.

Depuis les échecs enregistrés avec la souche 64, tant par nos collègues français (LATGE et al, 1983) que par nous-même (LATTEUR et GODEFROID, 1983), nous nous sommes tournés vers la production de souches autochtones vraisemblablement plus prometteuses car mieux adaptées à nos conditions écologiques. Cependant, en milieu liquide, la plupart de ces souches se développent lentement et plutôt sous forme de pelotes que de corps hyphaux indépendants. Un travail de sélection nous a permis de trouver une souche qui donne des résultats très satisfaisants et qui sera prochainement essayée en fermenteurs de 2 et 16 litres.

#### 6. UTILISATION DE BIOPREPARATIONS D'ENTOMOPHTHORALES POUR LUTTER CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES EN FROMENT D'HIVER

Deux séries d'essais de traitements contre les pucerons des céréales en froment d'hiver avec des biopréparations à base d'Entomophthorales ont été entreprises. La première le fut en 1980 avec des spores de *C. obscurus* (souche 722) produites par le département de lutte biologique de l'Institut Pasteur de Paris; pour la seconde, qui se déroula en 1982, nous avons utilisé des corps hyphaux d'*E. neoaphidis* (souche n° 64) produits en fermenteur dans notre laboratoire.



### 6.1. Essais de traitements avec des spores durables

Nos essais s'intégraient dans un ensemble d'expériences du même type, organisées en France, Grande-Bretagne, Suisse et Belgique, sous la conduite du Professeur G. REMAUDIERE, de l'Institut Pasteur de Paris.

En Belgique, trois applications de spores durables ont été effectuées, chacune dans 4 parcelles différentes d'une surface de 192 m<sup>2</sup> (12 x 16 m). Le premier traitement a eu lieu le 24 décembre 1979 avec des spores non vernalisées, le second, le 2 mai 1980, avec des spores vernalisées et le troisième, le 16 juin avec des spores vernalisées et prégermées. Les quantités de spores distribuées furent respectivement de  $1,2 \cdot 10^{11}$ ,  $1,2 \cdot 10^{11}$  et  $2 \cdot 10^{11}$  spores/ha. De début mai à fin juillet, des observations ont été effectuées chaque semaine afin de suivre l'évolution des populations aphidiennes et l'action des mycoses. Elles n'ont cependant pas mis en évidence une différence significative au niveau du développement des populations aphidiennes ou de l'action des Entomophthorales entre chacun des différents traitements et le témoin.

Des résultats semblables ont été rapportés par les responsables des essais entrepris en France, Grande-Bretagne et Suisse.

### 6.2. Essais de traitements avec des corps hyphaux d'*E. neoaphidis*

En 1982, trois essais ont été entrepris, dans le but de vérifier l'efficacité d'un inoculum composé de corps hyphaux d'*E. neoaphidis* pour la limitation des pucerons des céréales (LATTEUR et GODÉFROID, 1982).

Le champignon a été distribué à raison de 60 g de produit sec en suspension dans 40 litres d'eau par are. Les trois essais ont été effectués à des dates différentes, les 7, 14 et 24 juin et comprenaient chacun 4 parcelles traitées et 4 parcelles témoins d'une surface de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m).

Tous les traitements ont été effectués sur sol humide pendant une période humide (pluies presque journalières, du 1er au 3 juillet) et les corps hyphaux produisirent plusieurs centaines de conidies par mm<sup>2</sup> au cours des 10 jours qui suivirent chaque application.

Malgré ces conditions écologiques particulièrement favorables, aucun des trois essais ne donna des résultats positifs. Les mycoses à *E. neoaphidis* présentes dans tous les essais ne se développèrent pas mieux dans les parcelles traitées où les pucerons (principalement *M. dirhodum*) ont plutôt eu tendance à être plus nombreux que dans les parcelles témoins. Dans un des trois champs, les mycoses à *E. neoaphidis* et *C. obscurus* évoluèrent en épizootie (jusqu'à 70 % des pucerons atteints) prouvant ainsi que les conditions naturelles étaient favorables à ces entomopathogènes.

Il semble bien que ces échecs peuvent être attribués à un manque de virulence du matériel produit, virulence qui a pu se "diluer" au cours de la multiplication en fermenteur. Cette diminution de virulence chez des Entomophthorales produites in vitro a déjà été signalée par PAPIEROK (1982), WILDING (1982), LATGE et al (1983) et DETROUX (1983).

## 7. RECHERCHES SUR LA PRODUCTION D'UN INOCULUM DE QUALITE A BASE D'*E. neoaphidis*

Motivé par les résultats négatifs dont il est question dans le chapitre précédent, nous avons décidé de nous consacrer à la production d'un

mycélium capable d'engendrer des conidies ayant une virulence proche de celles produites in vivo.

Cela nous a conduit à devoir mettre au point au laboratoire une méthode d'infection de pucerons capables de donner, avec le matériel de référence, des résultats suffisamment reproductibles d'un essai à l'autre. Les principaux facteurs pouvant influencer les résultats ont été étudiés : température, lumière, humidité. Au cours des essais de mise au point qui se sont succédé, nous avons apporté de nombreuses améliorations à la technique dans le but de réduire au maximum la variabilité des résultats. Actuellement, la méthode semble au point car, au cours des 10 derniers essais d'infection réalisés avec des conidies de momies d'une même souche, les CL50 enregistrées envers A. pisum étaient comprises entre 1,2 et 3,9 conidies par mm<sup>2</sup>.

Les essais en cours visent à quantifier la dégradation de la virulence des conidies de mycélium se développant sur un milieu à base de 6 % de glucose et 2 % d'extrait de levure, soit le milieu classique pour les Entomophthorales multipliées en fermenteur. La virulence est mesurée en utilisant trois critères : le CL50, la période d'incubation et la quantité de conidies produites par les momies récoltées.

A côté de ce milieu de culture classique, une série d'autres milieux enrichis avec d'autres substances (sels minéraux, glucides, lipides) afin que leur constitution se rapproche de celle du puceron ont été élaborés. Leur influence sur la virulence d'E. neoaphidis sera étudiée prochainement.

## 8. CONCLUSIONS GENERALES

Jusqu'à présent, aucun laboratoire du monde occidental (x) n'est parvenu à utiliser avec succès, contre des arthropodes, une Entomophthorale produite in vitro.

Les nombreux travaux de WILDING (1982), qui a travaillé avec des inoculums produits in vivo, ainsi que les observations de PAPIEROK (1972), WILDING (1982), LATGE et al (1983), LATTEUR et GODEFROID (1983), DETROUX (1983), réalisées sur du matériel produit in vitro, démontrent que les échecs enregistrés sont en majeure partie à attribuer à une perte de virulence des préparations.

Cependant, si la preuve du manque de qualité du matériel utilisé est indéniable, l'intérêt que présentent les Entomophthorales comme arme biologique est, quant à lui, toujours d'actualité. L'usage croissant des pyréthrinoïdes, insecticides dont la rémanence et le spectre d'action sont tels qu'ils risquent d'accroître et de multiplier les déséquilibres au sein des agroécosystèmes, ne fera qu'augmenter la demande de moyens de contrôle plus sélectifs. Parmi ceux qui peuvent être proposés, ces micro-organismes occupent une place non négligeable.

---

(x) Au milieu des années 1970, des équipes de chercheurs russes et chinois ont prétendu avoir obtenu d'excellents résultats avec des spores durables de C. obscurus et des corps hyphaux d'E. neoaphidis, mais depuis, plus aucun détail sur l'évolution de leurs recherches ne nous est parvenu.

Alors que, jusqu'en 1970, la manipulation in vitro des Entomophthorales présentait encore de nombreuses difficultés, les recherches de cette dernière décade ont permis de lever cet handicap. Maintenant, ces entomopathogènes peuvent être assez aisément multipliés en fermenteur, et il semble bien que l'ultime progrès à accomplir soit celui qui concerne la conservation de leur virulence.

Les recherches ont commencé, mais elles seront sans doute difficiles et lentes étant donné que l'acquis dans ce domaine est encore très fragmentaire et que les contrôles fréquents de virulence qu'elles exigent sont longs et délicats.

## 9. REFERENCES

1. DETROUX, P. (1983). Contribution à l'étude de la virulence des conidies d'Erynia neoaphidis produites in vivo et in vitro. Mémoire Fac. Sc. agr. Gembloux : 62 p.
2. LATGE, J.-P., SILVIE, P., PAPIEROK, B., REMAUDIERE, G., DEDRYVER, C.A. et RABASSE, J.-M. (1983). Advantages et disadvantages of Conidiobolus obscurus and of Erynia neoaphidis in the biological control of aphids. Aphid Antagonists, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8601EN, 20-32.
3. LATTEUR, G. (1980). The persistence of infectivity of conidia of Entomophthora obscura at different temperatures on the surface of an unsterilised soil. Ecol. applic., 1 : 29-34.
4. LATTEUR, G. (1982). Quelques Entomophthoraceae parasites de pucerons trouvées au Brésil dans l'Etat de Rio Grande do Sul. Parasitica : 38 : 85-89.
5. LATTEUR, G., DESTAIN, J., OGER, R. et GODEFROID, J. (1982). Etude de la production de conidies par les spores durables de Conidiobolus obscurus (HALL et DUNN) REMAUD. et KELL., une entomophthorale pathogène de pucerons. Parasitica, 38 : 139-161.
6. LATTEUR, G. et GODEFROID, J. (1983). Trial of field treatments against cereal aphid with mycelium of Erynia neoaphidis (Entomophthorale) produced in vitro. Aphid Antagonists, Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, EUR 8601EN, 2-10.
7. MACLEOD, D.M. (1963). Entomophthorales infections. Steinhaus E.A., Insect Pathology. Academic Press, II : 189-231.
8. PAPIEROK, B. (1982). Entomophthorales : virulence and bioassay design. Invertebrate Pathology and Microbial Control Proceedings. 3rd Int. Coll. Brighton, Sept. 6-9/1982 : 176-181.
9. PERRY, D. et LATGE, J.-P. (1982). Dormancy and germination of Conidiobolus obscurus azygospores. Trans. Br. Mycol. Soc., 78 : 221-224.
10. WILDING, N. (1973). The survival of Entomophthora spp in mummified aphids at different temperatures and humidities. J. Invert. Pathol., 21 : 309-311.
11. WILDING, N. (1983). Entomophthorales : field use and effectiveness. Invertebrate Pathology and Microbial Control Proceedings. 3rd Int. Coll. Brighton, Sept. 6-9/1982 : 170-175.

## Publications - Contract No. B-0752

- ONCUER C., et LATTEUR G. (1979) Etude de l'influence de 10 fongicides sur le pouvoir infectant des conidies d'*Entomophthora obscura* HALL et DUNN présentes à la surface d'un sol non stérile. *Parasitica*, 35 (1): 3-15
- LATTEUR G. (1980) The persistence of infectivity of conidia of *Entomophthora obscura* at different temperatures on the surface of an unsterilised soil. *Ecol. applic.*, 1: 29-34
- LATTEUR G. et DESTAIN J. (1980) Etude de l'action des champignons et des Hyménoptères parasites aux populations de *Sitobion avenae* (F.) et de *Metopolophium dirhodum* (Walk.) dans le champ expérimental de Milmort en 1978 et 1979. *Bull. OILB/SROP*, III, 4: 11-17
- LATTEUR G. et DESTAIN J. (1980) The persistence of infectivity of conidia of *Conidiobolus obscurus* an *Erynia neoaphidis* on unsterile soil. In *Euraphd, Rothamsted 1980*, Ed. L.R. Taylor, 41
- LATTEUR G., ONCUER C. et OGER R. (1981) Toxicité, en laboratoire et en champ, de quelques fongicides sur des *Entomophthoraceae* pathogènes de pucerons des céréales. *Bull. OEPP* 11 (3): 331-336
- LATTEUR C. (1982) Quelques *Entomophthoraceae* parasites de pucerons trouvées au Brésil dans l'Etat de Rio Grande do Sol. *Parasitica*, 38: 85-89
- LATTEUR G., DESTAIN J., OGER R. et GODEFROID J. (1982) Etude de la production de conidies par les spores durables de *Conidiobolus obscurus* (Hall et Dunn) Remaux et Kell., une entomophthorale pathogène de pucerons. *Parasitica*, 38: 139-161
- COURTOIS P. (1983) Contribution à l'étude de la survie d'une Entomophthorale *Erynia neoaphidis* Remaud. et Henn. dans les momies du puceron *Acyrtosiphon pisum* Harris. *Mémoire Fac. Sc. Agron. Gembloux*: p. 73
- DETROUX P. (1983) Contribution à l'étude de la virulence des conidies d'*Erynia neoaphidis* produites in vivo et in vitro. *Mémoire Fac. Sc. Agr. Gembloux*: p. 62
- LATTEUR G. et DESTAIN J. (1983) Research into the possibility of producing *in vitro* an inoculum from conidia with view to its use against cereal aphids. In *CEC Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report 1979/1981*. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR 8273 EN, 283-299
- LATTEUR G. et GODEFROID J. (1983) Trial of field treatments against cereal aphid with mycelium of *Erynia neoaphidis* (Entomophthorale) produced in vitro. In: *Aphid Antagonists, E.C. Experts' Meeting, Portici, nov. 1982*. Ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema Publ. Rotterdam. EUR 8601 EN, 2-10

## **EURAPHID - A Scientific Organization for Environmental Strategy and Pest Control by Continuous Synoptic Monitoring of Aerial Insect Populations throughout Europe**

L.R. Taylor

Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire (U.K.)

### Summary

Aerial insect monitoring has been maintained continuously at 12.2m above ground level at 12 or more sites throughout Great Britain for 15 years with Rothamsted Insect Survey suction traps. The resulting data bank of daily distributions of pest aphids and other insects can now be analysed in relation to latitude, longitude, date, weather and previous population change. The data are used to project future seasonal aphid migrations and population trends, and for more accurate short-term warnings of aphid infestation and virus infection of agricultural, horticultural and forest crops. These projections are used to maximize the regional-scale production and distribution strategy of chemical manufacturers and distributors, and the farm-scale crop monitoring and spray programmes of consultants and farmers, to maximize control and minimize environmental damage and energy consumption. The data bank also provides phenological data for pest population models, virus movements and biological control. Contract C.E.C. funds have facilitated information collection and dissemination and so made it possible to set up the collaborative organization EURAPHID proposed by Taylor (1981), to extend data collection (Bernard, 1982) and make full use of the Rothamsted data bank throughout Europe, and also to publish an essential key to aphid identification.

EURAPHIDE - Organisation scientifique en vue d'une stratégie de l'environnement et d'une lutte contre les ravageurs au moyen d'un dépistage synoptique continu des populations aériennes des insectes dans toute l'Europe.

### Résumé

En Grande Bretagne, le piégeage aérien des insectes a été effectué de manière continue depuis 15 ans, à 12.2m du sol par 12 pièges à succion de RIS, répartis sur l'ensemble du territoire. Il est maintenant possible d'analyser l'ensemble de ces résultats portant sur la distribution journalière d'aphides et autres insectes, en fonction des latitude, longitude, date, conditions météorologiques, et changements antérieurs de populations. Ces données sont utilisées pour la prévision saisonnière de migrations aphidiennes ainsi que pour améliorer les avertissements à court terme d'infestations d'aphides et des infections de diverses cultures par les virus. Ces prévisions sont employées dans le but de: 1) accroître la production à l'échelle régionale; 2) faciliter aux producteurs l'organisation de la distribution de produits chimiques; 3) permettre aux conseillers agricoles d'entreprendre les programmes de surveillance et contrôle des ravageurs

à l'échelle de l'exploitation; 4) diminuer les dégâts à l'environnement et de réduire la consommation d'énergie. Ce recueil fournit également les données phénologiques nécessaires aux modèles des populations, l'épidémiologie des virus et le contrôle biologique. Les contrats de la C.E.E. ont facilité le recueil et la dissémination des informations et ont permis d'établir l'organisation EURAPHID conçue par Taylor (1981), pour augmenter la collection des résultats (Bernard, 1982) et de tirer en Europe un maximum de profit des résultats obtenus par Rothamsted. Ils ont aussi permis de publier une clé pour l'identification des aphidiens.

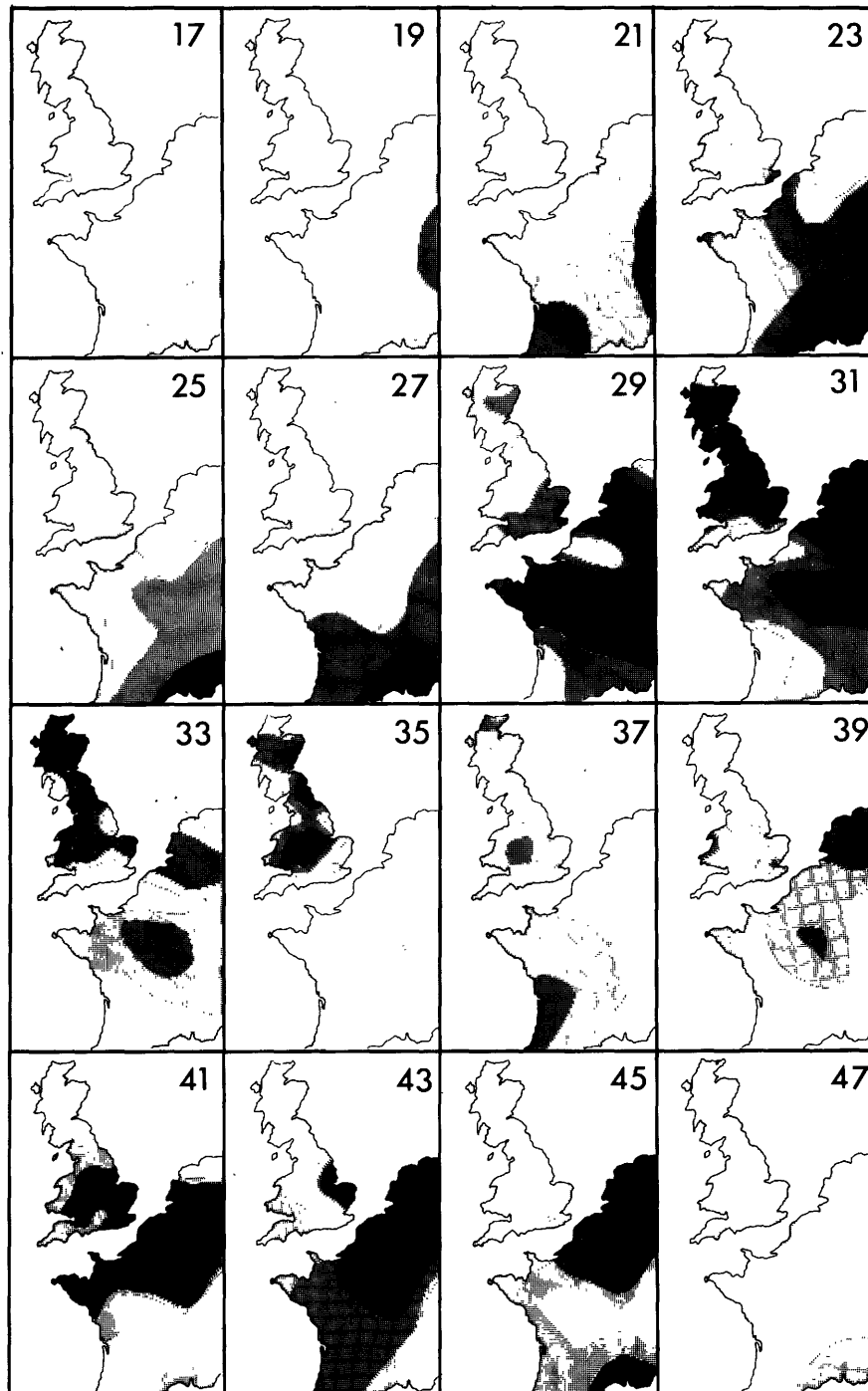


Figure 1. The changing distribution of *Aphis fabae* at bi-weekly intervals throughout the season; organized with C.E.C. support (Taylor, 1981).

## 1. INTRODUCTION

Insurance treatments using pesticides against aphids have produced insecticide resistance in aphids, damaged predator populations and introduced an environmental risk that must be minimized (Cavalloro & Piavaux, 1983). Such treatments are particularly ineffective against aphids because aphid populations are erratic in time of appearance, in numbers and in distribution. To guarantee effective control by unsupported use of chemical treatments requires an excessive number of applications, most of which are wasted either because the aphids have not arrived, the damage is already done, or the aphids have departed. The support required for pest control consists of continuous information about aphid movement and population growth (Taylor, 1977) (Fig. 1).

The problem is particularly intransigent with aphid vectors of virus disease because the visits of vectors to crops may be more ephemeral than those of pest aphids and the field vector status of most aphids is unknown. Aphids are usually examined for vector capacity only if they are of known pest species found in crops. But vector aphids may not be pests. When searching for host plants, an aphid's behaviour leads it to travel distances far greater than that between fields or farms. Distances greater than 5km are commonly travelled and 500km is not unusual. Because aphids have no means for identifying hosts except to taste each plant, every crop plant is visited continuously by aphids at a rate of about 1-2 individual aphids per plant per day, increasing to about 100 aphids per day at times of peak migration in Britain. This means that, on average, one hectare of crop is visited by about 10,000 aphids, from up to 300 species, each day, increasing to about  $10^6$  aphids per day at peak periods (Taylor & Palmer, 1972).

Many of these ephemeral visitors are virus carriers; but they are rarely found on crops because crop inspections are made by day, when most migrant aphids are in the air. Most transient aphids arrive on crops at sunset and leave at sunrise to renew their migration.

As a consequence non-pest vector species can remain undiscovered by crop inspection almost indefinitely. This was clearly demonstrated when Rhopalosiphum padi was found to be responsible for inoculating BYDV into winter wheat in England and Wales. This cereal aphid was not commonly found settled on wheat crops at the time of infection because the migrants are seeking their cherry-tree winter hosts. The use of RIS suction traps for continuous aerial monitoring proved that the autumn migration of R. padi is so large that it dominates the aerofauna. Visits to wheat plants by even a small proportion of this vast, unsuspected migration may result in substantial virus infection (Plumb, 1981). Further evidence of virus transmission by transient aphids on non-hosts is given indirectly by the optimization technique for relating potential virus vectors to known virus PVYN transmissions used by van Haarten (1981).

Monitoring the growth of aphid populations by visual inspection, once the aphids are reproducing on the crops, and thereby learning to develop population growth models to forecast damage thresholds and optimize insecticide treatments, is a valuable asset at field and farm level (Rabbinge & Mantel, 1982). It applies to pests that cause direct damage to crops at high population density. Some aphids do serious damage at very low densities. For example Aphis fabae (Scop.) damages bean crop yield (Vicia faba L.) at a density of only five aphids per plant stem; yet populations can reach 20,000 per stem before the plant is killed.

Modelling aphid population growth on the crop has direct value in virus epidemiology only for secondary spread. Nevertheless, aphids as virus vectors are an integral part of the aphid-crop-control system. The same

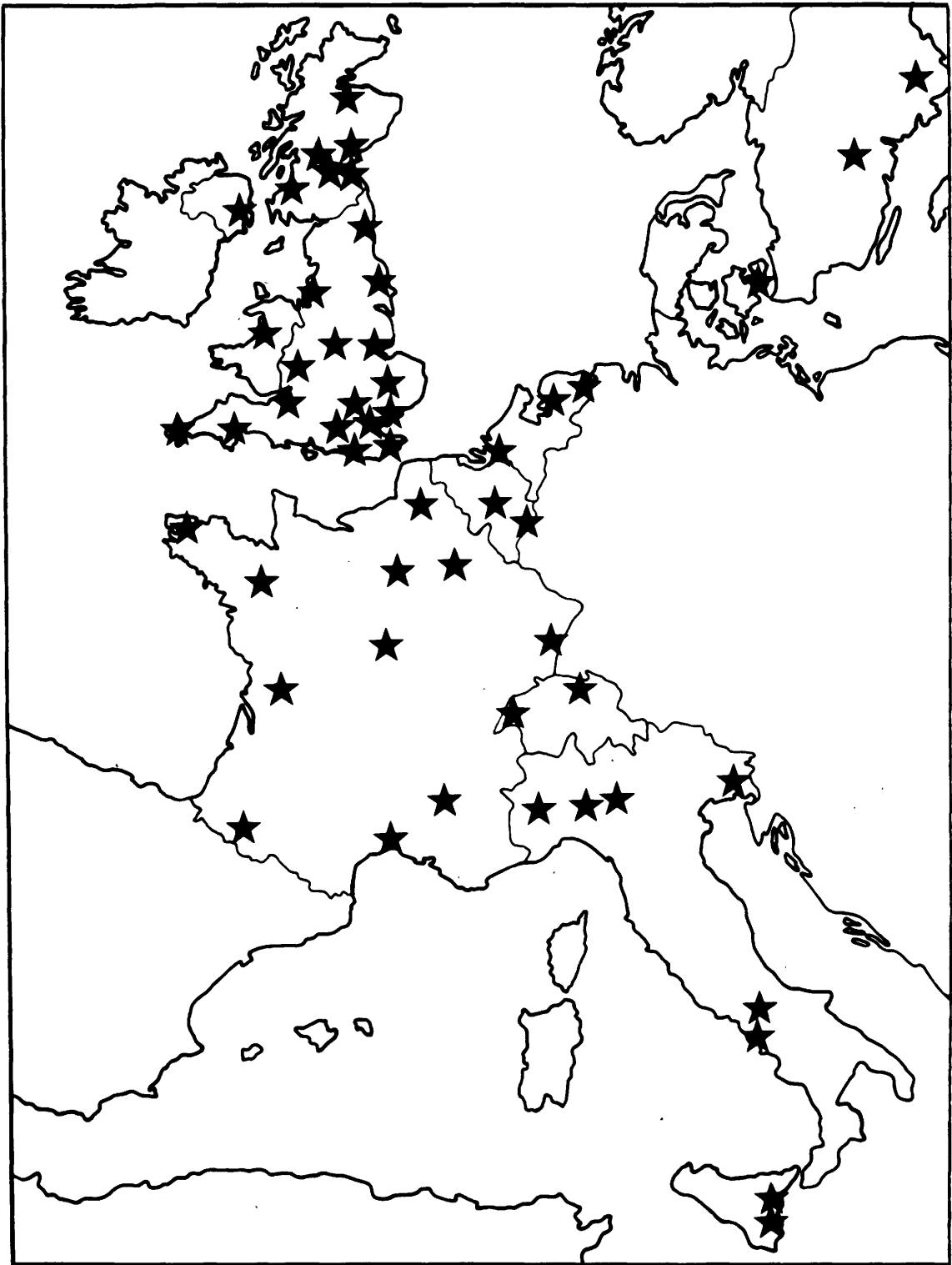


Figure 2. RIS suction trap (12.2m) sampling sites now operate throughout W. Europe in EURAPHID, a collaborative scheme established with C.E.C. support.



aphid may cause damage on one crop and be a vector in another, e.g. Myzus persicae Sulz. The same virus may be transmitted by many aphid species, some of which are pests on other crops, e.g. BYDV, or on the same crop, e.g. Aphis fabae on sugar beet and many aphids share the same biological control agents. The aphid-crop problem therefore combines both the vector and the pest status of many species, as an integral whole that cannot be treated effectively by a single-crop approach or a farm-scale organization.

## 2. AERIAL MONITORING

Aerial sampling is the only known way to monitor, and hence forecast, the constantly-changing patterns of all pest and vector aphid movements and their population levels simultaneously over the necessary large areas (Fig. 2). These are not farm-scale phenomena. An aphid migration may begin in, or be ephemerally delayed in transit by, or ultimately terminate in a crop; but it also involves continental-scale weather systems in the process. Hence the aphid problem is like the weather. The farmer's interest in the weather does not begin at the farm. Many days before reaping corn, for example, the meteorological services give him a longer term, larger scale, picture of the likely weather prospects for his region. Against this background he plans his short-term farm programme. He may seek further confirmation as the cropping day draws near. On the final day he must rely on his own judgement, based on past experience of his own farm. So with aphids; the farmer learns to deal with his immediate field-scale problems from past experience aided by advice like EIPRE, working mainly at field level. But, to be prepared for this and to save wasted effort in seeking aphids that have not yet migrated, or to be forewarned of aphids invading from far outside his farm, he needs synoptic advice and warning in time to prepare for the treatment (Taylor, 1979). The Insect Survey at Rothamsted was devised and developed to learn how to interpret aerial samples to yield practical advice (Taylor, 1973). Field decisions still require intelligent consideration, but cannot be made effectively in local isolation.

Serious outbreak years can be forecast with differing periods of forewarning, depending on the skill and the facilities available to the forecasting aphidologist. Like the forecasting meteorologist, the aphidologist requires continental-scale communications and collaboration. EURAPHID was devised to provide this (Taylor, 1983).

The background data essential to develop these continental-scale forecasting techniques, and for developing the skills needed to interpret and apply them effectively, are available now only at Rothamsted in the Survey Data Bank (Woiwod, 1982) because the need for synoptic data accumulation and international co-operation in pest control was appreciated more than twenty years ago (Taylor, 1968). Some of these data are summarized in Rothamsted Annual Reports from 1969 to 1983. Great efforts are now being made to interpret past sample data (Dewar, 1982) and, by incorporating aphid behaviour (Harrington, 1982), to convert current sampling evidence into regional projections of likely crop infestations, rapidly distributed to the farming community (Tatchell, 1982). The necessary skills are being developed in the Insect Survey with the aid of C.E.C. contract funds.

The ability to use this unique facility, effective throughout Europe, is available to all EURAPHID entomologists so long as C.E.C. maintains its integrating function - which member countries are unable to maintain in isolation - by providing funds to support collective sampling and collaboration in data assimilation. This is a co-operative European venture in scientific integration outside the scope of local government organization (Fig. 3).



Figure 3. Aerial density maps for *Myzus persicae* migrations; (a) summer 1972, (b) autumn 1972, (c) spring 1973, (d) difference map, spring 1973/autumn 1972, i.e. rate of population change or overwintering survival. High density and maximum survival heavily shaded. (For details see Taylor, 1983.) Data like these are available from the Rothamsted Data Bank of daily records for over 300 species for 15 years and form the basis of long-term population means against which all forecasting must be based. These records are available through the collaboration in EURAPHID, dependent upon EEC support.

It must be re-emphasized, as Rabbinge & Mantel (1982) have done, that this organization is not in competition with crop-sampling programmes such as EIPRE, or with biological-control organizations such as OILB; in support of these organizations it provides essential pre-requisites for success. It is complementary to them. It is an invaluable resource for improvement in whatever method of aphid or virus control system is preferred, on whatever crop, to minimize unnecessary chemical application. Hence biological control using conventional methods or integrated control using unconventional combinations of methods involving parasites, predators and disease or cultural or chemical methods that rely in part on the maintenance of natural communities of organisms, all require information about the size and timing of the aphid attack, about predator and parasite populations, which are also monitored by the Survey (Bowden, 1983), and about their changing distributions. Its effectiveness depends entirely on the collaborative efforts between C.E.C. member countries and this is only possible with the organization and support of the C.E.C.

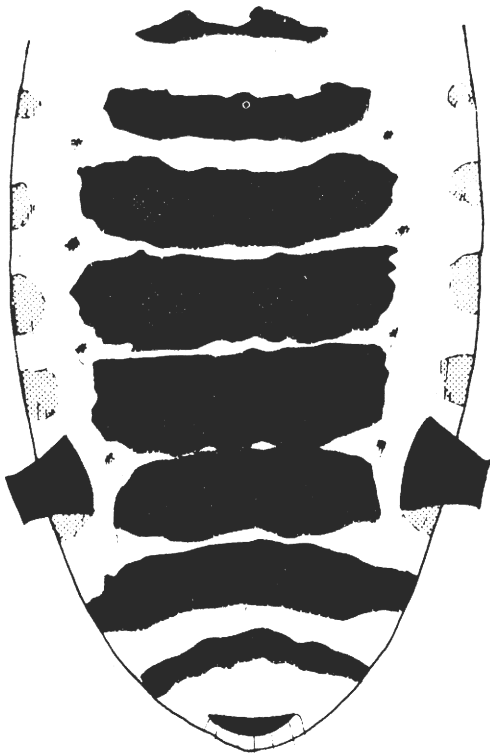
### 3. C.E.C. SUPPORTED ACHIEVEMENTS

During the period of the C.E.C. contract and with its help, major advances in survey technique and organization have been made (Taylor, 1983).

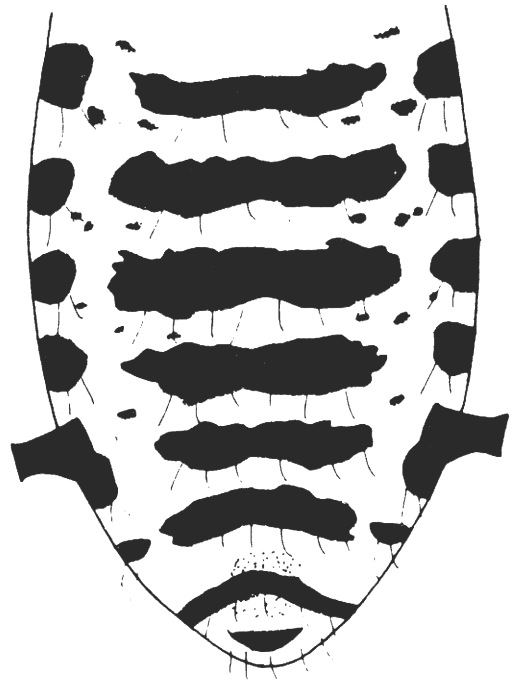
Most important from the collective European point of view is the creation of EURAPHID, a collaborative research and development programme to organize and establish a network of aphid sampling stations throughout Europe, and to integrate the resulting information to maximize its collective advantage in agriculture and environmental protection. This organization was proposed (Taylor, 1981) at the first international meeting on insect monitoring, "EURAPHID ROTHAMSTED 1980", funded by the C.E.C. programme for "Integrated and Biological Control". This meeting made it possible to obtain collective approval by member states for the co-operative assistance and sharing of data that are essential to the development of European scale models of aphid population growth and crop infestation (Fig. 3).

The second advance was the first visual key ever made for aphid identification published in "EURAPHID ROTHAMSTED 1980" with C.E.C. support. In 1966, aphid identification was a highly specialized subject, confined to a handful of taxonomists. In order to make the monitoring system functional for pest aphids, non-specialist staff were taught to identify adult winged aphids at high speed (Taylor *et al.*, 1981b). This was only possible because the necessary skills were learned by visual experience instead of standard taxonomic keys (Fig. 4). This procedure was developed at Rothamsted and has now been in practice for 16 years. It is highly efficient in the right conditions and the visual key to 353 species and species groups now catalogues the accumulated experience of 28 operators. If C.E.C. funding is maintained, it is planned and approved by C.E.C. to extend the species coverage from N.W. Europe to include S.W. Europe in collaboration with Dr. Y. Bouchery, who has produced a photographic key (Jacky & Bouchery, 1982), Dr. Y. Robert (INRA, Rennes) who has collaborated with Rothamsted for many years (Robert, 1981), and Professor F. Leclant (INRA, Montpellier), to publish in French and English and, ultimately, to extend to Eastern Europe.

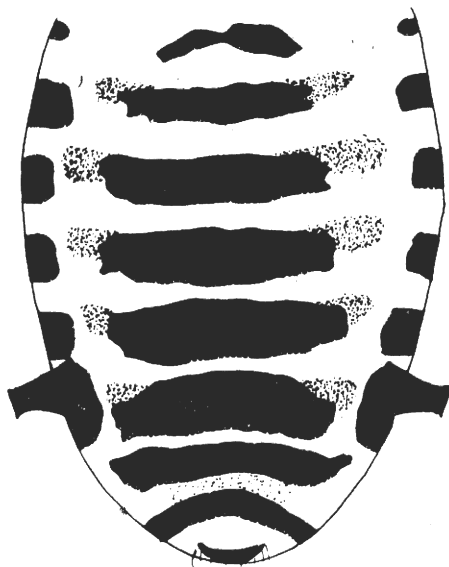
The third main achievement is the active collaboration to extend the mapping of short-term changes in aphid distribution from Great Britain to a considerable area of Western Europe. These maps can be made at daily intervals when a sufficiently rapid system for disseminating and using the



**Periphyllus xanthomelas**



**Periphyllus californiensis**



**Periphyllus testudinaceus**

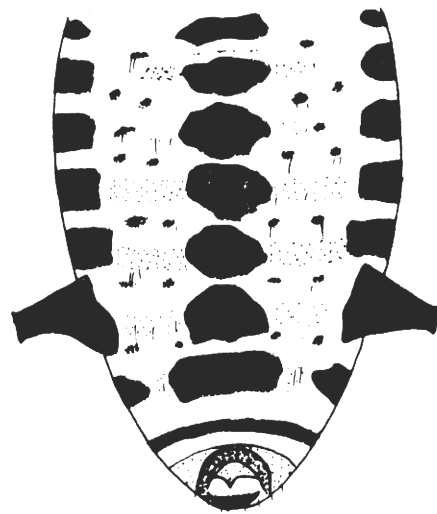


Figure 4. Plate from the Aphid Handbook; a descriptive key faces each of 139 plates illustrating 353 species. Rapid identification of aphids is only possible by trained technicians recognizing gross visual characters like these. This technique was developed at Rothamsted and made available by a visual key (Taylor et al, 1981b) with C.E.C. support.

information is developed. At present, weekly maps (Fig. 1) are of most value and show the changing pattern of distribution at an interval most practical for present purposes of monitoring crop infestation and infection, and for following aphid migration and forecasting the need and prospects for biological, integrated, chemical or cultural control. Collaboration now extends from Denmark, The Netherlands and Belgium through France to Great Britain and Italy (Barbagallo, 1982); it also is linked to the non-C.E.C. countries of Sweden (Wiktelius, 1978) and Switzerland (Fig. 2) and similar work is being done in Poland (Wegorek & Stacherska, 1977) and elsewhere.

All these countries have monitored aphid and some predator and parasite populations. This collaboration was confirmed at the second highly successful EURAPHID meeting, organized by Professor Bernard at Brussels and Gembloux in 1982, where the potential efficiency of the system was considered. The efficiency of mapping, in interpretation of data which depends on trap distribution, has itself been measured by the Kriging technique and mapped using Surface II, by Woiwod (1982). The results (Fig. 5) show clearly the accumulative effects of trap siting to maximize efficiency within the interior of a sampled area. This especially benefits those small countries which in the past have been surrounded by pests in larger countries from which the potential dangers could not be assessed. It is unfortunate that Germany has not yet been able to take part (Schütte, 1982) as this would greatly increase the efficiency in eastern France and the Low Countries, whilst western Germany would immediately benefit from the extensive sampling network already in existence.

The next major advance, not funded directly by C.E.C. but encouraged by the collective links between France and Britain fostered by C.E.C., will be the collaboration in the use of RADAR monitoring for aphids. This technique has been developed in Britain by Schaefer (1976) and established at Rothamsted by Bent (1982). It is also intended to introduce it at Colmar (Bouchery, personal communication) with the intention to monitor aerial populations of aphids on both sides of the Channel to investigate the success rate of aphids travelling over 50-100km distances. If funding is maintained, collaboration between these two projects will make possible the more effective interpolation of information within, and extrapolation beyond, the network of traps by using atmospheric systems (Philipsen, 1982).

The differential rates of stabilization of annual population cycles is summarized in Taylor *et al.* (1981a). It shows the differential species/regional fluctuations in size and timing of aphid populations and the time required to reach stable means. These can be used to measure subsequent deviations of current populations from an expected value which is the basis of all forecasting procedures. Combining these past records with current measurements outlined here makes forecasting throughout Europe a real possibility, if continuity can be maintained.

The collaboration resulting from C.E.C. funds has been an astounding success. For the first time field entomology and virology are operating on a continental scale with an international objective and it is vital that this collaborative advantage should be maintained and extended to other agricultural, forestry and horticultural pests and diseases. In these, as in some human diseases, the cause is not contained by national boundaries.

#### 4. FUTURE PROSPECTS

The first link with mainland Europe was forged in 1968 when the first RIS suction trap was taken to Holland (Goes) with the collaboration of Dr. Hille Ris Lambers. The second overseas site was in Denmark (Copenhagen) in 1971 with the collaboration of Dr. Holger Philipsen (Philipsen, 1982).

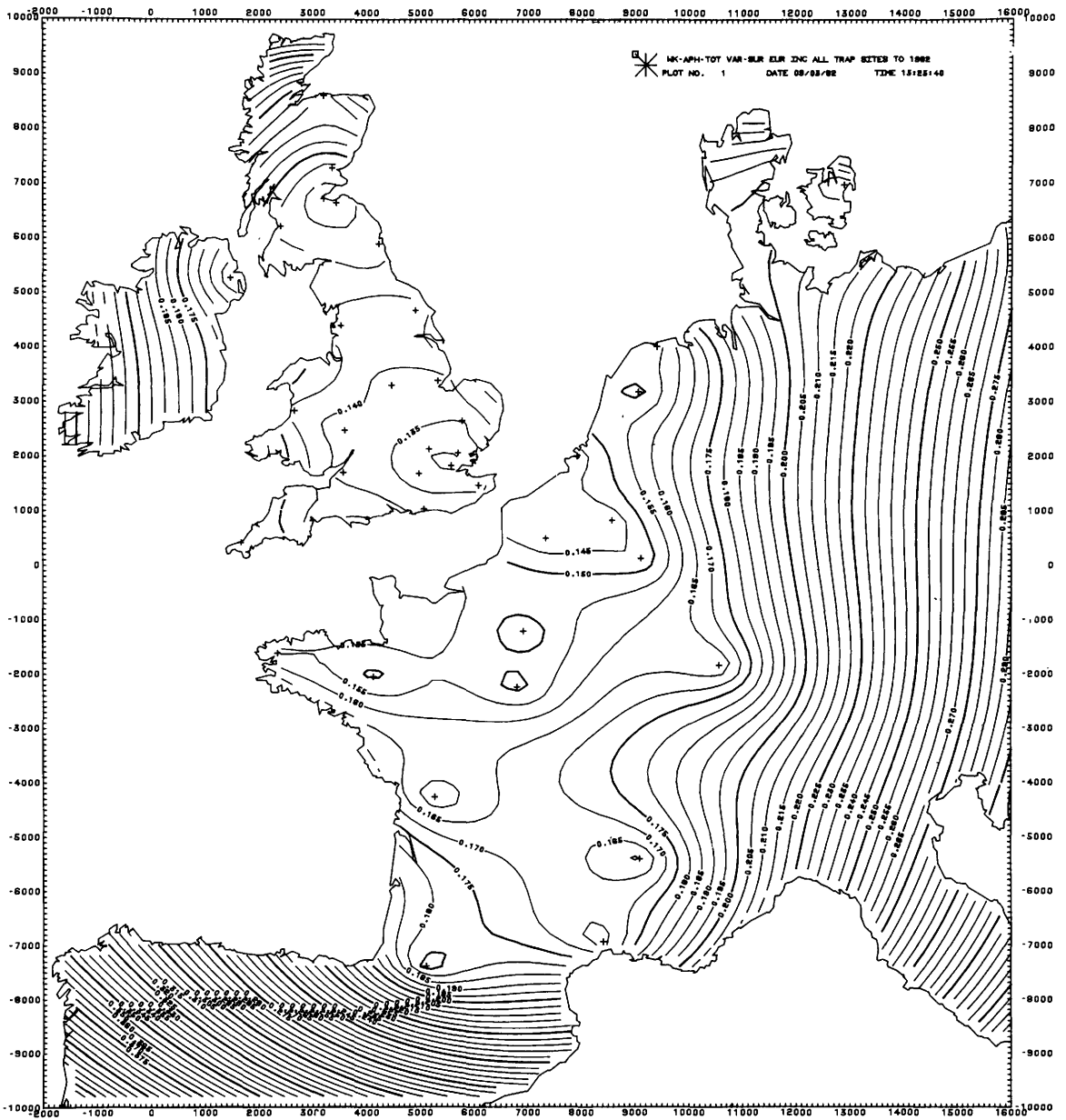


Figure 5. Surface II contour map for the variance surface for sampling efficiency using the Kriging technique. It shows clearly the saturation of sampling in S.E. England and N.E. France and the great advantage gained everywhere by pushing back the contours irrespective of national boundaries. (from Woïwod, 1982)

These traps demonstrated that aphid population change is not markedly affected by the 40km sea channel between S.E. England and The Netherlands but is profoundly affected by the 900km of the North Sea between N.E. England and Denmark. Later the intervening sea channel between S.W. Scotland and Northern Ireland was similarly found to have little effect.

These early sea-crossing investigations confirmed what was expected from high altitude aerial insect sampling, lower altitude insect density gradients, and correlations of population densities between sites sampled at different distances. The principle has been fully borne out by subsequent developments. M. Bouchery began the first site in France at Colmar in 1977 (Bouchery, 1981) and ACTA supported an increasing number of sites from 1978 onwards (Mouchart, 1981). These sites linking Denmark, The Netherlands (van Haarten, 1981) and Belgium (Latteur, 1981) with Britain have made possible the short-term mapping that shows the continuity in space and time of aphid populations (Fig. 1).

The commitment by France to extend their sampling system to 18 sites now ensures that the combined system in N.W. Europe is viable, linked by the Low Countries to Scandinavia and by Southern France, Switzerland and Northern Italy, to the Mediterranean.

The programme of advice given to the agricultural industry in Great Britain by Rothamsted (Tatchell, 1982) and D.A.F.S. (Turl, 1982) has now been considerably extended. The list of species about which information is fully assessed and interpreted on a regional scale, and distributed rapidly and routinely, includes Sitobion avenae, Rhopalosiphum insertum, Aphis fabae, Phorodon humuli, Rhopalosiphum padi, Metapolophium dirhodum, Metapolophium festucae, Myzus persicae, and the viruses BYDV, PLRV, PVYN and SBY. In addition, routine information is published for 30 species and occasional information about any species of note.

This mapping, modelling and forecasting of the regional distribution of aphids can be extended to predators and parasites, when opportunity offers, to provide essential background population distributions and phenology for biological control.

The role of the C.E.C. contract in all this work has been mainly integrative. Before such funds were made available, meetings between the many interested entomologists from all over Europe were not possible. Now they have achieved great and successful collaboration as already mentioned. Opportunities to establish sampling stations were occasionally lost because local interests predominated. The crop sampling environment, now recognized as an integral part of a larger system, thanks to C.E.C. meetings, was sometimes regarded as a local alternative to, instead of an integral part of, synoptic monitoring; this narrowed the crop monitoring approach. The great advantages of large-scale monitoring have become increasingly apparent as the system has become more widely developed and C.E.C.-sponsored collaboration has surmounted local prejudices. In addition to the travel grants that made the first two EURAPHID meetings possible, the technical assistance given to Rothamsted made possible the extraction, collation and presentation of much of the evidence seen in EURAPHID ROTHAMSTED 1980 and EURAPHID GEMBLoux 1982.

Similarly the riches to be gathered from the Insect Survey Data Bank at Rothamsted can only be made available by a continuation of this technical assistance and the continuation of the EURAPHID meetings to integrate and disseminate information.

## REFERENCES

1. BARBAGALLO, S. (1982). The proposed monitoring system for cereal aphids in Italy. in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 7-10.
2. BENT, G.A. (1982). The immediate extraction and display of insect flight trajectories from infra-red remote sensor signals. Ph.D. Thesis, Cranfield Institute of Technology, England. pp.115
3. BERNARD, J. (Ed.) (1982) Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Station de Zoologie Appliquée, Gembloux, Belgium, pp.91.
4. BOUCHERY, Y. (1981). The biology of cereal aphids; overwintering and the spring migration, 26. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
5. BOWDEN, J. (1983). Neuroptera in the Rothamsted Insect Survey (in Taylor, L.R., Woivod, I.P., Macaulay, E.D.M., Dupuch, Maureen & Nicklen, Joan, 1983). Rothamsted Experimental Station, Report for 1982, Part 2, 169-202
6. CAVALLORO, R. & PIAVAUX, A. (1983). C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control. Progress Report for 1979/1981, EUR 8273EN, pp.VI + 348.
7. DEWAR, A.M. (1982). The use of suction traps in studying cereal aphids, 16-17. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
8. van HAARTEN, A. (1982). The use of suction trap data in the Netherlands, 22-24. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
9. HARRINGTON, R. (1984). The effect of weather and behaviour on the winter survival of Myzus persicae. Potato Research (in press)
10. JACKY, F. & BOUCHERY, Y. (1982). Atlas des Formes Ailées des Espèces Courantes de Pucerons. Institut National de la Recherche Agronomique, Colmar, France. pp.48
11. LATTEUR, G. (1981). Reducing the use of chemicals against cereal aphids by improving the observation and prognosis methods, 33-35. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
12. MOUCHART, A. (1981). Le réseau expérimental ACTAPHID, 27-28. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
13. PHILIPSEN, H. (1982). Some aspects of using a 12.2m suction trap in Denmark, in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 47-49.
14. PLUMB, R.T. (1981). Aphid-borne virus diseases of cereals, 18-21. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
15. RABBINGE, R. & MANTEL, W.P. (1982). Monitoring and warning systems for cereal aphids in winter wheat, in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 51-53.
16. ROBERT, Y. (1981). The operation of yellow water traps and suction traps and the interpretation of the data collected, 28-32. Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp.47 + K171
17. SCHAEFER, G.W. (1976). Radar observations of insect flight, 157-197. In: Insect Flight (Ed. R.C. Rainey), Blackwell Scientific Publications, Oxford, England. pp. 287



18. SCHÜTTE, F. (1982). What is the use of suction traps? 61-62. In: Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 61-62.
19. TATCHELL, G.M. (1982). The interpretation of suction trap samples and aphid forecasting in Britain, in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 63-68.
20. TAYLOR, L.R. (1968). The Rothamsted Insect Survey. Natural Science in Schools, 6, 2-9
21. TAYLOR, L.R. (1973). Monitor surveying for migrant insect pests. Outlook on Agriculture, 7, 109-116
22. TAYLOR, L.R. (1977). Aphid forecasting and the Rothamsted Insect Survey. Journal of the Royal Agricultural Society of England, 138, 75-97
23. TAYLOR, L.R. (1979). The Rothamsted Insect Survey - an approach to the theory and practice of synoptic pest forecasting in agriculture, 148-185. In: Movements of Highly Mobile Insects : Concepts and Methodology in Research (Ed. R.L. Rabb & G.G. Kennedy), North Carolina State University, Raleigh, N.C. pp.456
24. TAYLOR, L.R. (Ed.) (1981). Euraphid Rothamsted 1980. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
25. TAYLOR, L.R. (1983) EURAPHID: synoptic monitoring for migrant insect pests, 133-146. In: Plant Virus Epidemiology (Ed. R.T. Plumb & J.M. Thresh), Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 377.
26. TAYLOR, L.R., FRENCH, R.A., WOIWOD, I.P., DUPUCH, MAUREEN J. & NICKLEN, JOAN (1981a). Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe. 1. Establishing expected values for species content, population stability and phenology of aphids and moths. Rothamsted Experimental Station, Report for 1980, Part 2, 41-104
27. TAYLOR, L.R. & PALMER, J.M.P. (1972). Aerial sampling, 189-234. In: Aphid Technology (Ed. H.F. van Emden), Academic Press, London. pp. 344
28. TAYLOR, L.R., PALMER, JUDITH M.P., DUPUCH, MAUREEN J., COLE, JANICE & TAYLOR, M.S. (1981b). A handbook for the rapid identification of alate aphids of Great Britain and Europe, K1-K171. In: Euraphid Rothamsted 1980 (Ed. L.R. Taylor), Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England. pp. 47 + K171
29. TURL, LINDSAY A.D. (1982). Forecasting colonisation of crops, using aphid suction-trap data, in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 83-91.
30. WEGOREK, W. & STACHERSKA, BOGUMILA (1977). Studies on aphids of economic important species populations on the basis of aerial sampling. 1. Many years populations' dynamic. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin, 19, 111-124
31. WIKTELIUS, S. (1978). Aerial dispersal of aphids into Sweden. Proceedings 1st International Conference on Aerobiology, Munich, 220-226
32. WOIWOD, I.P. (1982). Computer mapping of insect survey data, in Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes, Ed. J. Bernard, Gembloux, 79-82.

## Publications - Contract No. UK-0772

- CARTER N., DEWAR A.M. (1979) The development of forecasting systems for cereal aphid outbreaks in Europe. Proceedings of the 9th International Congress of Plant Protection, Washington D.C. 1 Plant Protection: Fundamental Aspects 170-173
- GRAHAM-BRICE I.J., HOLLOMAN D.W., LEWIS T. (1979) Pest and disease control in cereals: a research viewpoint. Journal of the Royal Agricultural Society of England, 140, 131-139
- TAYLOR L.R. (1979) The Rothamsted Insect Survey: an approach to the theory and practice of pest forecasting in agriculture. In: Movements of highly mobile insects: concepts and methodology in research. Ed. R.L. Rabb and G.G. Kennedy. Raleigh, North Carolina, State University, 148-185
- TAYLOR L.R., FRENCH R.A. (1979) Rothamsted Insect Survey Tenth Annual Summary. Roth. Exp. Stn. Annual Report for 1978, Part 2, 137-173
- TAYLOR L.R., WOIWOD I.P., TAYLOR R.A.J. (1979) The migratory ambit of the hop aphid and its significance in aphid population dynamics. Journal of Animal Ecology 48, 955-972
- WOIWOD I.P. (1979) The role of spatial analysis in the Rothamsted Insect Survey. In: Statistical Applications in the Spatial Sciences. Ed. N. Wrigley. Pion, London, 268-285
- A'BROOK J., DEWAR A.M. (1980) Barley yellow dwarf virus infectivity of alate aphid vectors in West Wales. Annals of Applied Biology 96 (1), 51-58
- DEAN G., DEWAR A.M., POWELL W., WILDING N. (1980) Integrated control of cereal aphids. Bulletin IOBC/WPRS 111/4, 30-49
- DEWAR A.M., WOIWOD I.P., CHOPPIN DE JANVRY E. (1980) Aerial migrations of the rose-grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Walk.), over Europe in 1979. Plant Pathology 29, 101-109
- JONES M.G. (1980) Observations on primary and secondary parasites of cereal aphids. Entomologist's Monthly Magazine, 115, 61-72
- POWELL W. (1980) *Toxares deltiger* (Haliday) (Hymenoptera: Aphididae) parasitising the cereal aphid *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Homoptera: Aphididae), in southern England: a new host-parasitoid record. Bulletin of Entomological Research 70, 407-409
- TAYLOR L.R., FRENCH R.A. (1980) Rothamsted Insect Survey Eleventh Annual Summary. Roth. Exp. Stn. Ann. Rep. for 1979, Part 2, 111-137
- WILDING N., BROBYN P.J. (1980) Effects of fungicides on development of *Entomophthora* aphids. Transactions of the British Mycological Society 75, 297-302
- WILDING N., PERRY J.N. (1980) Studies on *Entomophthora* in populations of *Aphis fabae* on field beans. Annals of Applied Biology 94, 367-378
- BARDNER R., FRENCH R.A., DUPUCH M.J. (1981) Agricultural benefits of the Rothamsted Aphid Bulletin. Rothamsted Experimental Station. Report for 1980, Part 2, 21-39
- CARTER N., DEWAR A.M. (1981) The development of forecasting systems for cereal aphid outbreaks in Europe. Proceedings of Symposium of IX International Congress on Plant Protection, Vol. 1, Plant Protection: Fundamental Aspects, 170-173
- CARTER N., DEWAR A.M. (1981) Forecasting outbreaks of the English grain aphid, *Sitobion avenae*, with the aid of a simulation model. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijsuniversiteit Gent, 46, 605-612
- DEAN G.J., JONES M.G., POWELL W. (1981) The relative abundance of the hymenopterous parasites attacking *Metopolophium dirhodum* (Walker) and *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae) on cereals during 1973-79 in southern England. Bulletin of Entomological Research 71, 307-315
- DEWAR A.M. (1981) The use of suction traps in studying cereal aphids. In: Euraphid Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor, 16-17
- HEDE O.E., PHILIPSEN H., TAYLOR L.R. (1981) Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe II. The species of alate aphids sampled at 12.2 m by Rothamsted Insect Survey suction trap at Iåstrup, Denmark, between 1971-76. Rothamsted Experimental Station, Annual Report for 1980, Part 2, 105-114
- PAPIEROK B., WILDING N. (1981) Etude du comportement de plusieurs souches de *Conidiobolus obscurus* (Zygomycetes Entomophthoraceae) vis-à-vis des pucerons *Acyrtosiphon pisum* et *Sitobion avenae* (Hom.: Aphididae). Entomophaga 25, 241-249
- POWELL W., DEAN G.J., DEWAR A.M., WILDING N. (1981) Towards integrated control of cereal aphids. Proceedings 1981 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases 1, 201-206
- TATCHELL G.M., DUPUCH M.J. (1981) Interpretation and dissemination of data from the Rothamsted Insect Survey. In: Euraphid Rothamsted 1980. Ed. L.R. Taylor, 14-15
- TAYLOR L.R. (Ed.) (1981) Euraphid Rothamsted 1980. Harpenden: Rothamsted Experimental Station, p. 218
- TAYLOR L.R., FRENCH R.A. (1981) Rothamsted Insect Survey. Twelfth Annual Summary. Rothamsted Experimental Station. Annual Report for 1980, Part 2, 123-151
- TAYLOR L.R., FRENCH R.A. (1981) Synoptic aerial monitoring as a basis for an aphid forecasting system in Europe - Euraphid. Euraphid Rothamsted 1980, Ed. L.R. Taylor, 9-12
- TAYLOR L.R., FRENCH R.A., WOIWOD I.P., DUPUCH M.J., NICKLEN J. (1981) Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe 1. Establishing expected values for species content, population stability and phenology of aphids and moths. Rothamsted Experimental Station. Report for 1980, Part 2, 41-104
- TAYLOR L.R., PALMER Judith M.P., DUPUCH Maureen J., COLE Janice, TAYLOR M.S. (1981) A handbook for the rapid identification of alate aphids of Great Britain and Europe, Euraphid Rothamsted 1980 Ed. L.R. Taylor, Part 2, 1-171
- WAY M.J., CAMMELL M.E., TAYLOR L.R., WOIWOD I.P. (1981) The use of egg counts and suction trap samples to forecast the infestation of springon beans, *Vicia faba*, by the black bean aphid, *Aphis fabae*. Annals of Applied Biology, 98, 21-34
- WILDING N. (1981) Pest control by Entomophthorales. In: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. Ed. H.D. Burges. London, Academic Press, 539-554

- WILDING N. (1981) The effect of introducing aphid-pathogenic Entomophthoraceae into field populations of *Aphis fabae*. *Annals of Applied Biology* 99, 11-23
- AJAYI O., DEWAR A.M. (1982) The effect of barley yellow dwarf virus on honeydew production by the cereal aphids, *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. *Annals of Applied Biology* 100, 203-212
- DEWAR A.M. (1982) What does a suction trap represent? In: Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard. Gembloux, 17-21
- DEWAR A.M., DEAN G.J., CANNON R. (1982) Assessment of methods for estimating the numbers of aphids (Hemiptera: Aphididae) in cereals. *Bulletin of Entomological Research* 72, 675-685
- TATCHELL G.M. (1982) Aphid monitoring and forecasting as an aid to decision making. Proceedings 1982 British Crop Protection Symposium. Decision Making in the Practice of Crop Protection. BCPC Monograph No. 25, 99-112
- TATCHELL G.M. (1982) The interpretation of suction trap samples and aphid forecasting in Britain. In: Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 63-68
- TAYLOR L.R. (1982) Changing aphid behaviour and distribution. In: Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard, Gembloux, 69-77
- TAYLOR L.R., MACAULAY E.D.M., DUPUCH MAUREEN J., NICKLEN JOAN (1982) Rothamsted Insect Survey. Thirteenth Annual Summary. Rothamsted Experimental Station. Annual Report for 1981, Part 2, 129-157
- TAYLOR L.R., WOIWOD I.P., TATCHELL G.M., DUPUCH MAUREEN J., NICKLEN JOAN (1982) Synoptic monitoring for migrant pests in Great Britain and Western Europe III. The seasonal distribution of pest aphids and the annual aphid aerofauna over Great Britain 1975-1980. Rothamsted Experimental Station. Annual Report for 1981, Part 2, 23-121
- WILDING N. (1982) The effect of fungicides on field populations of *Aphis fabae* and on the infection of aphids by Entomophthoraceae. *Annals of Applied Biology* 100, 221-228
- WOIWOD I.P. (1982) Computer mapping of insect survey data. In: Utilisation du piège à succion en vue de prévoir les invasions aphidiennes. Ed. J. Bernard. Gembloux, 83-91
- AJAYI O., DEWAR A.M. (1983) The effects of barley yellow dwarf virus, aphids and honeydew on *Cladosporium* infection of winter wheat and barley. *Annals of Applied Biology* 102, 57-65
- AJAYI O., DEWAR A.M. (1983) The effects of barley yellow dwarf virus on field populations of the cereal aphids *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. *Annals of Applied Biology* 103, 1-11
- CARTER N., DEWAR A.M. (1983) Forecasting outbreaks of the grain aphid. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, Brighton, 167
- DEWAR A.M. (1983) Rothamsted Insect Survey Cereal Aphid Monitoring Scheme - Riscams. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection (ICPP), Brighton, 166
- DEWAR A.M., HARRINGTON R., TATCHELL G.M. (1983) Aphids - recognition and control. *Big Farm Management*, 24-26
- PREW R.D., CHURCH B.M., DEWAR A.M., LACEY J., PENNY A., PLUMB R.T., THORNE G.T., TODD A.D., WILLIAMS T.D. (1983) Effect of eight factors on the growth and nutrient uptake of winter wheat and on the incidence of pests and diseases. *Journal of Agricultural Science* 100, 363-382
- TATCHELL G.M., PARKER S.J., WOIWOD I.P. (1983) Synoptic monitoring of migrant insect pests in Great Britain and Western Europe IV. Pest aphid host plants and their distribution in Great Britain. Rothamsted Experimental Station Annual Report for 1979, Part 2, 45-159
- TAYLOR L.R. (1983) Monitoring of pest aphids as predicting the need for chemical control. In: CEC Programme on Integrated and Biological Control Progress Report, 1979/1981. Ed. R. Cavalloro and A. Piavaux EUR 8273 EN, 300-306
- TAYLOR L.R. (1983) Euraphid - Synoptic monitoring for migrant vector aphids. In: Plant Virus Epidemiology, Ed. J.M. Thresh and R.J. Plumb. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 133-146
- TAYLOR L.R., WOIWOD I.P., MACAULAY E.D.M., DUPUCH MAUREEN J., MICKLEN JOAN (1983) Rothamsted Insect Survey. Fourteenth Annual Summary. Rothamsted Experimental Station. Annual Report for 1982, Part 2, 169-202.
- THOMAS G.C., GOLDWIN G.K., TATCHELL G.M. (1983) Associations between weather factors and the spring migration of the damson-hop aphid, *Prorodon humuli* Schrank. *Annals of Applied Biology*, 102, 7-17
- TAYLOR L.R. "in press" Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*



## The Effect of Pesticides on Some of the Fauna of Cereal Fields

A.M. Feeney

Agricultural Institute, Carlow (Ireland)

### Summary

In a study of the effects of pesticides on some fauna of cereal fields over the period 1979-83 detailed investigations carried out mainly on two families of predators, carabids and staphylinids, revealed the importance of a determination of the period of activity of adults on the soil surface and the selectivity of a pesticide in any integrated approach to pest control. The pesticides under investigation were benomyl, chlorpyrifos, dimethoate and pirimicarb. Chlorpyrifos was found to be the most destructive of the pesticides investigated.

### EFFETS DES PESTICIDES UR CERTAINES FAUNES DES CHAMPS DE CEREALES

#### Résumé

Pendant la période 1979-83 une étude a été réalisée sur les effets des pesticides sur la faune des champs de céréales. Les recherches effectuées sur deux familles de prédateurs - les carabides et les staphylinides - ont mis en évidence l'importance de la détermination de la période d'activité des adultes sur la surface du sol et de la sélectivité des pesticides, en tout programme dirigé vers la lutte intégrée contre les insectes. Les pesticides suivants ont été essayés: benomyl, chlorpyrifos, dimethoate et pirimicarb. Chlorpyrifos fut le plus sévère.

### INTRODUCTION

Since November 1979 investigations on the effects of commonly used pesticides on some fauna of cereal fields in Ireland have been in progress. Because of the fact that no work of this nature had previously

been carried out there, it was essential to determine as a first step the species occurring.

Aphids have become an important pest of cereals in recent years. This is probably because of changing husbandry practices, particularly earlier sowing in the autumn and greater use of nitrogen in the spring and early summer. Reports from other countries (1) suggest that carabids and staphylinids are important predators and therefore it was decided to concentrate on those initially bearing in mind the major taxonomic expertise needed to identify the various species; and later, if possible, to dwell on other groups such as spiders, ladybirds etc.

#### Methods

Pitfall traps were used to measure the relative occurrence of the various species of beetle and after initial recording of aphid numbers in 1980 particularly on the immature cereal, by visual method, a D-Vac suction sampler was subsequently used up to the growth stage when aphids could be easily counted visually on the head of the cereal plant. Polythene barriers were used to delineate the plots and to prevent movement of the various predators from one treatment area to another. Recordings were made weekly. The trial was carried out on a new site each year. The pesticides under test were benomyl, dimethoate and pirimicarb. After 1981 benomyl was replaced by chlorpyrifos which is being used presently in Ireland as a replacement for DDT. Benomyl is used for the control of Pseudocercospora herpotrichoides and is reported as being destructive to mites and earthworms. Dimethoate is broad spectrum and is the most widely used aphicide in Ireland. Pirimicarb is an aphicide with a narrow spectrum of activity.

## Results

These have been already reported for the years 1979-81 and 1979-82 (2) and (3).

For 1983 complete results are not yet available but indications are that generally these will corroborate those of the previous years.

Bembidium obtusum and Trechus quadristriatus remain the dominant autumn and winter carabids but from March onwards cf. Table I and IA Bembidion tetracolum occurs very abundantly. During the summer Agonum dorsale was found to be the most common species, when trapping was carried out without any barriers and within the barrier protected plots numbers were much reduced. It is possible, that on account of almost all summer trapping being done, up to 1983, within barrier protected plots that Agonum dorsale was not observed in considerable numbers. In 1983 the barriers were erected three weeks later than usual, due to inclement weather in the spring and A. dorsale was more numerous within the plots than heretofore. Pterostichus melanarius is another common summer species.

The most numerous staphylinid species occurring during the summer of the years 1980, '81 and '82 were Tachyporus hypnorum, Philonthus laminatus and Tachinus rufipes but the order of prevalence was not constant. Results for 1983 are not yet available.

All treatments reduced total carabid numbers considerably but chlorpyrifos was most extreme cf. Table II, 1983: When plots were treated with chlorpyrifos in the spring the numbers of aphids on these plots were much greater than in plots where no insecticides were applied cf. Table III. All treatment increased the yield of winter wheat over the control cf. Table IV. In the case of spiders chlorpyrifos was extremely destructive cf. Table V.

## Conclusions

The investigations over the 4 years 1979-83 have pinpointed the most important species numerically, of the families Carabidae and Staphylinidae. These are B. obtusum and T. quadristriatus among the carabids and Xantholinus linearis from the staphylinid group over the autumn and winter periods. During the spring and summer P. melanarius, B. tetracolum, B. aneum and Loricera pilicornis occur in greatest numbers while among the staphylinids the most numerous are T. hypnorum, P. laminatus, P. fuscipennis and T. rufipes. Results from 1983, however, suggest that A. dorsale may have been underestimated. Time of occurrence of individual species and susceptibility to insecticides have been also shown. This information is most useful in planning an integrated approach to pest control, where an importance is placed on natural enemies.

Further work needs to be carried out with other pesticides, particularly the synthetic pyrethroids as these are presently being widely used to control the spread of Barley Yellow Dwarf Virus by aphids in the autumn. The pyrethroids are non selective and could be very destructive to various natural enemies. In the absence of natural enemies the potential of aphids to increase can be very great.

## REFERENCES

1. Sunderland K.D. (1975). The diet of some predatory arthropods in cereal crops. J. Appl. Ecol. 12, 507-515
2. Feeney, A.M. (1983). The effect of pesticides on the soil fauna of cereal field Agriculture, CEC Programme on Integrated and Biological Control, Progress Report 1979/81. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, EUR8273 EN, 307-335.
3. Feeney, A.M. (1983). The occurrence and effect of pesticides on aphid predators in Ireland 1979-82, Aphid Antagonists Proc. Meeting of EC Experts Group/Portici. A.A. Balkema/Rotterdam



TABLE I: Weekly number of carabids caught per 20 pitfall traps from 19/11/82 to 22/4/83 in winter wheat (White field)

	W.F. 26/11/82	3/12/82	10/12/82	17/12/82	24/12/82	7/1/83	14/1/83	21/1/83	28/1/83	4/2/83	11/2/83	18/2/83	25/2/83	4/3/83	11/3/83	18/3/83	25/3/83	9/4/83	15/4/83	22/4/83	
<i>Bambidion obtusum</i>	8	28	13	25	5	52	35	64	49	23	37	10	12	10	14	11	8	9	5	6	424
<i>B. lampros</i>	1						1									1		15	15	50	83
<i>B. aeneum</i>																	14	28	21	25	98
<i>B. tetracolum</i>	4	2	4	3	3	28	26	27	59	35	43	13	32	158	403	377	341	556	304	201	2619
<i>Nebria brevicollis</i>	4		4		1	5	2	2	1						2	8	4	2		2	37
<i>Trechus quadristriatus</i>	22	12	9	17	1	50	22	38	39	8	9	2	1	15	18	3	9	19	15	8	317
<i>Agonum dorsale</i>	2													1			1	2			6
<i>A. mulleri</i>															3	8	4	5	10	17	47
<i>Pterostichus melanarius</i>															3	3		3	1	2	12
<i>P. vernalis</i>																					
<i>P. stenus</i>		1	1			2											1		1	5	11
<i>P. madidus</i>																					
<i>Amara familiaris</i>																					
<i>A. aenea</i>																		1	2	12	15
<i>A. plebeja</i>																					
<i>Loricera pilicornis</i>																4	1	1	2	4	12
<i>Calathus fuscipes</i>															1						1
<i>Carabus nemoralis</i>									1						4	7	1	3	5	3	24
<i>B. guttula</i>																					1
<i>Carabus granulatus</i>	42	43	31	45	10	138	86	131	149	66	89	25	45	185	450	430	386	646	382	341	3720

TABLE IA: Time of occurrence of various carabid beetles for period 17/5/83 to 9/8/83 in winter wheat from 4 control plots (White Field)

	W.F. 24/5/83	31/5/83	7/6/83	21/6/83	28/6/83	5/7/83	12/7/83	19/7/83	26/7/83	2/8/83	9/8/83	
<i>Bambidion lampros</i>		1	2	2					2	9	37	53
<i>B. tetracolum</i>	19	26	22	44	15	28	7	21	89	167	185	623
<i>B. aeneum</i>		4		1					2	4	10	21
<i>B. obtusum</i>			1	2						1		4
<i>B. guttula</i>	2	4	5	4	1	1				2		19
<i>Trechus quadristriatus</i>		2	1	1	1	16	15	6	3	11	102	158
<i>Harpalus rufipes</i>				1						1		2
<i>Amara familiaris</i>			1								1	2
<i>A. plebeja</i>		4	5	6	1	6	27	44	12	16	2	123
<i>A. aenea</i>		1		2		1						4
<i>Pterostichus melanarius</i>												
<i>P. madidus</i>							1					1
<i>P. stenus</i>			3	6	5	1	2				1	18
<i>Nebria brevicollis</i>	6	7	9	20	11	8	39	23				123
<i>Calathus fuscipes</i>						1		4		3	18	26
<i>C. melanocephalus</i>	1	1		1		1	1	3	11	12	41	72
<i>Carabus granulatus</i>											1	1
<i>C. nemoralis</i>								1	2			3
<i>Loricera pilicornis</i>	2	3	7	14	15	17	36	33	48	35	47	257
<i>Agonum mulleri</i>		2	2	3	1	1		3	3			15
<i>A. dorsale</i>	5	5	32	57	22	64	6	8	3		3	205
<i>Asaphidion flavipes</i>		1										1
<i>Synuchus nivalis</i>							1					1

TABLE II: Effect of treatment on catches of carabids by pitfall trapping over the period 17/5/83-9/8/83

	(Chlorpyrifos)	(Pirimicarb)	(Dimethoate)	(Control)
Treatments	1	2	3	4
Carabids	1332	2414	2366	3248

TABLE III: The effect of treatment on aphid numbers, per 100 tillers for period 17/5/83-9/8/83

Date	Chlorpyrifos	Pirimicarb	Dimethoate	Control
28/6/83	22.5	0.0	0.0	120.0
4/7/83	183.75	5.0	0.0	288.75
12/7/83	697.50	2.54	3.75	420.0
19/7/83	6.25	0.0	5.05	12.5
26/7/83	0.0	0.0	0.0	0.0

Sprayed Pirimicarb 22/6/83

Dimethoate "

Chlorpyrifos 13/5/83

TABLE IV: The effect of treatment on yields of winter wheat, kg/ha/20% moisture

Chlorpyrifos	Pirimicarb	Dimethoate	Control
6803.4	6946.4	7030.5	6453.2
105.4%	107.64%	108.9%	100.0%

TABLE V: The effect of treatment on numbers of Araneae for the period 17/5/83 to 12/7/83

<u>Date</u>	<u>Chlorpyrifos</u>	<u>Pirimicarb</u>	<u>Dimethoate</u>	<u>Control</u>
24/5/83	5	80	73	100
31/5/83	26	110	128	149
7/6/83	16	84	73	87
21/6/83	42	219	240	236
28/6/83	67	234	136	302
5/7/83				
12/7/83	1016	1023	848	1787

**Publications - Contract No. IR-0780**

FEENEY A. (1983) The effect of pesticides on the soil fauna of cereal fields *in* C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control - Progress Report 1979/1981 - Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux - EUR 8273 EN, 307-335



# Coordinated Activities





Part 4.a

## **Exchange of Scientists**



EXCHANGE OF SCIENTISTS SPONSORED BY THE PROGRAMME COMMITTEE

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
<u>1980</u> 1. G. SIEBRASSE	Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz D-GÖTTINGEN	Mr. DOUSSINAULT Station d'Amélioration des Plantes F-LE RHEU  Mr. RAPILLY Station de Bioclimatologie F-VERSAILLES	1-8 June	Forecasting of the footroot of wheat, <u>Cercospora</u> <u>herpotrichoides</u>
<u>1981</u> 1. J. DESTAIN	Station de Zoologie de l'Etat B-GEMBLoux	Prof. G. REMAUDIERE Institut Pasteur F-PARIS	1-20 Feb.	Production of <u>En-</u> <u>tomophthora</u> in <u>liquid</u> medium
2. B. BAGNOLI	Istituto Sperimentale per la Zoologia agraria I-FIRENZE	Dr. A. PANIS Station de Zoologie et Lutte biologique - INRA F-ANTIBES	16-28 Mar.	Utilization of entomophages in olives orchards
3. F. SCHUTTE	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D-BRAUNSCHWEIG	Dr. G.D. HEATHCOTE Broom's Barn Experimental Station UK - BURY ST. EDMUNDS  Dr. J. BROOK Welsh Plant Breeding Station UK - ABERYSTWYTH  Dr. L. TURL Dept. of Agriculture and Fisheries for Scotland UK - EDINBURGH	10-12 May  13-14 May  18 May	Use of suction traps

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
		Dr. T. LEWIS Rothamsted Experimental Station UK - HARPENDEEN	20-21 May	
4. J. HUBER	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D - DARMSTADT	Dr. H. AUDEMARD Station de Zoologie - INRA F - MONTFAVET	18-29 May	Resistance of the codling moth gra- nuloviruses under UV radiation
5. A. NICCOLI	Istituto Sperimentale per la Zoologia agraria I - FIRENZE	British Council UK - SOUTHAMPTON	24 May - 5 June	Course on "Phero- mones in pest control: current trends"
6. L. BLOMMERS	Proefboomgaard "De Schuilen- burg" NL - KESTEREN	Dr. M.G. SOLOMON East Malling Research Station UK - MAIDSTONE  Dr. D. GLEN Long Ashton Research Station UK - LONG ASHTON  Dr. A.L. WINFIELD ADAS UK - WYE	14-17 and 25-26 June  18-19 June  22-24 June	Standardization of procedures using Phytoseids against orchard mites in pilot experiments
7. A.M. FEENEY	An Foras Taluntais Oak Research Center IRL - CARLOW	Dr. T. BASEDOW Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D - HEIKENDORF-KITZEBERG  Dr. R. BRADNER Rothamsted Experimental Station UK - HARPENDEEN	29 June - 4 July  6-11 July	Study of pestpre- dators relations (taxonomy, trap- ping methods)

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
8. B. BOLET	Veterinaer og Landbohøjskole Zoologisk Institut DK - KØBENHAVN	Dr. A. KRIEG Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D - DARMSTADT	13-25 July	Techniques of pro- duction of <u>Agrotis</u> <u>segetum granula-</u> <u>viruses</u>
9. G. BRUNEL	Laboratoire de recherches de Zoologie - INRA F - LE RHEU	Dr. P. ELLIS National Vegetable Research UK - WELLESBOURNE Pr. H. PHILIPSEN Zoologisk Institut Veterinaer og Landbohøjskole DK - KØBENHAVN Dr. O. DE PONTI Institut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen NL - WAGENINGEN	13-15 July 3-05 Aug. 10-13 Aug.	Standardization of trapping systems of <u>Psila rosae</u>
10. M. ANAGNOU- VERONIKI	Benaki Physiopathological Institute GR - KIPHISSIA	Prof. VAGO Station de Recherche de Pathologie comparée F - SAINT-CHRISTOL	9-18 Dec.	Research and struc- tural studies on viruses of <u>Dacus</u> <u>oleae</u>
11. L. BAUWENS	Faculteit van Landbouwweten- schappen - Laboratorium voor Dierkunde B - GENT	Dr. R. RABBINGE Landbouwhogeschool NL - WAGENINGEN	14-24 Dec.	Population dyna- mics of <u>Delia</u> <u>brassicae</u>

EXCHANGE OF SCIENTISTS SPONSORED BY THE PROGRAMME COMMITTEE

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
<p>1982</p> <p>1. G.M. TATCHELL</p>	<p>Rothamsted Experimental Station UK - HARPENDEN</p>	<p>Dr. Y. BOUCHERY Centre de Recherches Agricoles INRA F-COLMAR</p> <p>Dr. G. LATTEUR Station de Zoologie appliquée de l'Etat, B-GEMBLoux</p> <p>Dr.Ir. R.RABBINGE Vakgroep Theoretische Teeltkunde, LH NL-WAGENINGEN</p>	<p>28 March- 1 April</p>	<p>Handling and dissemination of the data obtained by suction traps.</p>
<p>2. G.DI COLA</p>	<p>Istituto di Matematica Università I-PARMA</p>	<p>Prof.C.PELERENTS - Dr.L.BAUWENS Fakulteit van de Landbouwwetenschappen B-GENT</p> <p>Prof.A. SOENEN Onderzoekcentrum, B-GORSEM(Sint Truiden)</p> <p>Dr.Ir.R.RABBINGE Vakgroep Theoretische Teeltkunde, LH NL-WAGENINGEN</p>	<p>14-20 March</p>	<p>Pest Management systems in Europe.</p>

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
		<p>Dr. M.GIJPENS Faculté des Sciences Agronomiques, B-LOUVAIN-LA-NEUVE,</p> <p>Dr.N.VERHEIJDEN Institut Royal des Sciences Naturelles, B-BRUXELLES</p> <p>Prof.A.BUNDY Department of Artificial Intelligence, University, UK-EDINBURGH</p> <p>Dr.J.G.W.JONES Department of Agriculture University UK-READING</p>	20-24 April	
3. V.VACANTE	Istituto di Entomologia Agraria I-CATANIA	Dr.P.JOURDHEUIL Station de Zoologie et de Lutte biologique (INRA) F-ANTIBES	15-26 March	Rearing mites for the control of citrus fruits pests.
4. R.VAN DER KRAAN	Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen NL-WAGENINGEN	Prof.J.KENNEDY Imperial College UK-ASCOT	29 March-3 April	Behaviour of <u>A.orana</u> and utilization of pheromones.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
5. E. TREMBLAY	Istituto di Entomologia agraria I-PORTICI	Prof. R. CAVALLORO Centro Comune di Ricerca I-ISPR	7 May	Evaluation of the CEC research programme on integrated and biological control.
6. J. RAEPSAET	Station de Phytopathologie de l'Etat B-GEMBLoux	Dr. M. LEMAIRE Station de Pathologie Végétale (INRA) F-MONTFAVET  Dr. P. LUCAS Station de Pathologie Végétale (INRA) F-LE RHEU	8-10 June  22-25 June	Coordination of the work on <u>Gaeumannomyces graminis</u> .
7. R. BUES	Station de Zoologie (INRA) F-MONTFAVET	Dr. J. THEUNISSEN Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, NL-WAGENINGEN	13-18 July	Dynamic of populations of Noctuidae.
8. P. PAPAIOANNOU-SOULIOTIS	Benaki Phytopathological Institute GR-KIPHISSIA	Prof. R. ZOCCHI Istituto sperimentale per la Zoologia agraria I-FIRENZE	15-29 June	Olive spider mites and their natural enemies.
9. G. ZERVAS	Centre de Recherches nucléaires "Demokritos" GR-AGHIA PARASKEVI	Prof. H. LEVINSON Max Planck Institute D-SEEWIESEN	30 June-11 July	Behaviour and rearing of insects for biological control.



NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
10. R. JORDENS	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten D-BONN DUISDORF	Prof. KLOFT and KNEITZ Institute for applied Zoology, D-BONN  Prof. G. SCHUMANN Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, D-BRAUNSCHWEIG	5 July	Evaluation of the CEC research programme on integrated and biological control
11. M. HOMMES	Institut für Pflanzenschutz im Gemüsebau, D-HURTH-FISCHENICH	Prof. E. TREMBLAY Istituto di Entomologia agraria I-PORTICI	12-23 July	Forecasting methods of the outbreaks of cabbage root flies and resistance of cabbages to the pest
12. R. DUNNE	Kinsealy Research Centre IRL-DUBLIN	Dr. S. FINCH National Vegetable Research Station, UK-WELLESBOURNE  Dr. T. COAKER Department of Biology-University UK-CAMBRIDGE	2 weeks in August	Cabbage root fly and its natural enemies.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
13. A.R. ENTWISTLE	National Vegetable Research Station, UK-WELLESBOURNE	<p>Dr. R. GAIR Agricultural Development and Advisory Services UK-CAMBRIDGE</p> <p>Ir. M. VAN KEYMEULEN Fakulteit van de Landbouw-wetenschappen, B-GENT</p> <p>Dr. J. THEUNISSEN Instituut voor Plantenziekten-kundig Onderzoek, NL-WAGENINGEN</p>	5-8 Sept.	Biological control of soil born pathogens
14. D.M. GLEN	Long Ashton Research Station UK-BRISTOL	<p>Dr. DAVET Laboratoire de Recherches de Biologie végétale (INRA) F-MONTPPELLIER</p> <p>Dr. BOUNDOT Station de Recherche sur la Flore pathogene (INRA) F-DION</p>	6-10 Sept.	Invertebrate pathology as affected by viruses.
15. J. HUBER	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D-DARMSTADT	3rd International Colloquium on Invertebrate Pathology University of Sussex UK-BRIGHTON		

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
16. D. PETERS	Landbouwhogeschool NL-WAGENINGEN			
17. G. LATTEUR	Station de Zoologie appliquée de l'Etat, B-GEMBLoux	3rd International Colloquium on Invertebrate Pathology UK-BRIGHTON  Dr. WILDING Rothamsted Experimental Station UK-HARPENDEN	6-10 Sept.  11-15 Sept.	Utilization of fungi as bio- logical control agents.  Entomophthorales Foray.
18. S. LONGO	Istituto di Entomologia Agraria I-CATANIA	Dr. A. PANIS Station de Zoologie et Lutte biologique (INRA) F-ANTIBES	27 Sept.- 8 Oct.	Rearing and release of predators of orchards pests.
19. V. GIROLAMI	Istituto di Entomologia Agraria I-PADOVA	Prof. L. M. SCHOONHOVEN Landbouwhogeschool NL-WAGENINGEN	1-15 Oct.	Utilization of pheromones and attractants.
20. C. RICCI	Istituto di Entomologia Agraria I-PERUGIA	Dr. A. P. ECONOMOPOULOS Demokritos Nuclear Research Centre GR-AGHIA PARASKEVI	15-27 Nov.	Biological control of <u>Dacus oleae</u>
21. P. WIGGELL	Ministry of Agriculture, Fisheries and Food UK-CAMBRIDGE	Dr. A. P. ECONOMOPOULOS Demokritos Nuclear Research Centre GR-AGHIA PARASKEVI	16-19 Nov.	Participation to the symposium on Fruit Flies of economic importance.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
1983 1. G. FASSOTTE	Station de Zoologie appliquée de l'Etat B-GEMBLoux	Dr. C. DESCOURS Laboratoire des Médiateurs chimiques (INRA) F-SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE	20-21 Jan.	Utilization of pheromones in biological control of Tortricids.
2. M. ANAGNOU- VERONIKI	Institut Phytopathologique Benaki GR-KIPHISSIA	Dr. N. PLUS Station de Recherche de Pathologie comparée (INRA) F-SAINT-CHRISTOL	18 Febr. - 10 March	Studies on viruses of <u>Dacus oleae</u> .
3. P. KATSOYANNOS	Institut Phytopathologique Benaki GR-KIPHISSIA	Dr. G. IPERTI Station de Lutte biologique INRA F-VALBONNE	8-24 March	Biological control of <u>S. oleae</u> .
4. T. LIMONARD	Vakgroep Fytopathologie, LH NL-WAGENINGEN	Dr. H. W. BEHNE Institut für Pflanzenkrank- heiten und Pflanzenschutz D-HANNOVER	2 weeks in March	Relationships between foot and root diseases of cereals.
5. B. TURSCH C. GUERMANT J. V. MEERBEECK	Collectif de Bioécologie Université B-BRUXELLES	Prof. W. MORS Centro de Pesquisas Produtos Naturas BRAZIL-ILHO DA FUNDAO  Prof. M. D. IFANTIDIS Laboratory of Agriculture and Sericulture GR-THESSALONIKI	3-18 April/ 2 weeks in December  11 July - 28 August	Research on a new therapy against the <u>Varroa honey-</u> <u>bee mite</u> .

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
6. G. IPERTI	Station de Lutte biologique INRA F-VALBONNE	Dr. P. KATSOYANNOS Institut Phytopathologique Benaki GR-KIPHISSIA	2-15 May	Use of a new predator of <u>S.oleae</u> .
7. G. JAGER	Instituut voor Bodemvrucht- baarheid NL-HAREN	Dr. J. M. LEMAIRE Station de Pathologie végétale (INRA) F-LE RHEU  Dr. L. LOUVET Station de Recherche sur la Flore pathogène du Sol (INRA) F-DIJON	7-21 MAY	Utilization of non pathogenic strains to control fungal diseases of potato and sugar beet.
8. M. CANARD	Université Paul-Sabatier F-TOULOUSE	Dr. P. KATSOYANNOS Institut Phytopathologique Benaki GR-KIPHISSIA	4-18 July	Biological control of <u>S.oleae</u> .
9. H. PHILIPSEN	Zoologisk Institute Veterinaer-og landbohøjskole DK-KØBENHAVN	Dr. O. M. B. de PONTI Instituut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen  Dr. J. THEUNISSEN Instituut voor Plantenziekten-- kundig Onderzoek  Prof. D. de WILDE Vakgroep Entomologie, LH NL-WAGENINGEN	10 days in August	Studies and discussions of the research work on the carrot fly.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
10. A. WHITEHEAD	Rothamsted Experimental Station UK-HARPENDEN	<p>Dr. G. CAUBEL Laboratoire de Zoologie (INRA) F-LE RHEU</p> <p>Dr. R. DERN Hessisches Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Landentwicklung D-FRANKFURT-AM-MAIN</p> <p>Dr. MÜLLER Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D-MÜNSTER</p> <p>Prof. van der WAAL Vakgroep Nematologie, LH NL-WAGENINGEN</p> <p>Ir. J. van BEZOOIJEN Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond NL-LELYSTAD</p>	28 August - 16 Sept.	Control of Nematodes in various crops.
11. S. A. HILL	Agricultural Development and Advisory Services UK-CAMBRIDGE	<p>Dr. H. LAPIERRE Station de Pathologie végétale (CNRA) F-VERSAILLES</p> <p>Dr. W. HUTH Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D-BRAUNSCHWEIG</p>	29 Aug.- 3 Sept.	Cereal virus diseases.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
12. G. ROTUNDO	Istituto di Entomologia Agraria I-PORTICI	Prof. R. CAVALLORO Centro Comune di Ricerca I-ISPRA	5-18 Sept.	Rearing of entomoparasites of several insect pests.
13. O. M. B. de PONTI	Instituut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen NL-WAGENINGEN	Dr. H. J. B. LOWE Plant Breeding Institute UK-CAMBRIDGE  Dr. P. R. ELLIS National Vegetable Research Station UK-WELLESBOURNE	19-25 Sept.	Techniques for the assessment of host plant resistance to different insect pests.
14. S. K. SONI	National Vegetable Research Station UK-WELLESBOURNE	Dr. O. M. B. de PONTI Instituut voor de Veredeling van Tuinbouwgewassen  Dr. H. den OUDEN Instituut voor Plantenziekten-kundig Onderzoek NL-WAGENINGEN	26-30 Sept.	Studies on the resistance of onions to diptera
15. C. FASSOTTE	Station de Zoologie appliquée de l'Etat B-GEMBLoux	Dr. H. AUDEMARD Station de Zoologie (INRA) F-MONTFAVET  Dr. A. LAUZET Université Paul-Sabatier F-TOULOUSE	26 Sept.- 9 Oct.	Protection of apples by means of micro-biological agents.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
16. A. MIGLIORI	Station de Pathologie Végétale (INRA) F-LE RHEU	Dr. G. P. MARTELLI Istituto di Patologia vegetale I-BARI	10-21 Oct.	Virus diseases of globe arti- choke.
17. F. ROUXEL	Station de Pathologie Végétale (INRA) F-LE RHEU	Prof. INGRAM Department of Botany University Dr. M. S. WOLFF Plant Breeding Institute Dr. BERBYSHIRE Agricultural Development and Advisory Services Dr. KNIGHT National Institute of Agri- cultural Botany UK-CAMBRIDGE Dr. EVANS Agricultural Development and Advisory Services UK-READING Dr. WHITE National Vegetable Research Station UK-WELLESBOURNE Dr. HARRISON Scottish Crop Research Institute UK-DUNDEE Dr. McNAUGHTON Scottish Crop Research Institute UK-PENTLANDFIELD	10-28 Oct.	Diseases of cereales and associated crops.

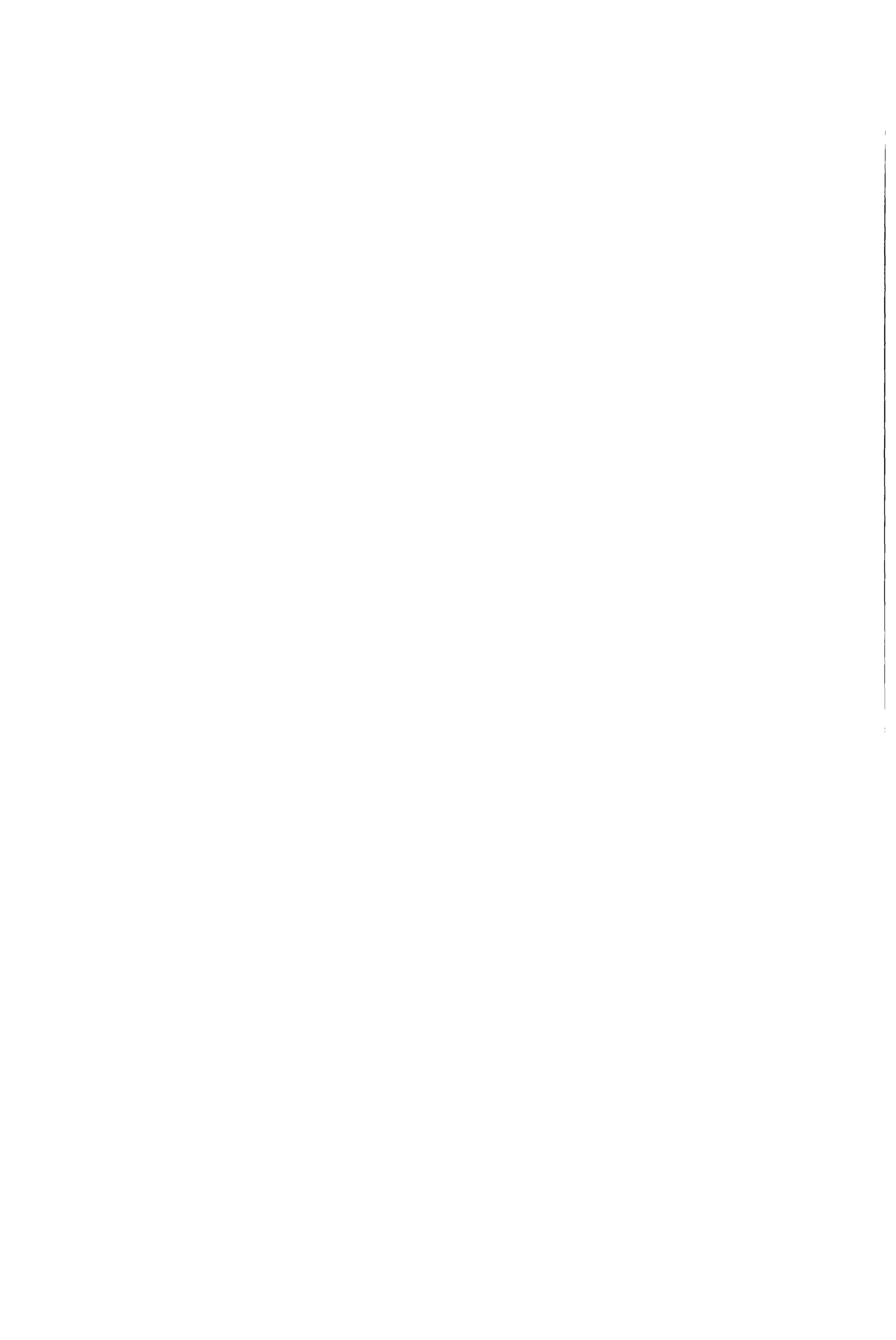


NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
18. C.BENASSY	Station de Lutte Biologique F-V ALBONNE	Dr.DIXON The North of Scotland College of Agriculture Dr.DEKOCKE The Macaulay Institute for Soil Research UK-ABERDEEN	17-21 Oct.	Utilization of pheromones in the integrated control of citrus pests.
19. G.ZIMMER- MANN	Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung D-DARMSTADT	Dr.V. ALEXANDRAKIS Subtropical Plants and Olive Institute GR-CHANIA  Dr.B.HURPIN Station de Recherches de lutte biologique (INRA) F-GUYANCOURT  Prof.G.REMAUDIERE Service de Lutte biologique Institut Pasteur F-PARIS	17-22 Oct.	Rearing of ento- moparasites.
20. P.C. SCHEEPENS	Landbouwhogeschool NL-WAGENINGEN	Dr.WAPHERE Unité de Lutte biologique CSIRO F-MONTPPELLIER	8-18 Nov.	Techniques of application and assessment of effects of patho- genes used for control of weeds.

NAMES	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
21. A.M. FEENEY	Oak Park Research Centre IRL-CARLOW	<p>Prof. KOCH Institut für Phytomedizin D-STUTTGART</p> <p>Dr. S. HASSAN Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung D-DARMSTADT</p> <p>Dr. K. SUNDERLAND Glasshouse Crops Research Institute UK-LITTLEHAMPTON</p> <p>Dr. L. TORRANCE Plant Pathology Laboratory</p> <p>Dr. L. R. TAYLOR Rothamsted Experimental Station UK-HARPENDEN</p>	14-26 Nov.	Utilization of the ELISA technique in some aspects of integrated protection

Part 4.b

**Meetings of Experts**



## LIST OF MEETINGS HELD IN THE FRAMEWORK OF THE "Integrated and Biological Control" PROGRAMME

### 1979

**Lutte intégrée en culture de brassicacées** - Paris - 20-21 March 1979 - 11 Participants.

**Lutte intégrée en culture d'oliviers et d'agrumes** - Firenze - 19-20 April 1979 - 9 Participants.

**Lutte intégrée en culture de pommiers** - Wageningen - 3-4 May 1979 - 11 Participants.

**Lutte intégrée en culture de céréales** - Gembloux - 15-16 May 1979 - 14 Participants.

**Programme Committee** - Firenze - 6-7 June 1979 - 11 Participants.

**Programme Committee** - Bruxelles - 6 November 1979 - 13 Participants.

**Innocuité des pesticides biologiques** - Paris - 15-16 November 1979 - 9 Participants.

**Production et application des biopesticides à base virale** - Wageningen - 21 November 1979  
9 Participants

### 1980

**Innocuité et réglementation des agents de lutte biologique** - Bruxelles - 18-19 March 1980 - 13 Participants.

**Entomoparasites and predators for biological control in orchards** - Wye - 25-27 March 1980  
12 Participants.

**Etat d'avancement des essais pilotes en plein champ sur la lutte intégrée en agrumiculture** - Catania  
12-13 June 1980 - 12 Participants.

**Etat d'avancement des essais pilotes en plein champ sur la lutte intégrée en oléiculture** - Firenze  
16-17 September 1980 - 12 Participants.

**Biological control of plant pathogens: present status and perspectives** - Bruxelles - 24 September  
1980 - 11 Participants.

**Programme Committee** - Bruxelles - 25-26 September 1980 - 14 Participants.

**Reduction of the use of chemicals against noxious weeds** - Braunschweig - 1-2 October 1980  
12 Participants.

**Résultats et discussion des méthodes d'échantillonnage et élaboration des modèles pour les insectes ravageurs du chou** - Mantfay - 9-10 October 1980 - 11 Participants.

**Standardisation des méthodes biotechniques sur la lutte intégrée en agrumiculture** - San Giuliano  
Siniscola - 4-6 November 1980 - 13 Participants.

**Progress on production and application of viral pesticides against orchard tortricids** - Dossenheim  
20-21 November 1980 - 10 Participants.

**Forecasting pests and diseases as a mean of avoiding unnecessary applications of pesticides on cereals** - Harpenden (Rothamsted) - 27-28 November 1980 - 21 Participants.

**Coordination of investigations concerning carrot fly control** - Bruxelles - 10-11 December 1980  
12 Participants.

### 1981

**Programme Committee** - Berlin - 19-20 February 1981 - 13 Participants.

**The effects and use of saprophytic microorganisms and their products for the control of cereal diseases** - Bruxelles - 25 June 1981 - 13 Participants.

**Programme Committee** - Bruxelles - 10 September 1981 - 14 Participants.

**Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur la lutte intégrée en agrumiculture** - Catania - 15-18 September 1981 - 18 Participants.

**Environmental and pesticide influences on some pests of cereals and their related predators and parasites** - Dublin - 30 September-1 October 1981 - 13 Participants.

**Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur la lutte intégrée en oliviculture** - Antibes - 4-6 November 1981 - 20 Participants.

**Programme Committee** - Athinaï - 12-13 November 1981 - 14 Participants.

**Production and application of baculoviruses against tortricids in orchards** - Paris/La Minière-Guyancourt - 26-27 November 1981 - 15 Participants.

## 1982

**Entomophages and biological methods in integrated control in olive groves** - Chania (Crète) - 11-12 March 1982 - 16 participants and 3 observers.

**Euraphid - an aphid trapping network** - Bruxelles / Gembloux (B) - 30-31 March 1982 - 15 participants, 4 observers.

**Programme Committee** - Antibes (F) - 7-8 June 1982 - 13 participants. Integrated Crop Protection against Pests in carrots - Kobenhavn (Dk) - 22-23 April 1982 - 10 participants, 8 observers.

**Biological and integrated control in brassica crops** - Dublin (IRL) - 6-8 September 1982 - 10 participants, 7 observers.

**Integrated control in citrus: comparison of results achieved by applying a standardised methodology** - Siniscola / Murarera (I) - 20-22 October 1982 - 10 participants, 3 observers.

**International Symposium: on fruit flies of economic importance** - Athens (GR) - 16-19 November 1982 (in collaboration with IOBC/WPRS) 115 participants, among which 35 invited by the CEC.

**Aphid antagonists** - Portici (I) - 22-24 November 1982 - 17 participants, 2 observers.

**Virus production and specific control techniques in orchards** - Darmstadt (D) - 2-3 December 1982 - 14 participants, 4 observers.

## 1983

**Varroa jacobsoni Oud. affecting honey bees: present status and needs** - Wageningen (NL) - 7-9 February 1983 - 15 participants, 4 observers.

**Programme Committee** - Cambridge (UK) - 18-19 May 1983 - 13 participants.

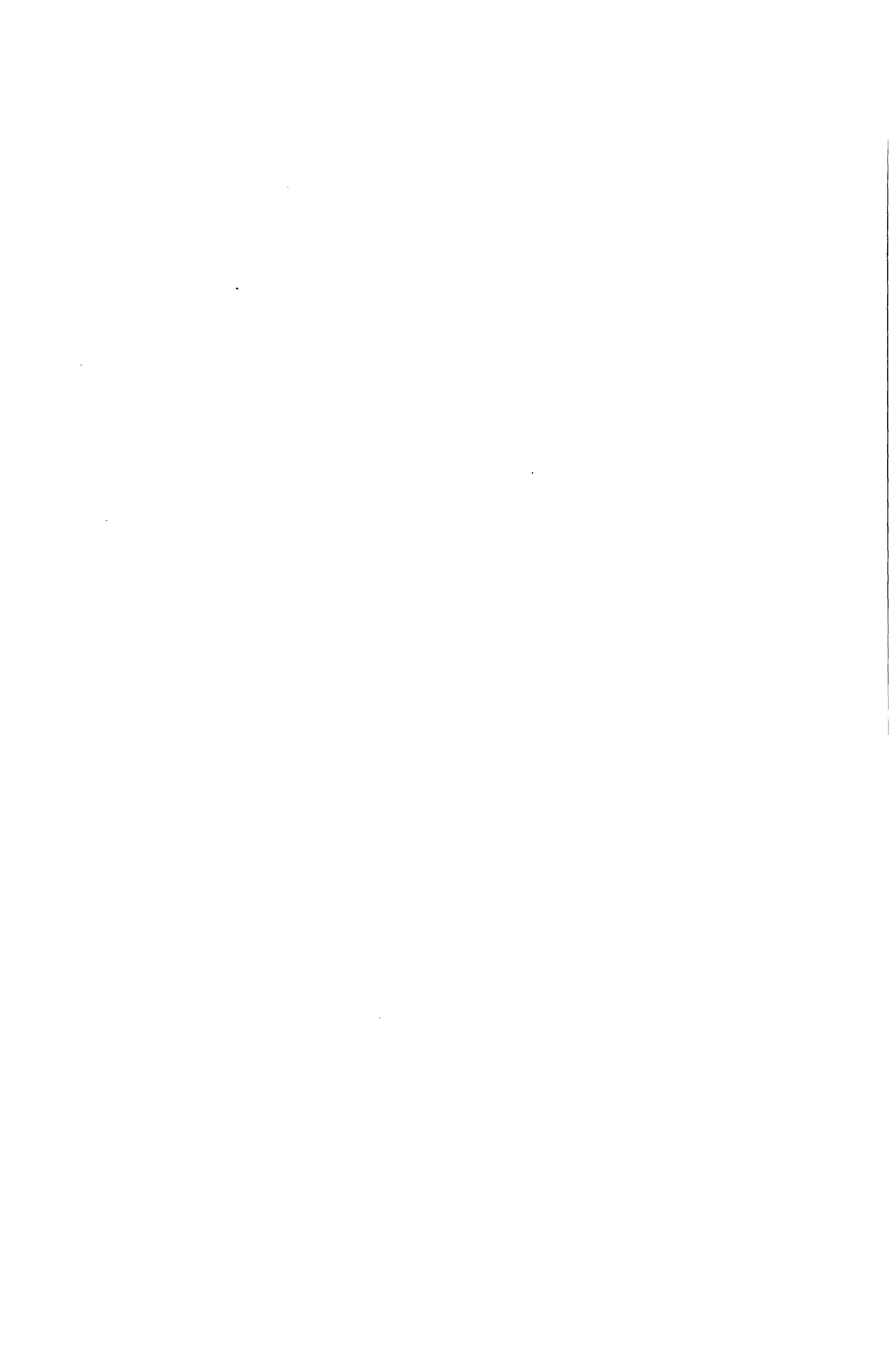
**Integrated control in olive groves** - Firenze (I) - 11-13 October 1983 - 20 participants, 7 observers.

**Statistical and mathematical methods in population dynamics and pest control** - Parma (I) - 26-28 October 1983 - 21 participants, 11 observers.

**General Meeting of the contractants in the research programme 1979-1983** - Bruxelles (B) - 14-16 November 1983, 32 participants.

**Programme Committee** - Bruxelles / Gent (B) - 17-18 November 1983 - 12 participants.

Part 4.c  
**Publications**





LIST OF PUBLICATIONS CARRIED OUT IN THE FRAMEWORK OF THE  
"Integrated and Biological Control" Programme

"Printed"

1981

1. CAVALLORO R., PROTA R. (Eds.)  
**STANDARDIZATION OF BIOTECHNICAL METHODS OF INTEGRATED PEST CONTROL IN CITRUS ORCHARDS**  
Proceedings of a Meeting of the EC Expert's Group, San Giuliano - Siniscola, 4-6 November 1980  
EUR 7342 EN-FR-IT, G. Gallizzi Publ., Sassari, pp. 206.
2. TAYLOR L.R. (Ed.)  
**EURAPHID 1980** - Aphid forecasting and pathogens & a handbook for Aphid identification  
Rothamsted Experimental Station, Harpenden, pp. 219.

1982

3. ARAMBOURG Y. (Ed.)  
**ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX ET ECHANGE D'INFORMATIONS SUR LES PROBLEMES POSES PAR LA LUTTE INTEGREE EN OLEICULTURE**  
Actes de la Réunion Groupe d'Experts C C E, Antibes, 4-6 novembre 1981  
Station de Zoologie et de Lutte Biologique - I.N.R.A., Antibes, pp. 254.
4. BERNARD J. (Ed.)  
**UTILISATION DU PIEGE A SUCCION EN VUE DE PREVOIR LES INVASIONS APHIDIENNES**  
Actes de la Réunion Groupe d'Experts C C E, Bruxelles - Gembloux, 30-31 mars 1982  
Station de Zoologie Appliquée du Ministère de l'Agriculture - C.R.A., Gembloux, pp. 91.
5. CAVALLORO R.  
**LA PROTECCION DEL OLIVO**  
Agricultura - Revista agropecuaria, Madrid, LI (605), pp. 981-982.
6. CAVALLORO R.  
**LES ACTIONS DE COORDINATION DE LA RECHERCHE POURSUIVIES PAR LA COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES DANS LE DOMAINE DE LA PROTECTION INTEGREE DES CULTURES**  
In: Proceedings of the 4th IOBC General Assembly, Antibes, 12-15 October 1981, WPRS Bulletin V/3, pp. 49-55.

7. JACKY F., BOUCHERY Y. (Eds.)  
**ATLAS DES FORMES AILEES DES ESPECES COURANTES DE PUCERONS**  
Institut National de la Recherche Agronomique, Colmar, pp. 48.

1983

8. CAVALLORO R. (Ed.)  
**FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE**  
Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium, Athens, 16-19 November 1982  
EUR 8364 EN, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, pp. 642.
9. CAVALLORO R. (Ed.)  
**APHID ANTAGONISTS**  
Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group, Portici, 23-24 November 1982  
EUR 8601 EN, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, pp. 143.
10. CAVALLORO R. (Ed.)  
**Varroa jacobsoni OUD. AFFECTING HONEY BEES: PRESENT STATUS AND NEEDS**  
Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group, Wageningen, 7-9 February 1983  
EUR 8761 EN, A.A. Balkema Publ., Rotterdam, pp.107.
11. CAVALLORO R., PIAVAUX A. (Eds.)  
**C.E.C. PROGRAMME ON INTEGRATED AND BIOLOGICAL CONTROL - PROGRESS REPORT 1979/1981**  
EUR 8273 EN, Commission of the European Communities Publ., Luxembourg, pp. 348.
12. CAVALLORO R., PIAVAUX A. (Eds.)  
**ENTOMOPHAGOUS INSECTS AND BIOTECHNOLOGIES AGAINST OLIVE PESTS**  
Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group, Chania, 11-12 March 1982  
EUR 8647 EN-FR, Commission of the European Communities Publ., Luxembourg, pp. 154.
13. CAVALLORO R., PROTA R. (Eds.)  
**INTEGRATED CONTROL IN CITRUS ORCHARDS: SAMPLING METHODOLOGY AND THRESHOLD FOR INTERVENTION AGAINST THE PRINCIPAL PHYTO-PHAGOUS PESTS**  
Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group, Siniscola - Muravera, 20-22 October 1982  
EUR 8404 EN-FR-IT, G. Gallizzi Publ., Sassari, pp. 64.

"In press"

14. CAVALLORO R.  
**GLI ORIENTAMENTI DI RICERCA PREDISPOSTI DALLE COMUNITA' EUROPEE PER LA DIFESA DELL'APICOLTURA**  
In: Atti del 2° Convegno Internazionale dell'Apicoltura per l'Agricoltura, Lazise, 29 settembre - 2 ottobre 1983
15. CAVALLORO R. (Ed.)  
**STATISTICAL AND MATHEMATICAL METHODS IN POPULATION DYNAMICS AND PEST CONTROL**  
Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group, Parma, 26-28 October 1983  
EUR 8989 EN, A.A. Balkema Publ. Rotterdam

European Communities - Commission

**EUR 8689 — Final Report of the CEC “Integrated and Biological Control”  
Programme 1979-1983**

*R. Cavalloro, A. Piavaux*

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

1984 - VIII, 476 pp. — 21.0x29.7 cm

Series Agriculture

DK DE EN FR GR IT

This publication presents the results of a five-year joint research programme (1979-1983) carried out between the Member Countries of the European Communities, following a Council decision of October 30, 1978 (78/902/CEC) concerning researches in the field of plant protection.

The main objective was a cooperative effort of the possibility of rationalising phytosanitary interventions. The aim is to achieve alternative control methods which are essentially biological in character and integrated natural mortality factors. The purpose is to reduce the use of those pesticide products which may lead to noxious effects in man and cause pollution of the environment.

This joint programme is termed “Integrated and biological control”. It concern themes related to fruits (apples, citrus and olives), to vegetables crops (cabbages and carrots) and to cereals. It also includes meetings of experts, the exchange of research-scientists, and publications.

The excellent work summarized in this report puts into evidence the value and importance of the results obtained. Furthermore it permits an evaluation of the efforts of the CEC in the field of the coordination of researchers on plant protection at the level of the ten Member Countries.