

Commission of the European Communities

K

AGRICULTURE



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

PROGRESS REPORT 1979/1981

EUR 8273

Commission of the European Communities

AGRICULTURE

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

R. Cavalloro, A. Piavaux

PROGRESS REPORT 1979/1981

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

1983

EUR 8273

Contents

Introduction

Common Activities

Part 1 Integrated and Biological Control in Fruits

Part 1.a Biological control in apple orchards

Virus production and utilization in integrated control against orchard tortricids: results of 1979-1981	
<i>H. Audemard, A. Burgerjon, D. Martouret</i>	5
Microbial control of <i>Adoxophyes orana</i> in combination with Granulosis virus control of codling moth	
<i>E. Dickler, J. Huber</i>	14
The influence of granulosis virus (LpGV) on the apple tree fauna in orchards where an integrated pest control programme is carried out	
<i>G. Neuffer</i>	22
Research (1978-81) in the United Kingdom on production and application of the Granulosis virus of codling moth, <i>Cydia pomonella</i>	
<i>C. Payne, D.M. Glen, J.E. Cranham</i>	34
L.A.R.S. and E.M.R.S.: Field trials of codling moth Granulosis virus in the United Kingdom (1979-1981)	
<i>D.M. Glen, J.E. Cranham</i>	41
Studies on the control of <i>Adoxophyes orana</i> larvae with a nuclear-polyhedrosis- virus	
<i>D. Peters, J. Wiebenga, J.H. Van Maanen, P.D. Timmermans, J. De Haan, G. Vanwetswinkel</i>	47

Part 1.b Integrated control in citrus groves

Integrated control against citrus pests	
<i>C. Benassy, J.C. Onillon, P. Brun</i>	67
Pilot project for biological control in citrus culture	
<i>A. Nucifora</i>	79
Integrated control in citrus fruit culture in Sardinia during the years 1979-1981	
<i>R. Prota</i>	89

Part 1.c Integrated control in olive groves

Pilot project for integrated pest control in olive groves	
<i>Y. Arambourg</i>	103
Project of integrated control in olive groves	
<i>R. Zocchi</i>	111

Part 2 Integrated and Biological Control in Vegetables

Part 2.a Integrated control of cabbage pests

Preliminary studies for the conception of an integrated control on cauliflower plantations in the south-east of France	
<i>R. Bues, H.S. Poitout</i>	127
Development of an integrated system for the control of suckling and chewing insects in cabbage crops	
<i>G. Crüger, M. Hommes</i>	142

Analysis and interpretation of ecological observations concerning the cabbage root fly <i>delia brassicae</i> Bouché	
C. Pelerents	162
Development of methods for monitoring and forecasting the incidence of <i>Delia radicum</i> (brassicae) populations on brassicas	
S. Finch, Rosemary H. Collier	173
Development of sampling methods of pests in cabbage crops	
J. Theunissen	184

Part 2.b Integrated control of carrot pests

Large scale production of Agrotis segetum Granulosis virus and field tests	
J. Joergensen	205
Resistance of carrot to the carrot fly, <i>Psila rosae</i>	
J.H. Visser, O.M.B. de Ponti	214

Part 3 Integrated and Biological Control in Cereals

Biological control of cereal aphids with entomophthorales	
G. Remaudière	227
Improvement of the techniques of observation and forecasting of the cereal aphids movements and contaminations	
A. Mouchart	247
Reduction of the use of pesticides against aphids by improvement of the observation and prognose methods	
G. Latteur, J. Nicolas	271
Research into the possibility of producing <i>in vitro</i> an inoculum from conidia with a view to its use against cereal aphids	
G. Latteur, J. Destain	283
Monitoring of pest aphids as predicting the need for chemical control	
L.R. Taylor	300
The effect of pesticides on the soil fauna of cereal fields	
A. Feeney	307

Coordinated Activities

Part 4.a Exchange of Scientists	
Exchange of scientists sponsored by the Programme Committee	340

Part 4.b Meetings of Experts

List of meetings held in the framework of the biological and integrated pest control programme of the CEC	344
---	-----

Part 4c Publications

List of Publications	346
----------------------------	-----

Introduction

Since 1979 the Commission of the European Communities has been carrying out research programmes in the field of plant protection : this is a cooperative effort intended to achieve a more rational use of phytosanitary products to find an efficient means of integrating natural control factors which are less damaging to the environment and consume less energy.

It fulfils the objectives established by a Council decision of October 30, 1978 (78/902/CCE) following which joint actions on a contractual basis, and concerted actions involving meetings of experts, an exchange of researchers and study visits have been implemented.

The whole is termed the "Integrated and biological control" programme, the activities of which are expected to last for five years (1979-1983). This programme includes themes of common interest referring to fruit trees (apples, citrus fruits and olives), to vegetable crops (cabbages and carrots), and to cereals.

This report summarizes the results of the work carried out by contractors from 1979 to 1981, which in the opinion of the Commission merits publication in a context which permits an evaluation of its role and its efforts in this field, as well as of the value and importance of the aims to be reached.

The progress already made is obvious even though the programme is still underway.

The close collaboration between countries should be stressed :

- institutes from France, Germany, Great Britain and the Netherlands work together on problems connected with apple orchards, mainly on the preparation and application of bio-pesticides on a viral basis;
- for citrus fruits and olives, French and Italian institutes collaborate in research on economic tolerance thresholds for different pests, in the definition of attack prediction models, in the choice of intervention treatments and in the use of biotechnical means and natural control factors, especially entomophages, in view of the implementation of integrated control pilot projects;
- institutes in Belgium, France, Germany, Great Britain and the Netherlands are working jointly to obtain more information on the causes of damage and on the dynamics of pest populations in cabbages; research is also being carried out on new methods of intervention;
- Danish and Dutch institutes are co-operating in the study of carrot crops, the principal aim of which is the reduction of pesticide treatments and the use of resistant cultivars and appropriate agricultural techniques;
- finally, institutes in Belgium, France, Great Britain and Ireland are collaborating in cereal research; the aphids and fungal diseases of wheat have attracted the attention of researchers who are seeking solutions which use biological control methods, in particular the non-polluting ones.

The state of the research, as documented in the reports presented, encourages the hope that the joint effort will lead to efficient solutions or at least to viable techniques of crop protection. These techniques should take into account the evolution and development of control methods which are favourable to the agro-ecosystem and to natural balances.

This publication also gives information on concerted actions which have been developed over the three-year period. The combined actions include meetings of experts and exchanges of research scientists, as well as the publications on the EC programme "Integrated and Biological Control".

R. Cavalloro, A. Piavaux

Common Activities

Part 1

Integrated and Biological Control in Fruits

Part 1.a

Biological Control in Apples orchards

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

VIRUS PRODUCTION AND UTILIZATION IN INTEGRATED CONTROL AGAINST
ORCHARD TORTRICIDS : RESULTS OF 1979-1981 RESEARCHES.

H. AUDEMARD (1), A. BURGERJON (2-3), D. MARTOURET (3)

SUMMARY

Two experimental productions of codling moth (*Cydia pomonella* L.) granulosis virus were achieved at La Minière. A total of $5,8 \cdot 10^{14}$ active virus particles (AVP) was prepared in 1980 and $2,7 \cdot 10^{14}$ AVP in 1981. Bioassays proved the low stability of SAN 406 I during shipment and storage.

Four field control trials against codling moth were done with two preparation of La Minière 1980, 1981 and SAN 406 I. The fruit protection was not adequate but the efficiency on larval population was rather good. These results are due to lack of persistance of spray deposits, proved in particular trials. U.V. protectants, at economic doses, were not sufficient to improve the results. The formulation of the preparation is still a problem.

Tortricides complex was studied in the Avignon area. As for as Pandemis heparana D et S is concerned a permanent rearing was achieved. An economic threshold based on sex trapping was experimented; control studies with IGR were encouraging.

PRODUCTION ET UTILISATION DE VIRUS EN LUTTE INTEGREE CONTRE
LES TORDEUSES DE VERGERS : RESULTATS DES RECHERCHES 1979-1981.

RESUME

Deux fabrications de préparations expérimentales de virus de la granulose du Carpocapse (*Cydia pomonella* L.) ont été réalisées à La Minière. Un équivalent de $5,8 \cdot 10^{14}$ particules de virus active (PVA) a été fabriqué en 1980 et $2,7 \cdot 10^{14}$ PVA en 1981. Les titrages biologiques ont mis en évidence le manque de stabilité de SAN 406 I (préparation expérimentale américaine) durant le transport et le stockage.

Quatre essais de lutte contre le Carpocapse ont été conduits en verger de pommiers avec les préparations de virus de La Minière 1980, 1981 et SAN 406 I. La protection des fruits n'était pas suffisante, alors que l'impact sur la population larvaire était assez bon. Ces résultats sont attribués surtout au manque de rémanence des préparations, qui a été mis en évidence dans de essais spéciaux. L'adjonction de protecteurs d'U.V. à des doses économiquement valables, n'a guère permis d'améliorer les résultats. Le problème de la formulation des préparations demeure entier.

Les complexes de Tortricides en verger ont été étudiés dans la région d'Avignon. En ce qui concerne Pandemis heparana, un élevage permanent a été mis au point, un seuil de tolérance économique, basé sur les captures au piège sexuel, a été expérimenté; les résultats des essais de lutte avec un régulateur de croissance (IGR) sont encourageants.

-
- (1) INRA-Station de Zoologie 84140 MONTFAVET.
 - (2) INRA-Service d'Expérimentation Phytosanitaire (SEP) Lutte Biologique, 84140 MONTFAVET.
 - (3) INRA-Station de Lutte Biologique, La Minière, 78280 GUYANCOURT.

Les travaux ont porté sur la production et l'emploi de virus de la granulose du Carpocapse (Cydia pomonella L.), ainsi que sur l'écologie des Tordeuses des vergers de Pomacées.

1. PRODUCTION DE PREPARATION DE VIRUS DE LA GRANULOSE ET ESSAIS DE LUTTE CONTRE LE CARPOCAPSE EN VERGER DE POMMIERS.

1.1 - Production de préparations expérimentales de virus de la granulose

La fabrication de virus, conduite à La Minière, est isolée géographiquement de l'élevage de multiplication du Carpocapse, localisé à Montfavet (2.500 adultes par jour).

La technique de production de virus consiste à contaminer le milieu nutritif au cours de l'élevage des larves en groupe, avec un inoculum originaire de l'Institut de Lutte Biologique de Darmstadt. Ensuite, les larves des derniers stades mortes sont prélevées par une pompe aspirante.

La suspension aqueuse de granules obtenue à l'issue de la fabrication est mélangée, sans purification, à du charbon végétal en poudre. La préparation est conservée au congélateur à - 20° C jusqu'à l'utilisation expérimentale.

On a obtenu : - en 1979-1980 : 14.650 larves mortes représentant un équivalent de $5,8 \cdot 10^{14}$ particules de virus actives (que nous désignerons ensuite dans le texte par PVA) (Cf. 2).

- en 1980-1981 : 7.600 larves mortes soit un équivalent de $2,7 \cdot 10^{14}$ PVA.

1.2. - Titrage biologique des préparations.

Une méthode rapide de titrage des particules de virus actives des préparations (PVA) a été mise au point. Elle consiste à utiliser des couches minces de milieu artificiel d'élevage qui reçoivent une pulvérisation de surface dans une tour de traitement. Les larves de Carpocapse nouvellement écloses sont isolées individuellement et les contrôles sont ensuite conduits sans manipulation.

Une préparation de virus de la granulose fabriquée en 1981 à Darmstadt, très purifiée et de titre connu ($24 \cdot 10^{10}$ particules de virus/ml), est utilisée comme référence. Le tableau 1 donne le titre des différentes préparations expérimentées, par rapport à cette préparation de référence. Pour la préparation de La Minière 1981, nos résultats sont similaires à ceux obtenus par HUBER et PAYNES (communications personnelles) avec d'autres méthodes de titrage. Une différence très sensible entre les titres établis par le fabricant, Darmstadt et Montfavet est relevée pour SAN 406 I. Elle peut être attribuée au manque de stabilité de cette préparation, qui a perdu de son efficacité lors des transports successifs.

TABLEAU 1

TITRAGE DES PREPARATIONS DE VIRUS DE LA GRANULOSE DU CARPOCAPSE

Préparations	<u>Particules de virus actives</u>	<u>Nombre total de particules virales</u>	<u>Particules de virus actives</u>
	Titrage biologique de Darmstadt (1)		Titrage biologique de Montfavet
Préparation de référence de Darmstadt		$24 \cdot 10^{10}$ /ml (2)	
La Minière 1980		$10 \cdot 10^{10}$ /ml (3)	$20,0 \cdot 10^{10}$ /ml
La Minière 1981	$6,6 \cdot 10^{10}$ /ml	$3,6 \cdot 10^{10}$ /ml (3)	$6,6 \cdot 10^{10}$ /ml
SAN 406 I	$7,8 \cdot 10^{10}$ /ml	$25 \cdot 10^{10}$ /ml (4)	$1,2 \cdot 10^{10}$ /ml

(1) HUBER (communication personnelle).

(2) Compté au microscope.

(3) Estimé.

(4) Indiqué par le fabricant.

1.3. - Etude de la rémanence des préparations et des possibilités de protection contre le rayonnement solaire.

La durée d'action des dépôts de pulvérisation sur les arbres est déterminée sur des rondelles de feuilles, disposées sur une mince couche d'agar-agar, ce qui crée une condition d'hygrométrie favorable au maintien des rondelles et permet une observation commode des larves. La méthode habituelle des prélèvements échelonnés a été complétée lors d'essais spéciaux, par des prélèvements le même jour sur des arbres traités à des stades échelonnés afin d'utiliser la même population larvaire homogène. Les résultats sont acquis au bout de 3-6 jours à 25° C.

Dans tous les essais conduits en été, la mortalité (corrigée par la formule d'ABBOTT) qui est de 100 p. 100 le jour du traitement, tombe à 50 p. 100 après 2-3 jours, ce qui montre la faible durée d'action des préparations.

L'adjonction de protecteurs d'U.V. tels que : charbon végétal en poudre, Eusolex 161, Eusolex 8021 (Société Merck), à la dose de 1 kg hectare, à la préparation de Darmstadt (à la dose de $0,5 \cdot 10^{14}$ PVA/ha) additionnée de lait en poudre, a été expérimentée. A titre d'exemple, nous donnons les résultats obtenus après 4 jours de soleil au mois d'août 1981 (Figure 1). Le classement des résultats sur la ligne de régression de la mortalité selon les doses au jour 0, permet de situer directement le gain éventuel de protection obtenu. Dans le meilleur des cas, avec le charbon végétal à 1 kg/ha, la mortalité est comparable à celle obtenue avec une dose de 1/8ème de la dose x, contre 1/16ème pour le témoin sans protecteur. Selon PULICANI (communication personnelle), les doses efficaces pour les préparations d'Eusolex seraient de 20 à 50 kg/ha, ce qui est incompatible avec une utilisation pratique et économique. Le problème de la rémanence des préparations reste donc posé.

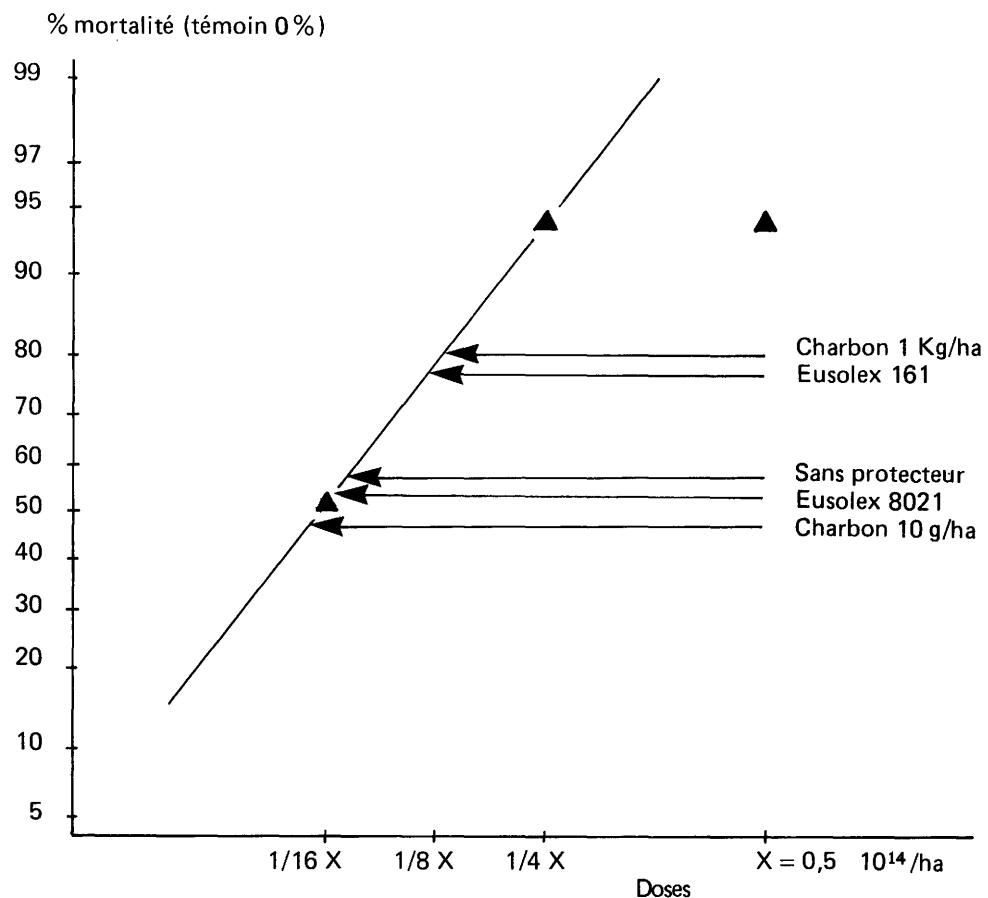


Figure 1: Effet des protecteurs d'ultra-violet sur la remanence des préparations de virus de la granulose (Résultats après 4 jours de soleil - Aout 1981)

1.4. - Essais de lutte contre le Carpocapse en verger de pommiers.

1.4.1. - Essais de Montfavet 1980-1981.

Ils ont été réalisés dans un verger comprenant 48 pommiers de 3 variétés, selon la méthode d'essai n° 18 de la Commission des Essais Biologiques de la Société Française de Phytiatrie et de Phytopharmacie, recommandée pour les essais d'homologation.

La population naturelle est renforcée par des lâchers de Carpocapse issus de notre élevage permanent et, dans ces conditions, la protection doit être assurée durant toute la période d'éclosion des œufs. Les traitements sont effectués par pulvérisation à la lance, sur la base de 1.200 litres de bouillie/hectare. Du lait écrémé en poudre à 2,4 kg/ha est ajouté aux préparations de virus dans tous les essais relatifs (au 1.4).

En 1980, nous avons comparé :

- Un témoin non traité.
- La préparation de virus de La Minière 1980, à la dose de $2 \cdot 10^{14}$ PVA/ha, appliquée tous les 7 jours et tous les 14 jours.
- Une préparation de Bacillus thuringiensis, serotype I à 27.000 UIAK/mg à la dose de 2 kg/ha, appliquée tous les 7 jours.
- Un diflubenzuron à 120 g de matière active/ha, appliqué tous les 14 jours et considéré comme référence. Selon la variété et la cadence d'application, 8 à 16 traitements sont intervenus.

En 1981, la comparaison a porté sur :

- Un témoin non traité.
- La préparation de virus SAN 406 I à la dose de $0,6 \cdot 10^{13}$ PVA/ha, appliquée tous les 14 jours.
- La préparation de virus SAN 406 I, à la même dose et à la même cadence d'application, additionnée d'Eusolex 161 à 1 kg/ha.
- La préparation de virus de La Minière 1981 à la dose de $6,6 \cdot 10^{13}$ PVA/ha, appliquée tous les 14 jours.
- Un diflubenzuron à 120 g de matière active/ha, appliqué toutes les 3 semaines. 6 à 7 traitements ont été pratiqués.

L'approvisionnement en préparation de virus étant intervenu très peu de temps avant le début des essais, les doses exactes utilisées n'ont été connues qu'a posteriori à partir des titrages biologiques. Cela explique en partie que la dose 10^{14} PVA/ha retenue au départ n'a, en définitive, pas été appliquée.

Les résultats sont appréciés par examen de l'ensemble des fruits tombés à terre et récoltés. Les notations sont celles proposées par le Groupe des experts de la C.E.E. "Lutte contre les Tordeuses des vergers par virus" rapportées par GLEN (in letteris). Toutefois, pour faciliter l'interprétation, les fruits non commercialisables (catégories 3 et 4 de GLEN), ainsi que ceux attaqués et tombés à terre, sont regroupés sous l'appellation "fruits attaqués".

Afin de suivre l'effet des traitements sur la population de Carpocapse, les larves du dernier stade sont estimées à partir des notations sur fruits et dénombrées dans les bandes-pièges placées sur tous les arbres des essais.

Les résultats sont résumés dans le tableau 2. Les pourcentages de fruits attaqués sur les arbres témoins sont élevés (1980 = 54,2 p. 100 ; 1981 = 68,4 p. 100), ce qui atteste des conditions difficiles de ces essais. La protection obtenue avec le diflubenzuron est excellente; c'est une référence sévère.

L'efficacité des préparations de virus de la granulose au plan de la protection des fruits n'est pas satisfaisante. Cela peut être attribué surtout à l'espacement trop important des traitements, auquel s'ajoute en 1981 l'insuffisance des doses utilisées.

Par contre, il faut souligner l'assez bonne action sur la dynamique de la population de Carpocapse. La mortalité due au virus progresse au cours de l'évolution des larves dans les fruits et lorsqu'elles recherchent un site pour tisser leur cocon. En 1980, avec un espacement des traitements de 7 jours, la réduction de la population est de 97,7 p. 100 par rapport au témoin, ce qui équivaut à celle observée avec le diflubenzuron. L'espacement de 14 jours entre les traitements donne en 1980 et 1981 de moins bons résultats. Il subsiste cependant toujours des traces d'attaque sur les fruits. Ce problème pourrait être résolu en faisant porter l'effort de lutte sur la 1ère génération.

Lors des 2 années d'essai aucun autre ravageur, à l'exception de Dysaphis plantaginea, n'a excédé les seuils de tolérance économique.

Nature des traitements	Nombres de fruits produits (1) sur 9 arbres	Pourcentages (2)		Efficacité par rapport au témoin ; pourcentages	
		Fruits attaqués (4)	Population larves du dernier stade Estimée dans fruits	Fruits attaqués	Population
				Fruits	Bandes-pièges
Témoin	5.840	54,2 a	44,5 a	8,7 a	58,6
Bacillus thuringiensis	6.899	24,1 b	13,6 a	3,6 a	
Granulose La Minière 1980 appliquée tous les 14 jours	5.425	19,7 bc	6,7 a	0,8 a	
Granulose La Minière 1980 appliquée tous les 7 jours	6.068	14,7 c	2,5 b	0,2 b	
Diflubenzuron	6.372	2,9 d	1,2 c	0,2 b	
Témoin	5.694	68,4	57,4	15,3	88,0
SAN 406 I	3.044	52,9	17,5	3,4	83,5
SAN 406 I + Eusolex 161	4.702	40,9	17,3	3,0	
Granulose La Minière 1981	3.365	54,8	18,3	3,3	87,1
Diflubenzuron	2.555	2,5	1,6	0,4	97,2

(1) Total 1980 = 30.604; 1981 = 19.460.

(2) Pourcentages par rapport aux fruits produits.

(3) Analyse statistique effectuée sur les nombres (variance, test F, comparaison des moyennes par la méthode de Bonferroni. Les traitements suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux au seuil P = 0,05).

(4) Fruits non commercialisables (catégories 3 + 4) (classification groupe expert C.E.E.) et attaqués tombés à terre.

1.4.2. - Essai de Saint-Marcel-les-Valence 1980.

La lutte est dirigée seulement contre la 1ère génération de Carpocapse dans un verger comportant 70 pommiers. Six traitements ont été effectués tous les 8-10 jours avec la préparation de La Minière 1980 à la dose de $2 \cdot 10^{14}$ PVA/ha.

Les dégâts sur fruits ont été de 2,5 p. 100 à la récolte (limites de confiance de la moyenne au seuil 95 p. 100 = 1,6 à 3,6), avec toutefois une production très faible. Le nombre de larves capturées dans 40 bandes-pièges a évolué de la manière suivante : 1979, larves hivernantes = 72 ; 1980, 1ère génération = 33 ; 2ème génération = 187, hivernantes = 219. La baisse de la population en 1ère génération due aux traitements n'a pas été suffisante pour empêcher une progression globale de la population durant l'année.

1.4.3. - Essai d'Avignon 1981.

Il s'agissait de protéger un verger commercial de 0,5 hectares de pommiers Golden, âgés de 17 ans, des attaques de Carpocapse avec la préparation SAN 406 I, complétée par de l'Eusolex 161 à 0,4 kg/ha. La dose de SAN 406 I utilisée n'a été que de $0,12 \cdot 10^{13}$ PVA/ha (cf. 12).

Les traitements espacés de 10-12 jours, ont été réalisés dans les conditions de la pratique, avec un appareil aéro-convection, sur la base de 1.200 litres/ha. L'arrêt de la lutte à l'issue de la 1ère génération de Carpocapse n'a pas été possible, en raison du dépassement du seuil d'intervention, basé sur le nombre de nymphes issues de larves capturées dans 40 bandes-pièges. Neuf traitements ont été appliqués.

Les résultats sont résumés dans le tableau 3. La récolte a été convenablement protégée, malgré une progression des dégâts sur fruits de 0,5 p. 100 à la fin de la 1ère génération à 1,8 p. 100 à la récolte. La population de Carpocapse n'a que légèrement augmenté en 1ère génération, ce qui est remarquable si on considère la faible dose de virus utilisée. Par contre, en 2ème génération, la population a fortement progressé, ce qui indique une efficacité insuffisante des traitements en période estivale où les températures sont très élevées.

TABLEAU 3

RESULTATS DE L'ESSAI D'AVIGNON 1981

Fruits attaqués non commercialisables (sur 4.000 examinés)

Attaques 1ère génération

0,5 % (0,2 à 0,7)

Attaques à la récolte

1,8 % (1,4 à 3,2)

(Limites de confiance de la moyenne au seuil 95 %)

Dynamique de la population (examen hebdomadaire de 40 bandes-pièges)

	<u>Nombre</u>	<u>Taux de multiplication</u>
Larves hivernantes 1980	82	
1ère génération 1981 (37 nymphes + 61 larves diapausantes)	98	x 1,2
2ème génération 1981	255	x 2,6
Larves hivernantes 1981	316	x 3,9
		(pour l'année)

Il faut noter, dans ce verger bénéficiant depuis 10 ans d'une protection intégrée : la limitation naturelle de la population de Pandemis heparana D et S, dont les dégâts sur fruits n'ont pas excédé 0,5 p. 100 et de Panonychus ulmi Koch., qui n'a nécessité aucun traitement depuis 4 ans. En définitive, un seul traitement aphicide a été appliqué.

2. ECOLOGIE DES TORDEUSES DES VERGERS DE POMACEES.

Le complexe des Tordeuses a été étudié en 1979-1980 dans 4 vergers de pommiers et de poiriers de la région d'Avignon par le piégeage sexuel de 13 espèces et l'échantillonnage des larves.

Pour Pandemis heparana, qui est l'espèce dominante, un élevage permanent et important a été mis au point. Par ailleurs, un seuil de tolérance, basé sur les captures d'adultes au piège sexuel, est en cours d'expérimentation, de même qu'une stratégie d'intervention périphorale ; les résultats sont encourageants. Un régulateur de croissance (IGR) a permis de réduire de 80 p. 100 la population d'adultes dans les essais, lesquels posent des problèmes de méthodologie.

Pour Argyrotaenia pulchellana Hw., qui est l'espèce la plus nuisible dans la région de Montpellier, les études portent sur la biologie et l'élevage permanent.

L'examen de la répartition en France des 4 principales espèces de Tordeuses de la pelure (Adoxophyes orana Fr. ; Pandemis heparana D et S ; Archips podana Scop. ; Argyrotaenia pulchellana Hw.) est en cours.

3. CONCLUSIONS.

Les résultats des essais de lutte contre le Carpocapse avec les préparations de virus de la granulose sont encourageants. Le développement de ces essais vers une utilisation pratique nécessite : la disposition de quantités suffisantes de préparation, la mise au point de formulations aptes à assurer la conservation de l'efficacité de la préparation durant son stockage et la bonne persistance des résidus sur les arbres.

Les Tordeuses de la pelure ne pouvant pas toutes être combattues par des préparations de virus, la recherche et l'expérimentation d'autres méthodes de lutte sélective s'imposent, dans le cadre d'une protection intégrée.

Publications - Contract No. 0700

- AUDEMARD H., FERRON P (1980) Coding moth control with *Beauveria bassiana* in orchards. Bull. SROP/WPRS, III (6), 55-57
- AUDEMARD H., BEAUV AIS Françoise, SAUPHANOR B. (1980) Controlling Coding moth by communication disruption with a synthetic sex pheromone: trials of 1978 and 1979. Bull. SROP/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. SROP/WPRS, III (7), 29-31
- GUENNELON Gilberte, AUDEMARD H., FREMOND J.C., EL IDRISI AMMARI M.A. (1981) Progrès réalisés dans l'élevage du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) sur milieu artificiel. Agronomie, 1 (1), 59-64
- SAUPHANOR B., AUDEMARD H. (1980) Analyse comparée des populations de Lépidoptères en verger de pommiers par piègeage 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.
- SAUPHANOR B. (1981) Possibilités d'aménagement de la lutte chimique contre la Tordeuse de la pelure *Pandemis heparana* Den. & Schiff., à l'aide du piègeage sexuel. Phytiatrie 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

MICROBIAL CONTROL OF ADOXOPHYES ORANA IN COMBINATION WITH GRANULOSISVIRUS CONTROL OF CODLING MOTH.

E. DICKLER (1), J. HUBER (2)

SUMMARY

In field experiments carried out at Dossenheim from 1979-1981, in which no chemical insecticides were applied and a granulosis virus (LpGV) was used for codling moth control, a severe fruit loss by leafroller damage was observed. Other pests such as spider mites and wooly apple aphid did not exceed the economic threshold if the selective LpGV was used. An Adoxophyes orana specific nuclear polyhedrosis virus (AoNPV) 10¹¹ p/l was very effective in bioassays to neonate larvae of the target pest, whereas under field conditions AoNPV alone or in combination with Dipel was not very sufficient in reducing the total leafroller damage. Preliminary results from cage experiments indicate that AoNPV is also fatal to A. orana in the field. Further research is needed to study the type of damage A. orana larvae do before they are killed by the virus. Field cage experiments indicate that leafroller damage might partly be due to other species, especially Pandemis heparana.

CONTROLE MICROBIOLOGIQUE D'ADOXOPHYES ORANA EN COMBINAISON AVEC LE
CONTROLE DE LASPEYRESIA POMONELLA PAR LE VIRUS DE LA GRANULOSE.

RESUME

Durant les années 1974 - 1981, le potentiel d'un virus de granulose pour le contrôle du carpocapse a été étudié dans un verger à Dossenheim. Le virus donnait une bonne protection des fruits contre le carpocapse. En même temps, d'autres ravageurs, comme les acariens et les pucerons cendrés restaient au-dessous du seuil de tolérance. Cependant, l'emploi de cet agent très spécifique et l'omission des traitements chimiques ont provoqué des dégâts considérables par des tordeuses de la pelure.

Dans des essais au laboratoire, un virus de polyédrose nucléaire se montrait très efficace contre A. orana. Mais dans le verger, ce virus, seul ou en combinaison avec B. thuringiensis, ne donnait pas une protection suffisante des fruits.

Des résultats préliminaires avec des arbres encagés indiquent que le virus est aussi mortel pour les larves de A. orana dans la nature, mais que d'autres espèces de tordeuses, comme Pandemis heparana, sont capables de faire des dégâts similaires aux pommes.

Des expériences consécutives doivent montrer jusqu'à quel point les larves de A. orana sont capables de faire des dégâts avant de mourir par l'action de virus.

(1) Biologische Bundesanstalt Institut für Pflanzenschutz im Obstbau
6901 DOSSENHEIM.

(2) Biologische Bundesanstalt Institut für biologische Schädlingsbekämpfung
6100 DARMSTADT.

UNTERSUCHUNGEN ZUR MIKROBIOLOGISCHEN BEKÄMPFUNG DES APFELSCHALEN-
WICKLERS ADOXOPHYES ORANA IN KOMBINATION MIT EINER BEKÄMPFUNG DES
APFELWICKLERS MIT GRANULOSEVIREN.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen von Freilandversuchen zur Bekämpfung des Apfelwicklers mit Granuloseviren (LpGV), die in Dossenheim von 1979 bis 1981 durchgeführt wurden, hatte die Verwendung des spezifischen LpGV und ein Verzicht auf chemische Insektizide hohe Fruchtschäden durch Schalenwickler zur Folge. Andere Obstschädlinge, wie Spinnmilbe und Blutlaus blieben unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle. Ein gegen Adoxophyes orana spezifisches Kernpolyedervirus (AoNPV 10^{11} p/l) erwies sich in Biotests als ausserordentlich wirksam gegen die Eiraupen dieses Schalenwicklers. AoNPV allein oder in Kombination mit Dipel zeigte unter Freilandbedingungen keine ausreichende Wirkung zur Verhinderung von Schalenwicklerschäden. Erste Ergebnisse aus Käfigversuchen deuten darauf hin, dass AoNPV auch im Freiland für A. orana-Larven fatal ist. In weiteren Untersuchungen ist zu ermitteln, welchen Schaden die Larven von A. orana verursachen, bevor sie infolge Virusinfektionen absterben. Ergebnisse aus Käfigversuchen lassen darauf schliessen, dass die Schalenwicklerschäden z.T. auch durch andere Wicklerarten, insbesondere Pandemis heparana verursacht werden können.

Field trials with the granulosis virus (LpGV) against codling moth were started at Dossenheim in 1974 and continued over eight successive years*. LpGV treatments applied in a commercial apple orchard resulted always in a good control of the target pest insect (Dickler, 1979; Huber, 1980) and the LpGV was as effective as the same number of treatments with chemical insecticides. The granulosis virus used is highly virulent and in the apple ecosystem specific to the codling moth. By using such a selective agent, many other orchard pests such as spider mites and the woolly apple aphid are kept below damage threshold by their natural enemies. These beneficials would be killed by the use of broad spectrum insecticides. Unfortunately, the natural control does not work for all orchard pests. In the last 5 years experiments in which no chemical insecticide was applied and LpGV was used for codling control a severe fruit loss by leafroller damage was observed. Thus, the aim of this study was to develop selective microbial control techniques against leafroller especially Adoxophyes orana to be used in combination with the codling moth granulosis virus.

Materials and Methods.

Codling moth trials.

The main study orchard, approx. 0,6 ha, is located on the experimental field of the Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim, and consists of 25 rows with 20 trees per row. Each row contains 4 trees each of the cultivars James Grieve, Golden Delicious, Cox Orange, Goldparmäne, and Jonathan. The semidwarf trees are grafted on rootstock M9. Blocks of 80 trees were sprayed with the broad spectrum insecticide Gusathion MS^R (azinphos-methyl + demeton-s-methylsulfon, 0,2 %), LpGV ($7 \cdot 10^{10}$ granules/litre) or kept untreated. Applications were made by handgun from a motor-sprayer at a rate of 1,5 litre/tree. Skim milk powder was added to the virus as spreader/sticker. In 1979, three codling moth treatments were made whereas in 1980, when codling moth population was very low, only one spray was applied. In both years LpGV propagated at the Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt, was used. 1981, for the first time, a virus formulation produced by an industrial firm, Sandoz Inc./Florida, was sprayed. On the cultivar Golden Delicious codling moth infestation was evaluated according to the guide line of the BBA by counting deep entries of all fruits (including windfalls).

Leafroller trials.

In the orchard described above also the influence of LpGV treatment on Leafroller damage on the cultivar Golden Delicious was evaluated. In 1980, for the first time a nuclear polyhedrosis virus against Adoxophyes orana (AoNPV) was tested in field experiments in Dossenheim. 4 trees each of the cultivar Jonathan were treated 3 times with AoNPV 10^{10} polyhedra/litre. AoNPV 10^{11} polyhedra/litre and AoNPV (10^{10} polyhedra/litre + Bacillus thuringiensis (Dipel 0,1 %), respectively. Gusathion MS (0,2 %) was used as chemical insecticide. 4 trees were kept untreated. 1 % skim milk powder was added to the virus. The virus used in the trials was produced in the Institut for Virology in Wageningen/Holland by Dr. Peters.

*These studies are part of a long term program supported by the German Federal Ministry of Research and Technology (BMFT).

In 1981 AoNPV (10^{11} polyhedra/litre) were applied once, twice and 3 times respectively to 2 trees each of the cultivar King of the Pippins in order to test the influence of reducing the number of applications. To estimate the efficacy of ApNPV against A. orana in the field 2 trees treated two times with AoNPV and 2 untreated trees were caged and all moths emerged were collected.

In another field trial carried out in 1980 and 1981 the efficacy of Bacillus thuringiensis (Dipel) alone and Dipel plus feeding stimulants against leafroller were compared with Gusathion MS. In a 0,7 ha apple orchard which was divided into six blocks, Dipel (0,1 %), Dipel + sugar (1,0 %), Dipel + skim milk powder (1,0 %), Dipel + sugar + skim milk, and Gusathion MS were applied three times a season by mistblower. One block was kept untreated. On 6-8 trees of the cultivar Golden Delicious in each block, leafroller damage was assessed at harvest by using five damage classes (Dickler and Huber, 1978).

Bioassay

To estimate the activity of the virus deposits on the fruit, samples of 60-120 apples per treatment were picked at random from the sprayed trees. In the laboratory two neonate A. orana larvae were placed onto each apple. After 14 days at 26° C, mortality of the larvae and damage inflicted upon the apples was recorded. By using Abbott's formula mortality values were corrected for natural mortality on untreated apples.

Results and Discussion

The results of the field trials for codling moth control are summarized in table 1. In 1978 and 1979, protection of the fruit by LpGV against codling moth damage was with ca. 90 % reduction of damage sufficient, though it was not as good as by the persistent Gusathion MS. In 1979 and 1980, codling moth population was very low. In 1980 damage in the untreated plot was with 0,3 % below economic threshold, so that no reliable data could be calculated.

As can be seen in table 2, treatments with Gusathion MS against codling moth resulted in a good leafroller control, whereas in the plots where LpGV was used the fruit skin feeding tortricids always caused severe damage.

In 1980 AoNPV alone or in combination with Dipel was not very effective in reducing the total leafroller damage (table 3). At a concentration of 10^{11} polyhedra/litre the virus gave only 51 % damage reduction. When counting only the unmarketable fruits, the efficacy of AoNPV 10^{11} and 10^{10} + Dipel was somewhat better. In 1981, all virus treatments led to a high fruit loss in this small field test (table 4). In bioassays carried out at Darmstadt, AoNPV even at lower concentrations and after 9 days exposition in the field was still very effective to neonate larvae of Adoxophyes orana (table 6).

Thus, in 1981 several methods were used to find out why treatments with AoNPV resulted always in a high mortality in the laboratory and gave only a poor protection against leafrollers in the field. In the cage experiment conducted on trees of the cultivar King of the Pippins (table 4) it could be proved that the AoNPV is fatal to the target insect also under field conditions. From the trees which were treated twice with AoNPV before being caged no A. orana moths emerged, whereas 21 A. orana moths were captured from the untreated trees. Considering the large number of Pandemis heparana emerged in the cages, this species may partly be responsible for the high fruit damage. Remains the question what type of damage A. orana larvae do before they are killed by the virus.

At least in the bioassay, the larvae died rather quickly, without inflicting major injuries upon the apples. In most cases severe damage was only observed from larvae which survived the virus treatments.

The field studies carried out in 1980 and 1981 to examine the efficacy of Dipel and Dipel + feeding stimulants against leafrollers were not very promising. As it can be seen from the results summarized in table 5, in 1980 there were no significant differences between the three Dipel formulations. Damage reduction by Dipel was generally rather low compared to Gusathion MS. Similar results were achieved in 1981. Further studies are needed to see if a combination of B.t. and virus products is practicable.

Literature

Dickler, E.: 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, 1979, 599-601.

Huber, J.: 7 Jahre Freilandversuche mit dem Granulosevirus des Apfelwicklers in der Bundesrepublik Deutschland. Proc. Intern. Symp. IOBC/WPRS "Integrierter Pflanzenschutz in der Land- und Forstwirtschaft" (Wien, 8.-12. Okt. 1979), 583, 1980.

Dickler, E. and J. Huber: Effect of codling moth control with granulosis virus on the arthropod fauna in an apple orchard. In: safety aspects of baculoviruses as biological insecticides. Symposium Jülich 13.-15. Nov. 1978, S. 69.

Publications - Contract No. 0720

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. Held at the Boyce Thompson Institute, Cornell University, Ithaca, U.S.A., 12-15 May 1980

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

Treatment	Number of apples	Damage %	Reduction %
1978			
LpGV	1225	1,1 a*	87,0
Gusathion MS	1192	0,1 b	99,0
untreated	2022	8,2 c	—
1979			
LpGV	4354	0,3 a	90,3
Gusathion MS	5640	0,1 b	98,5
untreated	4456	3,3 c	—
1980			
LpGV	4533	0,1 ab	58,1
Gusathion MS	6467	0,1 a	80,7
untreated	5156	0,3 b	—

* Figures from the same year followed by the same letter do not differ significantly at 5% level of probability (contingency table χ^2 test).

Table 1: Influence of treatments with codling moth granulosis virus (LpGV) and chemical insecticides (Gusathion MS) on codling moth infestation, cultivar Golden Delicious, Dossenheim 1978 - 1980

Treatment	Number of apples	Damage %	Reduction %	Unmarketable fruits %	Reduction %
1979					
LpGV	3572	25,7 a*	— 24,4	—	—
Gusathion MS	5398	0,4 b	97,9	—	—
untreated	3645	20,6 c	—	—	—
1980					
LpGV	4015	32,0 a	— 1,6	13,8 a	— 0,7
Gusathion MS	6342	0,5 b	98,4	0,1 b	99,0
untreated	4422	31,5 a	—	13,7 a	—
1981					
LpGV	2036	18,8 a	— 11,2	9,7 a	— 15,5
Gusathion MS	2860	2,1 b	87,6	0,9 b	89,3
untreated	2726	16,9 a	—	8,4 a	—

* s. table 1

Table 2: Influence of treatment with codling moth granulosis virus (LpGV) and chemical insecticides (Gusathion MS) on leafroller damage to fruits, cultivar Golden Delicious, Dossenheim 1979 - 1981

Treatment	Number of apples	Damage %	Reduction %	Unmarketable fruits %	Reduction %
AoNPV 10 ¹⁰ p/l	1005	10,7 a*	46,5	5,1 a*	42,1
AoNPV 10 ¹¹ p/l	1107	9,7 a	51,5	2,3 b	73,9
AoNPV 10 ¹⁰ p/l + Dipel	1093	10,9 a	45,5	2,7 b	69,3
Gusathion MS	1427	0,7 b	96,5	0,1 c	98,9
untreated	731	20,0 c	—	8,8 d	—

* Figures followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of probability (contingency table χ^2 test).

Table 3: Leafroller control with *Adoxophyes orana* nuclear polyhedrosis virus (AoNPV), *Bacillus thuringiensis* (Dipel) and chemical insecticides (Gusathion MS), cultivar Jonathan, Dossenheim 1980

Treatment	Number of trees	Number of apples	Apples damaged	Damage %	Reduction %	Moths <i>Adoxophyes orana</i>	Emergence <i>Pandemis heparana</i>
AoNPV 1+2+3*	2	309	49	15,9	35,7		
AoNPV 3	2	240	41	17,1	46,1		
AoNPV 1+2 (caged)	2	316	64	20,3	73,2	0	130
Gusathion MS 1+2+3	6	973	31	3,2	72,7		
untreated	6	539	63	11,7			
untreated caged	2	145	14	9,7	17,4	21	61

* 1 + 2 + 3 = first + second + third treatment; 3 = third treatment only.

Table 4: Influence of treatments with AoNPV and Gusathion MS on leafroller damage and moths emergence in caged trees, cultivar King of the Pippins, Dossenheim 1981

Treatment	Number of trees	Damage classes					Number of apples	Damage %	Reduction %	Unmarke- table fruits	Reduction %
		II	III	IV	V	fresh					
Dipel	6	18	4	6	22	—	1206	4,14 c*	58,5	2,3 c	54,9
Dipel + S	6	24	7	1	22	—	1168	4,62 c	53,7	2,0 c	60,8
Dipel + MP	4	23	3	2	15	1	767	5,73 c	42,6	2,3 c	54,9
Dipel + S + MP	4	19	6	3	16	—	740	5,94 c	40,5	2,6 c	49,0
Gusathion MS	6	4	4	1	4	—	1272	1,02 b	89,8	0,4 b	92,2
untreated	6	42	12	4	47	6	1112	9,98 a	—	5,1 a	—

* s.table 1

Table 5: Leafroller control with Bacillus thuringiensis (Dipel), Dipel plus feeding stimulants (sugar = S, skim milk powder = MP) and chemical insecticides (Gusathion MS); cultivar Golden Delicious, Dossenheim 1980

Virus concentration (polyhedra/litre)	Days after virus application:	
	0	9
10 ⁹	33,5	67,6
10 ¹⁰	96,8	92,7
10 ¹¹	100,0	100,0

Table 6: Virus mortality (%) of A. orana L₁ on apples picked after application of AoNPV in the field.

THE INFLUENCE OF GRANULOSIS VIRUS (LpGV) ON THE APPLE TREE FAUNA IN
ORCHARDS WHERE AN INTEGRATED PEST CONTROL PROGRAM IS CARRIED OUT.

G. NEUFFER (1)

SUMMARY

In 1980 and 1981 it was examined in general the effectiveness of granulosis virus of J. Huber, Darmstadt, on arthropods on apple trees in two co-operative fruit plantations in Mälmsheim near Stuttgart (2,9 ha) and in Murr in the North of Stuttgart (total 9 ha, experimental plot 1 ha). In the tests in 1980 we employed only the beating method, in 1981 we compared additional the beating method with the Steiner funnel method which was slightly modified to improve the effectiveness of field research methods. In both orchards the pest control were carried out according to the directives of the IOBC for an integrated pest control program since 1971.

The experiments with LpGV (extraction Huber) Suspension 10^{11} caps/ml in addition of 1,0 or 0,5 % skimmed milk powder showed just a small influence on arthropods on apple trees in orchards where the integrated pest control system is practised. We noticed this influence on Thysanoptera (indifferent arthropods) not only by beating but also by funnels, on Eriosoma only by funnels. In comparison to the insecticide treatment (Basudin 40 or Nexion strong) it is a very slight but noticeable effect. If this is caused by the skimmed milk or otherwise must yet be clear.

In other experiments various kinds of pheromones (Wageningen, Hoechst, Zoecon) were tested. The results of 4 orchards in Baden-Württemberg are shown in tables. It concerns the following Tortricids:

Pandemis heparana, Spilonota ocellana, Adoxophyes orana, Hedyra nubiferana, Laspeyresia pomonella, Archips podana, A. rosana, Christoneura sorbiana, Grapholita funebrana and Anarmonia formosana.

DIMINUTION DE L'APPLICATION D'INSECTICIDES GRACE A L'EMPLOI DE VIROSES
DANS LA CONDUITE INTEGREE DES VERGERS DE POMMIERS : INFLUENCE DU VIRUS
DE LA GRANULOSE (LpGV) SUR LA FAUNE DES POMMIERS

RESUME

Dans les années 1980 et 1981, on a étudié l'efficacité du virus de la granulose du carpocapse (LpGV, origine J. Huber, Darmstadt) dans deux plantations coopératives de pommiers en Baden-Württemberg (Mälmsheim et Murr).

Depuis 1971, on cultive ces plantations d'après les méthodes de lutte intégrée de l'OILB. Le sujet principal des recherches était d'examiner les effets et les effets secondaires de la préparation du virus après l'avoir appliqué sur la faune des pommiers, traités de la manière OILB. On a distingué des arthropodes nuisibles, utiles et indifférents.

Pour comparer, on a fait de même avec des arbres qui n'étaient pas traités et d'autres qui furent traités avec un insecticide (1980: Basudin 40, 1981: Nexion fort). Les tableaux et figures montrent les résultats obtenus à l'aide de la méthode frappage et entonnoirs de Stuttgart (H. Steiner).

(1) Landesanstalt für Pflanzenschutz, 7000 STUTTGART.

LpGV (suspension 10^{11} capsules/ml additionnée de lait en poudre à 1,0 % ou 0,5 %) n'influence guère les arthropodes du pommier. On a constaté une faible influence concernant Thysanoptera et Eriosoma. Par rapport au traitement conventionnel ce résultat n'est guère remarquable.

Il faut encore établir si ce résultat dépend de l'addition de lait en poudre ou d'autres circonstances.

En outre, on a recueilli les Tortricides dans diverses plantations de pommiers à l'aide de pièges à pheromones. Pandemis heparana est représenté considérablement, auprès des tortricides comme Laspeyresia pomonella et Adoxophyes orana.

VERMINDERUNG DES INSEKTIZIDAUFWANDS DURCH VERWENDUNG VON VIROSEN IN INTEGRIERT BEHANDELNEN APFELANLAGEN: DER EINFLUSS VON GRANULOSE-VIRUS (LpGV) AUF DIE APFELBAUMFAUNA, VERSUCHE VON 1980 UND 1981.

In den Jahren 1980 und 1981 wurde von der Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart, die Wirksamkeit von Granulose-Virus (LpGV) in Freilandversuchen geprüft. Das zur biologischen Bekämpfung des Apfelwicklers Laspeyresia pomonella verwendete Virus wird an verschiedenen Instituten in Europa und USA, jetzt auch von einer Firma in Florida, in Apfelwickler-Einzelzuchten noch recht aufwendig hergestellt. Das von uns in zwei Gemeinschafts-Apfelanlagen (Malmsheim, Krs. Böblingen und Murr, Krs. Ludwigsburg) getestete LpGV stammte von J. Huber, Institut für biologische Schädlingsbekämpfung der Biologischen Bundesanstalt in Darmstadt. Das Schwergewicht der Untersuchungen lag in der Prüfung der Wirkung und Nebenwirkung des Viruspräparates auf die Fauna von integriert behandelten Apfelbäumen, wobei schädliche, nützliche und indifferente Arthropoden unterschieden wurden.

1. Versuch 1980: Anlage Malmsheim

Die 2,9 ha grosse Gemeinschafts-Apfelanlage in Malmsheim 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 Laspeyresia pomonella und eine für Adoxophyes orana. Durch regelmässige Fallen-Kontrollen konnten die günstigsten Bekämpfungstermine ermittelt werden. 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 kleinen tragbaren Motorspritze mit Granulosevirus-Suspension (0,67 ltr./ha + 1 % Magermilchpulver) behandelt, 17 Bäume dienten als unbehandelte Kontrolle. Vor und in zeitlich gestaffelten Abständen nach der Granulosebehandlung wurden Klopftests (Methode Steiner) 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 10¹¹ Kapseln/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 Litern Wasser/ha, aber nur mit 0,5 % Magermilchpulverzusatz (4 kg/ha) behandelt wurde.

Die Ergebnisse der Klopftests, die beim Vorversuch und nach den beiden Spritzungen in der ganzen Anlage entnommen wurden, sind in den Tabellen 1 und 3 zusammengefasst. Die Auszählungen von insgesamt 12 Klopftests ergaben 1980 summiert 3694 schädliche, 552 nützliche und 2792 indifferente Tiere (Summe: 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 4 395 geernteten Äpfeln entstandenen Ernteschäden sind in Tabelle 5 aufgezeichnet.

2. Versuche 1981: Anlagen Malmsheim und Murr

Wie im Jahre 1980 wurden auch 1981 die Nebenwirkungen von LpGV auf die Arthropodenfauna des Apfelbaumes untersucht. Zusätzlich zur Klopftestmethode wurde die Steiner'sche Trichtermethode in etwas abgeänderter Form angewandt als Beitrag zur Verbesserung der Methodik der Freilanduntersuchungen. Die Versuche wurden in den 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 konnten 1981 in beiden Versuchen nur die Nebenwirkungen der LpGV-Behandlungen untersucht, nicht aber die Wirkung von LpGV auf den Apfelwickler selbst ermittelt werden. Auch die Fruchtschäden-Bonitierungen mussten unterbleiben. In der Anlage Malmsheim stellten die Besitzer ab Juli alle Pflanzenschutzmassnahmen ein, da im Durchschnitt nicht ein Apfel pro Baum heranreifte. In Murr ebenfalls ein Totalausfall der Ernte zu beklagen.

Die Spritzversuche wurden trotzdem am 7.7.81 in Malmsheim und am 8.9. in Murr durchgeführt. Behandelt wurden jeweils 12 Bäume (Niederstämme) der Sorte Golden Delicious (Malmsheim) und James Grieve (Murr) mit 0,67 l/ha Granulose-Suspension (Herkunft Huber, Darmstadt von 1980, kühl gelagert) mit 10¹¹ 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 Mälmsheim wurden vor dem Versuch (unbehandelt) am 29.6.81 vier Klopftproben und am 7.7.81 je zwei Proben mit 26 Schlägen von verschiedenen Bäumen genommen. Nach Versuchsbeginn am 7.7. folgte je eine Klopftprobe 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 den Tabellen 2 und 4 und Abbildung 1 zusammengefasst.

In beiden Anlagen wurden nach Versuchsbeginn pro Parzelle sechs Plastiktrichter mit je $0,5 \text{ m}^2$ Fangfläche an drei Bäumen angebracht. Kontrollen erfolgten 1 Tag, 2 Tage und 3-4 Tage nach den Behandlungen.

Das üblicherweise am Trichterende befindliche Arthropoden-Sammelglas wurde durch einen mit Löchern versehenen Plastikbecher ersetzt, in dem ein Kaffeefilterpapier eingelegt war. Auf diese Weise konnte die Trichtermethode auch bei nicht stabiler Wetterlage angewandt werden, weil anfallendes Regenwasser aus dem Trichter durch die Öffnungen abfliessen konnte. Die eingefallenen Arthropoden sammelten sich im Filterpapier, konnten anschliessend getrocknet und nach Lagerung im Gefrierschrank ausgewertet werden. Für Vergleichstests von Pflanzenschutzmitteln erwies sich die Methode als ausreichend.

In Mälmsheim 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 Tichterversuche sind in den Tabellen 6 bis 8 und in Abbildung 2 dargestellt.

3. Diskussion der LpGV - Versuchsergebnisse:

LpGV (Herkunft Huber) mit Zusatz von 0,5 % Magermilchpulver zeigt kaum einen Einfluss auf die Gesamtarthropodenfauna des Apfelbaumes. Nur bei den Thysanopteren ("Indifferente") ist sowohl bei Klopft- wie teilweise bei den Trichterproben, bei Eriosoma (Blutlaus) nur in den Trichtern eine schwache dämpfende Wirkung erkennbar. Im Vergleich zu der Insektizidbehandlung fällt dies aber kaum ins Gewicht. Ob diese Wirkung durch den Milchpulverzusatz oder aber auf andere Weise zustande kommt, muss noch geklärt werden.

In der Methodik von populationsdynamischen Untersuchungen hat sich die Trichtermethode in der abgeänderten Form mit Wasserabfluss im Auffanggefäß und Einlage eines Papierfilters bewährt. Die Nebenwirkungen eines Pflanzenbehandlungsmittels auf die Obstbaumfauna lassen sich damit wesentlich besser erfassen als mit der Klopftmethode, besonders bei unstabiler Wetterlage.

4. Pheromone

Seit 1972 werden an der Landesanstalt für Pflanzenschutz verschiedene Sexuallockstoffe (Pheromone), vor allem bei Wicklern (Tortricidae) im Obstbau geprüft zur Verwendung für den Warndienst. Die Pheromone stammten von verschiedenen Forschungsstellen: von Zoecon (Palo Alto Calif. USA), von Montedison (Italien), von Arn, Eidaen. Forschungsanstalt in Wädenswil (Schweiz), von Priesner (Seewiesen), Bestmann und Vostrowsky (Erlangen), von Voermann (Wageningen, Holland) und der Fa. Hoechst, Frankfurt. Auch diverse Fallentypen wurden geprüft: OILB:WPPS - Standardfalle, Blumentopffalle (Neuffer), Papierfalle von Zoecon und Hoechst, Plastikfallen von Wacker. Das Hauptgewicht der Untersuchungen wurde auf die Prognose (Warndienst) des Falterflugs gelegt, um optimale Schädlingsbekämpfungstermine zu ermitteln, aber auch Versuche mit der Verwirrtechnik (confusion technique) beim Pflaumenwickler standen im Versuchsprogramm. Im Berichtszeitraum sind

weitere Pheromone entwickelt worden, dadurch hat sich die Versuchstätigkeit stark ausgeweitet. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, dass die Befunde nicht nur von einzelnen Alagen, sondern möglichst von verschiedenen Standorten des Landes zusammengetragen wurden. Die meisten Untersuchungen liegen beim Apfelwickler (Laspeyresia pomonella) und dem Schalenwickler Adoxophyes orana in der Anlage Murr, wo mit Hilfe zahlreicher Fallen die Populationsdynamik in den einzelnen Jahren ermittelt wird. Die Summenfänge vom Apfelwickler aus 12 Fallen in Murr von 1974 bis 1981 sind in der Abbildung 3 dargestellt und die Fänge von Laspeyresia pomonella u.A. orana von Malsheim 1980 und 1981 in Abbildung 4 und 5.

Auch in weiteren Apfelanlagen mit integrierten Pflanzenschutzprogrammen wurde mit Pheromonfallen der Flug und die Verbreitung der anderen im Obstbau vor kommender Tortricidae vom Frühjahr bis zum Herbst kontrolliert. Die Summenfänge einiger Wicklerarten der Jahre 1980 und 1981 sind in Abbildung 6 einander gegenübergestellt. Als potentielle Schädlinge kommen außer den bekannten Laspeyresia und A. orana (reticulana) noch Hedya nubiferana (Grüner Knospenwickler), Spilonota ocellana (Roter Knospenwickler) und vor allem Pandemis heparana (Rotbrauner Schalenwickler) in Betracht. Aber auch weitere, in der Tabelle 9 von 4 Standorten Baden-Württembergs genannte Wickler sind zumindest zahlenmäßig von Bedeutung. Ob allerdings aus der Menge der gefangenen Männchen auf einen entsprechenden Schaden geschlossen werden kann oder darf, sollte in Zusammenhang mit den Ergebnissen der zur Zeit bei Dickler im Institut für Pflanzenschutz im Obstbau der BBA in Dossenheim laufenden Versuche diskutiert werden. Denkbar, aber noch nicht erwiesen, wäre eine Schadenzunahme bei durch selektive Mittel (Virus) ausgeschalteter Konkurrenz (L. pomonella und A. orana).

Table 1: beating - samples Mälmsheim 1980			untreated 1980				research lot Granulose 1980				Granulose 1,5 ha 1980				Beaudin 1,5 ha 1980			
species			25.7	29.7	1.8	total	25.7	29.7	1.8	total	1.8	4.8	7.8	total	1.8	4.8	7.8	total
noxious arthropods	Phyllobius	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	Anthonomus	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Psyllina	63	61	32	156	41	31	28	100	18	25	3	46	1	1	4	6	
	Kleinzikaden	20	22	23	65	28	16	9	53	10	11	16	37	20	4	2	26	
	Aphrophora	4	2	4	10	1	6	2	9	1	0	0	1	1	0	1	2	
	Aphidina	2	5	5	12	1	0	3	4	0	5	2	7	2	4	0	6	
	Eriosoma	6	13	0	19	17	10	0	27	1	0	8	9	11	5	5	21	
	Noctuiden	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	
	Tortricidae	0	0	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	
	Miniermotten	1	4	0	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
useful arthropods	Tetranychidae	63	15	57	135	106	51	43	200	95	376	379	850	556	560	752	1868	
	Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
	Cantharis	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Coccinellidae	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	
	Anthocoridae	9	11	3	23	8	13	9	30	9	20	23	52	20	7	4	31	
	Miridae	5	0	9	14	3	1	1	5	0	2	0	2	2	0	0	2	
	Planipennia	0	0	1	1	1	1	1	3	0	0	2	2	0	2	1	3	
indifferents	Syrphidae	0	0	0	0	3	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Hymenoptera	57	34	79	170	41	17	22	80	16	26	22	64	11	12	14	37	
	Nitidulidae	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	
	Chrysomelidae	1	2	2	5	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	
	Moderkäfer	8	0	1	9	2	1	1	4	2	1	2	5	4	0	1	5	
	Forficula	8	5	12	25	0	3	2	5	1	0	0	1	0	0	1	1	
	Thysanoptera	142	267	87	496	64	406	95	656	104	41	98	243	163	28	56	247	
	Formicidae	3	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Diptera	77	109	89	275	15	67	172	254	146	101	68	315	58	67	42	167	
	Araneae	7	10	13	30	7	5	5	17	0	0	0	0	0	0	0	0	
Acarai	Acari	0	0	2	2	0	3	3	6	5	2	0	7	0	0	1	1	
	Curculionidae	0	1	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	

Table 1: Klopftprobenfänge in Mälmsheim 1980 (absolute Zahlen)

Table 2: beating - samples Mälmsheim 1981			untreated 1981						research lot Granulose 1981						research lot Nexion 1981					
species			29.6	7.7	8.7	10.7	14.7	total	7.7*	8.7	10.7	14.7	total	7.7*	8.7	10.7	14.7	total		
noxious arthropods	Phyllobius	5	3	1	1	0	10	1	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0		
	Anthonomus	3	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2		
	Psyllina	7	0	1	3	3	14	4	0	5	1	6	2	2	0	1	3			
	Kleinzikaden	13	3	6	10	5	37	6	8	10	6	26	12	0	1	0	1			
	Cixius	2	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2			
	Aphidina	2	4	3	2	0	11	2	3	3	0	6	0	5	2	0	7			
	Eriosoma	7	3	0	0	1	11	0	0	2	0	2	3	0	3	8	11			
	Geometridae	4	1	0	0	0	5	5	1	0	1	2	0	0	0	0	0			
	Tortricidae	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	0	1	2			
	Miniermotten	7	2	0	0	0	9	0	0	1	1	2	0	0	0	2	2			
useful arthropods	Tetranychidae	56	65	50	41	31	243	14	1	8	4	13	16	21	5	8	34			
	Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
	Coccinellidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	3			
	Anthocoridae	38	34	10	19	11	112	23	11	12	17	40	21	6	7	6	19			
	Miridae	8	1	0	0	0	9	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0			
	Planipennia	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
	Syrphidae	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
indifferents	Hymenoptera	23	6	5	9	4	47	6	7	4	14	25	9	4	8	12	24			
	Nitidulidae	0	0	1	3	0	4	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1			
	Chrysomelidae	3	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Moderkäfer	1	0	2	4	0	7	5	1	1	0	2	9	1	1	3	5			
	Forficula	19	7	0	2	1	29	3	2	3	2	7	4	2	1	2	5			
	Thysanoptera	29	99	53	86	32	299	156	35	25	30	88	172	75	11	20	106			
	Diptera	10	28	6	22	16	82	12	4	10	11	25	26	11	19	19	49			
	Araneae	1	4	3	4	7	19	0	1	1	4	6	5	0	2	2	4			
	Acarai	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
	Curculionidae	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0			
	ind. Cicadina	8	4	3	0	0	13	0	1	2	1	4	1	0	2	0	2			

Table 2: Klopftprobenfänge in Mälmsheim 1981 (absolute Zahlen)

Malmheim beating samples 25.7 - 7.8 1980 selection Arthropods	sum 3 trials					
	untreated number	Granulosis research lot %	Diazinon/ Granulosis number	Diazinon/ Granulosis %		
NOXIOUS ARTHROPODS						
Psyllina	156	100	6			
Small Cicadina (Erythroneura, Typhlooyba, Empoasca)	65	53	26			
Aphidina	12	4	6			
Eriosoma	19	27	21			
	252	50,9	184	37,2	59	11,9
USEFUL ARTHROPODS						
Anthocoridae	23	30	31			
Miridae	14	5	2			
Hymenoptera	170	80	37			
	207	52,8	115	29,3	70	17,9
INDIFFERENT ARTHROPODS						
"Rotteness beetles" (Moderkafer) (Atomaria, Corticaria, Cryptophagus)	9	4	5			
Thysanoptera	496	656	247			
Diptera	275	254	167			
Aranea	30	17	0			
	810	37,5	931	43,1	419	19,4
$\Sigma =$	1269	41,6	1230	40,4	548	18,0

Table 3: Klopftprobenfänge in Malmheim 1980, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

Malmheim beating samples 8.7 - 14.7 1981 selection Arthropods	sum 3 trials					
	Untreated number	Granulosis number	Granulosis %	Nexion number	Nexion %	
NOXIOUS ARTHROPODS						
Psyllina	7	6	3			
Small Cicadina (Erythroneura, Typhlooyba, Empoasca)	21	26	1			
Aphidina	5	6	7			
Eriosoma	1	2	11			
	34	35,4	40	41,7	22	22,9
USEFUL ARTHROPODS						
Anthocoridae	40	40	19			
Miridae	0	0	0			
Hymenoptera	18	25	24			
	58	34,9	65	39,2	43	25,9
INDIFFERENT ARTHROPODS						
"Rotteness beetles" (Moderkafer) (Atomaria, Corticaria, Cryptophagus)	6	2	5			
Thysanoptera	171	88	106			
Diptera	44	25	49			
Aranea	14	6	4			
	235	45,2	121	23,3	164	31,5
$\Sigma =$	327	41,8	226	28,9	229	29,3

Table 4: Klopftprobenfänge in Malmheim 1981, ausgewählte Arthropoden absolut und in %

Apfelsorte/Erntedatum Anzahl untersuchter Apfel Behandlung	"Goldparmane" 9 - 10 - 1980			"Golden Delicious" 23 - 10 - 1980		
	753	1814	404	512	852	
Noctuidae	11,3	6,9	3,6	4,1	3,4	
Laspeyresia pomonella	0,9	0,2	2,0	0	1,2	
Adoxophyes orana und andere						
Tortriciden	2,3	2,2	4,1	1,2	2,3	
Aphidiidae	1,8	0	0	0,2	4,4	
Fruchtstecher (Rhynchites aequatus)	0,4	0	2,2	2,6	2,7	
Pamenerhediella	0	0	0	0	0,4	
Total	16,7	9,3	11,9	8,1	14,4	
Schorf (Venturia inarqualis)	15,4	19,8	19,0	16,9	6,0	

Treatments against insects in 1980 (blossom time: 14.5 - 3.6 1980)

11.6.80	Pirimor 50 g. 3 - fold	600 Ltr H ₂ O/ha	Dysaphis plantaginea total orchard	9.8.80	Granulose 670 cm ³ + 4 Kg milk - powder + Pomuran 200 g. 2 - fold	
					800 Ltr H ₂ O/ha	Laspeyresia pomonella total orchard
30.7.80	Granulose 670 cm ³ + 8 Kg milk-powder + Pomuran 200 g 2 - fold	800 Ltr H ₂ O/ha	Laspeyresia pomonella South - half		Apple varieties: Golden Delicious, Goldparmane, Jonathan and others (Red Boscop, Glockenkäpfel, Melros, Idared)	
	Basudin 40 100 g. 3 - fold	600 Ltr. H ₂ O/ha	Laspeyresia pomonella North - half			

Table 5: Zusammenfassung der durch Insekten verursachten Ernteschäden an Äpfeln. Gemeinschaftsanlage Malmheim bei Stuttgart 1980 (Integrierte Pflanzenschutzprogramme seit 1971)

TABLE 6: Funnel samples Mälmsheim 1981		untreated				research lot Granulosis				research lot Nexion			
		1 T	2 T	4 T		1 T	2 T	4 T		1 T	2 T	4 T	
		7 7	8 7	10 7	total	7 7	8 7	10.7	total	7 7	8 7	10 7	total
noxious arthropods	Phyllobius	2	0	0	2	1	1	1	3	1	0	0	1
	Psyllina	0	1	0	1	1	0	0	1	2	0	0	2
	Kleinzikaden	4	0	1	5	27	5	0	32	64	12	0	76
	Cixius	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
	Aphidina	5	8	1	14	2	3	0	5	7	0	0	7
	Eriosoma	4	8	2	14	49	38	10	97	72	54	55	181
	Geometridae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	Tortricidae	3	2	0	5	6	0	1	7	3	0	0	3
	Miniermotten	0	1	0	1	1	1	0	2	1	2	0	3
	Tetranychidae	4	0	0	4	0	0	0	0	1	3	2	6
useful arthropods	Staphylinidae	5	0	0	5	1	0	0	1	1	2	0	3
	Coccinellidae	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Anthocoridae	1	1	4	6	4	2	2	8	73	17	9	99
	Miridae	1	0	0	1	1	2	0	3	7	7	0	14
	Panipennia	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
	Syrphidae	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
	Hymenoptera	9	4	2	15	8	1	4	13	33	20	4	57
indifferents	Elateridae	0	3	0	3	0	0	0	1	1	0	0	1
	Phalacidae	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	2
	Moderkafer	0	0	0	0	1	0	1	3	2	1	2	5
	Forficula	1	0	0	1	0	0	1	1	2	5	1	8
	Thysanoptera	59	71	6	136	281	149	11	441	386	127	11	524
	Diptera	21	21	10	52	55	19	7	81	114	44	23	181
	Aranea	0	2	0	2	2	0	1	3	1	0	0	1
	Acarai	2	1	0	3	0	0	0	0	2	0	0	2
	ind Cicadina	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	undefinable larva	17	5	10	32	2	17	3	22	0	0	1	1

Table 6: Trichterprobenfänge in Mälmsheim 1981 (absolute Zahlen)

Funnel method Murr 1981		unbehandelt/untreated				Granulosis (LpGV)				Nexion (Bromophos)						
		1 T.	2 T.	3 T.		1 T.	2 T.	3 T.		1 T.	2 T.	3 T.				
		8.9	9.9	11.9	19.9	1981	8.9	9.9	11.9	19.9	1981	8.9	9.9	11.9	19.9	1981
noxious Arthropods	Psylla costalis	1	0	0	1	0	0	1	1	5	0	0	5	7		
	Kleinzikaden	3	2	0	5	2	1	1	4	23	1	0	24	33		
	" " Larven	1	2	1	4	2	0	0	2	125	1	0	126	132		
	Eriosoma	5	2	11	18	1	2	2	5	7	9	22	38	61		
	Tetranychidae	5	8	21	34	0	2	4	6	3	15	39	57	97		
	sum	15	14	33	62	5	5	8	18	163	26	61	250	330		
useful Arthropods	Staphylinidae	0	0	2	2	0	1	0	1	2	0	3	5	8		
	Cantharis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
	Coccinellidae - Larven	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Anthocoris	1	3	1	5	0	0	0	0	16	6	1	23	28		
	Ornus	2	1	0	3	0	0	1	1	64	7	6	77	81		
	" " . Larven	0	0	1	1	0	0	1	1	43	3	7	53	55		
	Miridae	0	0	1	1	1	0	1	2	8	2	1	11	14		
	Chrysopa	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	3		
	Hemerobius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1		
	Hymenoptera	4	2	3	9	0	0	6	6	10	13	17	40	55		
	Aphidoletes	2	4	0	6	0	3	0	3	10	5	4	19	27		
	sum	10	10	8	28	1	4	9	14	155	37	41	233	274		
indifferents	Nitidulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2		
	Moderkafer	0	0	1	1	0	0	0	0	10	7	3	20	21		
	Forficula	0	1	4	5	0	0	0	0	14	3	1	18	23		
	Psocoptera	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	3		
	Thysanoptera	1	0	1	2	1	0	0	0	1	4	8	11	23	26	
	Diptera	10	5	7	22	9	2	12	23	85	34	36	155	200		
	Aranea	0	1	1	2	0	0	4	4	32	15	18	65	71		
	Opiliones	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	7	15	15		
	sonst. Milben	25	51	53	129	10	37	24	71	70	69	91	230	430		
	sonst. Zikaden	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
	indiff. Larven	0	1	5	6	0	0	4	4	4	10	6	20	30		
	Buprestidae	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
	Reduviidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		
	Formicidae	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3		
	Chrysomelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
	Isopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1		
	sum	36	60	75	171	24	39	45	108	242	154	174	551	850		

* pro Datum Summe von je 6 Trichtern

Table 7: Trichterprobenfänge in Murr 1981 (absolute Zahlen)

funnel method 1981 in IP - orchards	Malmsheim sum 3 trials à 6 funnels 7 7 · 10 7 81 Murr sum 3 trials à 6 funnels 8 9 · 11 9 81											
	untreated				Granulosis (LpGV)				Bromophos (Nexon)			
	Malmsheim		Murr		Malmsheim		Murr		Malmsheim		Murr	
	number	%	number	%	number	%	number	%	number	%	number	%
NOXIOUS ARTHROPODS												
Psyllina	1		1		1		1		2		5	
Small Cicadine (Erythroneura, Typhlocyba, Empoasca)	5		9		32		6		76		150	
Aphidina	14				5				7			
Eriosoma	14		18		97		5		181		38	
	34	7,8	28	12,0	135	31,0	12	5,2	266	61,2	193	82,8
USEFUL ARTHROPODS												
Anthocoridae	6		5		8		0		99		23	
Miridae	1		1		3		2		14		11	
Hymenoptera	15		9		13		6		57		40	
	22	10,2	15	15,5	24	11,1	8	8,2	170	78,7	74	76,3
INDIFFERENT ARTHROPODS												
"Rotteneß beetles" (Moderkäfer) (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	
	190	11,9	27	8,5	528	33,0	28	8,8	881	55,1	263	82,7
	246	10,9	70	10,8	687	30,5	48	7,4	1317	58,5	530	81,8

Table 8: Trichterprobenfänge in Malmsheim und Murr 1981, ausgewählte Arthropoden absolut un in%

TORTRICIDS IN ORCHARDS 1981
(sum captures in pheromone traps)

Landesanstalt für Pflanzenschutz
Stuttgart

Place	Murr		Waiblingen		Karlsruhe		Freiburg	
	Wageningen	Hoechst	Hoechst	Hoechst	Hoechst	Hoechst	Hoechst	Hoechst
above sea level m	288		302		115		278	
Ø T °C	9,3		8,2		10,2		10,6	
Ø sum rainfall mm	723		997		867		1024	
Pheromone origin								
Pandemis heparana	445	(3)	134*		63*		90*	
Spilonota ocellana	362	100	9		46		51	
Adoxophyes orana	351	204	148		62		69	
Hedya nubiferana	344	183	91		14		67	
Laspeyresia pomonella	159	101	65		130		59	
Archips podana	111	36	20		80		10	
Archips rosana	24	23	28		33		16	
Choristoneura sorbitana	—	92	5		14		51	
Grapholita funebrana	—	—	57		168		141	
Enarmonia formosana	—	435	163		—		117	

* Pheromone Wageningen

Table 9: Tortriciden in 4 Apfelanlagen Baden-Württemberge 1981 (Surmenfänge Pheromonfallen)

Klopfproben/beating samples Malmsheim 1980/81

U = unbehandelt/untreated A = Schädling / noxious arthropods
 G = Granulosis (LpGV) B = Nützling / useful arthropods
 D = Diazinon/Granulosis C = Indifferent / indifferent arthropods
 N = Nexion (Bromophos)

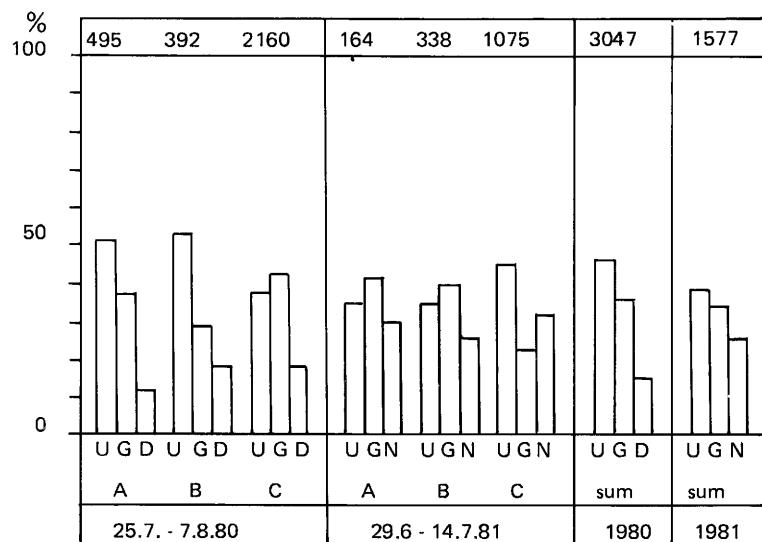
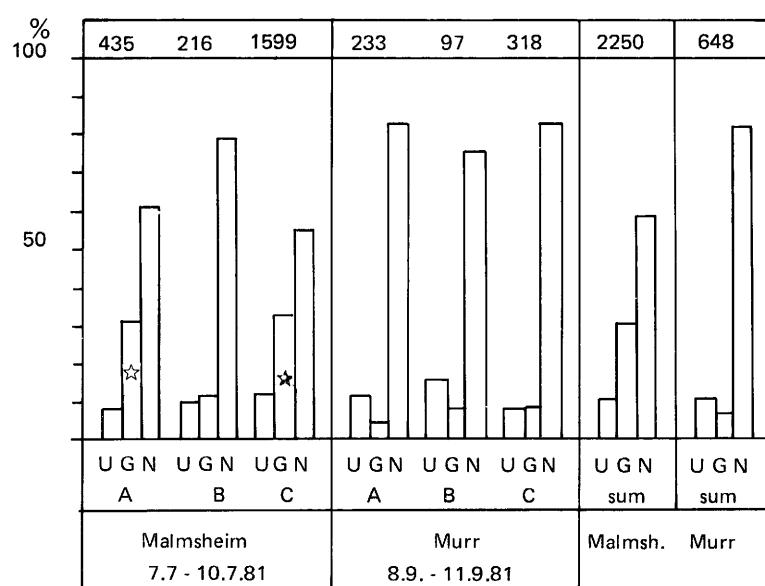


Abb. 1: Klopfprobenfänge Apfelanlagen Malmsheim 1980 und 1981

Trichterproben 1981

funnel method

A = Schädling / noxious arthropods
 B = Nützling / useful arthropods
 C = Indifferent / indifferent arthropods



U = unbehandelt/untreated G = Granulosis (LpGV) N = Nexion (Bromophos)

★ mais: Eriosoma

★ mais: Thysanoptera

Abb. 2: Trichterprobenfänge Apfelanlagen Malmsheim und Murr 1981

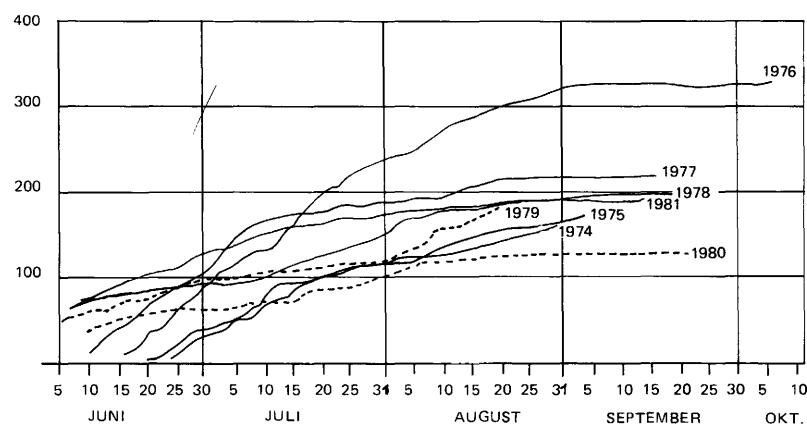


Abb. 3: Summenkurven von Pheromonfallenfänge Murr 1974 bis 1981

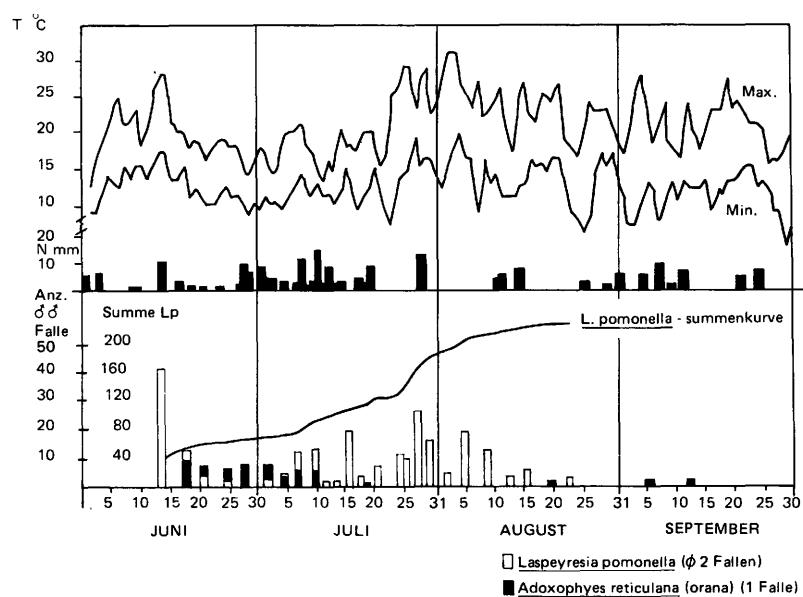


Abb. 4: Pheromonfallenfänge in Mälmsheim 1980

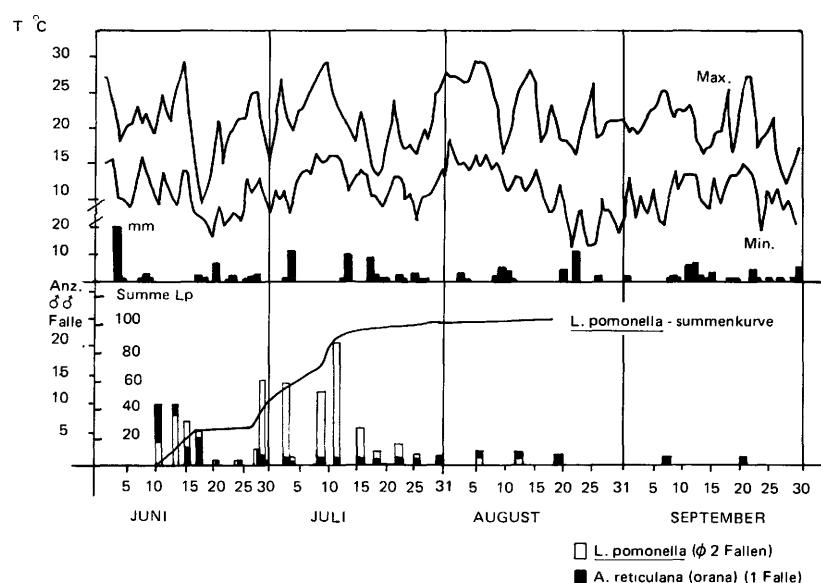


Abb. 5: Pheromonfallenfänge in Mälmsheim 1981

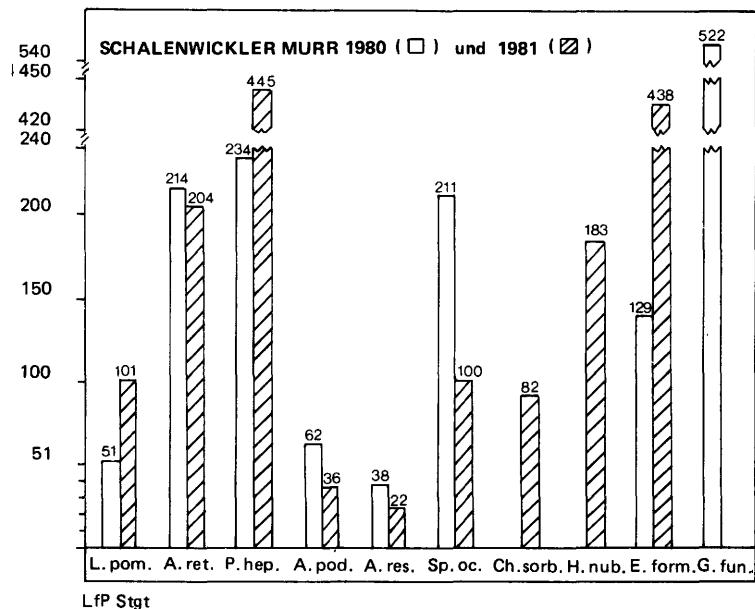


Abb. 6: Schalenwicklerfänge in Murr 1980 und 1981

RESEARCH (1979-81) IN THE UNITED KINGDOM ON PRODUCTION AND
APPLICATION OF THE GRANULOSIS VIRUS OF CODLING MOTH,
CYDIA POMONELLA

C.C. PAYNE (1), D.M. GLEN (2), J.E. CRANHAM (3)

SUMMARY

The techniques of rearing codling moth, and for production and purification of the virus, were improved, and sufficient virus was produced for all seven field trials in England.

Biochemical studies of virus samples from several European laboratories and from Sandoz Ltd., U.S.A., suggested that with one exception (from Reading, England) the viruses were probably identical.

Using a method of bioassay developed for virus standardisation, virus samples produced in four countries for field trials in 1981 showed a 22-fold range of biological activity. Bioassay methods for studying persistence of the virus in the field were also developed and studies estimated a halflife of 2.2. - 2.5 days.

Field trials showed the efficacy of the virus for control of codling moth; at rates of 2×10^{10} to 1×10^{11} capsules/litre (at 1000 - 2000 litres/ha), or $1 - 2 \times 10^{13}$ /600 litres/ha, compared well with azinphos-methyl or diflubenzuron in reducing deep damage and stings. Addition of 1% skimmed milk improved efficacy, and probably functioned as a feeding stimulant. The virus did not reduce damage by other orchard tortricids, notably Archips podana.

LA RECHERCHE (1979-1981) AU ROYAUME-UNI SUR LA PRODUCTION
ET L'APPLICATION DU VIRUS DE LA GRANULOSE DU CYDIA POMONELLA

RESUME

Les techniques de l'élevage du Carpocapse, de la production et de la purification du virus ont été améliorées. La production a suffit pour les sept essais conduits en verger en Angleterre.

Les études biochimiques des échantillons de virus produits dans plusieurs laboratoires européens et dans celui de Sandoz (SAN 406 I) ont suggéré que les virus étaient probablement identiques, à l'exception de l'échantillon de Reading, Angleterre. En employant une technique de bioessai développée pour la normalisation, les échantillons produits dans quatre pays pour les essais de 1981 ont montré qu'il y avait des différences importantes en infectivité. Des techniques de bioessai ont été développées également pour des études de la rémanence en plein champ; on a obtenu une demi-vie de 2.2. - 2.5 jours. Les essais en verger ont montré que le virus à 2×10^{10} - 1×10^{11} capsules par litre (1000 litres par ha) ou $1 - 2 \times 10^{13}$ par 600 litres par ha a réduit les dégâts économiques dûs au Carpocapse à un degré acceptable, comparable avec les effets de l'azinphos-methyl ou du diflubenzuron. L'addition de lait écrémé (10 g par litre) a amélioré l'efficacité, probablement en fonctionnant comme un stimulant alimentaire. Le virus n'a pas réduit les dégâts des autres tortricides de verger, notamment Archips podana.

- (1) Glasshouse Crops Research Institute - Littlehampton
- (2) Long Ashton Research Station - Bristol
- (3) East Malling Research Station - Maidstone

GCRI: REPORT OF RESEARCH ON PRODUCTION AND APPLICATION OF GRANULOSIS VIRUS OF CODLING MOTH, CYDIA POMONELLA, IN THE UNITED KINGDOM (1979-1981)

C.C. PAYNE

Codling moth rearing and virus production

Stocks of codling moth were reared individually on a semi-synthetic diet as described by Payne (1981). From 1980, a new diet was used, similar to that described by Guennelon et al. (1981). This diet was simpler to prepare, 30% cheaper and appeared less susceptible to bacterial and fungal contamination; three to four cm³ diet were required per larva. A method utilising trays of diet (Guennelon et al., 1981) was employed for mass-rearing of codling moth. Approximately 250 ml of diet was dispensed into each tray to a depth of 1 cm, and many small holes were made in the surface. Eggs, attached to a polythene sheet on which they were laid, were secured about 3 cm above the diet surface. Larvae subsequently hatched and spun down into a hole. Each tray had a ventilated lid and was kept in the dark for 2-3 days to aid larval penetration of the diet. Trays were maintained at 26° C, 50% relative humidity and an 18 hour photoperiod. Polythene sheets with evenly-distributed eggs were used, as the percentage hatch of eggs laid in large batches was significantly reduced. Larvae pupated successfully in the medium and adult emergence commenced 28-29 days after larval hatch.

Despite considerable precautions to separate insect rearing from virus production, the mass-rearing method was particularly susceptible to contamination and the rapid spread of virus through the culture. Thus, for successful mass-rearing it seems necessary to have laboratories some considerable distance from centres of virus work. If this is impossible individual rearing of larvae, though more time-consuming, may be most appropriate.

For virus production, larvae at late 4th/early 5th instar (12-14 days) were recovered from the diet by heating the mass-rearing trays for 15 minutes in a water bath at 45°C. Approximately 80% of the larvae moved to the diet surface, from which they were transferred to diet prepared on rolls of aluminium foil sprayed with a suspension of 10⁷ virus capsules/ml and maintained for a further 5-6 days. Dead or moribund larvae were harvested into a solution of 0.1% sodium dodecyl sulphate (SDS) and stored at -20°C before virus purification.

Early experiments with individually-reared larvae showed that virus yield could be improved by increasing larval size. Larval weights were increased almost two fold by incorporating 2 ppm of the juvenile hormone analogue, methoprene (as Altosid^R) into diet, from the time of larval hatch. The use of methoprene also extended the time period during which larvae were at their maximum size. Yields of purified virus were 1 x 10¹⁰ capsules from the normal larva, and 1.7 x 10¹⁰ capsules from a larva fed diet containing methoprene.

Virus purification

Purification of the granulosis virus (GV) was included on the initial application for trials clearance for the use of codling moth GV in the United Kingdom. Although microsporidia did not interfere significantly with larval rearing, microsporidian spores (probably Nosema carpopcapsae) were detected in all virus preparations during purification. To avoid any problems associated with such contamination, spores were eliminated using the purification schedule for GV capsules described by Crook and Payne.

(1980). The virus capsule: microsporidian spore ratio was increased from 583:1 in the initial larval homogenate to 50,000:1 after low-speed centrifugation and $>10^6$: 1 in the final product obtained from quasi-equilibrium sucrose gradients. The capsule concentration of purified virus was removed by light microscopy using a Thoma-ruled counting chamber (0.01 or 0.02 mm depth) dark field optics and a magnification of 400-800 x (Payne, 1981). 10^{11} capsules were equivalent to approximately 2.25 mg protein.

Virus identification

It was important to establish the identity of the different codling moth GV samples currently available in order that the results from field trials could be compared. GV samples were obtained from Germany (J.Huber), Switzerland (G.Benz), England (two samples; one from F. Hunter, University of Reading, the other, a standard GV used in field trials in the United Kingdom (UK), passaged several times from material originally supplied by J.Huber), Russia (obtained indirectly through L.Falcon and J.Huber) and the USA (the SAN 406I trials preparation of Sandoz Inc.). Viruses were purified and viral DNAs were extracted for analysis. Each DNA was treated with the bacterial restriction endonuclease ECORI and the fragments were then separated by electrophoresis on 1% agarose gels. Some results are shown in Fig.1. The Sandoz virus, the virus used in UK, and GV from Dr Huber all gave identical electrophoretic profiles suggesting that these viruses, which have all been used in field trials, are probably the same. The isolate from F.Hunter, however, was clearly distinct with two extra DNA bands visible near the top of the gel, suggesting that this was a mixture of different virus strains. The Russian isolate showed considerable similarity to the majority of isolates but was nonetheless distinct.

An attempt was made to separate the strains in the Reading virus mixture. From the initial GV preparation two "clones" differing in their ECORI restriction enzyme fragment profile, were obtained. One "clone" had the same fragment profile as all the other codling moth GVs examined. In the other "clone" the largest DNA fragment had been replaced by the two extra DNA bands first detected in the original mixture. The significance of this difference in relation to virus stability and infectivity is not yet known.

Bioassay

A rapid bioassay method was developed for virus standardisation (Payne, 1981). Five virus doses ranging from 3×10^2 to 3×10^5 capsules ml^{-1} of diet were used to provide a standard dose response. Virus was mixed with liquid diet cooled to 45°C, and 100-150 ml aliquots were dispensed into the wells of 96-well plastic microtitre plates. One neonate larva was placed in each well, and the plate covered by "clingfilm". 32 larvae were routinely exposed to each virus dilution. Plates were maintained at 26°C in the dark so that most of the larvae remained on the diet surface. Larval mortality caused by virus was assessed after six days and the data analysed by maximum likelihood probit analysis to obtain LC₅₀ values and other parameters of the dose-mortality response. The mean LC₅₀ determined from 22 observations was 2.4×10^3 ($\pm 1.3 \times 10^3$) capsules ml^{-1} with a mean slope of 1.38 (± 0.34). The predictive accuracy of the method was tested by bioassaying twelve samples of known virus concentration. The assays gave estimates ranging only from 0.4 to 1.7 times the actual virus concentration, and it is possible to discriminate between two virus samples differing in concentration by only a factor of 3.

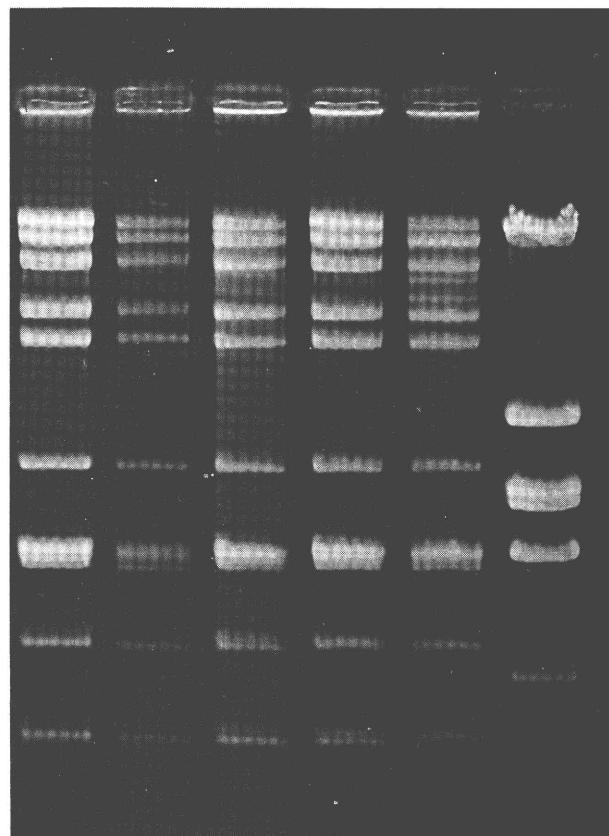


Figure 1: Electrophoretic analysis (upper part of gel) of the DNA fragments of different codling moth GV samples, after treatment with the bacterial restriction endonuclease EcoRI. From the left; Standard GV used in U.K. field trials; two stock samples from Germany (purified in 1974 and 1981, respectively); SAN 4061; GV from the University of Reading; the final sample is bacteriophage lamda DNA included as a standard.

Bioassays were conducted on the different virus samples used in field trials throughout Europe in 1981. The viruses (from UK, Germany, France, and the trials formulation SAN 406I), nominally at the same concentration demonstrated a potency ratio of 1:1.53:3.06:0.14 i.e. as much as a 22-fold difference in their biological activity. The small difference in potency between the UK and German viruses was not significant, but all other differences were. These results illustrate the importance of careful standardisation of viruses to enable fair comparison of different preparations in field trials.

Spray coverage and virus persistence measurements

When an insect virus is applied to a crop by conventional application methods there are a number of environmental factors which influence the survival of infectivity. The most important of these are the effects of ultra-violet radiation from sunlight (Payne, 1982). Studies of codling moth GV persistence were established to measure the deposits of infective virus remaining in different formulations at different times after virus application. Preliminary bioassays, in 1978 and 1979 trials in which larvae were reared on leaves taken from sprayed trees, did not give an accurate measure of the initial virus deposit as there was sufficient virus present to kill all test larvae. However, enough virus was retained on trees to induce a high percentage mortality of test larvae, up to 60 days after virus application. An additional method was developed to provide a more accurate measure of virus coverage and persistence. Virus was successfully washed off apple leaf discs of known area by vigorous shaking in a known volume of water (usually 20, 14 mm leaf discs in 10 ml water). The leaf washings were then incorporated into insect diet as described in the bioassay method above. The amount of virus present was then measured from the level of virus mortality of larvae exposed to this diet, compared with virus mortality induced by known amounts of purified virus.

Using this method, an initial high volume spray of 10^{11} GV capsules per litre in 1% skimmed milk gave an average distribution of 1000-2400 capsules/ mm^2 leaf surface after different spray applications in 1980 field trials. In 1981, spray applications of 2×10^{10} GV capsules per litre gave a broader range of 270-930 capsules/ mm^2 . The range reflects variation in bioassay determinations as well as differences in the actual virus deposit obtained with separate spray applications. Despite such variations, the method provided a useful and consistent measure of virus persistence in field trials during 1980 and 1981. An example of virus persistence on leaves from a comparative trial of the standard GV and SAN 406I is shown in Fig.2. Although the amount of virus on apple leaves sprayed with SAN 406I was approximately twice that on trees sprayed with the standard virus preparations (in 1% skimmed milk), the rates of persistence of the two viruses were not significantly different, with estimated half-lives of 2.2-2.5 days for both viruses during the period 0-6 days after the first spray application of virus. Further experiments are planned to provide more accurate measurements of virus half-life by taking leaf samples at more frequent intervals, and to compare different virus formulations in an attempt to improve virus persistence.

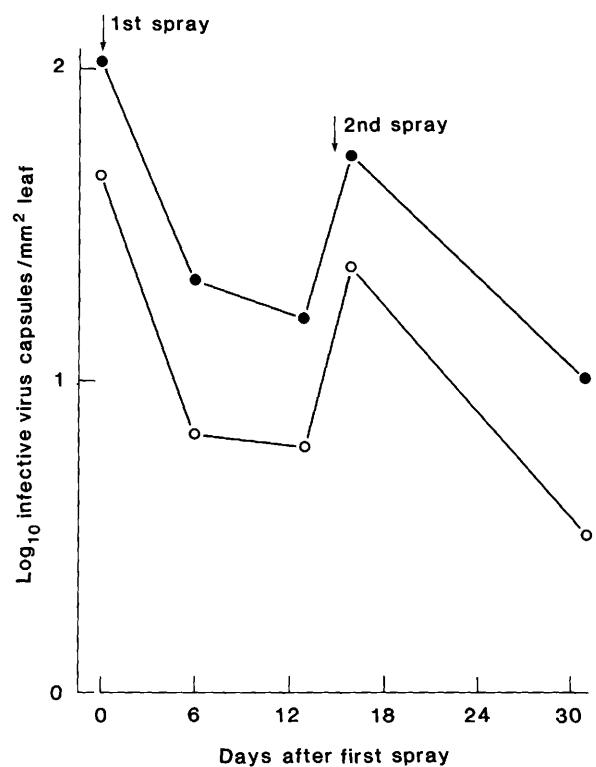


Figure 2: Comparative persistence of codling moth GV on apple leaves sprayed with SAN 4061 (●—●) or the standard codling moth GV formulation (○—○).

REFERENCES

- Crook, N.E., Payne, C.C. (1980) Comparison of three methods of ELISA for Baculoviruses. *Journal of General Virology* 46, 29-37.
- Guennelon, G., Audelard, H., Fremond, J.C., El Idrissi Ammari, M.A. (1981). Progrès réalisés dans l'élevage permanent du carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) sur milieu artificiel. *Agronomie* 1, 59-64
- 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. In "Parasites as Biological Control Agents" (eds R.M. Anderson and E.U. Canning). In press. Cambridge University Press.

L.A.R.S. AND E.M.R.S. : FIELD TRIALS OF CODLING MOTH GRANULOSIS

VIRUS IN THE UNITED KINGDOM (1979-1981)

D.M. GLEN AND J.E. CRANHAM

Cmgv was tested in seven field trials during 1979-81; except for one long-term study these trials were of one-season duration and were well replicated within lay-outs of randomised blocks or Latin squares. They were intended to study the efficacy of cmgv at a range of dosages and spray volumes, the effects of additives especially skimmed milk, and side-effects of virus and/or skimmed milk on other tortricid species, notably Archips podana.

Cool, wet summers from 1977-80 reduced the incidence of codling moth in UK. In several trials, wild field-collected and/or laboratory-reared codling were released on trial plots to supplement the natural infestation; even so, adverse weather conditions in 1979 and 1980 greatly limited the level of codling on unsprayed plots. The summer of 1981 was rather more conducive to the development of infestation.

Methods.

Only Cmgv produced by C.C. Payne at G.C.R.I. was used in these trials and it was formulated with 1% skimmed milk except when otherwise stated below. Sprays were mostly applied by lances to "point of drip" (exceptions noted). Spraying dates were decided on the basis of data from pheromone traps and heat sums; the first spray each season was timed for estimated first hatch of codling eggs, and the second (if used) 2 to 3 wk later.

For several weeks before harvest all fallen fruit were examined weekly for deep damage only. Harvested fruit (a large sample, or all) were examined for deep damage and "stings". At L.A.R.S., D. Glen devised a system for classifying damage which has adopted in 1981 by other workers in the E.C. group.

In brief, three categories of sting damage are recorded: (1) minute stings which do not downgrade fruit; (2) larger stings which do downgrade; and (3) those which render fruit unmarketable. Category (4) is deep damage in both fallen and harvested fruit. The sum (3 + 4) represents the total unmarketable fruit, and the sum (2 + 3 +4) the totale damage by codling.

Analyses of variance were done on the percentage of fruit in categories (4), (3 + 4) and (2+3+4) using the arc-sin angular transformation.

The results are shown in the tables by the use of letters (a,b,c etc.) after mean treatment values for % damage; means followed by the same letter do not differ significantly ($P=0.05$) All differences referred to under Results are significant ($P=0.05$) unless otherwise stated.

Results.

Tables 1 to 4 gives details of application and dosages, together with results. In trial 1 (1979/LARS, not tabulated) cmgv was sprayed at 7×10^9 , 2×10^{10} and 7×10^{11} caps/litre and compared with 0.33 g azinphos-methyl/litre.

Damage by codling was too low to show differences due to treatments.

Azinphos reduced tortrix damage to 0.2%, compared with 0.7 - 0.9% on virus-sprayed and unsprayed plots.

In trial 2 (table 1) sprays were timed - using pherotrapes - for control of Archips podana; tortrix damage was reduced 73% by azinphos, but not by cmgv. Although the spray timing was late in the season for codling control, both cmgv and azinphos greatly reduced deep damage, but not stings. In trial 3 total codling damage on the unsprayed plots was only 3.6%. However, increasing the concentration of cmgv in five steps progressively reduced deep damage by codling (Fig.3). The lowest virus concentration (1×10^8 /litre) did not reduce total damage because larvae lived long enough to produce stings before they died. Total damage progressively declined as virus concentration was increased from 6×10^8 to 1×10^{11} /litre (Fig.3). In trial 4 (table 2) the addition of 1% skimmed milk reduced deep damage and unmarketable fruit more effectively than addition of 0.1% milk, 0.01% "Agral 90" or than cmgv without additive. Since bioassays on leaves showed that both 1% and 0.1% milk improved virus deposition and persistence to the same extent, 1% may have been more effective as a feeding stimulant than 0.1%. In high-volume sprays, however, 1% is probably not cost-effective. In trial 6 (1980/EMRS, not tabulated) a knapsack mistblower was used to apply 10 and 5 litres of spray per large tree (= 200 and 1000 L/ha) using 7×10^8 cmgv/litre. A third treatment was 3.5×10^{11} /litre/tree. Deep damage on unsprayed fallen fruit was 9.7%, and was in the range 2.8 - 3.6% (63-71% reduction) from all virus-treated and azinphos-sprayed plots. With only 1% deep damage on unsprayed picked fruit, differences due to treatment were not significant. In trial 7 (table 3) cmgv was formulated with 1% "Acronal" and 0.01% "Agral 90" wetter in water. The higher virus dose (1.2×10^{13} /ha) in medium volume gave 88% reduction of deep damage but only 64% when applied in ultra-low volume.

Long-term trial (No. 5)

In 1979-80, only selective pesticides were applied in the 1 ha orchard, which is divided into East and West halves by a willow windbreak. No sprays were used against moth pests in 1980, and pest and predator numbers in E. and W. halves were compared before treatment with cmgv and diflubenzuron in 1981 (table 4). Various sampling techniques were used to count a wide range of pests and their natural enemies. For adult tortricids, newly designed bait pans with lids (four per half orchard) proved successful. Releases of codling, as diapausing larvae, in spring 1980 resulted in an even infestation throughout the orchard, with similar numbers of infested fruit in the two halves. The numbers of adults trapped in bait pans were likewise similar (table 4). In 1981, both cmgv and diflubenzuron greatly reduced deep entries, compared to levels in 1980, but the virus allowed more stings to develop.

Larvae and adults of seven tortricid species were recorded in similar numbers on E. and W. halves before treatment. After treatment in 1981, larvae increased on both halves, and virus allowed 3.6 x more damage than diflubenzuron. In weekly examinations of fruit, the percentage with tortrix feeding sites increased steadily from late July until harvest in mid-September, and damage to fruit increased from mid-August.

In 1981, woolly aphids were more prevalent after diflubenzuron than after cmgv, probably because diflubenzuron reduced earwigs, Forficula auricularia and the predatory mirids Phytocoris tiliae and Malacocoris chlorizans. Phytoseiid mites increased in 1980 and maintained phytophagous mite numbers at low levels in 1981. Comparisons will continue in 1982-83.

Table 1.

Trial 2 (1979/LARS): effect of cmgv and azinphos-methyl on tortrix and codling damage; sprays 23/7 and 24/8, timed for tortrix control. Cv Michelin

Treatment	Stings	Codling moth deep damage	Tortrix damage
Unsprayed	0.8 a	18.7 a	3.7 a
CMGV 7×10^{10} / litre	2.3 a	3.6 b	5.5 a
Azinphos, 0.33 g/litre	1.5 a	1.4 b	1.0 b

Table 2

Trial 4 (1981/LARS): effect of skimmed milk as an additive to 2×10^{10} cmgv/litre (2000 l/ha) applied 2/7; Cv Lord Lambourne (2 m high)

Treatment Virus (V) + additive	Strings			Deep damage 4	Unmarketable fruit 3 + 4	Total damage 2 + 3 + 4
	1	2	3			
Unsprayed	1.8	1.6	0.8	30.3 a	31.1 a	32.7 a
V (no additive)	2.4	4.7	2.7	5.9 b	8.6 b	13.3 b
V + Agral	2.7	3.4	2.8	4.3 b	7.1 b	10.5 b
V + 0.1% milk	2.3	4.4	1.6	4.5 b	6.1 b	10.5 b
V + 1% milk	2.3	3.8	1.7	1.6 c	3.3 e	7.1 b

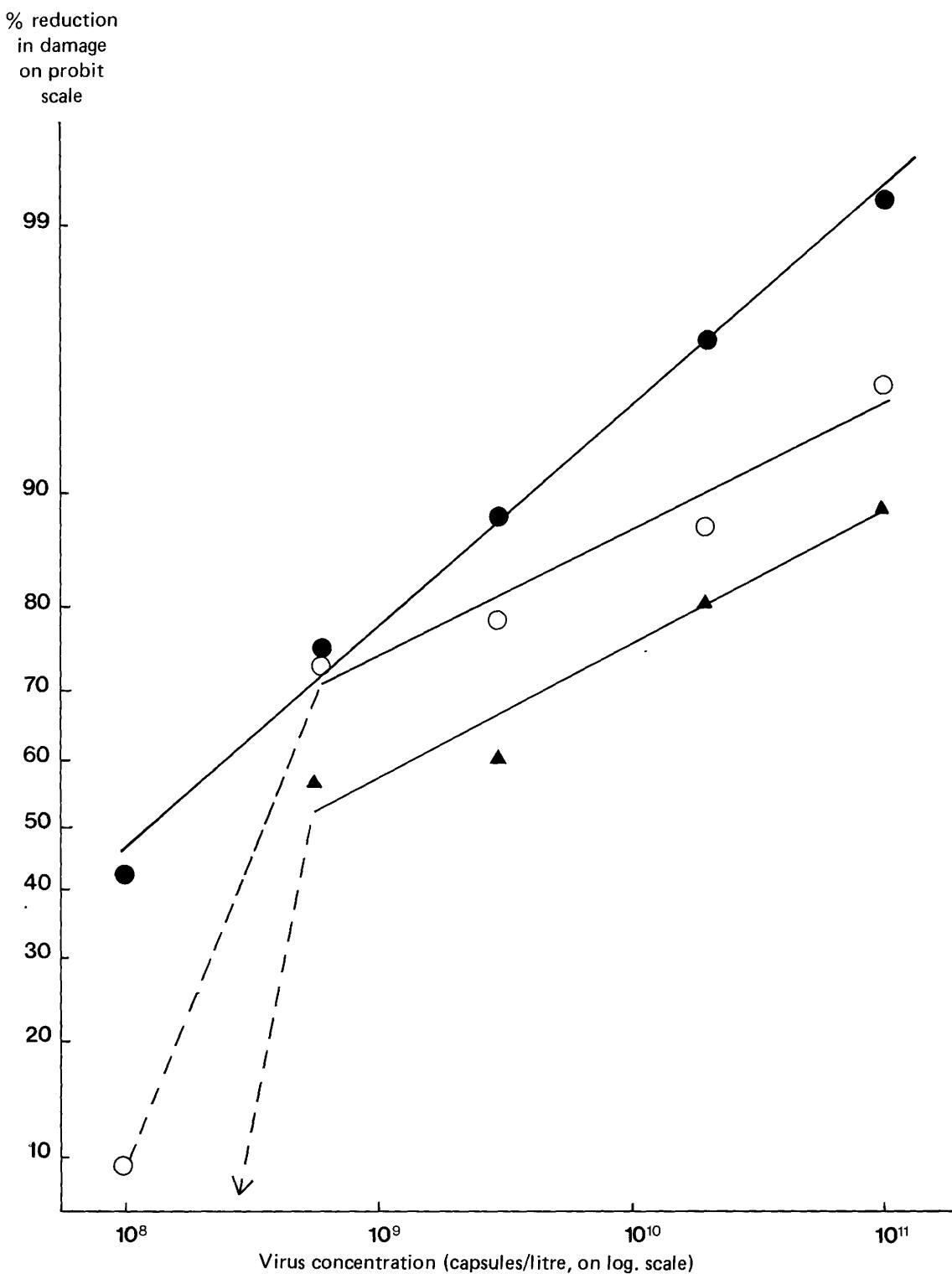


Figure 3: Percentage reduction in codling moth damage on virus-treated (2 und 28 July) trees compared with unsprayed trees, in relation to the concentration of codling moth granulosis virus, trial 3, 1980; ● deep entries (category 4), ○ deep entries plus large (category 3) stings, ▲ total damage, i.e. categories 2,3 and 4.

Table 3.

Trial 7 (1981/EMRS): comparison of ultra-low volume (50 l/ha by 'Turbair Tot') and medium-volume (600 l/ha by 'Commendair') using two rates of cmgv applied 1/7 and 20/7. Cvs Cox and Laxton Fortune (5 m high), 200 trees/ha

Treatment cmgv/tree	Stings		Deep damage 4	Unmarketable fruit 3+4	Total damage 2+3+4
	1&2	3			
Unsprayed	0.3	1.7	10.1 a	11.8	12.1
6×10^9 , ULV	0.4	1.2	6.2 b	7.3	7.7
6×10^{10} , ULV	0.3	1.1	3.6 c	4.6	5.0
6×10^9 , MV	0.3	0.9	3.4 c	4.3	4.6
6×10^{10} , MV	0.4	0.7	1.2 d	1.9	2.3

Table 4

Trial no. 5 (LARS): comparison in long-term trial of cmgv (2×10^{13} /ha on 25/6 and 16/7/81) and diflubenzuron (150 g a.i./ha on 17/6 and 14/7/81) applied by tractor-drawn mistblower in 1000 litres water/ha Cvs Lord Lamourne, some Cox

	West half (diflubenzuron)	East half (cmgv)
<u>Codling moth (mean nos)</u>		
1980, deep entries/tree	11.3	11.9
1980, larvae/trap band	4.3	3.8
1981, adult males/bait pan + S.E.	4.8 + 1.0	4.0+2.0
1981, adult females/bait pan + S.E.	8.5 + 0.9	8.3+1.7
1981, stings (categories 2 & 3)/tree	0.4	0.9
1981, deep entries/tree	0.4	0.3
<u>Tortrix moth larvae</u>		
Before treatment		
1980, fruit damaged at harvest	2.2	2.0
April 1981, larvae/100 clusters	5.2	4.4
After treatment		
1981, % fruit damaged at harvest	3.4	12.7

Sites of infection and death of newly-hatched larvae

Field experiments with virus sprayed at 7×10^{10} capsules/litre showed that larvae picked up some virus on hatching from eggs but acquired a much greater dose from the tree surface later. Observations indicated that larvae could ingest virus from leaves as well as fruit. Larvae died from virus infection after entering the fruit, but this usually did not result in economic damage because larvae died in the first instar, and their feeding was often hidden e.g. 50% of larvae entered through the calyxes.

Side-effects of cmgv and skimmed milk on other tortricids

Cmgv did not reduce damage by tortrix moths which have already become a serious problem in the long-term trial. Skimmed milk can stimulate the growth of tortrix larvae. Larvae of Archips podana reared in late summer 1979 on leaves from trees sprayed with virus plus 1% milk (trial 2) grew faster, and more matured without diapause, than those fed on unsprayed leaves. Experiments showed that this was due to milk and not to virus deposits. This may explain why tortrix damage was greater (though not significantly) on virus-treated than on unsprayed trees in trial 2 (table 1).

Conclusions from field trials on effective dosage rates

High-volume sprays

In trial 3, 2×10^{10} and 1×10^{11} /litre gave respectively 96 and 99% reduction of deep entries and 81 and 90% reduction of total damage by codling. In trial 4, damage on unsprayed plots was nine times greater than in trial 3 but a dose of 2×10^{10} /litre still provided good control.

In trial 5, the same concentration compared well with diflubenzuron.

In trial 2, 7×10^{10} /litre compared well with 0.33 g azinphos-methyl/litre.

Lower volumes.

In trial 7, 1.2×10^{13} /ha, applied by a commercial tractor-drawn airblast sprayer in 600 litres water/ha, gave 88% reduction of deep entries and 81% of total damage. The same dose in 50 litres/ha, and the lower dose of 1.2×10^{12} /ha in either volume, was insufficiently effective.

More work is needed on reduced spray volumes.

STUDIES ON THE CONTROL OF ADOXOPHYES ORANA LARVAE WITH A
NUCLEARPOLYHEDROSISVIRUS.

D. PETERS¹, J. WIEBENGA¹, J.H. VAN MAANEN¹, P.D. TIMMERMANS¹,
J. DE HAAN¹ & G. VANWETSWINKEL²

SUMMARY

Experiments were carried out to evaluate the control of summer fruit tortrix moth larvae with a nuclear polyhedrosis virus. The sprays reduced the number of larvae and the damage on the apples. The number of larvae occurring in the shoot tips at the end of July were reduced by 97-98%, whereas the damage on apples by about 60-70%. Apparently, this damage can still be caused by A. orana larvae before they die from the AoNPV infection. The type of damage on apples from plots treated with Gutathion and virus, and from control plots did not essentially differ. This may mean that only the larvae, perhaps only those of early stages, will dwell for a small period on the apples and cause the damage.

Since the virus sprays applied in the summer did not result in a sufficient reduction of damage, trials were made to test the efficacy of virus sprays on the hibernated population of larvae in the spring. The results of sprays carried out in April show that application of virus - $3 \cdot 10^{10}$ pol/l - kills 95-98% of the hibernated larvae. The impact of these sprays on the larval population in the summer has not yet been studied.

RECHERCHES SUR LE CONTRÔLE DES LARVES D'ADOXOPHYES ORANA PAR LE
VIRUS DE LA POLYHEDROSE NUCLEAIRE.

RESUME

On a réalisé des expériences pour évaluer les possibilités de contrôle des larves de tortricides par le virus de la polyhédrose. Les vaporisations de virus ont réduit le nombre de larves et les dommages sur les pommes. Le nombre de larves relevées à l'extrémité des rameaux à la fin du mois de juillet ont été réduits de 97 - 98 % les dégâts sur fruits l'étant de 60 à 70 %. Apparemment, ces dégâts peuvent encore être causés par les larves d'A. orana avant qu'elles ne soient détruites par infection du virus. Le type de dommages aux pommes entre échantillons traités au Gutathion ou par le virus ne diffère pas essentiellement des témoins. Cela pourrait signifier que seules les larves et peut-être même seulement les larves de jeunes stades, résistent fixées sur les pommes pendant une courte période et causent les dégâts.

Comme les vaporisations de virus en été n'ont pas suffisamment réduit les dommages, on a testé l'efficacité des mêmes vaporisations au printemps, sur les larves ayant hiverné. Les résultats des essais réalisés en avril montrent qu'une application de virus à la concentration de $3 \cdot 10^{10}$ capsules/l tue 95 à 98 % des larves d'hiver. L'impact de ces vaporisations sur les populations estivales de larves n'a pas encore été étudié.

(1) Department of Virology Agriculture University 6709 PD WAGENINGEN.

(2) Opzoekingsstation te Gorsem 3800 ST. TRUIDEN.

INTRODUCTION

The summer fruit tortrix moth, Adoxophyes orana, is a major pest in modern apple and pear orchards in the Netherlands. A. orana usually has two generations per year. The larvae of the first generation, present on the trees at the end of June and in July, inflict the greatest harm. They inhabit the shoot tips and young leaves during the greater part of their life. Those of the second generation cause less damage and hibernate in the spring, if no third generation is formed in the third instar. After hibernation the caterpillars become active in April and feed upon the flower clusters (de Jong, 1980). This pest is difficult to control with natural enemies and selective pesticides (Gruys, de Jong and Mandersloot, 1980). The use of a nuclear polyhedrosis virus (AoNPV: Ponsen and Bruinvis, 1963) furnishes another possibility of controlling this pest.

Experiments to study the efficacy of AoNPV in the control of A. orana on a large scale were conducted in an apple orchard in 1980 and 1981. The effect of virus sprays was evaluated. The survival of the larvae of A. orana on apple shoots and the damage caused on the apples was measured. In addition studies were performed on the effect of virus sprays on older larvae and the hibernating larvae, the persistence of virus in the field and the effect of skimmed milk powder on the activity of the virus and leaf drop from trees.

In the experiments of 1980 the number of larvae was greatly reduced. However, a corresponding reduction in the damage inflicted on the apples did not occur. Therefore experiments were conducted in 1981 to account for this apparent discrepancy. Also a search was made for the occurrence of larvae of other leafroller species that might have been responsible for the damage.

MATERIAL AND METHODS

The conditions of the experimental orchard

In 1980 and 1981 large field trials were made on the control of the summer fruit tortrix moth in an orchard of 1.3 ha which was part of the experimental orchard "De Schuilenburg" at Lienden. The orchard used consisted of alternating rows of "Golden Delicious", "James Grieves", "Cox", "Schone van Boskoop" and "Jonathan". The trees (3 m high) were 13 years old in 1980. In 1980 and 1981 there were 5 treatments. The orchard was divided because of its outline in four rectangular plots of similar size with approximately 300 trees and a triangular plot of 180 trees. The treatments are summarized in Table 2 and 4. As the population of A. orana was low in this orchard, about 6 000 adults were released in the middle of June, 1980, and some days later approximately 1 000 egg deposits were distributed at random over the orchard. In 1981 about 6 000 egg deposits were set out in the trees in this orchard.

Production of virus

Virus was produced in A. orana larvae which were mass-reared by a technique described by Ankersmit, Rabbinge and Dijkman (1977). To inoculate the larvae AoNPV was sprayed with a spray-gun on top of the diet and webs in the container, when the majority of the larvae were in their third or fourth instar stage. About 12 days after inoculation the larvae were sucked out of the diet and stored frozen.

Virus preparation

The larvae were thawed and ground in a blender with water in a ratio of 1 : 20. The homogenate was filtered over a 200 mesh sieve of a Retrax vibrator to remove large debris and web material. The filtrate was centrifuged for 15 min at 10.000 g. The pelleted material was freeze-dried for use in the sprays. The activity of the freeze-dried virus was tested at different concentrations (Table 1) of powder suspended in water. The dilutions were sprayed on young Vicia faba plants. Some deposits with hatching eggs were placed on each plant. Larvae were recovered from these plants two weeks after virus application. The dead larvae were counted and the living larvae were placed in a vial diet and maintained for further development until pupation. On application of 10 mg powder/l and higher concentrations of powder no larvae were recovered alive. The results of one of these tests are given in Table 1. On basis of these results it was decided that 10 mg virus powder/l would be the lowest concentration to be used in the field experiments.

Attempts to count the number of polyeders per 10 mg of powder could not be done reliably using the light microscope due to the size of the polyeders and of the impurities occurring in the preparations. After purification $2 \cdot 10^8$ pol were found per 10 mg of powder.

Virus sprays

The first sprays were applied approximately at the data farmers had been advised to carry out their first sprays against A. orana. These data were determined from data collected from catches in pheromone traps and summation of temperature. In 1980 the virus was sprayed with 1 % skimmed milk and 0.1 % Luxan H as a wetting agent. In 1981, instead of 1 % skimmed milk 0.1 % was used in the sprays. The sprays were carried out with a mist blower.

Tests on the persistence of virus activity

To test the inactivation of the virus tree leaves were picked at random from trees which were sprayed either with 10 mg or 50 mg virus powder/l. The leaves were packed into a bundle with their petioles together. These bundles were placed in plastic boxes on wet filter paper. The boxes were covered with another piece of filter paper and a lid containing a hole through which the filter paper could be moistened. Deposits of hatching eggs were placed in between the leaves. Four days after the onset of this test 50 four days old larvae were collected and placed in a vial with diet. After a period of two weeks the results were recorded.

The activity of virus on apples was tested by placing three slices of an apple on a layer of agar in a plastic box. Small deposits of hatching eggs were placed on the slices. After four days, four to five larvae were collected from each slice. Each larvae was placed on diet and mortality was recorded after two weeks.

RESULTS

The effect of AoNPV on the number of larvae and injuries on apples

The efficacy of the different sprays was evaluated by counting the number of larvae occurring on shoot tips by the end of July. The larvae found have survived the sprays applied in June and July. The results of this survey are given in Table 2. In the plot, treated twice with Azynfos-methyl 0.8 larvae were found per 200 shoots. In the plots treated with virus 4.3, 2.8 and 1.5 larvae were counted per 200 shoots. It is evident that the number of larvae found decreased with increasing amounts of virus applied. In the untreated plot 38 larvae were found per 200 shoots. The results show that AoNPV can control the leafroller population very effectively. Application of chemical insecticides is slightly more effective. In the Netherlands farmers which follow integrated control schemes in orchards, are advised to spray insecticides once or twice in August against the second generation, when 18 to 30 and 30 or more larvae are found per 200 shoots.

The number of apples damaged was reduced by 95.5 % in the plot treated with Azinfos (Table 3). A higher percent of apples with injuries was found in the plots treated with virus. The damage was reduced only by 68.2, 65.8 and 52.7 % when three times 18 mg, three times 50 and six times 50 mg of virus powder/l was applied. The reduction was negatively correlated with the increasing concentrations of virus applied and was much lower than could be expected from the decrease in the number of larvae. The leafroller damage on the apples in the AoNPV treated trees could be due either to A. orana larvae before they die by virus infection, or to the activity of other leafroller larvae. Both possibilities were studied in 1981.

In a small experiment it was demonstrated that first instar larvae inflict injuries on apples sprayed with virus, even when high concentrations were applied. Further details of this experiment will not be given in this report.

The possibility that other leafrollers were responsible for the damage on the apples in the 1980 experiments was also studied. The orchard was again divided into 5 plots. These plots were treated as follows: one with AoNPV, one with AoNPV and diflubenzuron (Dimilin), one with Dimilin and one was left untreated. Dimilin which is effective against all leafrollers except A. orana and Pandemis heparana, was used to differentiate between the occurrence of these and other tortriids of the leafroller complex in orchards. The results of this study are summarized in Table 4 and 5. The number of larvae found per 200 shoots was much higher at the end of July 1981 than at the same period in 1980. Azinfos and AoNPV were equally effective in killing larvae. However, the effect was in both cases insufficient when compared with the results of 1980. Therefore we were unable to explain the presence of such high larval counts in the shoot tips in the treatments of 1981. Dimilin had hardly any effect on the number of larvae. Injuries to the apples were recorded on a few occasions when still on the trees and also when they were harvested. It is evident that the number of injuries increased during the growing season. The reduction of damaged apples was even less than 1980. Although it may be doubted that injuries on apples on the trees are not recorded as accurately as with harvested apples, it is safe to conclude that the number of damaged apples has increased between the last recording on the trees and the harvest. It remained unexplained by which activity or process the number of injuries increases during the whole growing season continuously.

No injuries were found on the apples in the plot treated with Azinfos as of the first counting dates and only a few at later dates (Table 4). Since larvae were found in the shoot tips at all these dates it is difficult to understand why so few injuries were found on the apples in this plot (Table 5). Since approximately the same number of larvae occurred in the shoots of the plots treated with Azinfos, AoNPV, and AoNPV and dimilin, a higher number of apples damaged was expected in the plot treated with Azinfos. These results and also the increase of the number of larvae in the shoots and of the number of apples with injuries can indicate that either the larval populations of *A. orana* had a wide distribution in age in this season or that larvae of other insect species are active at different moments. This has then mainly been attributed to the activity of *H. pandemis* since this insect is not sensitive for dimilin.

A small experiment was carried out with AoNPV in an orchard heavily infected with *A. orana*. The size of the population was estimated at 10,000 larvae per tree. A spray on a tree was carried out with 1.5 g of virus powder/l at August 13. Other trees were sprayed with Azinfos, Deltramethrine, Phosaline and Dimilin in concentrations recommended. The number of larvae occurring in 200 shoot tips was counted at different dates (Table 6). Application of virus, Azinfos and Deltamethrine resulted in an identical killing rate.

Analysis of the injuries on apples

The injuries, which are believed to be caused by *A. orana*, on the apples in the different treatments were analyzed in more details. The total surface of injuries per apple was measured and their size was classified (Table 7 and 8). It can be concluded that the distribution of the number of injuries per apple and size of the injuries does not differ basically per treatment. Lower number of injuries with the size range of 2-5 mm² and a greater in the range of 0-1 mm² was found in the plot treated with AoNPV and dimilin rather than in other plots. This observation suggests that dimilin may act also as a feeding stimulant. More injuries with a size larger than 5 mm² were found in the plots treated with agents other than AoNPV.

It was expected that more apples with small injuries and less apples with large injuries would be found in the plots treated with Azinfos since this agent kills the larvae more quickly. The data in Table 8 suggest that the activity of the larvae is not influenced by the various agents on the apples. The occurrence of a relative high number of small injuries on apples in all treatments seems not to depend upon the rate by which the larvae are killed. This means that the activity of the larvae is restricted in most cases to the infliction of small injuries on the fruit and that the larvae leaves the fruit in an early stage, or that the larvae leaves dwells only for a small moment on the apple if no webb can be formed on the apple or between a leaf and the apple.

Control of the hibernated larvae

The virus applied in June and August was directed to the larvae just hatched. As has been shown, the control of these larvae does not eliminate satisfactorily the damage inflicted on apples. However, *A. orana* can perhaps also be controlled by sprays against the hibernated larvae. To study this a preliminary experiment was conducted in which AoNPV sprays were tested on L3 and L4 larvae and set out on shoot tips in June. The larvae were caged in cheese cloth sleeves. The contents of each sleeve were sampled three weeks after application of virus. Larvae still alive were placed in a vial on diet and kept for another two weeks.

Results (Table 9) indicate that a high mortality is obtained with all three concentrations of virus applied and that the effect of 1.5×10^{10} pol/l compares well with that of Azinfos.

The efficacy of virus sprays against hibernating larvae was studied in a small experiment in an orchard with a high population of *A. orana*. In this study trees were sprayed in the first weeks of April. In order to follow the fate of larvae, shoot tips on which a larva was found, were caged in sleeves. The contents of each sleeve was checked after two weeks. The larvae found alive were transferred to a vial with diet for further observation. The results (Table 10) show that application of virus in the spring kills a considerable fraction of the larvae which hibernated and occurred on the trees.

Persistence of virus in the field

The stability of the AoNPV in the field was studied by measuring the activity of virus deposits on the foliage and fruits. Leaves were sampled on various intervals over a period of several weeks from the treated trees. The activity of the virus was bioassayed in the laboratory as described in material and methods. The results of these assays (Table 11) show that AoNPV is fairly resistant under the climatic conditions in the Netherlands. The activity dropped from 100 to 78% in 32 days. A high mortality rate was also found in the controls. This may be due to the fact that the leaves were picked from trees close to the sprayed trees.

The activity of virus residues on apples was tested with a technique described by Keller (1973). The tests and the results are summarized in Table 12. It is obvious that the virus was still highly infectious after being on the apples for at least 39 days. Some infectivity was present on apples sprayed 64 days before.

The use of skinned milk powder

Skinned milk powder is often used to formulate the virus sprays. It is believed that the virus spreads over and sticks better to the leaves after addition of skinned milk, and also that it protects the virus from UV light inactivation. In experiments in 1980 it was noticed that a heavy drop of leaves occurred from the young twigs in the variety Golden Delicious around the end of July after application of virus sprays. The cause of this leaf drop could not be analyzed in a number of small experiments in 1980. In 1981 a heavy leaf drop was again observed after spraying of 1 % skinned milk in the same period of the year. We tentatively conclude that skinned milk sprayed in a concentration of 1 % had some sort of toxic effect on the leaves during a certain period of the year. This effect was not observed in experiments performed in 1977 to 1979, in which 1 % skinned milk was also applied in virus sprays.

Since we found a toxic effect of skinned milk, it was necessary to test whether its addition was required to protect virus from inactivation. A series of 4 different skinned milk concentrations were sprayed with two virus concentrations on groups of three trees. The virus activity was bioassayed of leaves samples at various moments after application. Results (Table 13) show that concentrations of 1 % to 0.25 % skinned milk were equally effective. Slightly lower activities were recorded when either no or a concentration of 0.1 % skinned milk was used.

DISCUSSION

The experiments utilizing AoNPV as an agent in the control of the summer fruit tortrix moth show that the virus is capable in reducing the number of larvae both in the spring and during the growing season. The sprays applied in June and July control the larvae to such an extend that no additional sprays are required to control the second generation. The population development could not be evaluated after the sprays applied in the spring. These experiments were carried out in small plots of heavily infected orchards so that the effect of the sprays disappeared by the development of a new population after migration of adults into these plots.

The sprays both in the spring and in summer require large amounts of virus. Production of virus is laborious and time consuming and for practical application not economical. This means that other ways should be sought to produce the virus in large quantities. It is seriously doubted whether or not virus production can become economical in cultures utilizing whole larvae. Therefore, it may be necessary to try and grow the virus in cell cultures. As of this moment attempts to culture AoNPV in A. orana cell cultures have only met with poor results. These results do not suggest that cell cultures of A. orana are available and feasible for the production of AoNPV in the near future. Production of AoNPV in cell cultures of other Lepidopteran species after some modification of the host specificity of the virus by recombinant DNA techniques ought to be investigated. This method, although it is also a lengthy one, may be more promising than the use of A. orana cells.

Although an impressive reduction in the number of A. orana was found, the damage occurring on apples was not reduced sufficiently to be of economic value. Thus far, we were unable to detect the causes of this discrepancy. As already suggested it may be due to the activity of A. orana larvae before they die or possibly to the larvae of other leafroller species. If the high level of damage found after virus sprays has to be ascribed to A. orana larvae, we have to conclude that the value of virus sprays in the control of the first generation is low. This means that the prospects are dim to use virus sprays in the control of A. orana in summer. The use of AoNPV against the hibernated larvae has then to be investigated in more detail.

ACKNOWLEDGMENT

The authors have to thank the National Council of Agricultural Research TNO and the European Communities for financial support of this study.

REFERENCES

- 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. Pl. Path. 83:27-39.
- Gruys, P., de Jong, D.J. & Mandersloot, H.J., 1980. Implementation of integrated control in orchards. In: Integrated control of insect pests in the Netherlands, ed. A.K. Minks & P. Gruys, Pudoc, Wageningen, p 11-17.
- de Jong, D.J., 1980. Tortricids in integrated control in orchards. In: Integrated control of insect pests in the Netherlands, ed. A.K. Minks & P. Gruys Gruys, Pudoc, Wageningen, p 19-22
- Keller, S., 1973. Mikrobiologische Bekämpfung des Apfelwicklers Laspeyresia pomonella (L) (= Carpocapsa pomonella) mit spezifischem Granulosis virus. Z. ang. Ent. 73:137-181
- Ponsen, M.B. and Bruinvis, T., 1963. Nuclear and cytoplasmic polyhedrosis of Adoxophyes reticulana Hb (Lepidoptera: Tortricidae). Ent. exp. et appl. 6:239.

Table 1. The mortality of larvae on Vicia faba after application of various concentrations of virus.

Concentrations of virus powder	Percent of larvae found dead	Percent of larvae with died dw
mg/l		
Control	0	35.1
0.039	18	83.6
0.156	31	93.1
0.625	50.7	95.8
2.5	76.5	98.5
10	100	-
40	100	-
160	100	-

Table 2. The treatments applied in a study in 1980 to control A. orana with AoNPV and their effects on the number of larvae on shoot tips in July.

Plot	Treatment	Concentration	No. of applications	Dates of applications	No. of larvae per 200 shoot tips
A	Azinphos		2	23/6 and 3/7	0.82
B	control			38	
C	virus	2.10 ⁸ pol/1 ¹	3	23/6, 30/6, 15/7	4.3
D	virus	10 ⁹ pol/1	3	as above	2.8
E	virus	10 ⁹ pol/1	3	23/6, 26/6, 30/6, 3/7, 15/7, 22/7	1.5

1) The virus was sprayed in a solution of 1% skimmed and 0.1% Luxan uitvloeier H as sticker.

2) Per plot there were 1200-1300 shoot tips checked.

Table 3. Percent of apples with leafroller injuries in 1980 observed after harvesting.

Treatment ¹	N ²	Cox % ³	Cultivar			Reduction in apples damaged (%)		
			James Grieve		Boskoop N %	Golden Delicious N %		Totaal N %
			N %	N %		N %	N %	
A	1323	0.30 ^a	1267	0.47 ^a	908	0.44 ^a	726	0.68 ^a
B	1358	4.57 ^c	1297	6.96 ^d	916	8.08 ^d	890	9.55 ^d
C	1365	2.05 ^b	1301	2.15 ^b	996	2.81 ^c	1029	1.94 ^{b,c}
D	1240	2.26 ^b	1299	3.31 ^{b,c}	924	1.84 ^{b,c}	974	1.85 ^b
E	1308	3.90 ^c	1222	4.26 ^c	940	1.28 ^{a,b}	890	3.27 ^c
							4388	3.30 ^c
								52.7

1) See Table 2 for the treatment in the plots A up to E.

2) Number of apples checked.

3) Figures in the same row with a,b,c,or d do not significantly differ at the 5% level of probability.

Table 4. Influence of Azinphos-methyl, AoNPV and dimilin on the number of larvae per 200 shoot tips in the experiment performed in 1981.

Plot	Treatment ¹	Date of Counting			
		July 14	July 23	July 28	Aug. 12
A	Azinphos-methyl	9.1	14.9	20.7	23.6
B	AoNPV	25.1	28.0	24.2	24.4
C	AoNPV + dimilin	23.5	21.5	17.8	20.8
D	dimilin	68.0	84.5	85.3	90.7
E	untreated	77.4	101.5	99.4	109.2

¹⁾The sprays were applied at June 12 and June 26.

Table 5. Percent of apples with leafroller injuries observed at various data in the treated plots of the experiments performed in 1981.

Plot	July 15	Data of Counting			Aug. 8	Reduction in apples damaged (%)	
		July 23	July 30				
A ¹	0	0	0.1		0.7	95.5 ²	82 ³
B	2.7	2.1	1.7		3.4	77.5	37
C	1.3	1.4	2.0		3.1	79.5	50
D	6.0	5.1	9.0		8.2	45.7	18
E	10.4	11.1	14.5		15.1	0	0

¹⁾See Table 4 for the treatments in the plots A up to E.

²⁾The values were calculated from the data obtained in the counting of August 8.

³⁾These percentages of damaged apples were found after harvesting.

Table 6. Effect of some chemical insecticides and AoNPV on the population of A. orana in heavily infected trees.

Treatment ¹	No. of larvae occurring in 200 shoot tips	
	September 9, 1981	September 24, 1981
Untreated	214	228
Azinphos M	4	11
Deltamethrine	4	1
Phosaline	69	112
Diflubenzuron	221	227
Virus, 1.5 g/l	7	5

¹⁾Each treatment was carried out on one tree.

Table 7. Average of the injury surface in mm² per damaged apple in the different treatments.

Treatment	James Grieve	Cox	Variety	Jonathan	Golden Delicious
			Schone van Boskoop		
Azinphos	2.6	4.3	0	2.5	3.2
<u>AoNPV</u>	3.9	5.1	3.9	3.1	6.1
<u>AoNPV + dimilin</u>	3.7	3.8	5.7	3.5	2.9
dimilin	4.1	4.6	7.1	3.9	5.7
control	3.9	5.3	6.7	4.4	5.3

Table 8. Frequency of injury size classes in %.

Treatment	Size classes					
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5
Azinphos	40.3	37.3	10.5	4.5	1.5	6.0
<u>AoNPV</u>	47.4	32.8	10.7	3.7	2.6	2.9
<u>AoNPV + dimilin</u>	57.9	31.6	5.3	1.5	0.7	3.1
dimilin	38.2	34.0	12.9	3.8	3.5	7.7
control	35.3	30.4	15.0	3.9	3.9	8.6

Table 9. Recovery of A. orana pupae and adults after the release
of L3 and L4 larvae on shoot tips in sleeves.

	Recovered	Adults	Pupae (dead)	Larvae (dead)	Mortali- ty (%)
Control ¹	118	70	14	34	40.7
$6 \cdot 10^8$ pol/l	129	11	27	91	91.4
$3 \cdot 10^9$ pol/l	126	3	19	104	97.6
$1.5 \cdot 10^{10}$ pol/l	117	-	3	114	100
Azinfos-methyl	99	-	-	99	100
Control ²	73	21	45	7	61.6
10^9 pol/l	80	-	76	4	95.0
$5 \cdot 10^9$ pol/l	71	3	67	1	94.4

1) Experiment carried out in May, 1980.

2) Experiment carried out in September, 1980.

Table 10. Mortality and survival of larvae after virus application
in the spring of 1980.

Treatment	No. of larvae ensleeved	Larvae and pupae		Moths
		alive	dead	
Control	100	0	12.7	87.3
$3 \cdot 10^9 /1$ (04-06-81)	100	0	95.8	4.2
$3 \cdot 10^9 /1$ (04-14-81)	100	0	80.9	19.1
$1.5 \cdot 10^{10} /1$ (04-06-81)	100	0	100	0
$7.5 \cdot 10^{10} /1$ (04-06-81)	100	0	92.9	7.1
Control	75	0	29.2	70.8
$3 \cdot 10^9 /1$ (04-14-81)	150	0	96.8	3.2
Control	75	0	28.1	71.9
$3 \cdot 10^9 /1$ (04-14-81)	150	0	97.2	2.8

Table 11. The persistence of virus on the foliage of trees treated
with 10^9 pol/l on June 6.

Period after treatments (days)	Mortality of larvae (%)			
	Control	Shade	Sun	Mean
4	40	96.1	96.2	96.2
7	18	100	100	100
11	7.3	100	100	100
14	32.7	100	100	100
18	16	98	98	98
21	26	91.5	95.9	93.8
32	16	71.4	84.3	78

Table 12. Persistence of virus on apples as measured after harvesting.

	Golden Delicious		James Grieve	
	sprayed	control	sprayed	control
Period between last virus spray and harvest		64		39
Number of larvae	100	100	100	100
Number of larvae not recovered on the diet	4	3	4	2
Number of larvae dead	16	4	56	8
Number of larvae alive	80	93	40	90
Number of apples used in test	25	20	21	20

Table 13. The effect of skinned milk powder on the activity of virus in the field.

Period between spraying and sampling (days)	Control	Mortality (%)						10^9 pol/1			
		2. 10^8 pol/1			Concentration skinned milk (%)			0	0.1	0.25	0.5
0	9.8	98	90	100	100	100	96	-	-	100	100
6	13.7	72	80	84	88	84	91	98	98	-	-
15	6.1	76	65	-	94	96	87	94	94	-	100
21	9.8	58	69	92	94	82	92	96	94	98	93
29	7.8	73	76	96	98	88	98	94	91	98	98
36	4.0	72	80	90	88	88	90	96	100	98	98

Part 1.b

Integral Control in Citrus groves

F - 0701
I - 0730
I - 0731

INTEGRATED CONTROL AGAINST CITRUS PESTS.

C. BENASSY (1), J.C. ONILLON (2), P. BRUN (3)

SUMMARY

The studies on the three groups of Homoptera fixed on Citrus started on the Riviera with comparison in Corsica with the aim of a practical reduction of the chemical control, were carried on following two ways :

- the first one aims at the determination of the possibilities to use indigenous or imported auxiliaries;
- the second one concerns the improvement of the chemical control by the definition of an economic threshold of intervention and by the improved efficacy of the agricultural forecasting services thanks to the use of sexual pheromones in Diaspinae scale-insects.

• DIASPINAЕ SCALE-INSECTS

The research developed in Corsica included :

- creation and progressive extension of contamination by L. beckii in the pilot-grove;
- progressive extension of Aphytis lepidosaphes in the years following its launching against L. beckii in an old grove.

For the sexual pheromones the observations aimed at the practise of the use of these substances in groves and the study of the extraction and synthesis possibilities of new specific substances.

• LECANINAE SCALE-INSECTS

In Corsica the population dynamics of both the imported species (Metaphycus helvolus and M. bartletti) is heavily affected by the applied insecticides treatments.

The studies realized in the clementine pilot-grove relate to the perfection of a sampling method allowing the evaluation of Saissetia oleae per unit of area. Up to now it results that the first sap thrust presents the highest frequencies of scale-insects on branches and leaves; the relation between the population density at that moment and the damages due to sooty mold is now under inquiries.

• WHITE FLIES

In Corsica as the established equilibrium between Aleurothrixus floccosus and its specific parasite Cales noacki can be interrupted during years with high summer temperatures, acclimatization trials of Amitus spiniferus were undertaken.

(1) INRA - Station de Lutte Biologique - 06560 VALBONNE.

(2) INRA - Station de Lutte Biologique - 06602 ANTIBES.

(3) INRA - Station de Recherches Agronomiques de Corse - 20230 SAN NICOLAO.

In the framework of an integrated control the utilization of Prospaltella lahorensis, specific parasite of Dialeurodes citri is also examined. With that view the definition of a harmfulness threshold for D. citri is researched in different successive steps which have allowed to state precisely: the spatial heterogeneity of the grove, the influence of the wind-screens and of the age of the leaves, the number of samples to be taken, the existing relations between the pest density and the qualitative depreciation of the crop, the time of sampling and the competition between D. citri and S. oleae.

LUTTE INTEGREE CONTRE LES RAVAGEURS DES CITRUS

RESUME

Les études engagées sur la Côte d'Azur et comparativement en Corse, sur les trois groupes d'Homoptères fixés des Citrus, en vue d'une réduction pratique de la lutte chimique ont été poursuivies selon deux directions :

- La première vise les possibilités d'utilisation des auxiliaires indigènes ou importés;
- La deuxième, a trait à l'amélioration de la lutte chimique par la définition d'un seuil économique d'intervention et par l'efficacité accrue des avertissements agricoles grâce, chez les Cochenilles Diaspines, à l'emploi des phéromones sexuelles.

• COCHENILLES DIASPINES

L'étude menée en Corse décrivait :

- Dans le verger-pilote, la création, puis l'extension progressive de la contamination par L. beckii;
- Dans une plantation âgée, l'efficacité progressive d'Aphytis lepidosaphes dans les années qui suivirent son lâcher contre L. beckii.

Vis-à-vis des phéromones sexuelles, les observations visaient la pratique d'emploi de ces substances en vergers et l'étude des possibilités d'extraction et de synthèse de nouvelles substances spécifiques.

• COCHENILLES LECANINES

En Corse, la dynamique des populations des deux espèces importées : Metaphycus helvolus et M. bartletti se trouve fortement perturbée par les traitements insecticides appliqués.

Dans le verger-pilote de clémentiniers, les études portent sur la mise au point d'une méthode d'échantillonnage pour évaluer la densité de Cochenille noire (Saissetia oleae) par unité de surface. Il ressort aujourd'hui que la première poussée de sève de l'année recèle la plus grande fréquence de Cochenilles sur rameaux et sur feuille; la liaison entre la densité d'individus à cette époque et les dégâts par fumagine est recherchée.

- ALEURODES

L'équilibre établi en Corse entre Aleurothrixus floccosus et son parasite spécifique Cales noacki pouvant être rompu certaines années à température estivale élevée, des essais d'acclimatation d'Amitus spiniferus ont été entrepris.

L'utilisation dans le cadre d'une lutte intégrée de Prospaltella lahorensis, parasite spécifique de Dialeurodes citri est à l'étude.

Pour ce faire, la définition d'un seuil de nuisibilité de D. citri est recherchée au cours des différentes étapes successives qui ont amené: à préciser l'hétérogénéité spatiale de la plantation, l'influence des brise-vents et de l'âge des feuilles, le nombre d'échantillons à prélever, les liaisons existant entre la densité du ravageur et la dépréciation qualitative de la récolte, l'époque de l'échantillonnage et la compétition existant entre D. citri et S. oleae.

1. LES COCHENILLES

C. BENASSY (1)

Cochenilles Diaspines

Les recherches menées dans le domaine des Cochenilles Diaspines dans le cadre du projet financé par la C.C.E., intitulé: "Vers la mise au point de la lutte intégrée en agrumiculture", vise l'obtention de précisions utiles dans deux directions principales:

La première concerne les possibilités d'utilisation des auxiliaires importés capables de limiter les populations de Cochenilles Diaspines.

La seconde a trait à l'amélioration des traitements chimiques dirigés contre les principales espèces,

- par la définition d'un seuil d'intervention, recherché notamment pour L. beckii en Corse;
- et par l'augmentation d'efficacité des avertissements agricoles, grâce à l'utilisation des phéromones dans la détection précise du vol des mâles.

. Les possibilités d'acclimatation de parasites introduits devaient se limiter au maintien en laboratoire de diverses souches utilisables contre différentes Diaspines et à des observations de routine, dans un verger de bigaradiers de St. Laurent du Var, sur le maintien à un très bas niveau de la population de Lepidosaphes beckii NEWM., grâce à l'introduction antérieure du parasite spécifique Aphytis lepidosaphes COMP. Durant ces trois années, le problème majeur à résoudre par cette voie sur la Côte d'Azur demeura celui d'Unaspis yanonensis KUW., par suite de l'ignorance dans laquelle nous nous trouvions de sa faune d'ennemis naturels. Un espoir se dessineraient cependant aujourd'hui grâce aux premiers résultats de la prospection réalisée par une mission japonaise dans différentes régions de la Chine, aire d'origine de cette dangereuse Diaspine.

En l'absence de toute possibilité nouvelle de Lutte Biologique pratique, relative aux Diaspines, l'activité se concentra donc sur l'affinement de la Lutte chimique dans le respect des principes de la Lutte Intégrée, au niveau de la protection des vergers d'Agrumes.

Les études pratiques furent poursuivies dans ce cas en Corse dans deux types de vergers constitués par des parcelles distinctes de la Station Expérimentale de San Giuliano.

- la première, de plantation récente, réalisée avec des plants sélectionnés, indemnes de toute attaque de Cochenilles.
Elle était destinée à suivre qualitativement, dès l'apparition des premiers individus de Cochenille virgule (Lepidosaphes beckii NEWM.) dans la parcelle, l'extension progressive du ou des foyers de contamination, à l'exclusion, dans un premier temps, de toute estimation quantitative du degré des infestations rencontrées sur chaque arbre.

Cette espèce, peu prolifique, bivoltine sous le climat corse et à faible comportement migratoire n'apparaît que tardivement dans les jeunes plantations à la différence d'Homoptères très bons voiliers, tels que les Aleurodes.

(1) INRA - Station de Lutte Biologique - 06560 VALBONNE.

En effet, les premières détections de l'espèce ne furent mentionnées qu'au cours de l'année 1981, alors que les populations des deux autres Homoptères étudiés: Aleurothrixus floccosus HOW. et Saissetia oleae OLIV. avaient atteint à cette époque des densités telles qu'elles permettaient une étude quantitative précise de leur dynamique.

- La seconde parcelle était formée par un lot d'orangers de la variété Valencia-Late âgés de 20 ans, en provenance du Maroc, greffés sur bigaradiers. Ils étaient tous, à des degrés variés, contaminés par L. beckii. Et il était aisément à chaque instant de répartir visuellement en trois classes simples de contamination (forte, moyenne, faible) l'importance des infestations observées sur chacun des arbres. En complétant cette première estimation de l'évaluation de la densité des populations obtenue par le dénombrement réalisé aux mêmes dates, des Cochenilles vivantes et mortes rencontrées sur les différentes parties de l'arbre (feuilles, rameaux et fruits), on possède une méthode relativement simple permettant d'étudier la dynamique des populations comme prélude de la mise au point progressive du seuil d'intervention.

Cette méthode, utilisée en 1980 pour comparer les populations fixées sur feuilles et rameaux d'abord au printemps, puis également sur fruit à l'automne, saisons où les populations de L. beckii sont toutes deux comparables au point de vue composition, car l'une et l'autre au stade hivernant, montre que la distribution des infestations n'a pas lieu au hasard. Quelle que soit la classe d'infestation de l'arbre à l'automne, il y a toujours présence sur fruit d'un très grand nombre de Cochenilles fixées. (BENASSY, BIANCHI et BRUN, 1981). Le chimiotropisme est donc déterminant dans le comportement de recherche des larves mobiles lors de leur fixation. Et cette attirance du fruit, en entraînant la concentration des larves dès leur éclosion, situe à un niveau très bas, dans la classe d'infestation "nulle", la densité seuil à ne pas dépasser au printemps pour éviter toute fixation sur fruit.

C'est en vue de la préciser que l'expérimentation conduite en 1981 selon le même protocole, s'adressait à une population printanière artificiellement réduite par l'application d'une huile blanche employée fin février à la dose de 2 % dans la même parcelle.

Les densités très faibles constatées fin Juin sur feuilles et sur rameaux au terme de l'éclosion des larves mobiles de la première génération annuelle laissaient envisager également une très faible contamination à l'automne de la récolte pendante. Les dénombrements réalisés sur fruits à cette époque témoignent d'une réduction sensible des populations fixées où la majorité des femelles de L. beckii encore vivantes à cette saison, étaient parasitées par un ou plusieurs individus d'Aphytis lepidosaphes.

C'est ainsi que l'application insecticide réalisée en hiver en réduisant le nombre d'hôtes disponibles au printemps devait favoriser efficacement l'action du parasite. Cette dernière, avec des taux supérieurs le plus souvent à 50 p. 100, s'avéra maximale et les densités de L. beckii se révélèrent extrêmement faibles.

On doit souligner cependant, que cette réduction notable, voisine de l'élimination, des populations de L. beckii s'accompagne dans toute la parcelle, d'une recrudescence d'activité de l'espèce voisine Lepidosaphes gloveri considérée jusqu'à présent sans importance économique, dans tous les vergers où elle existait en association avec la précédente. Et ce phénomène de remplacement d'une espèce par une autre, rencontré fréquemment dans le cadre de l'utilisation des ennemis naturels, trouve, dans ce cas précis, une nouvelle illustration.

Or, l'efficacité de la lutte chimique contre les Diaspines reposant également sur les précisions fournies par les Avertissements Agricoles, l'amélioration de ceux-ci peut s'envisager aujourd'hui grâce à l'utilisation des phéromones.

C'est ainsi que l'expérimentation visant l'introduction de ces substances chimiques dans la pratique de la prévision des interventions s'est déroulée simultanément dans deux directions complémentaires: au niveau d'abord de l'emploi pratique de ces phéromones en vergers et parallèlement au niveau du laboratoire, par l'étude des possibilités d'extraction et de synthèse de nouvelles substances spécifiques.

En verger, le rodage de la pratique du piégeage s'est déroulé avec comme modèle la Cochenille blanche du pêcher (Pseudaulacaspis pentagona) TARG.) pour laquelle il existait déjà un certain nombre de travaux antérieurs. En utilisant des pièges diversement appâtés (élevage de femelles vierges, capsules contenant diverses formulations) il fut aisément au cours de deux campagnes successives de piégeage (1980-1981) de connaître la réaction des mâles à la composante la plus attractive de la phéromone et de choisir parmi les différentes formulations testées, celle à base de propionate + alcool comme étant la plus satisfaisante qui soit.

Parallèlement, à partir des élevages de masse effectués à Valbonne sur des végétaux de substitution non arômatiques comme les tubercules de pommes de terre de différentes variétés ("bintje" pour Aspidiotus nerii BOUCHE et "Roseval" pour Chrysomphalus ficus ASHM.); l'isolation des phéromones de ces deux Diaspines nuisibles aux Citrus a été entreprise. Les premiers résultats relatifs à l'extraction puis à l'analyse des différents composants permettaient récemment la synthèse de l'attractif sexuel émis par les femelles d'A. nerii. Les premières capsules réalisées ainsi seront expérimentées en Mai en Crète, lors de la sortie printanière des mâles de l'espèce dans les conditions les plus extrêmes de la Méditerranée.

Les études relatives à C. ficus n'en sont actuellement qu'au stade de la collecte des éffluves en vue de l'extraction des substances émises.

Cochenilles Lecanines.

1) Travaux sur le seuil commercial de dégâts et sur la prévisions du risque.

Etant donné que la première manifestation des dégâts de Cochenilles Lecanines est le dépôt de fumagine sur les feuilles et les fruits puis la deuxième, une absence de floraison et de fructification chez certaines espèces d'agrumes, notamment le clémentinier, il est utile d'en faire l'activité principale du contrat. Comme c'est la même chose pour un certain nombre d'homoptères citriques (cochenilles pseudococcines, aleurodes), il est indispensable de travailler, en étroite coordination avec les entomologistes chargés de ces groupes d'homoptères, notamment les aleurodes puisque les deux principaux ravageurs dans le verger-pilote choisi à San Giuliano (Corse) sont la Cochenille noire, Saissetia oleae et l'aleurode Dialeurodes citri (actuellement tout au moins).

En prenant le verger-pilote dans la plaine orientale de la Corse, on choisit le cas le plus difficile en France, en ce sens que les agrumiculteurs sont engagés dans un processus de lutte chimique totale, commencé avec 2 traitements par an (coccicide, aphicide) voici une quinzaine d'années pour arriver maintenant, avec la pleine production du verger de clémentinier, à 5-7 traitements insecticides et acaricides. C'est un seuil commercial (nuisibilité pour la présentation des clémentines et non un seuil réel faisant baisser les rendements) donc très peu tolérant, s'appliquant à une production de luxe, puisqu'aucun brossage des fruits n'est possible (du fait de leur présentation avec deux feuilles) pour éliminer les traces de fumagine. Comme il s'agit des conditions les plus strictes de qualité, le seuil de nuisibilité des insectes induisant la fumagine devra être affecté d'une marge de tolérance nettement plus grande pour les autres produits métropolitains (clémentines de la Côte d'Azur, citron, kumquat, cédrat, bigarade) pour lesquels le brossage est accepté.

Ce verger de 2,2 ha est planté de 864 clémentiniers, variété SRA 63, greffés sur Citrange-Troyer, âgés de 7 ans en 1980. Un essai de fumure NPK à dose variable de chaque élément est une première source éventuelle d'hétérogénéité d'infestation. En 1979 et 1980, seuls les arbres des carrés recevant la dose normale, équilibrée, sont échantillonnés pour évaluer la densité de Cochenille noire et d'aleurode par unité de surface foliaire (et de rameau pour *S. oleae*). Les causes de variation de niveau de population d'insectes d'un point à l'autre de la parcelle sont d'origine végétale (vigueur, mesurée par le diamètre du greffon et celui du porte-greffe), microclimatique, ou dues aux localisations aléatoires des colonies primaires, installées après traitement chimique ou non atteintes par ces traitements.

Dans un premier temps, il s'agit de faire de gros échantillonnages qui, une fois analysés, permettent d'alléger les suivants, donc de gagner du temps dans l'évaluation des densités d'insectes. C'est pourquoi, l'accent a été mis sur l'étude d'hétérogénéité de distribution des deux homoptères, observés simultanément sur les mêmes échantillons. Les différences étant repérées d'un point à un autre de la parcelle, il est possible de réduire considérablement la taille de l'échantillon tout en gardant une précision d'estimation de la densité égale. Une deuxième hétérogénéité au niveau de l'arbre est recherchée (strate végétale portant à chaque date le maximum d'individus des 2 espèces d'homoptères). C'est ainsi qu'en 1980, les comptages de larves de *S. oleae* sont faits sur 38 clémentiniers, 152 rameaux en avril, et sur 40 clémentiniers, 380 rameaux en décembre. Ce qui représente environ 20 m. de rameau et 3.000 feuilles en avril, 60 m. de rameau et 10.000 feuilles en décembre. L'analyse de variance puis des correspondances des résultats met en évidence un effet brise-vent dont la proximité est favorable à la vitesse de développement et à la survie estivale et hivernale de la cochenille, ainsi qu'un effet arbre individuel totalement indépendant de la vigueur et de la hauteur de la frondaison. Cette analyse mathématique élaborée permet de confirmer les observations de terrain, antérieurement effectuées à San Giuliano pour *S. oleae* hébergé par l'orange Valencia Late, et dans les Alpes-Maritimes sur bigaradier: à l'hétérogénéité liée aux zones les plus abritées s'ajoute un effet arbre difficilement explicable. L'analyse mathématique au niveau de l'arbre montre d'autre part qu'en toute saison, la première poussée de sève de l'année, c'est-à-dire celle qui va être florifère puis fructifère, recèle la plus grande fréquence de cochenilles sur rameau et sur feuille (de même pour l'aleurode sur feuille).

En conséquence, un plan d'échantillonnage rationnel exclut de prendre les arbres au hasard et l'appréciation du risque de dégâts peut se faire sur des arbres-test choisis par zone dans le verger. Pour éviter un grand nombre de rameaux-échantillons sans cochenille, dans les conditions de la plaine orientale de la Corse et sur clémentinier, pour une culture normalement entretenue, il convient de limiter les prélèvements à la première poussée de sève. Le résultat pratique le plus utile est que le verger-pilote pourra servir à la prévision du risque de dégâts pour une certaine étendue de culture de la plaine orientale de la Corse dont les limites restent à définir. Un résultat pratique intéressant est qu'en prenant des rameaux fructifères pour apprécier la densité de l'insecte par unité de surface, il est possible de noter la classe de fumagine sur chaque rameau, pour vérifier sa concordance avec les notations de fumagine. Actuellement celles-ci sont effectuées au moment de chaque échantillonnage, sur feuilles et fruits dans l'arbre ou après récolte par sondage dans les caisses de clémentines cueillies. Il y a là un moyen probable d'affiner la relation densité-dégâts.

Dans un deuxième temps, l'échantillonnage est étendu à l'hétérogénéité de la fumure dans la parcelle x. C'est pourquoi, en décembre 1981, les prélevements ont lieu non seulement sur 40 arbres de fumure normale, mais encore sur 40 autres de fumure N_iP_jK_k, avec i, j, k (0), et sur la première poussée de sève.

2) Travaux d'acclimatation d'auxiliaires.

Dans ce verger-pilote, la stratégie de protection contre les insectes est décidée comme par le passé, en mettant l'accent sur la recrudescence de l'aleurode, des cochenilles-virgule (diaspines), des araignées rouges et de la Cicadelle verte de la Vigne. L'intervention chimique estivale et si possible unique dans l'année (huile blanche) est, actuellement, considérée comme ce qu'il y a de mieux en Corse pour préserver les Aphelinides acclimatés parasitoïdes d'Lauerodes, de diaspines et les prédateurs naturels d'acariens. Toutefois, il convient de souligner à ce propos que les Encyrtides indigènes et acclimatés, parasitoïdes de l'ennemi citricole le plus abondant en Corse (S. oleae), sont massivement détruits par ce produit insecticide (mode respiratoire des larves endoparasites). Finalement, Metaphycus helvolus (acclimatation ancienne) et Metaphycus bartletti (acclimation en 1980) seraient à des niveaux très élevés au stade adulte, au milieu du printemps, mais leur pullulation s'effondre pour le reste de l'année après la pulvérisation insecticide estivale. Ces moyens biologique sont donc présents dans la parcelle mais n'ont aucun intérêt particulier dans l'état actuel des études poursuivies (lutte chimique raisonnée).

Il est à prévoir que des cochenilles, nouvelles en tant que ravageurs des agrumes, vont se manifester au cours des années, vu le contexte de lutte chimique intensive dans la région. Pseudococcus calceolariae qui se met à pulluler, paraît faire partie de cette catégorie d'insectes indifférents devenant économiquement importants. Les études biocénotiques antérieures à ce contrat, à défaut d'avoir décelé sa présence sur agrumes corses, ont permis de vérifier l'existence de ses ennemis naturels, habituels dans tout pays citricole. Aussi, il sera particulièrement intéressant à cette occasion de vérifier s'ils restent suffisamment actifs pour faire disparaître ce risque nouveau dans les vergers traités chimiquement. L'exemple de la Côte d'Azur, où cette cochenille farineuse est totalement contrôlée par les mêmes ennemis naturels, pourra servir de comparaison.

2. LES ALEURODES

J.C. ONILLON (1) et P. BRUN (2)

Dans le cadre du contrat C.C.E. "Lutte intégrée contre les ravageurs des Citrus", la partie relative aux Aleurodes, du fait de l'importance sans cesse croissante prise par ces ravageurs au niveau du Bassin Méditerranéen, prévoyait deux directions de recherches visant à préciser, au terme du contrat, les conditions requises à un allègement justifié de la lutte chimique s'appuyant d'une part sur l'efficacité des auxiliaires indigènes ou importés et sur la décision d'une intervention chimique dès dépassement du seuil de nuisibilité.

Ces deux orientations étaient matérialisées par :

- un renforcement de l'entomofaune parasitaire d'Aleurothrixus floccosus par acclimatation d'auxiliaires spécifiques;
- l'amélioration et l'optimisation des techniques d'observation et d'échantillonnage permettant de généraliser l'emploi d'un seuil de nuisibilité générateur d'une décision d'intervention principalement de nature chimique.

I. RENFORCEMENT DE L'ENTOMOFAUNE PARASITAIRE

Dans les conditions climatiques de la Côte d'Azur et de la Corse, Aleurothrixus floccosus, aleurode introduit accidentellement depuis une quinzaine d'années est parfaitement contrôlé par son parasite spécifique acclimaté du Chili, Cales noacki. Depuis 1972, un équilibre s'est établi naturellement entre l'hôte et le parasite, rompu certaines années lorsque les températures estivales, par trop élevées, entraînent une mortalité de l'entomophage. Cette baisse d'efficacité de Cales a pour corollaire à l'automne une recrudescence des populations de l'aleurode amenant à l'époque de la récolte, un dépôt de miellat et le développement de la fumagine sur fruits.

Ce phénomène observé tous les trois à quatre ans a une telle importance écologique, par les conséquences d'un recours à une couverture chimique, que l'on a envisagé l'acclimatation en Corse d'un autre parasite spécifique d'A. floccosus, Amitus spiniferus à exigences thermiques plus élevées. Cette opération qui a déjà parfaitement réussi sur la Côte d'Azur permettrait d'apporter une solution biologique complète et satisfaisante dans la mesure où d'autres contrées plus méridionales peuvent être menacées par l'introduction d'A. floccosus (Sardaigne) ou le sont déjà (Sicile).

Au cours de ces deux dernières années, plusieurs centaines d'adultes d'Amitus spiniferus ont été libérées au cours du mois de juillet sur un clémentinier situé en position centrale dans le verger afin de comparer les modalités de la dispersion de l'entomophage avec celles observées pour Cales noacki. Aucune larve d'Aleurothrixus floccosus présentant le noircissement caractéristique de l'action parasitaire d'Amitus n'a pu être observée sur l'arbre de lâcher et les clémentiniers voisins.

(1) INRA-Station de Lutte Biologique 06602 ANTIBES.

(2) INRA-Station de Recherches Agronomiques de Corse 20230 SAN NICOLAO.

Cette difficulté d'assurer l'implant d'A. spiniferus en Corse est à rapprocher des essais répétés, réalisés par le laboratoire sur le littoral azuréen, pour obtenir l'acclimatation définitive de l'entomophage. En effet cet hyménoptère, qui une fois implanté et acclimaté se disperse fort bien en effectuant un très bon contrôle biologique complémentaire de celui exercé par C. noacki, ne présente pas la plasticité et la rusticité de ce dernier. En outre le spectre parasitaire relativement étroit d'Amitus (larves de fin de premier stade et de début de second stade de l'aleurode) implique une fourchette assez étroite dans la synchronisation entre l'hôte et son parasite surtout en début de saison où les générations d'A. floccosus sont bien tranchées.

De nouveau au cours de l'été 1982 sera tentée l'acclimatation d'A. spiniferus, non pas en un seul lâcher comme cela avait été fait lors des années précédentes pour suivre la dispersion naturelle de l'entomophage, mais en cascades d'introductions de façon à planter massivement l'auxiliaire.

Dans la même optique et malgré les observations antérieures réalisées sur l'efficacité moyenne de Prospaltella lahorensis dans les vergers d'agrumes de la Côte d'Azur, observations assez différentes des notes réalisées en Sicile avec le même auxiliaire, cet entomophage sera libéré en Corse dans l'optique d'une lutte intégrée (choix d'un insecticide et des époques de traitement dans le respect de l'action de P. lahorensis). Les études relatives à la définition d'un seuil de nuisibilité de D. citri étant assez avancées pour que dès l'automne 1982 soit proposé un calendrier raisonné de traitements sur clémentinier.

II. APPROCHE DE LA DEFINITION DU SEUIL DE NUISIBILITE DE DIALEURODES CITRI.

Les conditions climatiques, culturales et variétales en un lieu donné sont autant de facteurs de variation qui interdisent toute généralisation et utilisation hâtives d'éléments précédamment 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.

Les études sur le seuil de nuisibilité ont été réalisées sur une parcelle de 2 ha de clémentiniers entourée de brise-vents, surface et environnement assez typiques de l'agrumiculture corse. Plusieurs étapes ont dû successivement être franchies pour parvenir à une définition des contraintes spécifiques que pose la définition du seuil de nuisibilité de D. Citri.

1) - Méthodologie utilisée

Quarante clémentiniers, greffés sur Citrange Troyer, supportant la même fumure et disposés dans la plantation de telle manière que les possibles influences des brise-vents soient toutes prises en compte, ont été choisis comme arbres d'échantillonnage. Un rameau de la pousse de printemps ayant porté un fruit (avril 1980) ou portant un fruit (décembre 1980) et un rameau de la pousse d'été ont été prélevés par exposition sur chacun des 40 clémentiniers. La totalité des larves vivantes de D. Citri, stades producteurs de miellat donc potentiellement inducteurs de fumagine a été dénombrée sur chacune des feuilles portées par les rameaux. Les effectifs bruts ont été transformés en densités numériques par unité de surface foliaire pour disposer d'un étalon comme de référence indépendant de la variété et de l'expérimentateur. Le même prélèvement a servi également pour étudier l'autre ravageur important vivant sur feuilles, Saissetia oleae.

Les traitements ultérieurs (analyses de variance, analyses multidimensionnelles, ...) ont été faits sur ordinateur.

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, d'autre part sur chaque fruit porté par le rameau lors des prélèvements de décembre. Enfin pour certains clémentiniers ayant globalement une note caractéristique de l'échelle de notation, la totalité des fruits a été examinée pour étudier la dispersion de l'intensité de dépôt de fumagine.

2) - Résultats.

a) - L'hétérogénéité spatiale de la plantation

Les densités numériques de *D. citri* ne sont pas significativement différentes suivant l'orientation quelque soit l'époque du prélèvement (début de l'hiver ou début du printemps). Par contre le facteur de variation le plus important est constitué par la proximité ou l'éloignement des brise-vents. Les faibles densités de *D. citri* sont observées près des brise-vents Nord ou Sud. Les fortes infestations sont localisées à proximité du brise-vent Ouest et, loin de tous les brise-vents, en position médiane dans le verger sont notées les infestations moyennes. Il semble donc exclu, sous réserve d'une confirmation en cours avec le prélèvement de décembre 1981, de faire des prélèvements sur des clémentiniers pris au hasard dans la plantation.

b) - Définition des zones d'influence des brise-vents

L'importance du facteur "localisation spatiale du clémentinier" nous a amené à étudier, sur 216 clémentiniers répartis régulièrement (25 % de la plantation) et avec le même protocole, les zones d'effet maximum des brise-vents. Les données, en cours d'exploitation, devraient permettre de définir ultérieurement, quelle que soit la surface de la plantation les zones où devront être effectués les prélèvements.

c) - Age des feuilles ou rameaux à prélever

La prise d'échantillons de la pousse d'été n'apporte aucune information supplémentaire par rapport aux feuilles de la pousse de printemps. Si la composition qualitative de la population du ravageur 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. Il est donc inutile, dans l'optique d'un prélèvement en automne destiné à connaître le risque à court terme représenté par *D. citri* sur la récolte, de prélever des feuilles de la pousse d'été.

d) - Nombre d'échantillons à prélever

Lors du prélèvement de décembre, le nombre de rameaux avait été doublé et donc porté à 320 rameaux. S'il ne semble pas que l'accroissement du nombre de rameaux apporte une augmentation notable de la précision, le choix préférentiel ou la prise au hasard de feuilles sur le rameau devrait pouvoir être précisé dans les mois qui viennent vue l'importance des données en cours de traitement.

e) - Liaison densité de ravageur - dépréciation qualitative de la récolte

Cette liaison établie en décembre 1980 et qui doit être vérifiée au terme du dépouillement de décembre 1981 a permis de voir que les fruits couverts de fumagine (note 4) sont associés à des densités de D. citri supérieures à 200 larves/dm² de surface foliaire. La note 2 (fruit très légèrement ponctué de miellat et de fumagine) est associée avec des populations larvaires faibles, inférieures à 20 ou 30 larves/dm². Il sera donc possible, sous réserve d'une confirmation obtenue après le prélèvement de décembre 1981, de définir le seuil de nuisibilité de D. citri (quantité de larves en dessous duquel aucun dommage qualitatif n'affectera la récolte).

f) - Epoque du prélèvement

Deux époques ont été testées (début de printemps et début d'hiver avant récolte). Le prélèvement d'avril 1982 devrait permettre de trancher et d'assurer une certaine prévision à l'avance. A l'heure actuelle les résultats sont valables pour décider d'une intervention de nature chimique, trois mois avant récolte. La relation densité de population hiver-printemps (mortalité hivernale) et ultérieurement printemps-hiver (augmentation de population du fait du bivoltinisme du ravageur) devrait pouvoir fournir une prévision à long terme.

g) - Relations dynamiques entre les deux ravageurs majeurs

Des données collectées lors de l'hiver 1980-1981 semblent se dégager une certaine opposition entre Dialeurodes citri et Saissetia oleae, les fortes contaminations en aleurode étant toujours accompagnées de faibles infestations de la cochenille noire et vice-versa. Si le prélèvement effectué en décembre 1981 devait confirmer les tendances observées l'hiver précédent et explicables peut-être par des préférences microclimatiques différents pour chacun des deux ravageurs, il serait alors nécessaire de dissocier le cas des deux phytophages, les mêmes arbres ne pouvant servir pour l'estimation commune des seuils de nuisibilité de D. citri et de S. oleae.

La plupart des problèmes posés par la définition des modalités d'emploi du seuil de nuisibilité sont résolus ou en passe de l'être au cours des prochains mois. La vérification de cet ensemble de mesures autorisant une certaine prévision des risques de même que le contrôle biologique total ou partiel des deux ravageurs doivent être suivis sur au moins deux années dans les conditions de l'agrumiculture corse pour pouvoir être généralisables ultérieurement.

PILOT PROJECT FOR BIOLOGICAL CONTROL IN CITRUS CULTURE

A. NUCIFORA (1*)

SUMMARY

During the years 1979-1981 many problems concerning the realization of the integrated pest control in lemon groves have been successfully faced and solved, according to the project CEC 0730, with funds of the CEC itself and of the Italian M.A.F.

The problem of the "moth of the Citrus blossoms", Prays citri, has been faced and partially solved : the agronomic method of anticipating the breaking of "la secca" (1) has already given good results, while the mass-trapping method, using traps with sexual pheromone, is being furtherly verified. Both methods together seem to solve the problem of the defence from the attacks of that phytophagous definitively with no use of insecticides.

As for the control of the California red scale, Aonidiella aurantii, and of the oleander scale, Aspidiotus nerii, white mineral oil has proved to be effective enough, but further tests are needed to get better results.

In the next two years there will be a potentiation of Aphitis crysophali and A. melinus rearings in order to set them subsequently free, so to reinforce their activity against the diaspinæ, still now operating in nature.

The attacks of Aphides (particularly Toxoptera aurantii) have been restrained by the action of Lysiphlebus testaceipes, L. fabarum, L. confusus and Trioxys angelicae. So in lemon groves subjected to integrated control the problem seems to be biologically solved. The integrated control against Dialeurodes citri, carried out by means of white mineral oil in the winter and by launching Encarsia lahorensis has proved to be decisive. Where the parasitoid has become acclimatized, in the thind year the parasitazion rates have reached about 70% of the phytophagous present on the leaves.

During the three years the citrus mealybug, Planococcus citri, has been kept within tolerable limits by the action of Anagyrus pseudococci, integrated by e treatment with white mineral oil. The only exemption is represented by the collateral area of Furci Siculo, where in the summer 1981 there occurred an unexpected development of that phytophagous, which was blocked by activited oil. At that moment there was no availability of either Leptomastix dactylopii or of Cryptolaemus montrouzieri, the rearings of wch have been programmed and will be furtherly potentiated for the next two years.

The cottony cushion scale, Icerya purchasi, has been biologically controlled by Rodolia cardinalis, that in lemon groves subjected to integrated control develops naturally from May onwards.

Against the tetranychides mites (Tetranychus urticae and Panonychus citri) the integrated control has been plainly successful and they are now being controlled by means of 9 species of phytoseiid mites (Phytoseiulus persimilis, Amblyseius stipulatus, A. potentillae, Typhlodromus exhilaratus, T. cryptus, T. rhenanoides, Iphiseius degenerans, Amblyseius bakeri, Seiulus amaliae), with no need of specific interventions of acaricides.

(1*) Istituto di Entomologia Agraria dell'Università - 95100 CATANIA

(1) non-irrigation period.

The citrus but mide, Eriophyes sheldoni, is the most difficult to be fought, since the predatory phytoseiid mites are not able to reach it into buds where it lives and operates.

White oil by 2%, sprayed with accuracy, represents the most suitable means for the control of that phytophagous.

Against the "black rust mite", Aculops pelekassi, not blocked by mineral white oil, the best results have been hitherto assured by interventions with ziram.

PROJET PILOTE POUR LA LUTTE INTEGREE
EN CITRICULTURE

RESUME

Dans le cours des trois années 1979-1981 on a abordé et résolu avec succès plusieurs problèmes, relatifs à la réalisation de la lutte intégrée dans la culture des citrons prévue par le projet C.C.E. 0730.

Le problème de l'attaque de la "teigne du citronnier", Prays citri, a été abordé et résolu en partie : le système agronomique de l'anticipation dans la rupture de la "secca" a déjà donné de bons résultats et la méthode de "mass-trapping" avec des trappes à phéromone sexuelle est en train d'être ultérieurement vérifiée. Il paraît que les deux méthodes arrivent à résoudre le problème de la défense des attaques de ce phytopophage d'une manière définitive sans faire aucun recours à l'emploi d'insecticides.

Dans le cadre de la lutte contre les diaspines, Aonidiella aurantii et Aspidiotus nerii, l'huile minérale blanche a montré une capacité suffisante de contrôle, mais des essais ultérieurs sont encore nécessaires pour mieux résoudre le problème; contre ces insectes on a prévu pour les deux années prochaines le développement d'élevages d'Aphitis crysomphali et d'A. melinus en vue de les lâcher pour renforcer leur activité naturelle.

Les attaques des Aphidiens (Toxoptera aurantii en particulier) ont été freinées par l'action de Lysiphlebus testaceips, L. fabarum, L. confusus, et Trioxyx angelicae. Le problème dans les vergers de citronniers soumis à la lutte intégrée semble donc résolu biologiquement. Contre Dialeurodes citri, la lutte intégrée, réalisée avec de l'huile minérale blanche l'hiver et avec des lâchers d'Encarsia lahorensis, s'est montrée efficace. Là où le parasitoïde s'est acclimaté on a atteint pendant trois ans des taux de parasitisme de 70% des larves présentes sur les feuilles.

Pendant ces trois années, l'action d'Anagyrus pseudococci, intégrée par le traitement avec de l'huile minérale blanche, a contenu Planococcus citri. L'unique exception est représentée par l'aire collatérale de Furci Siculo, où au cours de l'été 1981, il y a eu un développement inattendu du phytopophage qu'on a dû bloquer avec de l'huile activée. A ce moment, on ne disposait ni de Leptomastix dactylopii, ni de Cryptolaemus montrouzieri, dont les élevages ont été programmés et seront développés pendant les deux prochaines années.

Icerya purchasi a été contrôlée biologiquement par Rodolia cardinalis, qui, dans les vergers de citronniers soumis à la lutte intégrée, se développe naturellement à partir du mois de mai.

Contre les acariens Tétranychides (Tetranychus urticae et Panonychus citri) la lutte intégrée a eu un plein succès sans que soit nécessaire aucune intervention d'acaricides spécifiques; ils sont actuellement contrôlés par 9 espèces de phytoséides (Phytoseiulus persimilis, Amblyseius stipulatus, A. potentillae, Typhlodromus exhilaratus, T. cryptus, T. rhenanoides, Iphiseius degenrans, Amblyseius bakeri, Seiulus amaliae).

Eriophyes sheldoni est le plus difficile à combattre, car les Phytoseides déprédateurs n'arrivent pas à l'atteindre à l'intérieur des bourgeons où il vit et agit.

L'huile blanche à 2%, pulvérisée avec un soin particulier, représente le moyen le plus approprié pour la lutte contre ce phytopophage. Par contre, les traitements avec l'huile minérale blanche ne bloquent pas Aculops pelekassi; les meilleurs résultats que l'on a eus jusqu'à présent contre ce dernier sont obtenus par des interventions avec le Ziram.

PROGETTO PILOTA PER LA LOTTA INTEGRATA IN LIMONICOLTURA

Il progetto CCE 0730, partito nell'agosto 1979, è stato sviluppato nel trascorso triennio nei termini previsti. Nell'ambito della area pilota si sono svolte le prove di pieno campo e le ricerche volute dal progetto con la collaborazione degli Istituti di Entomologia agraria delle Università di Catania, Palermo, Napoli e dell'Istituto Sperimentale per l'Agrumicoltura di Acireale. La coordinazione e la responsabilità tecnica per l'attuazione dello stesso venne affidata al prof. Alfio Nucifora, direttore dell'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Catania.

Le finalità e le linee programmatiche sono state tutte rispettate; i risultati conseguiti nel corso dei tre anni di applicazione possono oggi, in fase consuntiva, ritenersi soddisfacenti. Restano ancora problemi aperti, che contiamo di risolvere nell'arco di tempo del quinquennio da noi proposto in fase di programmazione, quinquennio che si chiuderà nel 1983. Siamo in atto, ad esempio, in fase di sperimentazione avanzata, ma non ancora conclusa, nell'applicazione in pieno campo della tecnica del "mass-trapping" contro il Prays citri, che è uno degli insetti-chiave nella difesa integrata della nostra limonicoltura. Contro questo fitofago esperimenti con trap-pole a feromone sessuale di sintesi a scopo di "monitoring" sono state effettuate nel 1980 e 1981 nell'area pilota collaterale n. 4, in contrada S. Flavia, nel Palermitano; contro lo stesso insetto, durante il 1981, nell'azienda pilota di Acireale è stata applicata la tecnica del "mass-trapping" su due dei dieci ettari che la costituiscono; tale tecnica verrà estesa nei prossimi due anni all'intera azienda e ci si attendono risultati di alto valore applicativo. Si prevede di giungere a soluzioni agronomico-biologiche di questo problema, che oggi gran parte dei limonicoltori siciliani tenta di risolvere con metodi chimici, senza ottenere successo e innescando involontariamente ripercussioni collaterali negative.

La lotta integrata, da noi proposta, voluta e realizzata, non può accettare l'uso di tali fitofarmaci. Già contro il Prays citri notevole successo di ordine applicativo hanno riscosso i risultati positivi da noi conseguiti nel 1980 e 1981 con la tecnica agronomica dell'anticipo dell'irrigazione nella rottura della "secca" nel periodo della forzatura delle piante per la produzione dei verdelli. Tale accorgimento agronomico, integrato dalla cattura in massa dei maschi, ci porterà a meglio risolvere il problema; non dubitiamo, perciò, che alla fine del previsto quinquennio il problema della lotta contro tale fitofago risulterà definitivamente risolto, senza che si debba fare ricorso alcuno ad insetticidi di sorta. Un altro problema particolare previsto in oggetto riguarda gli afidi. Le loro infestazioni nell'area pilota del progetto CCE 0730, come del resto in tutta la limonicoltura siciliana, sono state sostenute in pratica dalla sola Toxoptera aurantii. Nella azienda pilota di Acireale nella primavera 1981 l'attacco di quest'afide ha interessato con le sue colonie circa la metà delle piante con densità d'infestazione del 6-10% dei germogli presenti; si tratta di livelli notevolmente al disotto della soglia economica, che è prefissata per questo fitomizo nel 25% di germogli infestati; oltretutto le colonie afidiche sono state puntualmente parassitizzate ad opera anzitutto di Afidiidi endofagi : è stata rilevata al riguardo la presenza nell'ambiente in oggetto di 4 specie di Afidiidi, fra cui predomina Lysiphlebus testaceipes, con presenza relativa rispetto alle altre tre specie del 60-70%; esso riesce a parassitizzare spesso fino quasi il 100% degli individui di T. aurantii, presenti sulle piante, ed è in grado di vicariare in breve tempo i congeneri L. fabarum e L. confusus, capaci anch'essi di esercitare nelle aree e nei periodi in cui osservano un certo predominio un controllo pressocchè totale dell'afide bruno sul limone. La quarta specie è Trioxys angelicae.

Di più limitato effetto e alquanto ritardato rispetto all'azione degli entomoparassiti sopraindicati è risultata la predazione da parte di Coccinellidi e Sirfidi.

Per quanto riguarda quindi l'attacco degli affidi la situazione appare oggi nelle aziende sottoposte a lotta integrata ampiamente risolta dal controllo biologico naturale e non c'è necessità alcuna di intervenire chimicamente con fitofarmaci di sorta.

Contro Aonidiella aurantii, che costituisce uno dei problemi particolari da risolvere previsti in progetto, il successo finoggi registrato appare quasi soddisfacente. Gli olii minerali bianchi riescono a contenerne l'espansione, ma non ci hanno finoggi assicurato la desiderata disinfezione delle aree o delle piante da essa infestate. L'azione di Aphytis melinus contro di essa è apparsa piuttosto blanda, nè si è avuta finoggi possibilità di effettuare lanci di questo afelinide, in quanto la tecnica delle piante banca, allevate allo scopo di moltiplicarlo e poterlo successivamente diffondere, non ha finoggi dato i risultati sperati. Essa verrà affinata nei prossimi due anni, durante cui cureremo anche di applicare altre tecniche di allevamento in modo da poter giungere a soluzioni integrate agronomicamente soddisfacenti.

L'attacco del diaspino Aspidiotus nerii, la cosiddetta "bianca dei limoni", ovunque presente, costituisce ancora oggi un problema parzialmente insoluto, nel senso che ci si aspettava un'azione disinfestante più marcata da parte degli interventi di lotta integrata previsti e attuati. Contro questo fitofago è importante l'epoca in cui si effettuano gli interventi. Così l'anticipato del trattamento invernale alla fine dell'autunno, com'è stato effettuato quest'anno nell'azienda pilota (16-20 novembre), dovrebbe risultare positivamente determinante allo scopo.

Quest'ipotesi verrà appunto verificata nei prossimi due anni di attuazione del progetto 0730. Anche per questo diaspino l'allevamento in laboratorio del parassita indigeno Aphytis crysomphali e di Aphytis melinus e il loro successivo lancio, per rafforzare le popolazioni già operanti in campo, è in programma per i prossimi due anni.

Contro il Dialeurodes citri la lotta integrata, basata sull'uso di olio minerale bianco al 2,5% e su lanci di Encarsia lahorensis, si è dimostrata risolutiva. In atto di nessuna delle aziende dell'area pilota sperimentale la presenza di questo fitofago raggiunge la soglia d'intervento, che è stata fissata in 20-30 neanidi/foglia. Gli interventi con olio minerale bianco non hanno lasciato spazio alla sua espansione e l'efficacia determinante e in progressivo aumento di E. Lahorensis, che è stata lanciata in alcune aziende dell'area pilota e vi si è acclimatata, è giunta a gradi di parasitizzazione elevata (area collaterale di Cannizzaro).

Nell'azienda pilota la presenza di D. citri nell'area sud-est della stessa, dove peraltro il fitofago risulta in atto confinato, era rappresentata nel 1980 da 6,3 neanidi in media per foglia campionata; nel 1981 nella stessa area essa era di 5,5 neanidi/foglia, a motivo del contenimento operato dai trattamenti invernali ed estivi con olio bianco. Nel corso del 1981 in questa azienda è stata lanciata E. Lahorensis e si attende di constatare i risultati del suo insediamento nei prossimi due anni.

Nell'area collaterale di Cannizzaro (Catania) sopraccitata, che all'atto dell'inizio del progetto 0730 era altamente infestata da D. citri, tanto che foglie e frutti risultavano ampiamente coperte da fumagine - e per tale motivo essa appunto venne scelta e inserita nei piani particolari di sperimentazione - gli effetti positivi della parasitizzazione da

Encarsia si sono potuti bene osservare durante i decorsi tre anni, tant'è che oggi le possibilità di controllo integrato contro questo fitofago risultano certi e incontestabili. In questa area nel gennaio 1980 si rilevavano valori medi superiori a 120 neanidi/foglia. L'intervento con olio minerale bianco al 2,5% e la successiva azione dell'Encarsia durante la restante parte dell'annata e nel corso del 1981 hanno abbassato i livelli anzidetti ad appena 7 neanidi a foglia, come si poté rilevare ai primi di settembre di quest'anno. Sulle piante scomparvero i sintomi di fumaggine e frutti e foglie si presentano oggi alquanto puliti. Il lancio di Encarsia, effettuato in questa area fin dal 1979 e che all'inizio del 1980 aveva sortito ancora risultati alquanto modesti, venne ripetuto per la 2a volta nella primavera 1980 o sfociò alla fine del 1980 in tassi di parassitizzazione di oltre il 40% (Patti e Rapisarda, 1980), che si elevarono ulteriormente nel corso del 1981, tanto che all'inizio di settembre si contava il 70% circa di neanidi parassitizzate.

Il Planococcus citri, le cui infestazioni sono rimaste contenute nel corso del triennio dall'azione del parassita indigeno Anagyrus pseudococci, ci ha creato grosse difficoltà durante l'estate 1981 nell'area collaterale di Furci Siculo nel messinese. In quest'area, nella quale erano stati attuati regolarmente nelle due trascorse annate trattamenti estivi con olio minerale bianco al 2%, senza che venissero registrati inconvenienti di sorta, e nella quale anche nell'estate 1981 venne effettuato il trattamento con olio alle dosi previste in progetto, il P. citri sviluppò subito dopo il trattamento in così grande quantità che fu gioco-forza ricorrere un mese più tardi, alla metà di agosto cioè, ad un secondo trattamento con olio minerale bianco attivato con metil-parathion, non potendo in altri modi bloccare l'elevatissima infestazione in atto. Non si disponeva di Leptomastix dactylopis, né di Cryptolaemus montrouzieri, i cui allevamenti verranno potenziati nei prossimi due anni, in modo da poter disporre in anticipo di materiale sufficiente da lanciare in campo ed evitare così che si ripeta l'increcioso problema. La possibilità di frenare biologicamente il fitofago, intervenendo con debito anticipo sui tempi della sua più attiva moltiplicazione, risulta ampiamente documentata da interventi al riguardo effettuate su arancio (Longo, 1980) e c'è motivo di credere che il problema verrà totalmente risolto con la lotta chimico-selettiva (olio bianco) effettuata in tempo opportuno, integrata dal lancio di E. Lahorensis, a potenziamento dell'azione dei parassiti indigeni già operanti in campo.

La Icerya purchasi non ha costituito problema di sorta in nessuna delle aziende dell'area pilota sotto controllo, in quanto l'azione del predatore specifico, Rhodolia cardinalis, che appare naturalmente in primavera, e la sua rapida moltiplicazione ha sempre bloccato i focolai di infestazione rilevabili in modo sparso e saltuario in esse. Una turbativa di tale equilibrio potrebbe insorgere nel prossimo futuro in conseguenza alla eventuale diffusione della tecnica del "mass-trapping" contro il Prays citri, in quanto si è visto che tali trappole catturano inspiegabilmente (sarà il colore? sarà il feromone di sintesi o qualcuno dei suoi componenti?) un cospicuo numero di adulti del coccinellide. Sono aspetti del problema su cui indagheremo nel corso dei due anni che seguono.

Contro i ragni rossi (Tetranychus urticae e Panonychus citri) la lotta integrata, prevista in progetto, è stata realizzata con pieno successo. Nelle aziende dell'area pilota si è ampiamente e naturalmente sviluppata l'acarofauna utile, la quale controlla biologicamente le popolazioni degli acari fitofagi. Risultano presenti non solamente il Phytoseiulus persimilis, la cui utilizzazione era prevista in progetto, ma addirittura oltre 8 specie (Amblyseius stipulatus, A. potentillae, Typhlodromus exhal-

ratus, T. cryptus, Iphiseius degenerans, Amblyseius bakeri, Typhlodromus rhenanoides, Seiulus amaliae), le quali contribuiscono in natura nei Limoneti trattati con i criteri integrati in esperimento a contenere gli attacchi degli acari fitofagi al disotto della soglia di dannosità; non è stato perciò necessario ricorrere ad interventi acaricidi specifici contro di essi. Così almeno nell'azienda pilota di Acireale, dove sia il Tetranychus urticae, sia il Panonychus citri sono rimasti soddisfacentemente controllati dagli interventi di lotta integrata da noi attuati. Il P. citri in particolare subisce l'azione acaricida diretta dell'olio minerale bianco che uccide sia le forme mobili, sia le uova di questo fitofago; il T. urticae viene invece controllato poco o nulla dall'azione diretta dell'olio minerale, ma subisce l'attività predatrice specifica di P. persimilis e quella generica di tutto lo stuolo dei fitoseidi predatori sopraelencati.

Nell'area collaterale Ab di Scillichenti, particolarmente attaccata da P. citri e scelta appunto allo scopo di studiare tale particolare problema, un'intervento nell'inverno 80-81 con olio minerale bianco alla dose di Kg 3/hl portò alla morte del 100% delle forme mobili e del 94% delle uova presenti. L'infestazione rimase praticamente assente fino a tutto aprile, riprese lentamente in maggio, giungendo in giugno ad interessare il 10% delle foglie (la soglia d'intervento chimico è del 40%) e venne riportata a livelli del 5,05% alla fine di luglio e del 4,47% in settembre dall'azione dei fitoseidi, particolarmente attivi durante l'estate. In luglio il rapporto fitoseide/preda era di 1/7,6.

Nei Limoneti del progetto CCE 0730 non c'è oggi necessità alcuna di interventi con acaricidi specifici, ladove nella limonicoltura locale se ne effettua almeno uno contro il T. urticae e 2-3 contro il P. citri.

L'attacco di Eriophyes sheldoni, che è il cosiddetto "acaro delle meraviglie", rappresenta ancora oggi uno dei problemi fitosanitari della limonicoltura non ancora pienamente risolti. La difficoltà sta ne fatto che, vivendo esso dentro le gemme, resta non aggredito dallo stuolo dei predatori, che bloccano lo sviluppo degli altri acari fitofagi. Infatti i fitoseidi predatori prima elencati attaccano solamente le forme vaganti dell'acaro delle meraviglie che incappano in essi; una specie diacaro predatore Stigmeide lo va addirittura a cercare sotto le perule divaricate delle gemme rigonfie, ma ciò non basta a limitarne biologicamente la diffusione dalle gemme attaccate a quelle sane e tassi di infestazioni del 90-100% si possono frequentemente raggiungere nel giro di appena sei mesi, partendo da condizioni d'attacco del 20-30% di gemme infestate. L'olio minerale bianco rappresenta ancora oggi il mezzo più idoneo per la lotta contro questo eriofide, dato che riesce ad ammazzarlo per asfissia nel sito in cui esso si trova. Le prove di lotta effettuate al riguardo nel corso dell'estate 1981 con olio minerale bianco a dosi diverse (Kg 1,5 - Kg 2 - Kg 3/hl) dimostrano che l'efficacia dell'intervento non dipende dalla percentuale di olio per ettolitro d'acqua, ma dall'accuratezza con cui il trattamento viene operato. Infatti identici risultati con livelli di disinfestazioni del 96% delle gemme esaminate si sono ottenuto a Kg 2 e a Kg 3/hl, se e quando il trattamento è stato effettuato con particolare accuratezza. La normale diligenza, che è quella invalsa nell'uso comune, non basta. Così nell'azienda pilota, nel gennaio 1981, quest'eriofide era presente nel 71,6% in media delle gemme esaminate; le piante a questa data vennero sottoposte ad un trattamento con Kg 3,5/hl di olio minerale bianco. Nella prima decade di giugno l'acaro venne rinvenuto nel 37,87% delle gemme esaminate e alla fine di luglio nel 79-87% di esse. Dopo il trattamento estivo, effettuato con olio minerale bianco a Kg 2 in condizioni normali di operatività, senza cioè porre cura particolare nell'esec-

uzione dello stesso, non si ebbe rilevante calo dell'infestazione, tanto che, a 37 gg. dalla sua effettuazione, il 61% in media delle gemme risultava con presenza attiva del fitofago.

Il problema quindi non risulta in pratica ancora soddisfacentemente risolto, anche se conosciamo già la via per l'auspicata soluzione.

L'acaro della ruggine nera, Aculops pelekassi, è risultato particolarmente attivo durante l'estate del 1981 nelle aree collaterali 1d e 1c di Riposto e Scillichenti; esso è stato contenuto con un intervento specifico a base di Ziram, operato in settembre. Il precedente trattamento con olio, effettuato in agosto, non ha contribuito ad arginare l'evolversi dell'infestazione.

Conclusioni

Questi fin qui i problemi emersi, risolti e da risolvere, che le prove pilota di pieno campo, iniziate nell'agosto 1979, hanno messo sul tappeto.

I risultati finoggi conseguiti lasciano pienamente soddisfatti e costituiscono già materiale di prim'ordine per incominciare a studiare programmi futuri di estensioni, atti ad incentivare l'applicazione della lotta integrata a tutta la limonicoltura siciliana.

L'incontro di esperti tenuto a Catania-Acireale il 12 -13 giugno 1980 sullo stato d'avanzamento delle prove pilota di pieno campo del progetto CCE 0730 e il recente seminario itinerante del 15-18 settembre 1981, tenuto a Catania e Palermo, hanno dato modo ai partecipanti e ai rappresentanti della CCE di rendersi conto "di visu" dello svolgimento dei lavori, e dei risultati positivi, già in parte conseguiti. Gli incontri sono stati oltremodo proficui per l'impulso che da essi i lavori stessi hanno avuto. Sono state messe a punto tecniche comuni di rilevamento ed è stata suggerita l'adozione di soglie d'intervento per i principali fitofagi-chiave, la cui verifica è in fase di ulteriore investigazione e sarà oggetto di particolare ricerca nei prossimi due anni. Si è particolarmente insistito perché metodi statistici e modelli previsionali d'attacco vengano utilizzati nell'elaborazione di risultati e nell'impostazione delle prove per la soluzione dei problemi particolari non ancora risolti; la presenza agli incontri di competenti in tali settori è risultata alquanto utile.

Le valutazioni che gli esperti hanno sentito di poter fare sullo stato di avanzamento delle prove pilota di pieno campo in limonicoltura nel corso dei due incontri sopracitati e in quello di Siniscola-S. Nicolao del novembre 80, sono stati per noi di particolare incoraggiamento.

I risultati positivi ottenuti sono già tali che è stato suggerito da parte degli Esperti di chiedere l'organizzazione di corsi di qualificazione e di formazione professionale di lotta integrata per il tramite della CCE e di sollecitare presso gli organi di governo nazionali e regionali le creazioni di strutture atte a rendere applicabili su larga scala e con la maggiore rapidità possibile le acquisizioni che le prove pilota di pieno campo hanno finoggi reso possibile. Da parte nostra abbiamo al riguardo sollecitato la Cassa per il Mezzogiorno, che ha dimostrato sensibilità spiccata verso i risultati conseguiti dalle nostre prove di lotta integrata e disponibilità ampia per l'attuazione di strutture idonee ad una larga diffusione dei risultati medesimi.

Riassunto

Nel corso del triennio 1979-1981 sono stati affrontati e risolti con successo numerosi problemi, relativi all'attuazione della lotta integrata in limoncoltura prevista dal progetto CCE 0730 e finanziata dalla CCE stessa e dal MAF italiano.

E' stato affrontato e in parte risolto il problema dell'attacco della "tingola della zagara" (Prays citri); il sistema agronomico dell'anticipo nella rottura de "la secca" ha già dato buoni risultati e il metodo del "mass-trapping" con trappole e feromone sessuale è in fase di ulteriore riverifica. Sembra che insieme riescano a risolvere il problema della difesa dagli attacchi di questo fitofago in modo definitivo, senza far ricorso alcuno all'uso di insetticidi.

Nell'ambito della lotta contro i diasmini, Aonidiella aurantii e Aspidiotus nerii, l'olio minerale bianco ha mostrato sufficiente capacità di controllo, ma ulteriori prove sono ancora necessarie per meglio risolvere il problema; è previsto contro di essi per i prossimi due anni il potenziamento degli allevamenti di Aphitis chrysomphali e di A. melinus e il loro successivo lancio per il rafforzamento della loro attività già operante in natura.

Gli attacchi degli Afidi (Toxoptera aurantii in particolare) sono stati tenuti a freno dall'azione di Lysiphlebus testaceips, L. fabarum, L. confusus e Trioxys angelicae. Il problema nei limoneti sottoposti a lotta integrata appare quindi risolto biologicamente. Contro Dialeurodes citri la lotta integrata, effettuata con olio minerale bianco in inverno e con lanci di Encarsia lahorensis, si è dimostrata risolutiva. Laddove il parassitoide si è acclimatato si sono raggiunti in tre anni tassi di parasitizzazione del 70% delle neanidi presenti sulle foglie.

Il Planococcus citri è stato contenuto nei tre anni entro limiti di piena tollerabilità dall'azione di Anagyrus pseudococcii, integrata dal trattamento con olio minerale bianco. Unica eccezione è rappresentata dall'area collaterale di Furci siculo, in cui nel corso dell'estate 1981 si ebbe un inatteso sviluppo del fitofago, che abbiamo dovuto bloccare con olio-attivato. Non si disponeva sul momento di Leptomastix dactylopii, né di Cryptolaemus montrouzieri, i cui allevamenti sono stati programmati o verranno ulteriormente potenziati nei prossimi due anni.

La Icerya purchasi è stata controllata biologicamente da Rodolia cardinalis, che nei limoneti sottoposti a lotta integrata sviluppa naturalmente da maggio in poi.

Contro gli acari Tetranichidi (Tetranychus urticae e Panonychus citri) la lotta integrata ha avuto pieno successo ed essi in atto risultano controllati da 9 specie di fitoseidi (Phytoseiulus persimilis, Amblyseius stipulatus, A. potentillae, Typhlodromus exhilaratus, T. cryptus, T. rhenaoides, Iphiseius degenerans, Amblyseius bakeri, Seiulus amaliae), senza che vi sia necessità di interventi acaricidi specifici.

L'acaro delle meraviglie, Eriophyes sheldoni, risulta il più difficile da combattere, in quanto i fitoseidi predatori non possono raggiungere dentro le gemme dove esso opera e vive.

L'olio bianco al 2%, irrorato con particolare cura, rappresenta il mezzo più idoneo per la lotta contro questo fitofago.

L'acaro della ruggine nera, *Aculops pelekassi*, non viene bloccato dai trattamenti con olio minerale bianco e si impongono contro di esso interventi con Ziram, i quali finoggi hanno assicurato i migliori risultati.

Publications - Contract No. 0730

- 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 (edit. by R. Cavalloro and R. Prota), pp. 27-34, EUR 7342, Bruxelles-Luxembourg
- 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 (edit. by R. Cavalloro and R. Prota), pp. 117-126, EUR 7342, Bruxelles-Luxembourg
- MINEO G., MIRABELLO E., DEL BUSTO T., VIGGIANI G. (1981) Use of pheromone traps for the citrus flower moth (*Prays citri* Mill.). In: Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards (edit. by R. Cavalloro and R. Prota), pp. 67-72, EUR 7342, Bruxelles-Luxembourg
- 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 (edt. by R. Cavalloro and R. Prota), pp. 103-116, EUR 7342, Bruxelles-Luxembourg
- PATTI I., RAPISARDA C. (1980) Efficacia dell'entomofago *Encarsia lahorensis* (How.) nel controllo biologico del Dialetrode degli agrumi. Tecnica Agricola, XXXII, p. 8, Catania
- VACANTE V., LONGO S., BENFATTO D. (1980) Prove sperimentali di lotto contro *Panonychus citri* (McGregor). Tecnica Agricola, XXXII, p. 6, Catania

INTEGRATED CONTROL IN CITRUS FRUIT CULTURE IN SARDINIA

DURING THE YEARS 1979-1981

R. PROTA (1)

SUMMARY

The three years' Sardinian field experimental programme, which terminated in 1981, enabled the more urgent citrus plant protection problems to be individualized and studied, providing substantial indications for a rational integrated control of the phytophages most harmful to the plantations.

Although the sampling methodology and relative thresholds of intervention agreed upon at the Corsican and Sardinian meetings of E.C.C. experts in November 1981 were determined empirically (and, therefore, subject to possible correction based on more reliable mathematical models), in practice they had proved adequate, guaranteeing good protection with a limited number of control applications. Previously, pilot area control measures were exclusively effected with chemicals, generally treating all the plants at fixed intervals, usually three or four times during the season. With integrated control techniques, however, a progressive improvement in the overall situation was observed; not only was the number of treatments reduced, but also the useful entomofauna was reinforced due to the periodic liberation of parasites, partly laboratory reared (Cryptolaemus montrouzieri, Leptomastix dactylopii) and partly directly introduced (Prospaltella lahorensis, Lysiphlebus testaceipes).

Present protection measures in the experimental zones are based on controlling Planococcus citri. In the more southerly areas, a single treatment with white oil + Mathidathion + copper oxychloride, applied in August, has proved sufficient to control the P. citri populations as well as those of Dialeurodes citri and Panonychus citri. In the eastern coastal zone, treatment was effected in September as follows: 20% of the plants were treated with all the same three products; 10% of the remainder, where entomophage numbers were greater, received only white oil and copper oxychloride. In both cases, good results have been obtained. Treatment in May with selective products (Croneton) on 5% of the orange trees and 40% of the clementines had also been necessary in this zone against massive attacks on the foliage by Aphis citricola.

From the experiments carried out, it has also been possible to evaluate the economic advantages deriving from rational plant protection. An elaboration of the data obtained showed that the mean cost of protection for the 1980-81 season amounted to 13.5% of gross saleable production, compared to 20.5% under traditional calendar-based systems.

The field experimental programme just terminated can be considered sufficiently realized as regards indicating the ideal moments for chemical and cultural intervention. Considerable difficulties arise, however, concerning the biotechnical and biological means to be utilized. The former are not always to be found locally, and availability of the latter depends on the existence of highly specialized units. If large plantations are to benefit from the techniques acquired in the pilot areas, installations capable of mass-producing the required entomophages must be created.

(1) Istituto di Entomologia Agraria dell'Università - 07100 SASSARI

Bearing in mind actual plant protection conditions and the increasing social and economic need for fruit production, it is essential to introduce the new control methods and ideas throughout the entire citrus growing region. To this end, a technical assistance service could be instituted comprising plant protection specialists, who would be of great importance in converting growers to modern integrated control techniques.

LA LUTTE INTEGREE EN AGRUMICULTURE EN SARDAIGNE
DURANT LES ANNEES 1979-1981

RESUME

Les recherches effectuées durant les années 1979-80-81 dans les zones expérimentales de la Sardaigne, ont permis de déterminer et d'approfondir les problèmes les plus urgents concernant la défense phytosanitaire des agrumes et d'apporter d'importantes indications pour la technique rationnelle de la lutte intégrée contre les principaux phytophages qui attaquent les cultures.

Les méthodologies d'échantillonage et les seuils relatifs d'intervention déterminés par le groupe d'experts de la C.C.E., qui s'est réuni en Corse et en Sardaigne en novembre 1981, même si établis empiriquement et donc sujets à des corrections probables sur la base de modèles mathématiques plus dignes de foi, se sont révélés, en pratique, suffisants pour garantir une bonne protection de la production et, en même temps, elles sont à même de limiter le nombre des interventions phytosanitaires sur les cultures.

Dans les zones pilotes, pendant la période précédant le début de la recherche, la lutte contre l'entomofaune nuisible était effectuée avec l'emploi exclusif de produits chimiques et selon des délais fixes en intervenant en principe trois ou quatre fois pendant la saison avec des traitements généralisés à toutes les plantes.

Cependant, avec l'application des techniques de la lutte intégrée, on a, pendant les dernières années, assisté à une amélioration progressive de la situation, avec la réduction du nombre des interventions et l'augmentation de puissance de l'entomofaune utile par la libération périodique d'auxiliaires élevés en partie en laboratoire (Cryptolaemus montrouzieri, Leptomastix dactylopii) et en partie directement introduits (Prospaltella lahorensis, Lysiphlebus testaceipes).

Dans les zones expérimentales, la lutte est actuellement établie sur le contrôle du Planococcus citri. Dans les terrains plus méridionaux, une seule intervention en août avec de l'huile blanche + Methidathion + oxychlorure de cuivre, s'est révélée suffisante pour contrôler la population de la cochenille et aussi en même temps celle du Dialeurodes citri et de l'acarien Panonychus citri.

En septembre, on est intervenu, dans la zone côtière orientale, avec les mêmes produits, sur environ 20% des plantes; tandis que sur 10% du reste, où la présence des entomophages était majeure, les traitements ont été effectués seulement avec de l'huile blanche et de l'oxychlorure de cuivre, obtenant dans les deux cas de bons résultats.

En outre, pour limiter les attaques massives de Aphis citricola, dans ce second habitat, il a été nécessaire d'intervenir au mois de mai sur 5% des plantes d'oranger et sur 40% des plantes de clémentinier avec des produits sélectifs (Croneton) pour limiter les graves altérations des feuilles produites par l'aphide.

En fin de compte, les opérations effectuées ont permis de quantifier, du point de vue économique, les avantages obtenus avec la rationalisation des interventions phytosanitaires.

Depuis l'élaboration des informations recueillies, il a été établi que pendant la saison 1980-81 le coût des interventions phytosanitaires a pesé en moyenne sur la production brute vendable pour 13,5% contre une incidence de 20,5% en corrélation avec les systèmes traditionnels basés sur le calendrier.

Le programme actuellement développé dans les terrains expérimentaux, peut être considéré suffisamment réalisé en ce qui concerne le choix des principaux moments d'intervention avec des moyens chimiques et de culture. On relève des difficultés d'une certaine importance en utilisant des moyens biotechniques, qui ne sont pas toujours localement disponibles, et biologiques dont la disponibilité est liée à l'existence de structures appropriées.

En ce qui concerne ce dernier aspect, au moment de déplacer sur de vastes superficies ce qui a été acquis dans les zones pilotes, il est nécessaire que soient créées des installations capables de produire en masse des entomophages.

Vu, en outre, l'état phytosanitaire actuel des cultures et l'importance économique et sociale qu'elles auront à l'avenir, il est indispensable d'introduire les nouvelles méthodologies et les nouvelles idées de lutte sur tout le territoire où on cultive les agrumes. De première importance sera donc l'institution de services d'assistance technique avec des spécialistes pour diriger les ouvriers agricoles vers la technique moderne de protection intégrée.

Premessa

Il programma "lotta integrata in agrumicoltura", finanziato dalla C.C.E. e dal M.A.F. con contratto n. 0731, è nato nel 1979 dalla pressante esigenza di intervenire a difesa della coltivazione agrumicola, e specificamente di quella arancicola, il cui stato fitosanitario destava serie preoccupazioni sia dal punto di vista economico che da quello igienico - sanitario. Allora la coltura beneficiava solo di aiuti Comunitari indirizzati alla riconversione di alcune specie, nonchè di provvidenze della CASMEZ per il miglioramento fondiario, l'incremento della coltivazione, la valorizzazione dei prodotti e l'individuazione di nuove cultivar idonee per il mercato diretto e per l'industria conserviera.

Il programma sviluppato in Sardegna ed i cui risultati realizzati nel triennio 1979-81 vengono succintamente riportati nelle pagine seguenti, ha trovato immediato supporto in alcuni studi compiuti in precedenza nell'isola sull'entomofauna in generale, sulla dinamica di popolazione dei principali fitofagi e sull'incidenza dei parassiti e predatori indigeni più o meno specifici.

Il progetto si prefiggeva di ridurre le perdite di produzione valutate complessivamente, nel 1977, in un miliardo e mezzo di lire, riesaminando tutta la situazione relativa all'efficacia e alla convenienza delle pratiche sino allora utilizzate, considerando prioritaria la riduzione dell'uso massiccio dei fitofarmaci, nonchè la diffusione delle soglie di intervento, cercando infine di integrare quanto disponibile in vista dell'impiego di metodologie più sofisticate.

Materiali e metodi

Le indagini si sono sviluppate seguendo due direttive fondamentali :

- A. In laboratorio attraverso la predisposizione di allevamenti in massa di Ceratitis capitata e di ausiliari utili destinati a lanci periodici nei campi sperimentali.
- B. In alcune aree pilota attraverso il costante rilevamento degli aspetti bioecologici dei principali fitofagi sui quali agire mediante interventi di lotta integrata.

A.1. Allevamenti massivi

L'allevamento della Ceratitis capitata Wied. è stato sviluppato per la produzione in massa di adulti destinati a ricerche ecologiche e per tentare le prime applicazioni, nelle aree pilota, della tecnica del maschio sterile. L'allevamento è stato predisposto, inoltre, per essere utilizzato come substrato larvale di parassitizzazione di alcuni entomofagi in via di introduzione (Opius concolor Szépl., Biosteres longicaudatus Ashm.).

Al fine di migliorare le prestazioni degli adulti di Ceratitis provenienti dall'allevamento artificiale, è praticato un "controllo di qualità" secondo le tecniche messe a punto dal Working Group on Fruit Flies of Economic Importance facenti capo alla O.I.L.B./S.R.O.P.

Nello stesso tempo sono stati allestiti allevamenti di entomofagi coccidi-fagi : Leptomastix dactylopii (How.) (parassita di Planococcus citri (Risso)), Cryptolaemus montrouzieri Muls. (predatore di P. citri) e Metaphycus helvolus (Comp.) (parassita di Saissetia oleae (Oliv.) da diffondere nei campi sperimentali.

B.1. Rilevamenti bioecologici

Le indagini in campo sono state condotte in due aree agrumicole distinte sia dal punto di vista pedoclimatico che per la composizione e consistenza faunistica dei biotipi. Una è situata nel Campidano di Oristano, a clima temperato caldo (media termica anno di 16,4°C); l'altra è ubicata lungo la costa orientale in una zona a clima subtropicale (media termica anno di 17,6°C).

Nei territori agricoli in cui sono inserite le due aree sperimentali, malgrado la presenza di strutture agricole organizzate, la protezione fitosanitaria è condotta prevalentemente con vecchi criteri al di fuori da qualsiasi convenienza economica e senza il dovuto rispetto del lato tossicologico.

Nel corso del triennio, in entrambi i siti, partendo da una sufficiente conoscenza della biocenosi della coltura, si sono sviluppate periodiche osservazioni (a scadenza settimanale) ed adottati alcuni metodi di campionamento che hanno portato alla definizione di adeguate soglie di intervento indispensabili per una razionale applicazione dei concetti della lotta integrata in arancicoltura. Tali soglie, discusse nel corso di una riunione di esperti tenutasi in Corsica e Sardegna nel 1980, sono riportate negli Atti dell'incontro, predisposti a conclusione dei lavori e attualmente in corso di stampa a cura della C.C.E.

Le soglie di intervento stabilite sino a questo momento riguardano i principali fitofagi riscontrati nelle aree sotto osservazione; mentre in via di definizione sono quelle relative agli agenti nocivi minori le cui infestazioni appaiono saltuarie. Risultano studiate, dunque, quella di Planococcus citri, Ceratitidis capitata, Aphis citricola V.d.G., Saissetia oleae (ampiamente diffusi da tempo nella isola), e quelle di Dialeurodes citri (Ashm.) e Panonychus citri Mc Gr. (di recente introduzione).

Contemporaneamente allo studio della dinamica di popolazione delle specie nocive veniva eseguito quello relativo ai più importanti ausiliari ad esse legati, vale a dire di Leptomastidea abnormis Grlt., Cryptolaemus montrouzieri, Clitosthetus arcuatus (Rossi), Stethorus punctillum Weis, nonché di alcuni Braconidi e Calcididi parassiti di afidi.

Per il campionamento della fauna nociva e di quella utile sono state impiegate metodologie e strumenti diversi a seconda delle specie considerate. Per Planococcus citri è stata valutata l'infestazione sui frutti; per D. citri, A. citricola l'infestazione fogliare; per C. capitata la cattura degli adulti mediante cartelle bianche incollate ed innescate con Trimedlure. Per gli entomofagi allo stadio immaginale sono state adoperate con successo, ed affiancate all'esame visivo, trappole cromotropiche di colore giallo invischiate con collante.

In via del tutto preliminare sono attualmente studiati nuovi mezzi di indagine basati sull'impiego di trappole visive ed olfattive, insieme, per facilitare ancor più la raccolta di dati e rendere pertanto più agevole una generalizzazione del controllo su tutta la superficie agrumicola.

In ultimo non è da sottovalutare il sistematico esame dello stato vegetativo della coltura nel corso delle stagioni. Tale studio ha permesso, sulla base di rilevazioni microclimatiche e tenuto conto della pratica irrigua, di stabilire i periodi in cui di norma la pianta emette nuova vegetazione e, quindi, presumere quali sono i momenti in cui concentrare i controlli agli

agenti nocivi specifici come afidi, aleurodidi ed acari.

Discussione

Come si è accennato all'inizio, lo stato sanitario della coltura nei campi sperimentali era piuttosto precario al momento in cui partiva il progetto.

Nell'area centro meridionale venivano eseguiti spesso inopportunamente tre trattamenti contro il Planococco, Dialeurode e Panonico, associando di norma diversi composti anticoccidici ed acaricidi; nell'area orientale la protezione della coltura veniva realizzata, senza effettiva necessità, con due trattamenti contro la Ceratite, uno contro gli afidi ed uno per il controllo delle cocciniglie, il più delle volte in periodi poco indicati.

Dopo il primo anno di lavoro, spesso per puntualizzare la situazione in ciascuno dei biotipi ed esaminare l'andamento delle popolazioni dei fitofagi e dei loro antagonisti naturali, nei due successivi è stato possibile modificare la situazione compiendo una serie revisione degli interventi di lotta chimica praticata all'inizio in modo molto irrazionale. Con questa metodologia è stato possibile condurre i primi tentativi di integrazione ricorrendo ad alcuni mezzi biotecnici ed agenti biologici con risultati diversi in relazione alla diffusività delle località sotto controllo.

La situazione attuale può essere sintetizzata come appresso.

Per contenere gli attacchi del Planococco (1), che nel periodo di maggiore infestazione dei frutti (agosto-ottobre) possono raggiungere (nelle zone più meridionali) percentuali del 60%, si interviene con un trattamento chimico (olio bianco + metidathion + ossicloruro di rame) completato, a ragionevole distanza, dal lacnio di Cryptolaemus montrouzieri e Leptomastix dactylopis (fig. 1).

Dei due entomofagi, il primo si è ben acclimatato e diffuso; la colonizzazione dell'area sotto osservazione (particolarmente a Siniscola) appare soddisfacente con massime presenze di 150 individui per pianta, specialmente laddove si è avuta l'accortezza di intervenire contro il Planococco in modo localizzato ed evitando il trattamento chimico in forte presenza del predatore.

L'Encirtide, invece, non sembra in grado di superare le relativamente basse temperature invernali e, pertanto, richiede ripetute introduzioni.

La percentuale dei frutti infestati al momento della raccolta, appare, attualmente, non superiore al 5% della produzione.

- (1) A maggiore chiarimento di quanto riferito sulla soglia di intervento di D. citri, si devono precisare due aspetti importanti della questione:
1. la decisa preferenza del Dialeurode ad ovideporre sulle giovani foglie; 2. la grande variabilità dell'attività della pianta ospite nei tre periodi che ne caratterizzano la vegetazione nella nostra isola. Ciò significa che quando si sviluppa una nuova vegetazione in misura ridotta, si corre il rischio di sopravalutare l'infestazione ovviamente concentrata e quindi di trattare inopportunamente, avendo superato la soglia di intervento solo in apparenze.

Per quanto riguarda Dialeurodes citri, un notevole contributo che porta a considerare con più precisione l'entità della popolazione presente nel suo complesso, viene fornito dalle trappole cromotropiche attrattive degli adulti. Tale impiego suggerisce di rivedere la validità della soglia di intervento (prima definita sulla base dell'esame fogliare) e renderla più rispondente alle effettive esigenze di difesa della pianta colpita (2). Tali considerazioni debono inoltre tenere nel debito conto la presenza del coccinellide predatore Clitosthetus arcuatus che a fine primavera può causare mortalità delle uova superiore all'80%.

Al fine di deprimere ulteriormente la popolazione di D. citri per via biologica, prosegue l'introduzione in Sardegna di Prospaltella lahorensis importata dalla Sicilia per la prima volta nel 1980.

La situazione relativa agli afidi (Aphis citricola, Toxoptera aurantii, Aphis gossipii) appare diversa nelle due aree sotto controllo. Nelle colture più meridionali, tanto l'A. citricola che le altre specie minori, non hanno mai superato la soglia di tolleranza stabilità, probabilmente a causa della forte predazione manifestata da Sirfidi, Crisofidi e soprattutto Coccinellidi (Coccinella septempunctata L., Adalia bipunctata (L.), Propilea 14-punctata L., Thea 22-punctata L., scymnus sp.), presenti in massa da maggio ad agosto (Fig. 2).

Negli aranceti posti sulla costa orientale le infestazioni si sono manifestate costantemente e con notevole intensità durante il periodo primaverile contraddistinto da una più intensa vegetazione. Gli attacchi sono stati contenuti con trattamenti localizzati (di Etiofencarb) per salvaguardare la copiosa entomofauna utile. Per migliorare il controllo biologico è stato introdotto recentemente (1981) il Braconide Afidide Lysiphlebus testaceipes (Cr.).

La situazione relativa alla Ceratitidis capitata ha subito nel triennio una profonda evoluzione : dai 150 adulti catturati in media per trappola (cartelle bianche con collante e trimedlure) e per settimana nel 1979, si è passati nei due anni successivi a pochissimi individui (Fig. 1). Gli interventi, di lotta chimica (3 trattamenti), sono stati eseguiti pertanto solo durante il primo anno impiegando esche proteiche avvelenate (con Fenthion) irrorate solo su una parte della chioma. Al fine di ridurre ulteriormente il ricorso a tale tipo di lotta, salvaguardando ancora di più l'ambiente, sono in corso alcuni tentativi di "lotta biotecnica" mediante l'impiego di super-trappole capaci di attirare gli adulti del tripetide per stimolazione visuale ed olfattiva insieme.

Il lancio di materiale "marcato" proveniente dagli allevamenti di laboratorio, ha permesso di trarre preliminary alcune utili indicazioni sulla popolazione del tripetide.

L'acaro più importante per il danno che arreca alla coltura è apparso Panonychus citri. Nel corso del triennio, questo acaro ha superato la soglia di intervento solamente nel 1979, mentre negli anni successivi si è mantenuto costantemente al di sotto.

Molto probabilmente la densità delle sue popolazioni si mantiene a livelli non preoccupanti non solo per l'indiscutibile peso esercitato su di essa dai trattamenti anticoccidici (a base di olio bianco più metidathion), ma anche per l'azione (molto evidente in primavera) esercitata dai numerosi predatori presenti (Amblyseius stipulatus A.M., Stethorus punctillum Wais e Clitosthetus arcuatus (Rossi)) (Fig. 3).

In condizioni naturali l'artropodofauna indagata ha raggiunto livelli di popolazione superiori a quelli rilevati nei campi trattati, ma le intense infestazioni di Planococcus citri, che favorendo l'insediarsi della fumagine, hanno fortemente deprezzato la produzione e limitato l'attività fotosintetica della pianta, mettono in evidenza l'insufficiente azione degli entomofagi indigeni e la necessità di intervenire a difesa della coltivazione.

Conclusioni e considerazioni finali

Dopo tre anni di sistematiche osservazioni sull'andamento delle infestazioni, si può affermare che nelle aree pilota sotto controllo la situazione fito-sanitaria può considerarsi decisamente migliorata. I rilievi sulla dinamica di popolazione dei fitofagi e degli ausiliari, la conoscenza diretta dello stato fenologico delle colture, l'applicazione immediata della lotta chimica guidata, nonché i primi tentativi di integrazione, anche attraverso l'utilizzazione di alcuni agenti biologici, hanno determinato un profondo mutamento in senso positivo.

Le metodologie di campionamento e le relative soglie di intervento concordate dal gruppo di esperti della C.C.E. riunitosi in Corsica e in Sardegna nel novembre del 1981, anche se definite empiricamente e quindi possibili di eventuali correzioni, sulla base di modelli matematici più attendibili, si sono dimostrate, nella pratica, sufficienti a garantire una buona protezione della produzione e in grado, nel contempo, di limitare il numero degli interventi fitosanitari sulla coltura.

Non altrettanto può essere affermato per le aree agrumicole limitrofe dove l'adozione delle nuove metodologie incontra non pochi ostacoli per la mancanza di personale tecnico adeguatamente qualificato.

Difficoltà di un certo rilievo si incontrano inoltre nella utilizzazione appropriata dei mezzi biologici (impiegati ora in via del tutto sperimentale) la cui disponibilità è legata fondamentalmente all'esistenza di strutture ad hoc. Tali strutture (attualmente inesistenti se si fa eccezione degli allevamenti predisposti in laboratorio) devono essere indirizzate verso la produzione in massa di entomofagi seguendo via via le esigenze di campo e pertanto rappresentano una condizione essenziale se si intende passare alla lotta integrata su vaste superfici intesa nel suo significato più ampio.

Altrettanto può dirsi per ciò che riguarda la auspicabile applicazione dei mezzi biotecnici che, superata la fase sperimentale, necessitano di un adeguato sviluppo nella produzione in massa.

Considerato inoltre lo stato sanitario attuale della coltura arancicola e l'importanza economica e sociale che essa avrà in futuro nell'isola di Sardegna, è indispensabile estendere i nuovi concetti e le nuove metodologie su tutta l'area della coltura agrumicola nonché su quella ad esse collegata per la presenza di una entomofauna comune.

Per la soluzione di tale problema è strettamente necessaria, infine, la qualificazione dei quadri tecnici e l'istituzione di istituzione di efficienti servizi di assistenza dotati di specialisti in difesa fitosanitaria, che possano indirizzare gli operatori agricoli verso le moderne tecniche di produzione integrata, seguendo dei piani di divulgazione dei risultati via via acquisiti.

Dal punto di vista economico, per l'incidenza che le metodologie ed i mezzi impiegati esercitano sul bilancio della coltura, sono stati condotti specifici rilievi a tale riguardo.

A prescindere, in questo momento, da una analisi particolareggiata, si può azzardare un giudizio economico positivo a favore dei nuovi orientamenti rispetto a quelli tradizionali adottati in passato nella stessa zona. Infatti, durante la stagione 1980-81, il costo degli interventi fitosanitari ha inciso mediamente sulla produzione linda vendibile per il 13,5%, contro l'incidenza del 20,5% accertata con i vecchi sistemi a calendario.

Publications - Contract No. 0731

DELARIO 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

DELARIO G., ORTU S., PROTA R. (1980) Prospettive di lotta integrata nell'agrumicoltura Sarda. *Studi Sassaresi, Ann. Fac. Agr. Sassari*, XXVII, 205-232

DELARIO G., PROTA R. (1980) Comparazione tra trappole cromotropiche chemiotropiche per *Ceratitis capitata* Wied. In: Atti della Riunione promossa dalla CCE a San Giuliano (Corsica) e Siniscola (Sardegna), 4-5 novembre 1980; pp. 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: Atti della Riunione promossa dalla CCE a San Giuliano (Corsica) e Siniscola (Sardegna), 4-5 novembre 1980; pp. 35-52

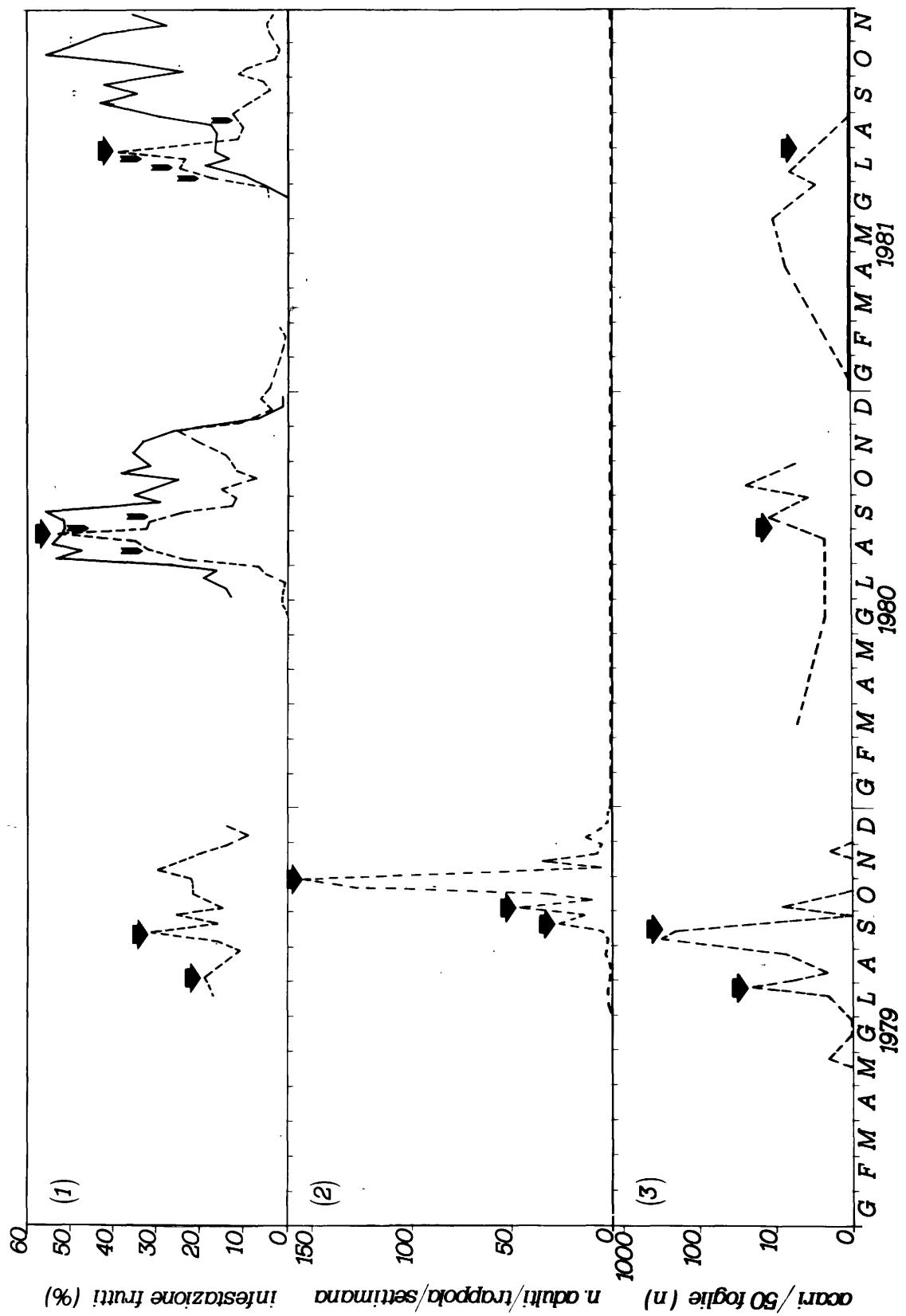


Figure 1: Andamento delle popolazioni di *PLANOCOCCUS CITRI* (1), di *CERATITIS CAPITATA* (2), di *PANONYCHUS CITRI* (3) rilevato nei campi sperimentali trattati (---) e non trattati (—) nel triennio 1979-81 (→ = data del trattamento chimico; ▲ = lancio di entomofagi)

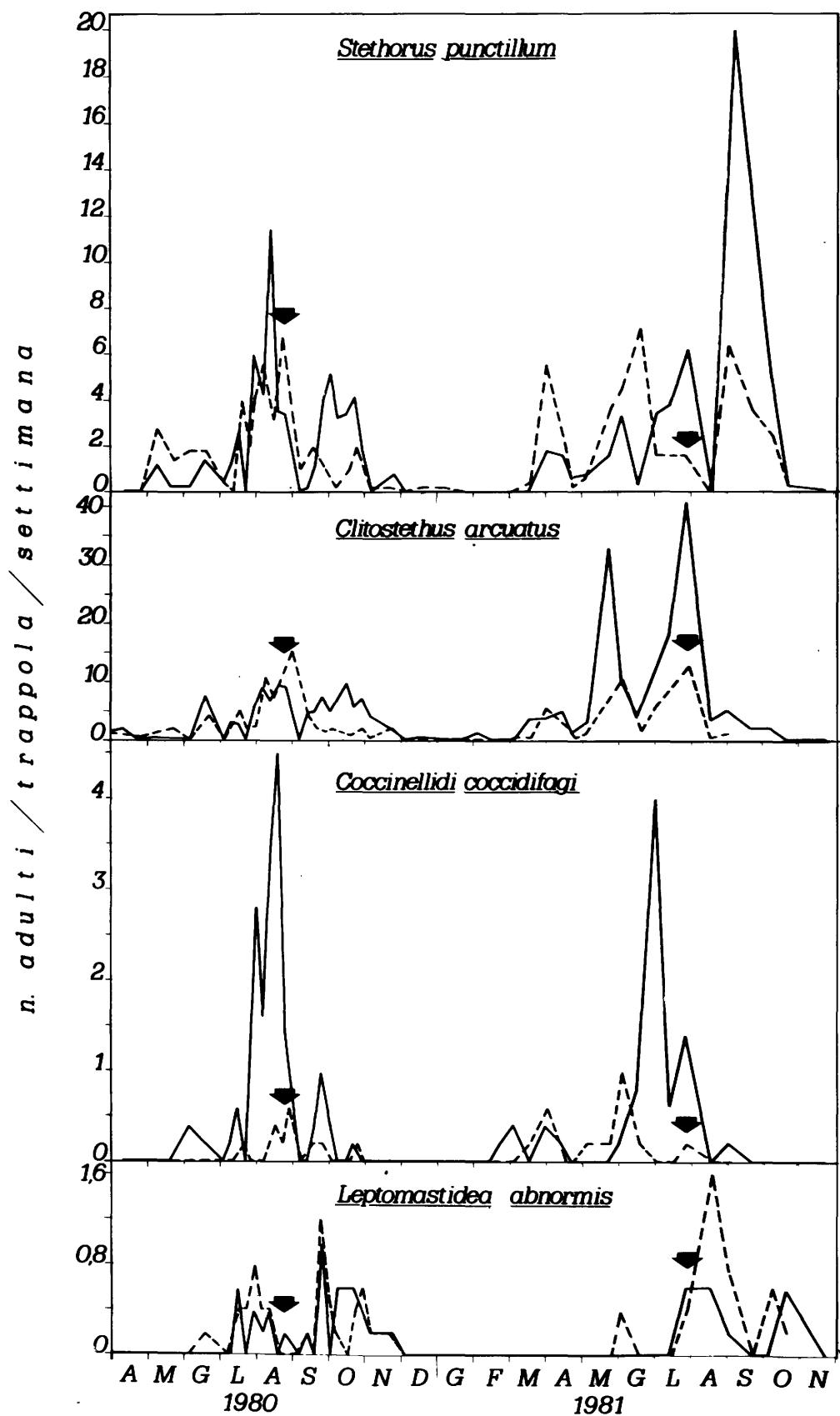


Figure 2: Andamento delle popolazioni dei principali entomofagi rilevato nel campo trattato (—) e non trattato (—) nel biennio 1980-81 a Simaxis (➔ data del trattamento chimico anticoccidico).

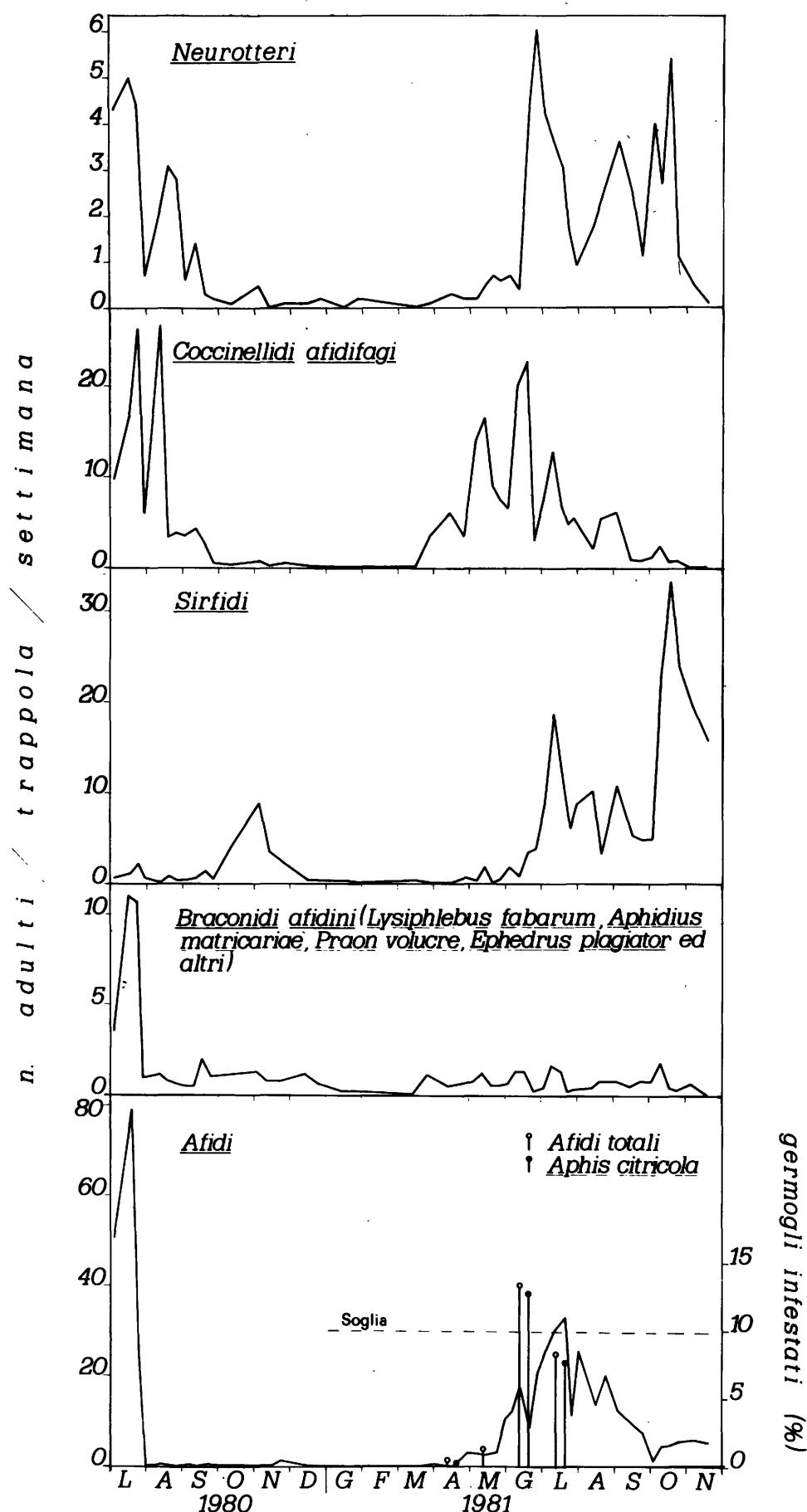


Figure 3: Andamento delle popolazioni degli Afidi e dei loro nemici naturali (Siniscola, 1980-81)

Part 1.c

Integral Control in Olive groves

F - 0702

I - 0732

PILOT PROJECT FOR INTEGRATED PEST CONTROL IN OLIVES GROVES.

Y. ARAMBOURG (1)

SUMMARY

The technical and practical results obtained during the last three years have allowed the perfection of a concept of integrated control thanks to which the profession can ensure its requirements in the framework of a coherent protection strategy.

The "forecasting" aspect of this concept is still requiring particular work. Nevertheless it is possible to pass on to the practical application phase at least for the resolution of three main problems : D. oleae, P. oleae, S. oleae. The utilization of a biological control method (S. oleae), a microbiological one (P. oleae) and the reduction of the use of insecticides (D. oleae in bait treatments) allow a satisfactory limitation of the populations of these pests while reducing to the minimum the possible secondary effects.

The development of such a control system will constitute a second phase to be started as early as 1982 with the multiplication of the pilot olive groves. In the same time the improvement of the populations surveillance technics and of the risk forecasting will be continued.

PROJET PILOTE DE LUTTE INTEGREE EN VERGERS D'OLIVIERS.RESUME

Les travaux poursuivis depuis ces trois dernières années ont permis d'obtenir des résultats techniques et pratiques qui permettent d'aborder la mise au point d'un concept de lutte intégrée permettant à la profession d'assurer ses exigences dans le cadre d'une stratégie cohérente de protection.

Si l'aspect "prévision" d'un tel concept demande encore un effort particulier, il est cependant possible de passer à la phase d'application pratique, au moins pour la résolution des 3 problèmes majeurs : D. oleae, P. oleae, S. oleae. L'utilisation de méthode de lutte biologique (S. oleae), microbiologique (P. oleae) et la réduction de l'utilisation des insecticides (D. oleae en traitements appâts) permettent une limitation satisfaisante des populations de ces trois ravageurs tout en réduisant au minimum les effets secondaires possibles.

Le développement d'un tel système de lutte constituera une deuxième phase, prévue dès 1982 avec la multiplication des olivettes pilotes, cependant que se poursuivra l'amélioration des techniques de surveillance des populations et de prévision du risque.

(1) INRA-Station de Lutte Biologique-06602 ANTIBES.

INTRODUCTION

Le projet pilote de Lutte Intégrée en vergers d'oliviers a fait l'objet d'un contrat qui a pris effet le 1er Août 1979, prévoyant un programme de recherches précisé à l'occasion d'une concertation avec les experts italiens.

Ce contrat a notamment pour objectifs de développer et d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises tant en France qu'en Italie et autres pays pour élaborer des concepts cohérents de prévention et de protection contre les divers ravageurs de l'olivier. Il se propose essentiellement de développer des moyens de prévision et d'avertissement à la fois pratiques et fiables, des méthodes d'intervention biologiques, biotechniques, agronomiques ou chimiques à action sélective, d'en étudier la valeur et la fiabilité au niveau de vergers pilotes.

PROGRAMME DE TRAVAIL

Compte tenu des orientations de recherche préexistantes et des possibilités de recherche des divers Instituts engagés dans ce contrat, le programme envisagé en France est orienté essentiellement sur *Prays oleae* et *Saissetia oleae*, couvrant les grandes options suivantes :

- 1 - Approche de la dynamique des populations de *P. oleae* et de *S. oleae*.
- 2 - Piégeage de *P. oleae* à l'aide de phéromone, et recherche d'application d'une méthode de lutte par confusion (phéromone) ou par répulsion (inhibiteur de ponte).
- 3 - Nuisibilité et seuil de nuisibilité de *P. oleae* et *S. oleae*.
- 4 - Modalités d'application des traitements localisés contre *Dacus oleae*, des formulations à base de *Bacillus thuringiensis* contre *Prays oleae*, des produits cupriques contre la fumagine.
- 5 - Modalités d'emploi de l'entomofaune utile au niveau du verger.

REUNIONS DE TRAVAIL

Au cours de la première réunion de contact qui s'est tenue à Florence, à l'Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria en Avril 1979 sous la Présidence de Monsieur ZOCCHI, il a été prévu des réunions annuelles des experts travaillant sur le contrat.

C'est ainsi qu'a eu lieu une seconde réunion à Florence en Septembre 1980 sous la Présidence de Monsieur ZOCCHI, et une troisième en Novembre 1981 à Antibes, à la Station de Zoologie et de Lutte Biologique sous la Présidence de Monsieur ARAMBOURG.

Ces réunions, auxquelles ont participé des experts étrangers invités par la C.C.E., Grecs, Espagnols, Hollandais, suivies de visites des olivettes expérimentales ont permis de larges discussions et échanges de vue sur les programmes en cours, les techniques d'observations et les résultats obtenus.

OLIVETTES EXPERIMENTALES

Deux olivettes expérimentales ont été utilisées pendant ces trois années pour assurer le programme de travail prévu, l'une située dans le département du Var près du Luc-en-Provence, la seconde dans le département des Alpes-Maritimes à Opio. Par ailleurs, un réseau de piégeage de *P. oleae* à l'aide de la phéromone sexuelle a été installé chez divers producteurs dans les départements des Alpes-Maritimes et du Var.

OLIVETTE DU LUC-EN-PROVENCE

Cette olivette d'une superficie de 2 hectares environ comprend quelques 340 arbres. Plantée essentiellement avec la variété "Picholine" (220 arbres) on y trouve aussi 60 arbres de la variété Lucque et 44 arbres composant une petite collection variétale de 18 variétés françaises et étrangères ; le restant est constitué de francs ou d'autres arbres trop petits pour être utilisés (environ 16). Les arbres sont menés en forme de gobelets de petites dimensions, environ 3 mètres de diamètre pour 4 mètres au plus de hauteur ; ils sont plantés au carré à une distance de 8 mètres.

OLIVETTE D'OPIO

Située au sein d'une importante plantation, la parcelle expérimentale d'une superficie de 3 hectares comprend environ 420 arbres en végétation sur un total théorique de 500. Non cultivés pendant plusieurs années, ils ont été remis en culture en 1978-1979. La variété Sigoise y est dominante, mais de nombreuses autres variétés y sont représentées. Les arbres, d'une taille atteignant 5 à 6 mètres, ont été rénovés en 1979. Ils sont plantés au carré à une distance de 8 mètres.

Dans chaque olivette a été installé un poste météorologique permettant d'enregistrer les températures, l'humidité et la pluviométrie.

PRAYS OLEAE

Depuis 1979 les recherches concernant *P. oleae* se sont poursuivies dans les voies suivantes :

- 1 - Dynamique des populations.
- 2 - Nuisibilité.
- 3 - Utilisation des phéromones.
- 4 - Méthodes de contrôle biologique.

1 - DYNAMIQUE DES POPULATIONS.

Compte tenu de son importance et de ses particularités les observations ont concerné la seconde génération de l'insecte (génération carpophage) qui se développe aux dépens de l'amande du fruit. Le dépôt de l'oeuf se fait sur le calice de l'olive qui vient de nouer, puis la jeune chenille à son éclosion pénètre dans le fruit, s'installe dans le noyau et se développe en dévorant l'amande, puis sort par une galerie qui provoque la chute du fruit et se nymphose pour une très faible proportion sur l'arbre, ayant pu quitter le fruit avant sa chute, pour la majorité au sol, sous un abri quelconque. Les trois stades préimaginaux subissent l'action de divers

facteurs dus soit au parasitisme, soit au végétal lui-même, soit à la faune prédatrice présente dans l'arbre ou au sol. Si le parasitisme a fait l'objet des observations les plus fréquentes, l'incidence du végétal et celle de la faune prédatrice a retenu plus particulièrement l'attention :

Mortalité des larves. Les facteurs globaux de réduction au niveau de l'arbre représentant plus de 90 p. cent de ceux qui interviennent sur l'ensemble de la population, et dont 60 p. cent environ affectent les larves pendant leur développement dans le noyau et 32 p. cent environ les œufs en incubation ou les jeunes larves en cours de pénétration (élimination par la première chute de fruit). On assiste ainsi à une mortalité importante non expliquée de larves pendant et à la fin de leur développement qui meurent sans avoir pu achever de creuser leur galerie de sortie. Cette mortalité a une relation semble-t-il étroite avec la variété, mais cette observation devra être confirmée.

Mortalité des nymphes. Elle est fonction de la localisation de la nymphe car, en dehors de la mortalité naturelle et du parasitisme qui demeurent pratiquement identiques, la prédation double suivant que la chrysalide se trouve dans la frondaison ou au sol.

L'ensemble des observations sur la dynamique des populations représente une contribution importante à la connaissance des facteurs intervenant sur les populations du phytopophage. Ils font partie intégrante des éléments qui interviendront dans la construction des tables de survie de l'insecte, première approche pour la définition d'un modèle mathématique prévisionnel.

2 - NUISIBILITE.

Nous nous sommes limités dans ce travail à la chute des fruits pendant la période d'activité des larves de seconde génération qui se décompose en deux périodes distinctes : une première chute peu après la nouaison qui dure jusque vers la fin Août et une seconde de début Septembre à fin Octobre. Nous avons voulu préciser, notamment, l'estimation de la nuisibilité pendant cette seconde période. Nous avons ainsi été amenés à constater que le simple examen des fruits chutés (présence d'un trou de sortie) sous estime le dégât de l'insecte, car une partie des olives tombées ne présente pas l'orifice caractéristique de sortie bien que cette chute soit aussi due à la chenille de teigne dont la galerie de sortie a suffisamment lésé les canaux fibrovasculaires, mais qu'elle n'a pu achever jusqu'à la surface du fruit : l'erreur commise, dans nos observations, avoisine 10 p. cent.

Par ailleurs, la possibilité de reconstituer la population initiale d'œufs déposés sur les olives permet d'estimer le nombre de fruits hébergeant au moins un œuf et, par comparaison avec la proportion de fruits présentant un dégât, d'estimer le dégât réel par rapport au dégât potentiel : cette relation offre peut-être la possibilité d'assurer une prévision de dégâts qui entrerait dans le cadre de l'aménagement de la lutte.

3 - UTILISATION DES PHEROMONES SEXUELLES.

La mise en évidence, la définition puis la synthèse industrielle de la phéromone sexuelle de *P. oleae*, au moins de son composant principal, le Z7 TDAL, a permis de disposer pour la première fois d'un matériel de piégeage et d'envisager une nouvelle technique de contrôle de l'insecte, par "confusion".

Surveillance des populations. L'utilisation depuis trois ans de pièges englués à phéromone a permis, grâce à la mise en place d'une série de réseaux, de préciser l'efficacité et la fiabilité de ce type de piégeage :

- pour la délimitation des foyers de l'insecte (présence ou absence d'adultes).
- pour l'établissement de la courbe de vol des adultes et la courbe de ponte des femelles. Il devient ainsi possible de prévoir avec une certitude accrue la période la plus favorable au déclenchement d'une opération de traitement.

Toutefois on ne peut encore envisager l'utilisation de ce piégeage comme moyen de prévision du risque. En effet, s'il semble y avoir un certain rapport entre l'importance des captures et celle de l'infestation, on n'a pu établir une relation entre ces deux données en raison du nombre et de la complexité des facteurs intervenant.

Le contrôle de l'attractivité de la phéromone fait apparaître une sélectivité assez bonne, bien qu'on ait capturé cinq espèces de Lépidoptères dont quatre appartenant à des groupes relativement éloignés d'Hétérocères.

Lutte par confusion. Pour la première fois a été réalisé un essai de lutte par confusion en 1980. La diffusion permanente de 0,4 gramme de phéromone par jour sur un verger de 320 arbres à l'aide de 1.500 capsules chargées à 13 mg de Z7 TDAL pendant un mois environ n'a pas empêché les accouplements de se réaliser, puisque la quasi-totalité des femelles examinées avait au moins un spermatophore dans la bourse copulatrice. Le contrôle de l'infestation sur les jeunes fruits n'a pas fait apparaître de diminution significative. Par contre on a pu constater une bonne inhibition des captures au niveau des pièges sexuels installés dans l'oliveraie. Bien qu'il soit difficile de trouver une explication satisfaisante à cet échec, on peut peut-être suggérer la différence de composition des deux phéromones, celle de la femelle plus complexe comportant des constituants encore indéterminés qui permettent aux mâles un repérage précis.

4 - METHODES DE CONTROLE BIOLOGIQUE.

Dans le cadre de la préparation de programmes de lutte rationnalisés en oléiculture, la recherche de méthodes de contrôle biologique contre *P. oleae* a fait l'objet d'une attention particulière complétant les recherches de base. Deux voies ont été suivies : l'utilisation d'un agent biologique type parasitoïde et l'utilisation d'un agent biologique entomopathogène, type insecticide microbiologique.

Utilisation de parasitoïde. Le choix s'est porté sur l'étude des possibilités de contrôle à l'aide d'un parasite embryonnaire du groupe des Trichogrammatidae. L'étude des caractéristiques de divers écotypes a permis une première sélection de lignées paraissant plus adaptées et qui ont été utilisées, dans une phase préliminaire, pour définir les bases de leur utilisation. Les premiers résultats obtenus ont mis en évidence leur possible utilisation mais ont fait apparaître les difficultés soulevées qui seront prises en compte dans le cadre d'un nouveau programme de recherches.

Utilisation d'entomopathogènes. On connaît depuis plusieurs années l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* BERL. sur les chenilles de Lépidoptères, et en particulier sur celles de *P. oleae*. Son utilisation, dans les conditions culturales, a même déjà débuté dans divers pays méditerranéens, mais il convenait cependant de le tester sous les conditions plus septentrionales et d'examiner en même temps la valeur de nouvelles formulations.

Réalisé en 1981, l'essai a mis en comparaison un insecticide commercial à base de *B. thuringiensis* et un insecticide classique à base de méthidathion, tous deux utilisés en traitement de début de floraison. Les contrôles, notamment au niveau de l'infestation sur fruits à la génération suivante, ont permis de noter une efficacité similaire des deux formules, qui permet un contrôle satisfaisant du ravageur. *B. thuringiensis* peut donc se substituer aux insecticides classiques et être utilisé dans le cadre d'un programme intégré.

SASSETIA OLEAE

Les résultats des recherches sur l'analyse de la dynamique des populations de la Cochenille, la biologie de ses ennemis naturels et exotiques, la multiplication artisanale des parasitoïdes destinés aux lâchers, la nuisibilité de la Cochenille et de la fumagine, les techniques de lutte contre ce champignon, ont abouti progressivement à la mise au point de méthodes de lutte intégrée modulables selon les circonstances, allant de l'utilisation unique des entomophages utilisés en complexe d'espèces, à l'association de lâchers et de traitements cupriques et l'utilisation de traitements appâts contre *D. oleae*.

Les derniers progrès réalisés dans l'estimation de la densité de population de *S. oleae*, dans les modalités d'utilisation des parasitoïdes (doses de lâcher, période etc....), les progrès réalisés dans la simplification des élevages, ont permis d'aborder la phase de développement de la lutte intégrée auprès des producteurs. L'audience rencontrée auprès de ceux-ci s'est manifestée par le désir chez nombre d'entre eux d'entrer dans cette voie : c'est ainsi que des réunions d'information et des sessions de stage pratique de formation à l'élevage des entomophages à la ferme ont permis d'installer dans diverses régions de la zone oléicole française des petites unités de production qui doivent permettre à l'agriculture d'assurer, en fonction de ses besoins et de l'évolution des populations de Cochenille, la production du matériel biologique qui, en deux années, lui permettra, par un traitement curatif biologique, l'élimination de la Cochenille et de la fumagine, ou d'entretenir, par des lâchers périodiques des doses faibles de parasites, un complexe entomophage permanent maintenant un niveau largement inférieur au seuil de nuisibilité les populations de la Cochenille noire.

DACUS OLEAE

Bien qu'aucun programme particulier n'ait été prévu pour ce ravageur, deux expérimentations ont été mises en place l'une concernant le piégeage, l'autre les traitements-appâts.

Piégeage. Dans le cadre de la recherche de méthodes de surveillance des populations performantes, fiables et directement utilisables par la profession, nous avons été appelés à mettre en place une expérimentation comparative entre les différentes techniques de piégeage utilisées actuellement : pièges olfactifs (gobes mouches au phosphate biammonique), visuels (pièges colorés englués) ou sexuels (phéromone). En fait cette expérimentation, installée en 1981, doit se poursuivre les années suivantes, et en ce qui concerne la phéromone sexuelle il sera indispensable d'inclure des essais avec un produit comprenant les autres composants de cette phéromone. Mais quoiqu'il en soit des résultats futurs de cette expérimentation, le problème de l'identification des adultes de *D. oleae* ou des manipulations nécessaires demeure si on veut penser faire utiliser cette méthode directement par la profession. D'autres recherches paraissent encore nécessaires.

Traitemet-appât. L'efficacité du traitement appât n'est plus à démontrer. S'il reste encore à préciser les modalités de son utilisation, il demeure aussi à tenter d'analyser ses effets secondaires. La mise en place de deux parcelles expérimentales comparatives et contrôle par piégeage varié de l'entomofaune est une première tentative dans ce sens. Il est probable qu'il sera nécessaire d'affiner la méthodologie pour pouvoir faire ressortir les différences éventuelles de leur évolution respective.

CONCLUSIONS

Les acquis techniques et pratiques apportés depuis ces trois dernières années ont permis d'envisager la mise au point d'un concept de lutte intégrée qui permettrait à la profession d'assurer ses exigences dans le cadre d'une prévention et d'une protection cohérente.

Même si l'aspect "prévision" d'un tel concept demande encore un effort particulier, il est d'ores et déjà possible de passer à une phase d'application pratique, au moins pour la résolution des trois problèmes majeurs: *D. oleae*, *P. oleae* et *S. oleae*. L'utilisation de méthodes de lutte biologique (*S. oleae*), microbiologique (*P. oleae*) et la réduction de l'utilisation des insecticides (*D. oleae* en traitement appâts) permettent une limitation satisfaisante des populations de ces trois principaux ravageurs tout en réduisant au minimum les effets secondaires possibles.

La seconde phase devra être une phase de développement d'un tel système de lutte intégrée par la multiplication, déjà prévue à partir de 1982, des olivettes pilotes, tout en poursuivant l'amélioration des techniques de surveillance des populations et de prévision du risque.

Publications - Contract No. 0702

- ALROUECHDI K. (1980) Les Chrysopides en vergers d'oliviers; bioécologie de *Chrysoperla prasina*, relations comportementales et trophiques avec certaines espèces phytophages. Thèse Doc. Ing. Univ. P. et M. Curie, Paris, 198 p.
- ALROUECHDI K., CANARD M., PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y. (1980) Répartition des adultes et pontes de Chrysopides dans une oliveraie de Provence. *Neur. Int.* 1, 2, 65-74
- ALROUECHDI K., CANARD M., PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y. (1981) Influence du complexe parasitaire sur les populations de Chrysopides dans un verger d'oliviers du Sud Est de la France. *Zeitschr. angew. Entom.* 91, 4, 411-417
- ALROUECHDI K., PRALAVORIO R., CANARD M., 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. *Mit. Schw. Entom. Gesell.* 54, 218-290
- ALROUECHDI K., VOEGELE J. (1981) Prédation des Trichogrammes par les Chrysopid. *Agronomie* 1, 187-189
- ARAMBOURG Y., PRALAVORIO R. (1979) Note sur certaines caractéristiques morphologiques de *Prays oleae* Bern. et *Prays citri* Mil. - *Rev. Zool. Agr. Path. Veg.*, 77, 143-146
- ARAMBOURG Y., PRALAVORIO R. (1980) Premier essay de lutte par confusion contre *Prays oleae* en oliveraie. *Colloque I.N.R.A.*, Colmar, pp. 171-174
- ARAMBOURG Y., PRALAVORIO R. (1981) Note sur la sélectivité des pièges à phéromones de *Prays oleae*. Réunion du Groupe d'Experts CCE, Antibes, November 1981
- FOURNIER D., PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y. (1980) La compétition larvaire chez *Prays oleae* Bern. et ses relations avec quelques paramètres démographiques. *Acta Oec. Appl.*, 1, 3, 233-246
- JARDAK T. (1980) Etudes bioécologiques de *Prays oleae* et de ses parasites oophages du genre *Trichogramma*; essais d'utilisation en lutte biologique. Thèse Doc. 3ème cycle. Fac. Sc. Tech., St. Jérôme, Marseille, 160 p.
- PANIS A. (1980) Evaluation des pertes de récolte en oléiculture: exposé des méthodes utilisables pour la Cochenille noire et la fumagine. Réunion F.A.O., Protection de l'olivier, Tunis, 1980
- 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., pp. 190-195
- PANIS A. (1980) Contribución al conocimiento de la biología de la "Cochinilla negra de los agrios" (*Saissetia oleae* Olivier). *Bol. Serv. Def. Plaga*, 3, 1/2, 199-205
- PANIS A. (1981) Bases d'utilisation des parasites de la Cochenille noire de l'olivier *Saissetia oleae*. C.R. Réunion du Groupe d'Experts CCE, Antibes, November 1981
- PRALAVORIO R., ARAMBOURG Y. (1981) Etude de quelques particularités du développement larvaire et des facteurs de réduction de la génération carpophage de *Prays oleae*. C.R. Réunion du Groupe d'Experts CCE, Antibes, November 1981
- PRALAVORIO R., JARDAK T., ARAMBOURG Y., RENOU M. (1981) Utilisation du tetradécène Z7 Al1 pour la mise au point d'une méthode du piégeage sexuel chez *Prays oleae* Bern. (Lep. *Hyponomeutidae*). *Agronomie* 1(a), 115-121

PROJECT OF INTEGRATED CONTROL IN OLIVE-GROVES

R. ZOCCHI (1)

SUMMARY

The research programme on integrated pest control in olive plantations (contract No 0732) commenced on 1 August 1979.

The research has been carried out by the Institute of Agricultural Zoology in Florence and the Institutes of Agricultural Entomology of the Universities of Perugia and Pisa.

The programme also comprised two sub-projects, one on the biological activity of substances linked with the biochemistry of phenolic glucosides (Institute of Agricultural Entomology, Padua) and the other on the design of a compartmental mathematical model for describing the dynamics of a population of *Dacus oleae* (Institute of Mathematics, University of Parma).

PROJET DE LUTTE INTEGREE EN OLIVICULTURERESUME

Le programme de recherche sur "la lutte intégrée en verger d'oliviers" (contrat n. 0732) a pris effet le 1er Août 1979.

Dans ces recherches, ont été engagés les Instituts : Zoologia Agraria de Firenze et Entomologia Agraria des Universités de Perugia et Pisa.

Deux sous-projets ont également été conduits dans le cadre du programme, concernant l'activité biologique des substances liées à la biochimie des glucosides phénoliques (Istituto di Entomologia Agraria di Padova) et la mise au point d'un modèle mathématique à compartiments pour la description des processus dynamiques d'une population de *Dacus oleae* (Istituto di Matematica dell'Università di Parma).

(1) Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria - 50125 FIRENZE

PROGETTO DI LOTTA INTEGRATA IN OLIVICOLTURA

Attività dell'Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria di Firenze e degli Istituti di Entomologia Agraria dell'Università di Pisa e Perugia

Per l'importanza che la lotta integrata può assumere non solo come metodo in grado di realizzare una difesa più economica, ma soprattutto come sistema strategico capace di contribuire efficacemente alla ripresa dell'olivicoltura italiana, nel programma è stato profuso un notevole impegno di personale e di mezzi dei tre Istituti.

Il lavoro realizzato nell'ambito di tale programma è costituito da ricerche in parte di nuovo impianto, in parte precedentemente avviate. Le tematiche nelle quali si è incentrata l'attività di ricerca sono state comunque individuate in funzione dell'esigenza da una parte di prospettare in tempi brevi soluzioni razionali per la difesa della coltura e dall'altra di accrescere le conoscenze su una serie di questioni che vanno dalla bio-ecologia ai metodi di campionamento e alle tecniche di monitoraggio dei vari fitofagi in modo da acquisire le informazioni necessarie per migliorare successivamente, in senso economico ed ecologico, quelle soluzioni.

Da un punto di vista sistematico l'attività di ricerca svolta ha riguardato principalmente Dacus oleae, Prays oleae e Saissetia oleae che come è noto sono le specie chiave dell'agro ecosistema. Contrariamente a quanto previsto dal contratto 0732, non è stato possibile, a causa della sopravvenuta indisponibilità dei Centri di ricerca competenti, prendere in considerazione "l'occhio di pavone" (Spilocaea oleagina). Per altro, nel campo degli artropodi di interesse agrario, si sono condotte indagini anche su Thomasianniana oleisuga e sugli Acari.

Le varie ricerche sono state effettuate oltre che nei laboratori degli Istituti afferenti al programma, in un oliveto pilota scelto presso l'azienda demaniale "La Marsiliana" (Massa Marittima - Grosseto) e in campi sperimentali allestiti nelle provincie di Firenze, Pistoia, Pisa e Perugia.

Dacus oleae Gmel.

Effetto dell'infestazione sulla resa in sostanza grassa del frutto pendente alla raccolta e sul grado di acidità e il numero di perossidi dell'olio estratto.

L'indagine riguarda le cv Frantoio, Moraiolo e Leccino ed è stata condotta attraverso l'accertamento dell'infestazione in atto all'epoca della raccolta 1979 e l'analisi di campioni costruiti artificialmente con differente grado di attacco.

L'effetto dell'infestazione su ciascuna variabile (resa, acidità e numero di perossidi) è stato analizzato in relazione alla cultivar e alle dimensioni delle drupe, opportunamente distinte in tre classi non adiacenti.

Dall'esame dei risultati relativi alla resa e all'acidità è emerso che ciascuno dei fattori considerati (varietà, dimensioni, infestazione) è altamente significativo. Significative sono pure le interazioni cultivar - infestazione, cultivar - dimensione e, per l'acidità, anche infestazione - dimensione. La maggior perdita in resa per effetto di un'infestazione del 100% è risultata di 1,86 e si è registrata sulla cv Leccino. L'aumento di acidità è in media per le tre cultivar superiore a 0,60. Per quanto riguarda il numero di perossidi solo l'infestazione è nettamente significativa. L'aumento medio registrato, sempre per effetto di un'infestazione del 100%, è in media superiore a 5.

Si ritiene che la minor resa, la maggiore acidità e il più alto numero di perossidi dei campioni di olive infestate rispetto a quelli di olive sane siano da collegare direttamente con i fori di uscita che per Frantoio, Moraiolo e Leccino si sono riscontrati rispettivamente sul 51,60%, 64,25% e 54,19% delle drupe attaccate di dimensioni medie.

I maggiori danni in resa e acidità rilevati nella varietà Leccino sono probabilmente spiegabili con la percentuale di gallerie ammuffite nettamente più alta in tale cultivar (per le olive di medie dimensioni 7,50% rispetto a 1,48% del Moraiolo e 1,73% del Frantoio).

Lo studio ha inoltre permesso di costruire equazioni con le quali è possibile stimare la resa, l'acidità e il numero di perossidi per la produzione della chioma, in funzione dell'infestazione rilevata alla raccolta.

Definizione della soglia economica di intervento per gli stadi preimmaginali.

La sperimentazione ha preso in esame la cv Frantoio e Leccino e si è esplorata come verifica di ipotesi di soglie economiche formulate sulla base dei risultati conseguiti nell'ambiente olivicolo del lago Trasimeno. E' stato adottato lo schema sperimentale del blocco randomizzato.

Settimanalmente su 36 piante per ciascuna cultivar si sono rilevati l'andamento dell'infestazione, con campioni di 30 olive a pianta prelevati dai 3 livelli di chioma, l'entità, il grado di attacco e la resa della cascola. Alla raccolta è stata accertata la produzione rimasta sulla chioma e per la stessa si sono eseguite le analisi della resa in sostanza grassa e dell'acidità e del numero di perossidi dell'olio estratto.

Sulla base della produzione media a pianta stimata alla fine di agosto, le soglie di intervento considerate sono risultate il 5% e il 10% di olive infestate rispettivamente per le cultivars Frantoio e Leccino. Tali soglie sono state raggiunte probabilmente a causa dell'andamento stagionale che ha ritardato la recettività delle drupe e a ostacolato lo sviluppo della mosca - solo alla fine di settembre ed è risultato sufficiente un unico trattamento per il controllo del Tripetide.

I dati della sperimentazione sono in corso di elaborazione statistica.

Prove di lotta con esche proteiche avvelenate.

Il sistema di lotta a mezzo di trattamenti adulticidi con esche proteiche avvelenate in distribuzione localizzata presenta in linea generale notevoli vantaggi sul piano ecologico rispetto al metodo degli interventi larvicidi. Non sempre però l'impiego delle esche ha permesso di ottenere risultati soddisfacenti per quanto riguarda il controllo dell'infestazione.

Allo scopo di acquisire ulteriori elementi per valutare più precisamente la validità del metodo nelle specifiche condizioni dell'olivicoltura Toscana, nel 1981 è stata condotta un'apposita prova di lotta nell'oliveto pilota dell'azienda demaniale La Marsiliana.

Su piante della cv Leccino si sono messi a confronto tre interventi adulticidi localizzati (a base di una miscela di buminal all'1% e lelaycid allo 0,1% distribuita in misura di circa 1 litro a pianta) praticata a distanza di 21 giorni con un trattamento larvicida (a base di una miscela di rogor all'0,150%) effettuato quando è stata raggiunta la soglia economica del 10%.

La dinamica di popolazione del Dacus è stata seguita attraverso il rilevamento settimanale dell'infestazione delle drupe e delle catture degli adulti su cartelle cromotropiche.

I dati sono in corso di elaborazione.

Studi preliminari sull'applicazione di metodologie statistiche computerizzate.

La ricerca è stata condotta in un oliveto di circa 1 Ha, composto da 166 piante della cv Frantoio. Con periodicità decadica e per 15 periodi successivi (dalla fine di luglio alla fine di dicembre) da ciascuna pianta è stata prelevata una drupa. In moduli appositamente studiati sono stati ogni volta registrati i dati variabili e costanti relativi a ciascuna pianta (altezza e dimensione della chioma, potature subite, distanza da altre piante ecc.) e a ciascuna drupa (sua posizione e esposizione nell'ambito della chioma, misure degli assi, peso, tipo di infestazione presente, ecc.). Ogni due periodi il campione di 166 olive è stato posto in confronto con un campione di 1.000 drupe prelevate random nell'oliveto. Tutti i dati sono stati memorizzati su disco mediante un apposito tracciato record e sottoposti a analisi statistica automatica. I primi risultati dimostrano una soddisfacente coincidenza della stima dell'infestazione ottenuta con il campione di 166 drupe con quella offerta dal campione di 1.000 olive. Inoltre l'esame del tipo di infestazione presente nelle drupe ha permesso interessanti relazioni con l'andamento climatico registrato nell'oliveto.

Studio della relazione tra catture di adulti con trappole cromotropiche e infestazione delle drupe.

Anche in questo caso sono state considerate le cultivars Frantoio e Leccino. Come trappole cromotropiche si sono utilizzate cartelle in PMMA gizlo cristallino semitrasparente delle dimensioni di cm 24 x 14,5, disposte tangentemente alla chioma di direzione Sud e con durata di esposizione di una settimana. L'indagine è stata condotta su 40 piante per la cv Frantoio e 48 per la Leccino, distribuite, previo sorteggio, rispettivamente in 10 e 12 parcelle.

Il piano sperimentale adottato ha permesso di studiare :

- le catture in funzione del livello di chioma (basso, medio, alto) cui è disposta la cartella;
- l'andamento dell'infestazione in tutti i diversi settori di chioma (4 esposizioni x 3 livelli);
- l'eventuale influenza della trappola sulla pianta ove la stessa è collocata;
- l'incidenza dell'attacco sulla cascola;
- la relazione tra sviluppo delle olive in dimensioni e recettività.

Una prima analisi dei dati relativi alla disposizione singola e tripla delle cartelle ha permesso di mettere in evidenza che

- le catture sulla faccia interna delle cartelle sono sempre più numerose di quelle della faccia esterna;
- l'andamento dell'infestazione rispecchia in modo alquanto fedele l'andamento delle catture;
- non esiste nella generalità dei casi interazioni cultivar-disposizione cartelle;
- l'influenza del fattore cultivar sui dati di cattura è più frequentemente significativo nei confronti della faccia interna che esterna delle cartelle;

- non esiste alcun fattore capace di indurre una distribuzione di tipo "contagioso" sulle catture e la disposizione singola risulta equivalente a quella tripla.

Studio sull'efficacia di differenti tecniche di monitoraggio.

Allo scopo si sono prese in considerazione cartelle cromotrofiche, trappole a delta con acetato di ammonio microincapsulato, trappole a delta con feromone 1,7 - dioxo-spiro-5,5-undecano, trappole a delta con paracimene, bottiglie trappola con acetato di ammonio in soluzione acquosa; è stato approntato un piano sperimentale a blocchi randomizzati bilanciati incompleti, effettuando i rilevamenti con periodicità decadica e per 15 periodi successivi. I dati sono stati anche in questo caso raccolti su appositi moduli e i parametri considerati per ciascun strumento sono stati la posizione della chioma (alta, media, bassa) e l'esposizione ai quattro punti cardinali. Le trappole sono state confrontate per le catture dei maschi, delle femmine, delle femmine con uova e degli adulti in genere. La prima elaborazione statistica effettuata ha in primo luogo dimostrato la maggiore efficacia delle trappole con feromone 1,7 - dioxo - spiro - 5,5 - undecano per quanto riguarda le catture di maschi e adulti in genere. Per le femmine e le femmine con uova i più alti valori di cattura si sono ottenuti con trappole ad attrattivo ammoniacale microincapsulato.

Incidenza della temperatura sulla mortalità degli stadi preimmaginali e sull'impupamento all'interno delle drupe del *Dacus oleae* Gmel.

L'indagine è stata coneotta in un oliveto nella zona del Lago Trasimeno (Umbria). Campionamenti periodici delle drupe e rilevamenti delle temperature all'interno delle stesse mediante l'utilizzazione di idonee apparecchiature dotate di microsonde, hanno consentito di appurare che

- alla temperatura di + 36°C, la mortalità delle uova e delle larve di 1a età ha raggiunto l'85%;
- alle temperature minime invernali ed estive di -10°C e di +18°C la mortalità delle larve di IIa e IIIa età ha raggiunto, rispettivamente il 100% ed il 95%;
- la temperatura di 36°C è risultata ottimale per l'impupamento all'interno della drupa (100%).

Saissetia oleae

Dinamica di popolazione ed epidemidogia.

Le indagini svolte hanno permesso di confermare che il ciclo evolutivo della cocciniglia varia sensibilmente in funzione delle condizioni climatiche, delle piante ospiti e per quelle coltivate, delle cure culturali. Sull'olivo in Toscana, nella generalità dei casi, la specie svolge un'unica generazione l'anno. Solo in particolari condizioni ambientali e vegetazionali una parte della popolazione riesce a dare inizio a una seconda generazione. La popolazione è caratterizzata da una notevole eterogeneità e in ogni periodo dell'anno si ha la contemporanea presenza di quasi tutti gli stadi di sviluppo. Nei mesi invernali la popolazione è principalmente rappresentata da neanidi di II e III età e da femmine giovani in proporzione tra loro diversa da biotipo a biotipo e da anno ad anno. Generalmente comunque le neanidi di III età costituiscono la quotamaggiore con un valore che si aggira intorno al 50%.

Modificazioni anche notevoli della normale composizione della popolazione, per un determinato periodo e per un certo biotopo, sono talvolta la conseguenza di interventi insetticidi eseguiti in precedenza. Il numero delle

femmine ovideponenti inizia a crescere in maggio e raggiunge il suo massimo in giugno-luglio. La schiusura delle uova è, come del resto l'ovideposizione, alquanto scalare e si completa intorno alla metà di agosto nelle zone costiere e nella prima decade di settembre nelle aree interne.

Da uno studio preliminare sulla suscettibilità degli oliveti all'infestazione è emerso che lo sviluppo della cocciniglia è favorito da tutte quelle condizioni che comportano nella chioma delle piante alti livelli di U.R. e una modesta insolazione.

Tra le principali cultivar da olio presenti in Toscana la Moraiolo sembra la più suscettibile.

Entomofagi

Il complesso degli entomofagi indigeni della Saissetia oleae in Toscana risulta principalmente costituito da Exochomus quadripustulatus (L.), Chilocorus bipustulatus (L.) (Coccinellidae), Coccidiphaga scitula (Rbr.) (Noctuidae), Scutellista cyanea Motsch (Pteromalidae), Metaphycus flavus (How.) (Encyrtidae) Coccophagus lycimnia Wolk (Aphelinidae). L'azione di tali ausiliari, per quanto da salvaguardare mediante oculate scelte di difesa della coltura, non appare in grado di contenere lo sviluppo delle popolazioni del coccide.

Recentemente in alcuni oliveti della parte litoranea meridionale della regione si è rilevata la presenza del Metaphycus lounsburyi (How.) probabilmente diffusosi dalle aree meridionali della penisola dove si era precedentemente introdotto in modo accidentale. Per arricchire ulteriormente il complesso degli entomofagi, nella speranza di potenziare il controllo naturale della cocciniglia, nel 1980 si sono introdotti in Toscana anche M. helvolus (Comp.) e M. bartletti Ann. e Mynh.. Un primo lancio di qualche centinaio di M. bartletti e alcune decine di M. helvolus forniti dall'Istituto di Entomologia Agraria di Portici fu fatto in primavera in un oliveto della zona litoranea centro-meridionale dove le condizioni climatiche piuttosto miti nel periodo invernale e la composizione assai eterogenea della popolazione della coccinigli lasciavano supporre l'esistenza di buoni presupposti per l'acclimatazione. In autunno fu possibile constatare l'avvenuta moltiplicazione delle due specie e si procedè ad un nuovo lancio di circa 50 individui di M. helvolus forniti dalla Station de Zoologie et de Lutte Biologique di Antibes, in un oliveto della provincia di Firenze.

Nel 1981 i due parassiti sono stati ritrovati nelle aree di lancio e in quelle limitrofe e ciò ha permesso di procedere alla loro diffusione attraverso il trasporto di materiale infestato e parassitizzato.

Al momento è ancora presto per poter valutare pienamente gli effetti di queste introduzioni ma l'acclimatazione dei tre Metaphycus costituisce un pressupposto importante per tentare di realizzare, in un contesto di lotta integrata mediante un'opportuna utilizzazione di tali parassiti, il controllo biologico della cocciniglia.

Incidenza dei fattori abiotici sulla mortalità della Saissetia oleae (Oliv.).

E' stata studiata l'influenza della temperatura e della piovosità sulla mortalità delle neanidi di 1° età della Saissetia oleae (Oliv.) e la correlazione tra il numero di individui presenti sulle foglie e sui rametti.

Dai risultati si è potuto dedurre che temperature massime oltre i 29°C e più ancora minime sotto i -2°C incidono fortemente sulla mortalità delle neanidi di 1° età. In particolare si può affermare che temperature dell'ordine di -6°C inducono una mortalità superiore al 90% e temperature di 30°C ed oltre eliminano l'80% delle neanidi, mentre precipitazioni superiori a 30 mm in 14 giorni causano mediamente una mortalità del 50%.

Per quanto concerne la relazione fra numero di individui presenti sulle foglie e sui rametti, si è rilevato che con il crescere dell'età aumenta la proporzione degli individui presenti sui rametti rispetto a quelli presenti sulle foglie. Questo sembra indicare che al crescere dell'età si verifica una migrazione delle neanidi dalle foglie verso i rametti.

Prays oleae

Studio della relazione fra catture di maschi di Prays oleae a mezzo di trappole a feromoni e infestazione.

Nel 1980 in due campi sperimentali situati in ambienti rappresentativi delle aree olivicole della Toscana, si è indagato sull'efficacia di trappole con feromone sessuale di Prays oleae Bern., anche in relazione all'attività della popolazione del fitofago nello stesso campo.

Relativamente al primo di questi oliveti sperimentali, si è confrontato il numero dei maschi riscontrati nelle 5 trappole di tipo Montedison, nel corso dei periodici controlli, col numero di uova osservate nei campioni di volta in volta prelevati da 40 piante, trovando, fra tali valori, la correlazione mediamente significativa nella generazione antofaga e altamente significativa nella generazione carpopaga. Viceversa, in quella fillofaga non è emersa alcuna correlazione.

Analogamente, non si è riscontrata correlazione fra numero totale di maschi catturati nel corso dell'indagine e numero totale di uova rilevate nel complesso dei campioni esaminati. Se, invece, limitiamo tale analisi alla I e alla II generazione, la correlazione diventa completa.

Nell'altro oliveto sperimentale, dove sono state impiegate trappole a Delta, 5 con solo tetradecen-Z-7 al - 1 e 5 con tetradecen-Z-7 al - 1 insieme a un feromone del Dacus oleae (Gmel.), la correlazione fra il numero dei maschi catturati nelle 10 trappole e uova riscontrate sui frutti prelevati dalle stesse piante risulta significativa con il 95% di probabilità. La significatività sale a oltre il 99% di probabilità se le catture vengono confrontate con i valori delle uova in cui si stava normalmente evolvendo l'embrione, quando, cioè, dal totale delle uova si sottraggono quelle morte, quelle predate e quelle parassitizzate.

Al contrario, se si opera la stessa distinzione nell'ambito delle uova riscontrate nei campioni relativi al primo campo sperimentale, la correlazione subisce un decremento oltre il limite inferiore della significatività.

Le ricerche nei confronti di questo lepidottero sono proseguite nel 1981 e i dati ottenuti sono in corso di elaborazione.

Thomasiniana oleisuga.

Bio-ecologia di Thomasiniana oleisuga in Toscana

Nel 1981 è stata avviata una ricerca sulla bio-ecologia della Thomasiniana

oleisuga (Targ.), i cui attacchi, verificatisi di recente in modo più o meno consistente in varie aree olivicole della Toscana vengono talvolta sopravvalutati sul piano dei danni economici e possono essere motivo di interventi fitoiatrici del tutto inopportuni.

I rilievi finora effettuati hanno permesso di mettere in luce che le ovi-deposizioni si susseguono ininterrottamente dai primi di maggio alla fine di ottobre.

In natura la durata del ciclo biologico, anche per popolazioni provenienti da uova deposte negli stessi periodi, ha una variabilità assai elevata che deriva principalmente da quella dello stadio larvale. Nel periodo primaverile-estivo, una parte più o meno consistente della popolazione compie il ciclo uovo-adulto in 35-50 giorni. Da maggio a settembre si possono pertanto avere 3-4 generazioni accavallate.

Non è stato ancora possibile stimare la fecondità media delle femmine, ma si è potuto appurare che una sola femmina è in grado di deporre oltre 100 uova. E' stato altresì accertato che le uova possono essere deposte anche in corrispondenza di gallerie infestate da larve di età più o meno avanzate.

Nelle gallerie della T. oleisuga è facile rinvenire acari e nematodi fitoparassiti che probabilmente vivono a spese di funghi e di sostanze organiche varie.

Quali entomofagi della specie sono stati riscontrati un ectoparassita Eupelmide, due endoparassiti Platigastridi (Leptacis sp. e Platygaster sp.) e un predatore Cecidomiide (prob. Lestodiplosis sp.).

Acari

Gli Acari dell'olivo in Italia e loro importanza fitopatologica

Le ricerche sulla acarofauna dell'olivo iniziate in Italia circa 12 anni fa hanno consentito di individuare diverse specie fitofaghe di cui 5 Tenuipalpidae (Tenuipalpus caudatus (Dugès), Hystripalpus oleae (Baker), H. olearius (Sayed), H. olivicola (Peg. et Cast.), H. rotai (Cast. et Peg.) et 5 Eriophyidae (Eriophyes oleae Nal., Oxicenus maxwelli (Keifer), Dityr-machus athiasellus (Keifer), Tegolophus hassani (Keifer), Aculus olearius (Cast.), 9 specie di Phytoseiidae predatori, di cui Typhlodromus athenas (Swirski e Ragusa) è la più frequente e altre specie di gruppi a regimi alimentari differenti.

Tenuipalpus caudatus, specie polifaga che non sembra causare danni economici importanti è stata trovata in una sola località della Sardegna.

Le 4 specie di Hystripalpus infeudate all'olivo sono invece assai diffuse in Italia e, come per gli altri Paesi del bacino del mediterraneo, esistono solo notizie frammentarie. E' probabile che esse abbiano aree di diffusione più o meno sovrapposte con una preferenza per le zone litoranee o, comunque, a clima mite. Hanno abitudini corticicole e sono presenti normalmente con popolazioni così poco numerose che al momento non hanno causato alla pianta ospite danni economici apprezzabili.

Gli Eriofidi sono, in Italia, elementi costanti delle biocenosi dell'olivo e quasi sempre è presente più di una specie sulla chioma. Durante l'anno

questi fitofagi attaccano i tessuti più teneri della pianta; all'inizio i germogli, poi le foglioline e infine i bottoni fiorali, le infiorescenze e i frutticini. Essi possono provocare deformazioni dei giovani getti e delle foglie simili a quelle del Thrips, alterazioni del colore e della consistenza della lamine fogliare, la caduta dei bottoni e dei giovani frutti.

Quando le loro popolazioni raggiungono livelli elevati, si possono verificare notevoli danni, sino a una totale perdita della produzione. In questi casi, durante la fioritura, periodo che per tutte le specie è quello più favorevole, si può osservare in ciascuna infiorescenza qualche migliaio di individui.

In Italia queste popolazioni sono fortunatamente poco numerose e solo eccezionalmente sono stati osservati danni di notevole importanza. Solo Aculus olearius in annate particolari ha causato gravi perdite di prodotto nelle provincie di Firenze e Pistoia.

Attività dell'Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Padova

Attrattivi e repellenti del Dacus oleae

Secondo il programma proposto, le ricerche hanno essenzialmente riguardato i settori di seguito riportati e nel cui ambito, proseguendo ricerche in parte già intraprese, sono stati raggiunti alcuni soddisfacenti risultati.

1) Sostanze inibitrici dell'ovideposizione.

E' stato messo in luce che le sostanze contenute nella polpa lacerata delle olive, le quali inibiscono ulteriori deposizioni entro frutti già attaccati, sono di natura liposolubile. Contrariamente a quanto ritenuto, infatti, la principale attività inibitrice è risultata legata alla componente oleosa degli estratti di olive. E' stata messa inoltre in luce la emissione di sostanze inibitrici volatili, che probabilmente segnalano alle femmine la presenza di larve attive all'interno delle olive.

Nell'ambito delle sostanze inibitrici idrosolubili (di limitata attività) sono stati individuati numerosi composti e messa in luce una relazione relativamente semplice tra struttura ed attività biologica.

I risultati sinora conseguiti sono riportati in :

Girolami et al., 1981 - Ovipositional deterrents in D. oleae - Ent. exp. & appl., 29 : 177 - 188.

2) Sostanze stimolatrici dell'ovideposizione legate ai glucosidi fenolici.

Da precedenti ricerche era emerso che l'oleoeuropeina, glucoside fenlico dell'olivo, stimola l'ovideposizione attraverso prodotti di degradazione spontanea della molecola. Estratti e frazioni di tali prodotti di degradazione o di demolizione sono sempre risultati biologicamente inattivi. Anche semplici modificazioni della molecola quali la metilazione dei fenoli, hanno comportato inattività biologica.

Poichè derivati fenolici quali il metil eugenolo, sono attrattivi nei confronti di taluni dacini si è proceduto a saggiare l'influenza sulla ovideposizione di numerosi composti di sintesi in qualche modo legati o derivati dai glucosidi fenolici dell'olio.

E' stato messo tra l'altro in luce che esistono relazioni tra particolari strutture molecolari ed attività stimolatrice o inibitrice dell'ovideposizione, e che molecole simili possono esplicare attività opposte.

Ad esempio l'acido 4-metossi 3-idrossi cinnamico è stimolatore mentre il 3-idrossi 4-metossi è inibitore.

L'acido 3,4-metilendiossibenzoico è stimolatore mentre la rispettiva aldeide è inibitrice.

Sulla base di una collaborazione mai interrotta con ricercatori della Università di Milano, sono stati individuati nuovi glucosidi fenolici dell'olivo.

I succitati argomenti saranno oggetto di una nota al prossimo congresso di Wageningen (marzo 1981) su Insect/Plant Relationships.

3) Attività stimolatrice di estratti delle olive.

E' stata riscontrata negli estratti di olive la presenza di sostanze stimolatrici. Le indagini hanno preso l'avvio dall'osservazione che, lavando in metanolo la frazione oleosa, veniva esaltata l'attività inibitrice; l'ipotesi più probabile era che l'alcool avesse asportato sostanze stimolatrici oltre che le previste inibitorie, anche se gli estratti metanolici erano per sé inibitori.

Sulla base di tali ipotesi ed attraverso opportuni frazionamento si è potuto evidenziare :

- a) nelle olive sono presenti sostanze che stimolano l'ovideposizione del D. oleae anche se poste in tracce infenitesime su substrati di ovideposizione in laboratorio;
- b) l'attività stimolatrice è legata a più sostanze sinergiche tra loro, talune almeno, volatili e di natura fenolica;
- c) il complesso delle sostanze interessate sembra agire anche in successione cronologica;
- d) alcuni estratti sono risultati attrattivi all'aperto tale attività non è sempre manifesta.

Attività dell'Istituto di Matematica dell'Università di Parma

Un modello matematico per lo studio dello sviluppo e del controllo di una popolazione di Dacus oleae.

E' stato affrontato in termini matematici il problema del controllo di una popolazione di Dacus oleae nel contesto di un programma di lotta biologica e lotta integrata in olivicoltura.

Nell'ipotesi che il controllo della popolazione nociva possa essere effettuato con diverse tecniche e mezzi, senza entrare nei dettagli tecnici sui mezzi di lotta, si è assunto che il controllo possa essere esercitato attraverso una mortalità indotta sugli stadi preimmaginali e/o sugli adulti oppure riducendo la fertilità attraverso il rilascio di agenti biologici.

Si è proposto un modello matematico che descrive la dinamica della popolazione, la progressione del danno che essa provoca in un oliveto ed il suo controllo.

E' stato seguito un approccio di tipo biologico e sistematico tenendo conto in modo specifico dell'ambiente e del modo in cui esso agisce sugli organismi, in particolare sono stati considerati sia gli aspetti biologici che fenologici ed ambientali.

E' stato ipotizzato che la popolazione sia controllata principalmente da fattori ambientali, in particolare che la temperatura sia il fattore chiave nella determinazione dei tempi di sviluppo degli stadi preimmaginali e delle mortalità specifiche nei vari stadi di vita della mosca delle olive.

La ricerca è stata rivolta allo studio dell'efficacia delle trappole, alla verifica di alcune ipotesi fatte sulle soglie economiche ed alla individuazione delle condizioni ottimali di intervento sulla base di assegnate funzioni economiche che tengono conto sia dei costi del danno, che dei costi dovuti all'intervento fitosanitario.

Sono stati messi a punto diversi programmi di calcolo scritti in vari linguaggi (es. Fortran, Basic) che sono operanti sui calcolatori PDP 11/34, PDP 23, dell'Istituto di Matematica dell'Università di Parma.

Sono stati raccolti dei dati provenienti da esperimenti in pieno campo sulla biologia del Dacus in determinati ambienti; questi assieme a dati ottenuti in esperimenti di laboratorio hanno consentito di avere a disposizione un insieme di informazioni per accettare la validità dei modelli proposti.

I dati sono stati elaborati:

- a) per identificare alcuni parametri caratteristici, relativi allo sviluppo della popolazione, che non sono direttamente osservabili;
- b) per verificare l'effetto di alcune strategie di intervento per il controllo integrato della popolazione.

E' in corso di esame la possibilità di impiego dei programmi con dati che si riferiscono ad altre situazioni ambientali che sono oggetto di studio nel programma della C.C.E., al fine : a) di approfondire la validità dei metodi di campionamento attraverso una più giusta valutazione dell'efficacia di trappole cromotropiche o a base di sostanze attrattive; b) verificare il grado di predizione a breve o medio termine dei modelli proposti.

Publications - Contract No. 0732

BAGNOLI B. (1981) Alcune precisazioni sulla biologia di *Thomasiniana oleisuga* (Targ.) (Dipt. *Cecidomyiidae*) in Toscana. In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Group d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 205-214

BAGNOLI B., BERCARO A., GHILARDI G., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. (1981) Osservazioni sulle catture di femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) a mezzo di cartelle cromotropiche e sull'andamento dell'infestazione. In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Group d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 34-45

BALLATORI E., PUCCI C. (1979) Esempio per il calcolo della soglia economica d'intervento contro gli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmel.). Atti dell'Incontro sul *Dacus oleae* (Gmel.), Perugia, 21 June 1979, pp. 321-326

CASTAGNOLI M. (1981) Gli acari dell'olio in Italia e loro importanza fitopatologica. In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 179-187

CAVALLORO R., DI COLA G. (1980) Alcuni metodi matematici nel controllo di una popolazione di *Ceratitis capitata* Wied. - In: Standardizzazione di metodologie biotecniche nella lotta integrata in agrumicoltura: Atti della Riunione Gruppo di Esperti CCE, San Giuliano, Siniscola, Italy, 4-6 November 1980, pp. 1-4

CAVALLORO R., DI COLA G. (1981) Un modello di simulazione matematica nel controllo di una popolazione di *Dacus oleae* (Gmel.). In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 141-150

- CROVETTI A. (1979) Il contributo della scuola di "Ecologia Agraria" dell'Università di Perugia alle conoscenze bioclimatiche della mosca delle olive. Atti dell'Incontro sul *Dacus oleae* (Gmel.), Perugia, 21 June 1979, pp. 319-320
- CROVETTI A., LOI G., QUAGLIA F., RASPI A. (1979) Ricerche eco-etologiche sul *Dacus oleae* (Gmel) - 1 Durata dello sviluppo pupale a temperature costanti. Atti dell'Incontro sul *Dacus oleae* (Gmel), Perugia, 21 June 1979, pp. 301-317
- CROVETTI A., QUAGLIA F., CHESI F. (1981) Studi preliminari sull'applicazione di metodologie statistiche computerizzate nel quadro della difesa fitosanitaria in olivicoltura *Dacus oleae* (Gmel). In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 125-140
- DI COLA G., SEATZU S. (1980) Identificazione di alcuni modelli ecologici mediante l'uso di funzioni regolarizzanti. In: Ecologia: Atti del 1° Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Salsomaggiore Terme, 21-24 October 1980, pp. 237-242
- DI COLA G., CAVALLORO R., BRIGHETTI S. (1980) Un modello matematico per il controllo di una popolazione di insetti polivoltini in un ecosistema agricolo. In: Ecologia: Atti del 1° Congresso della Società Italiana di Ecologia, Salsomaggiore Terme, 21-24 October 1980, pp. 229-235
- 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, A. 3°, pp. 249-256
- GIROLAMI V. (1979) Studi biologici e demoecologici sul *Dacus oleae* (Gmel). I° influenza dei fattori ambientali abiotici sull'adulto e sugli stadi preimmaginali. Redia, Vol. LXII, pp. 147-191
- GIROLAMI V., STRAPAZZON A., DE GERLONI P.F. (1981) Stimulants de ponte de *Dacus oleae* (Gmel.). In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts, Antibes 4-6 November 1981, pp. 1-10
- GIROLAMI V., VIANELLO A., STRAPAZZON A., RAGAZZI E., VERONESE G. (1981) Ovipositional deterrents in *Dacus oleae* (Gmel.) Ent. exp. e appl., Vol. XXIX, pp. 177-188
- NICCOLI A., TIBERI R. (1981) Indagine sull'andamento dell'infestazione di *Prays oleae* (Bern.) in relazione alla cattura di adulti con trappole a feromoni in ambienti ilitivoli della Toscana. In: Etata d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Group d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 215-226
- NICCOLI A., TIBERI R. (1981) Relazione fra catture di adulti di *Prays oleae* (Bern) in trappole sessuali e infestazione. Redia, Vol. LXIV, pp. 337-348
- PUCCI C., BALLATORI E., FORCINA A. (1979) Soglia economica d'intervento per trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmel.). Atti dell'Incontro sul *Dacus oleae* (Gmel.), Perugia, 21 June 1979, pp. 121-161
- PUCCI C., CECCARELLI S., FILIPPUCCI B. (1979) Incidence de l'infestation du *Dacus oleae* (Gmel.) sur la quantité et la qualité de la production des olives en Ombrie. Redia, Vol. LXII, pp. 1-12
- PUCCI C., MATEASSI G., CECCARELLI S. (1979) Incidenza dell'infestazione dacica in Umbria sulla qualità e la quantità della produzione in diverse epoche di raccolta (anticipata e normale). Redia, Vol. LXII, p. 257-276
- PUCCI C., RICCI C., BOZZA P., TIRIMBELLINI P., FORCINA A., AMBROSI C., QUAGLIA F., RASPI A., BELCARI A., PAPARATTI B., BAGNOLI B., NICCOLI A. (1979) Effetto dell'infestazione dacica sulla resa e sulle caratteristiche qualitative dell'olio. Ricerche condotte nel 1979 nella Toscana centro-meridionale. Frustula Entomologica, Vol. II (XV), pp. 183-195
- PUCCI C., FORCINA A., SALMISTRATO D. (1981) Incidenza della temperatura sulla mortalità degli stadi preimmaginali, sull'impupamento all'interno delle drupe e sull'attività dei parassiti del *Dacus oleae* (Gmel.). In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 22-33
- PUCCI C., SALMISTRATO D., FORCINA A., MONTANARI G. (1981) Incidenza dei fattori abiotici sulla mortalità della *Saissetia oleae* (Oliv.). In: Etata d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 151-161
- QUAGLIA F., RASPI A. (1979) Osservazioni eco-etologiche su un Lecaniide dannoso all'olivo in Toscana: *Euphilippia olivina* Berlese e Silvestri (*Rhynchota, Coccoidea*). Frustula Entomologica, Vol. II (XV), pp. 85-112
- QUAGLIA F., RASPI A. (1979) Note eco-etologiche sulla *Philippia oleae* (O.G. Costa) (*Rhynchota, Coccoidea*). Lecaniide infestato sull'olivo in Toscana. Frustula Entomologica, Vol. II (XV), pp. 197-229
- QUAGLIA F., LOI G., BELCARI A., CONTI B., MALFATTI P., SANDI C., CHESI F. (1981) Risultati preliminari delle ricerche condotte in oliveti della Toscana mediante campionamenti guidati delle drupe per la stima dell'infestazione dacica. In: Etata d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 61-72
- RICCI C., PUCCI C., BALLATORI E., FORCINA A. (1979) Alcuni aspetti della dinamica delle popolazioni di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) e analisi della relazione tra infestazione e catture con cartelle cromotropiche. Atti dell'Incontro sul *Dacus oleae* (Gmel.), Perugia, 21 June 1979, pp. 261-282
- RICCI C., FORCINA A., PITZALIS M., BOZZA P. (1981) Ritmo di fuoriuscita delle larve mature di *Dacus oleae* (Gmel.) dalle olive. In: Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes par la lutte intégrée en oleiculture: Actes de la Réunion Groupe d'Experts CCE, Antibes 4-6 November 1981, pp. 14-21

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

PRELIMINARY STUDIES FOR THE CONCEPTION OF AN INTEGRATED CONTROL
ON CAULIFLOWER PLANTATIONS IN THE SOUTHEAST OF FRANCE

R. BUES, H. S. POITOUT (1)

ABSTRACT

The most serious pest of cauliflowers is, in the Southeast of France, the noctuid moth Mamestra brassicae. Since 1975, studies on its population dynamics have been conducted, with sexual trapping and sampling of lay-batches and larvae. These results allow us to conceive an integrated pest management, concerning M. brassicae but also Brevicoryne brassicae and Pieris brassicae. The correlation between the lay-batches and the damage due to M. brassicae enables to decide of the opportunity of the treatments, at the 3 essential periods of the year (20th Aug., 5th and 20th sept.). The samplings bear on 40 cauliflowers, on plots ranging from 2.000 to 4.000 m². The maximum tolerance threshold has been fixed for 2 lay-batches on 40 cauliflowers, and corresponding to a potential 2 p. c. damage. Treatments against the other pests are started as soon as the first colonies of aphids, or eggs of Pierid moths appear.

The establishment of a direct correlation between the damage rate and the number of captures by sexual trapping is being studied. The first trials of a supervised control with NPV preparation of M. brassicae, Bacillus thuringiensis against P. brassicae and Pyrimicarb against B. brassicae have given satisfactory results.

ETUDES PRELIMINAIRES A LA CONCEPTION D'UNE LUTTE INTEGREE DANS LE
SUD-EST DE LA FRANCE CONTRE LES RAVAGEURS EN CULTURE DE CHOUX-FLEURS.

RESUME

Dans le Sud-Est de la France, le principal parasite de la culture du chou-fleur est la Noctuelle Mamestra brassicae. Depuis 1975, les études de dynamique de populations de cet insecte conduites à l'aide du piégeage sexuel et de l'échantillonnage des pontes et larves nous permettent de concevoir un programme de lutte dirigée englobant en plus de M. brassicae, Brevicoryne brassicae et Pieris brassicae. La corrélation établie entre la ponte et les dégâts provoqués par M. brassicae permet aux trois périodes essentielles (20/8; 5 et 20/9), avec un échantillon de 40 choux pour des parcelles de 2.000 à 4.000 m², de décider de l'opportunité des interventions. Le seuil maxima de tolérance a été établie à 2 pontes pour 40 choux observés ; correspondant à un dégât potentiel de 2 p. cent. Les traitements contre les autres ravageurs sont réalisés dès l'apparition des premières colonies de pucerons ou des pontes de Pierides.

Des études sont en cours pour établir une corrélation directe entre le pourcentage de dégâts et le nombre de captures aux pièges sexuels.

Les premiers essais de lutte dirigée avec une préparation de polyèdres nucléaires de M. brassicae, Bacillus thuringiensis contre P. brassicae et le pyrimicarbe contre B. brassicae ont donné des résultats satisfaisants.

(1) INRA-Station de Zoologie-84140 MONTFAVET.

Parmi les autres types de chou, le chou-fleur, avec environ 35.000 ha (statistique du ministère d'Agriculture de 1978), est, en France, très prépondérant. La plupart des cultures sont situées dans les régions Bretagne et Provence - Côte d'Azur. Globalement, les plantations ont lieu en juillet-août, avec une récolte s'échelonnant de l'automne au printemps suivant les variétés. Il existe de légères différences au plan cultural selon les régions, notamment au sujet des époques d'implantation.

Dans sa zone traditionnelle, cette culture assure à l'agriculteur une part appréciable de son revenu. Pour ce qui est du sud-est de la France, la protection phytosanitaire fait l'objet d'un nombre relativement important (7 en moyenne) de traitements dirigés contre la noctuelle du chou : Mamestra brassicae L. (1). La conception d'une lutte intégrée dans cette zone géographique exige donc, au préalable, une bonne connaissance de la dynamique des populations de cette espèce et des données essentielle sur l'ensemble des autres ravageurs.

M. brassicae L. est en France généralement bivoltine (POITOUT, BUES, 1978). Ses dégâts varient selon les régions et les types de Brassica cultivés. Dans le sud-est, où l'essentiel de cette étude a été conduite, les captures au cours du premier vol (mai-juin), issu de la population nymphale hivernant en diapause, sont moins importantes que durant le second (mi juillet-fin septembre). C'est ce dernier qui coïncide étroitement avec la culture du chou-fleur. Cette adaptation de M. brassicae à sa plante-hôte préférée, constatée dans le sud-est, est semble-t-il le cas général dans la vaste aire de la répartition géographique de l'espèce. L'existence de deux possibilités de diapause nymphale (hivernale et estivale) (POITOUT, BUES, 1973), est source de variabilité de durée de développement à partir de laquelle le synchronisme peut se réaliser. Bien que M. brassicae soit relativement polyphage, il semble en effet, selon les observations faites par plusieurs auteurs (BONNEMAISON, 1968 ; GRUGER, 1972 ; POITOUT et BUES, 1978 ; THEUNISSEN et DEN OUDEN, 1978 ; TANSKII et all, 1980), que ses dégâts soient essentiellement importants sur chou.

Les études que nous avons poursuivies dans le cadre de la convention C.E.E. sont destinées à apporter les connaissances tant méthodologiques (destinées au suivi des populations) que biologiques sur tous les ravageurs foliaires du chou. Ceci afin de concevoir des méthodes de lutte intégrée sur cette culture. Dans ce rapport, nous indiquerons les résultats obtenus sur les méthodes d'échantillonnage utilisées pour la réalisation des inventaires, sur les suivis des populations et la détermination du moment d'intervention, sur la biologie du ravageur principal (M. brassicae), sur les résultats préliminaires obtenus en appliquant ces différentes données à la réalisation d'une lutte intégrée. L'essentiel des travaux ont trait au sud-est de la France.

(1) Ce n'est pas général en France puisque les observations effectuées dans l'ouest par la Station de Zoologie, I.N.R.A. de Rennes indiquent que cette espèce ne fait pas de dégâts plus importants que ceux de la pyrale du chou (Evergestis forficalis L.) ou d'autres noctuelles : Mamestra oleracea L., Autographa gamma L., Phlogophora meticulosa L.

I - ETUDES METHODOLOGIQUES

A) - Piégeage des adultes de *M. brassicae*.

Depuis 1978, année où pour la première fois nous avons utilisé des attractifs de synthèse (mélange de Z11 HDA et HDA dans les proportions 90/10 p. 100), afin de capturer les mâles de cet espèce (BUES et POITOUT, 1978), nous avons conduit des études destinées à comparer différentes méthodes de piégeage. En 1978, la comparaison des piégeages entre femelles vierges et attractifs de synthèse n'a permis de montrer aucune différence entre les procédés.

Dans la figure 1, nous avons représenté les courbes de captures cumulées de *M. brassicae* obtenues aux pièges lumineux et sexuels dans la région d'Avignon de 1975 à 1980. Aucune différence importante n'apparaît, si ce n'est des captures relativement un peu plus importantes aux pièges sexuels en début de vol, ce qui est un avantage sur le plan des avertissements.

Par ailleurs, l'emploi des attractifs de synthèse dans des régions situées à différentes latitudes a montré une irrégularité dans le fonctionnement de ce type de piégeage. Les études entreprises à ce sujet, soit en comparant sur les mâles d'une même population l'attractivité sexuelle exercée par des femelles vierges appartenant à différentes populations, soit par analyse physico-chimique du contenu des glandes de femelles de différentes origines, n'ont pu montré l'existence, selon la provenance des insectes, d'une variabilité de la composition phéromonale. Les recherches sont maintenant poursuivies par des essais effectués sur différentes populations en tunnel de vol.

Outre ce problème, l'utilisation généralisée du piégeage sexuel de *M. brassicae* se heurte pour l'instant, d'une part à un manque de spécificité : importantes captures d'autres noctuelles *Dicestra trifolii* Hfn., *Hoplodrina ambigua* Schiff. et *Ochropleura plecta* L., d'autre part à une maîtrise insuffisante de la diffusion qui nuit à une bonne interprétation des résultats (cf. ci-après).

B) - Echantillonnage des populations des ravageurs sur chou-fleur.

Les premiers travaux conduits sur l'ensemble des ravageurs du chou-fleur ont nécessité le choix d'une méthode d'échantillonnage. Du fait de la structure des exploitations agricoles concernées, la surface moyenne des parcelles est de 2.000 à 4.000 m². Pour chaque parcelle et relevé des populations (présence-absence ou dénombrement), 40 choux, répartis selon un plan de randomisations, sont examinés sur place ; cette méthode a été utilisée pendant 7 ans. En 1981, un échantillonnage important au niveau des pontes de *M. brassicae* (une ponte = 20-30 oeufs), a été réalisé sur 4 parcelles par l'observation, sur les rangées d'un chou tous les 5 mètres et cela, une rangée sur deux. Les choux contrôlés étaient intercalés et n'étaient distants entre eux que de 3 mètres au plus. Les résultats sont donnés tableau 1. L'analyse des résultats ne permet de mettre en évidence ni différence dans la répartition des pontes à l'intérieur du champ, ni d'effet de bordure ou haie brise vent. La distribution des pontes ne semble pouvoir se ramener qu'à une loi binominale en considérant deux catégories : les choux avec et sans pontes. Il est alors possible de calculer pour un risque de 5 p. 100 et un intervalle de confiance (I) donné, le nombre de choux à échantillonner d'après la formule $n = 4 pq/I^2$. On constate alors que l'échantillonnage de 40 choux, pris pour nos relevés de populations, correspond à une précision de 15 p. 100 en moyenne. Ce nombre maximum de choux à observer permet d'avoir une estimation suffisante, afin de décider de l'opportunité d'un traitement (cf. ci-après), quel que soit le pourcentage d'attaque.

Ce résultat a été obtenu sur des parcelles de surface variant de 800 à 2.800 m²; l'homogénéité de l'attaque permet de penser que ces estimations sont réalisables pour des parcelles plus importantes. Dans le sud-est de la France, les unités culturales les plus courantes qui varient entre 2.000 et 4.000 m², correspondent respectivement à 3.200 et 6.400 choux pour une densité moyenne de plantation de 16.000 pieds/hectare. Pour ces unités culturales, il est donc possible de fixer approximativement à 1 % du nombre de pieds plantés, l'importance de l'échantillon à observer.

II - DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES RAVAGEURS DU CHOU

Dans le sud-est de la France, les cultures de choux-fleurs sont mis en place fin juillet à début août; la période de récolte varie selon les variétés, elle s'étale de novembre jusqu'à février-mars pour les variétés de choux hivernants. Toutefois, sur le plan de la protection des cultures, la lutte contre les ravageurs est circonscrite de la plantation à fin septembre-début octobre.

Dans les figures 2 et 3 sont représentés l'évolution de différents ravageurs du chou-fleur :

- Les altises des crucifères (Phyllotreta Sp.) ne sont vraiment nuisibles que sur pépinières.
- Les punaises ornées du chou (Eurydema Sp.), présentes en nombre variable selon les années, ne nécessitent jamais d'interventions spécifiques.
- L'aleurode du chou (Aleurodes proletella L.) peut atteindre un niveau de pullulation nuisible aux cultures principalement dans les 4-5 semaines qui suivent le repiquage. On a noté ces dernières années, un accroissement des populations, sans arriver toutefois, sauf rares exceptions, jusqu'à envisager un traitement spécifique.
- Le puceron cendré (Brevicoryne brassicae L.) est un des plus importants parasites du chou, les populations en nombre variable selon les conditions climatiques nécessitent chaque année plusieurs interventions. Les autres espèces de pucerons (notamment Myzus persicae Sulz.) sont sans incidence sur la croissance de la plante.
- La teigne des crucifères (Plutella xylostella Schn.) n'est qu'exceptionnellement nuisible sur cultures de choux-fleurs. Cette espèce peut par contre occasionner des dégâts sur les cultures de choux-verts au printemps. Les captures des adultes aux pièges sexuels ont été obtenus avec des capsules fabriquées par le laboratoire des médioateurs chimiques de Brouessy, d'après les données de CHISHOLM et all., 1979.
- La piéride du chou (Pieris brassicae L.) a des populations d'importance extrêmement variable selon les années, leur incidence économique est moindre car très facilement détruites par les interventions destinées aux autres ravageurs.

Notons que la pyrale du chou (Evergestis forficalis L.) présente en très faible nombre est capturée en avril-mai aux pièges sexuels (capsules fabriquées par le laboratoire de recherches sur les insecticides de Wageningen).

Dans la figure 4 sont représentées, la courbe du 2ème vol annuel de M. brassicae (données cumulées de 1975 à 1981) et les histogrammes qui représentent la fréquence de répartition des pontes observées durant la même période.

On observe une bonne corrélation entre les dates du vol et le dépôt des pontes.

La courbe du 2ème vol, très étalée, est constituée en juillet par des adultes issus de nymphes qui se sont développées normalement. L'éclosion de ces adultes intervient avant ou pendant la date de plantation alors que les jeunes plants en cours de reprise végétative sont très peu attractifs. La ponte a vraisemblablement lieu à ce moment là sur d'autres cultures ou plantes adventices. Cette fraction de la population, variable selon les années mais toujours très faible, est sans incidence économique notable. Les dégâts sont provoqués par les chenilles descendant d'adultes présents en août-septembre issus de nymphes ayant un arrêt de développement estival. Cette partie du vol coïncide avec la période de développement du chou et nécessite des interventions spécifiques.

Afin de connaître plus généralement les cycles évolutifs de M. brassicae sur l'ensemble du territoire français, nous avons depuis deux ans mis en place un réseau de piégeage. Des piégeages sexuels ont ainsi été effectués dans les régions d'Arras, Paris, Rennes, Colmar, Avignon et Hyères. Ils confirment que l'espèce est généralement bivoltine, mais les différences constatées dans les résultats entre année pour un même lieu aussi bien dans l'importance relative des deux vols que dans la durée qui les sépare, sont telles qu'il est difficile de pouvoir dès maintenant synthétiser les résultats.

L'existence d'individus présentant un arrêt de développement estival signalé par plusieurs auteurs, notamment MASAKI, 1956, DOLIDZE, 1957, POITOUT et BUES, 1973, permet d'expliquer en partie les variations du cycle évolutif entre régions. L'étude de ce caractère dans des populations d'origines géographiques différentes a été poursuivie dans les conditions constantes du laboratoire.

Les principaux résultats sont présentés dans la figure 5. Ils montrent que les différentes populations exposées aux conditions fortement inductrices de 25° C LD 18 : 6, ont une proportion plus ou moins importante de leurs individus avec un arrêt de développement estival. Les populations manifestant peu ce caractère sont celles où les conditions thermiques maximales du printemps et de l'été sont relativement peu élevées. Inversement, les régions aux printemps et étés chauds, comme c'est le cas du sud de la France, ont des populations fortement diapausantes. Il a été par ailleurs observé lors d'essais d'élevage de M. brassicae en conditions naturelles à Avignon durant les mois chauds (juillet-début août) que, cette espèce montre à ce moment là des taux de mortalité très élevés. Il semble donc que grâce aux pressions de sélection directes ou indirectes exercées par l'intermédiaire du végétal, qui se développe préférentiellement en atmosphère humide et en conditions thermiques tempérées, l'ajustement du développement de l'espèce aux conditions climatiques locales soit susceptible de se réaliser.

Le maintien du caractère "diapause estivale" dans les populations issues de régions à printemps et été relativement frais, où l'avantage du à son existence n'est pas évident, pourrait s'expliquer de deux façons :

- Par une meilleure survie, certaines années chaudes, pour les individus porteurs de ce caractère.
- Par des avantages physiologiques que nous n'avons pas encore montrés.

Quoi qu'il en soit, ce caractère, de manifestation et de durée variable selon l'origine des populations, influence la dynamique saisonnière des populations de M. brassicae selon les localités.

III - DETERMINATION DES DATES ET SEUILS D'INTERVENTION CONTRE LES RAVAGEURS PRINCIPAUX M. Brassicae et B. brassicae.

Comme nous l'avons déjà signalé, deux insectes font l'objet d'une lutte spécifique : la noctuelle du chou et le puceron cendré.

Pour la noctuelle, les données biologiques que nous communiquons au service compétent (protection des végétaux) permettent de préconiser aux agriculteurs des dates d'interventions. Il n'est pas tenu compte dans ce cas, de seuil de présence du ravageur. Cette méthode de prévision des traitements est basée sur la présence des adultes et des pontes au mois d'août, ce qui détermine le 1er traitement et les suivants à intervalle de 15 jours (durée courante d'efficacité d'une application). Dans une même région et la même année, les différences d'évolution d'infestation entre parcelles (dates de plantation et conditions microclimatiques variables) sont faibles. Elles n'interviennent pas pour modifier sensiblement l'efficacité d'un traitement par insecticides de synthèse, décidé au plan régional. M. brassicae présente dans la région d'Avignon, une assez grande stabilité de la période de vol. Le peu de différence entre années permet par cumul des relevés de 7 années successives d'obtenir une courbe régulière (figure 4), tant en ce qui concerne les données sur les adultes que sur les pontes. Un résultat identique est obtenu au niveau de la présence des différents stades larvaires. Il en découle la possibilité d'établir une date moyenne pour les trois interventions préconisées : 20 août, 5 septembre, 15-20 septembre. Cette connaissance de la dynamique des populations a permis de réduire le nombre de traitements de 6-7 à 3. Elle nécessite au niveau régional, le maintien d'un poste d'observation pour avoir une référence annuelle d'évolution de l'espèce.

Le perfectionnement en matière d'application de traitement et la perspective d'utilisation de préparations biologiques contre M. brassicae nécessitent la précision du seuil d'intervention et du stade de l'insecte contre lequel on veut diriger l'application pour lui assurer la meilleure efficacité. Le problème d'un pilotage précis au niveau parcellaire ou sur de petites unités culturales est alors posé. L'observation des pontes suivant le plan d'échantillonnage proposé est une méthode qui risque d'être appliquée avec réticence. Le piégeage sexuel mis au point permet d'envisager de relier le nombre de captures, d'observation facile, au risque potentiel et d'être alors utilisé comme moyen de détermination du seuil d'intervention.

L'essai de détermination d'un seuil d'intervention a été effectué sur un ensemble de relevés effectués de 1975 à 1981. Les adultes étaient dénombrés par pièges sexuels (1975-1978 appât = femelles vierges, 1978-1981 appât = attractif de synthèse). Dans les parcelles considérées, les pontes ont été dénombrées selon la méthode décrite et les dégâts ont été notés au moment de la récolte. Adultes et pontes ont fait l'objet de relevés bi-hebdomadiers. Les principaux résultats sont regroupés dans le tableau 2.

Effectué sur des nombres encore relativement faibles (1977 à 1981), le calcul des coefficients de corrélation entre le nombre de pontes totales observées durant toute la culture automnale et nombre de choux non commercialisables ($r = 0,9546$ avec 3 ddl, données transformées en Log) est significatif au seuil 5 p. 100 et peu éloigné de la signification à 1 p. 100 ($r = 0,9587$) ; la figure 6 représente la courbe de régression entre ces deux données.

Si l'on considère non plus le nombre de pontes total compte dans la totalité du second vol mais celui observé à la date du 1er traitement (20/8), la corrélation établie entre ce nombre et le nombre de choux non commercialisables demeure significative au seuil de 1 p. 100 ($r = 0,9869$ avec 3 ddl, données transformées en log). Le praticien peut donc dès le 20 août, par échantillonnage, effectué au hasard selon les indications déjà précisées quant à l'importance de l'échantillon, décider de l'opportunité de l'intervention. Les conditions économiques actuelles ne permettent pas de situer au delà de 2 pontes pour 40 choux, le seuil de tolérance maxima, celui-ci représentant un potentiel de 2 p. 100 de dégâts selon la figure 6. Deux autres comptages réalisés à 15 jours d'intervalle (5 et 20 septembre environ), effectués selon le même principe, permettront de la même façon de décider de l'opportunité d'un traitement.

Il n'est par contre pas possible de trouver de corrélation significative entre nombre de pontes observées et nombre de captures aux pièges sexuels.

Ceci que nous prenions les données de captures et de pontes jusqu'au 20 août ou leur totalité durant la culture automnale (période du 2ème vol). Il semble, au contraire, apparaître une liaison inversement proportionnelle au niveau des données totales des années (1975-1979). Ceci peut s'expliquer par une disproportion entre mâles capturés par le piège sexuel et les femelles présentes dans les cultures considérées. Ce résultat met en évidence le problème de l'interprétation des données du piégeage sexuel et de leur utilisation à des fins pratiques.

En résumé, ces résultats montrent pour M. brassicae qu'une corrélation existe entre pontes observées et les dégâts constatés, il est possible de fixer à partir du dénombrement des pontes un seuil d'intervention si un seuil de tolérance économique est préalablement déterminé. Cependant, cette méthode est trop contraignante pour être généralisée. Il n'est cependant pas encore possible de correler avec une précision suffisante, le nombre de captures des mâles (piégeage sexuel) avec les dégâts et d'utiliser cette technique en matière de prévision de risques. Des études approfondies concernant le comportement de vol des adultes, le mode de diffusion de l'attractif et sa stabilité selon les conditions climatiques sont encore nécessaires.

Le traitement du puceron cendré est généralement pratiqué simultanément avec celui contre la noctuelle par emploi de produits ambivalents. Ces traitements ont actuellement l'inconvénient d'être systématiques quel que soit le niveau d'infestation. Souvent à la date du 20 août, l'apparition des premières colonies déterminent une application étant donné l'impossibilité actuelle de prévoir l'évolution des populations (conditions climatiques). Pour P. brassicae, qui provoque des dégâts spectaculaires, il est nécessaire d'intervenir peu après l'apparition des oeufs, si la lutte contre M. brassicae est spécifique (préparation biologique).

III - RESULTATS DES PREMIERS ESSAIS DE LUTTE INTEGREE

Depuis 1977, des essais de lutte contre M. brassicae conduits avec une préparation biologique à base de Polyèdres nucléaires produite par la Station de Recherches de lutte biologique de La Minière (BURGERJON et all, 1979, BUES et all, 1981) ont démontré la possibilité de réduire les dégâts à un niveau comparable à celui obtenu avec les insecticides de synthèse. Parallèlement, la lutte contre le puceron cendré et la piéride est assurée par l'emploi respectif du Pyrimicarbe et du Bacillus thuringiensis.

En 1981, un essai de lutte intégrée suivant les principes dégagés dans cette publication a été conduit sur une parcelle de choux de 2.800 m² mise en place du 2 au 5 août (1). La figure 7 représente l'évolution des populations de M. brassicae et du puceron cendré, ainsi que les dates d'intervention et les produits et doses utilisés. Les traitements ont été réalisés dans les conditions courantes de la pratique avec une rampe portée derrière un tracteur ; volume de la pulvérisation, 500 litres/ha. La pluviométrie en août-septembre a été de 50 mm seulement. Les traitements préventifs contre les maladies ont été décidés en accord avec les collègues pathologistes. Il apparaît que malgré une population encore importante de larves de M. brassicae au 5ème ou 6ème stade vers le 20 septembre, la mortalité s'est poursuivie et un contrôle très satisfaisant a pu être obtenu. Le tableau 3 résume les résultats obtenus au cours de la dernière observation effectuée le 7 octobre ; sont également indiqués, les autres causes de pertes de production. On constate que les pertes directes provoquées par les insectes et les maladies sont bien inférieures à celles occasionnées par les autres facteurs.

(1) Ce travail a été réalisé en coopération avec Monsieur BURGERJON, I.N.R.A., Service d'Expérimentation Phytosanitaire de lutte biologique 84140 MONTFAVET.

CONCLUSIONS

Le revenu à l'hectare de la culture du chou-fleur stagne depuis plusieurs années, malgré quelques fluctuations importantes de rentabilité dues à des conditions climatiques particulières. Cette culture fait l'objet de nombreux traitements exécutés de façon plus au moins routinière. Il est possible de diminuer le prix de revient par un aménagement de la lutte contre les ravageurs animaux.

Selon les observations effectuées dans les cultures de chou-fleur du sud-est de la France, les ravageurs principaux sont la noctuelle du chou : M. brassicae et le puceron cendré : B. brassicae.

Les acquis de ces dernières années en matière de connaissance de cycle évolutif et de méthode d'estimation des populations de la noctuelle du chou, joints à la connaissance globale de la biocoenose du chou permettent le suivi des populations et la détermination des seuils de risque par comptage des pontes sur 1 p. 100 des choux de la culture (environ 40 choux pris au hasard pour les parcelles du sud-est de la France, de surface comprise entre 2.000 et 4.000 m²). Le seuil d'intervention retenu est de 2 ooplaques pour 40 choux correspondant à un potentiel de dégâts de 2 p. 100.

Les agriculteurs peuvent bénéficier de ces résultats de deux façons :

- En suivant les avertissements de la protection des végétaux basés sur l'évolution de l'insecte dans une parcelle donné. Il n'est dans ce cas préconisé que des dates approximatives d'intervention pour une région entière.
- Ou bien de façon beaucoup plus astreignante, en décidant de traiter après avoir estimé les populations. Il peut être, dans ce cas, tenu compte du seuil d'intervention.

Dans cette seconde éventualité, nous pensons qu'il sera possible de remplacer l'échantillonnage des dépôts de pontes par simple observation des captures aux pièges avec un attractif sexuel dès lors que cette technique de piégeage aura fait l'objet d'investigations plus approfondies. L'emploi généralisé d'un insecticide biologique passe nécessairement par l'aboutissement de ces études.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Monsieur TOUBON J.F. pour sa collaboration aux relevés de populations, Messieurs BLANCARD D. et RIEUF P., phytopathologistes, pour leurs conseils.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONNEMaison L., 1965. Insect pest of crucifers and their control. Ann. Rev. Entomol. 10, 233-250.
- BUES R., POITOUT S., 1978. Resultats du piégeage sexuel de Mamestra brassicae L. et Mamestra oleracea L. par phéromones de synthèse et femelles vierges. C.R. Réunion sur "Les phéromones sexuelles", INRA Antibes 18-21.
- 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 culture de choux-fleurs. Déf. Vég. (210), 283-293.
- BURGERJON A., BUES R., POITOUT S., 1979. Essai en culture de choux-fleurs du virus de la polyédrose nucléaire de Mamestra brassicae (Lep. Noctuidae). Entomophaga 24 (2), 153-161.
- CHISHOLM M.D., UNDERHILL E.W., STECK W.F., 1979. Field trapping of the Diamond back Moth Plutella xylostella Using Synthetic sex attractants. Environ. Entomol. 8 (3), 516-518.
- CRÜGER F., 1972. Pflanzenschutz im Gemüsebau, 55, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- 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.
- 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.
- POITOUT S., BUES R., 1973. Mise en évidence d'une diapause nymphale de type estival dans les populations de deux lépidoptères Noctuidae Hadenniae (Mamestra oleracea L. et Mamestra brassicae L.). Facteurs d'induction et aperçu sur la variabilité inter populations de ce caractère. C.R. Acad. Sc. Série D, t. 276, 3367-3370.
- POITOUT S., BUES R., 1978. La Noctuelle du chou, cycle évolutif, périodes propices aux interventions chimiques. Déf. Vég. (193), 184-197.
- TANSKII V.I., AGAROU V.M., KURILO V.N., 1980. Economic threshold of injuriousness of the cabbage moth. Zashch. Rast., 10-11.
- THEUNISSEN J., DEN OUDEN H., 1978. Influence of some insecticides on the development of caterpillar populations on cabbage. Neth. I. Plant. Pathol. 84, 157-165.

	Parcelles			
	I	II	III *A	IV *B
Surface de la parcelle (m ²)	2.600	2.800	850	850
Nombre de choux observés	240	200	84	84
Nombre de choux avec 0 ponte	153	167	56	57
" " " " 1 "	70	30	22	22
" " " " 2 "	15	3	4	3
" " " " 3 "	2	0	2	2
Nombre moyen de pontes par chou	0,44	0,18	0,43	0,38
P. cent de choux avec pontes	36,25	16,50	33,33	32,14
Intervalle de confiance à 5%	0,62	0,53	0,10	0,10
Nombre de sujets nécessaires pour une précision de 15%	41	25	39	39

* Ces deux parcelles sont contigües et ne se différencient que par l'éloignement par rapport à une haie brise vent. La parcelle B étant la plus protégée du vent dominant. (Les moyennes ne sont pas significativement différentes).

Tableau 1: Variabilité des résultats du dénombrement des pontes de M. brassicae effectuées le 18-20 aout 1981 dans différentes cultures de choux-fleurs

Années	Nombre de pontes observées au total sur 40 choux	Nombre de pontes observées au 20/8 sur 40 choux (1)*	Pourcentage de choux non commercialisables	Nombre total de captures pour un piège sexuel (2)
1975	7	5	/	51
1976	13	8	/	31
1977	25	13	73	29
1978	55	18	92	20
1979	16	7	21	37
1980	6	0	0	8
1981	27	10	35	6

(1)* date éventuelle de la première intervention

(2) 2 - 3 pièges sexuels par parcelle de 2.000 à 4.000 m²

Tableau 2: Résultats de 7 années d'observations sur cultures de choux-fleurs dans le sud-est de la France en vue de déterminer des seuils d'intervention

	Pourcentage
Choux non commercialisables*	1,6
Choux virosés: type mosaïque	3,6
Choux avec carence en molybdène	6,4
Choux sans bourgeon	0,8
Choux manquant (Mauvaise reprise du développement)	5,2

* dus aux dégâts de M. brassicae.

Tableau 3: Résultats des observations effectuées le 7 octobre dans une culture de choux-fleurs conduite en lutte aménagée (Cf. Fig. 7)

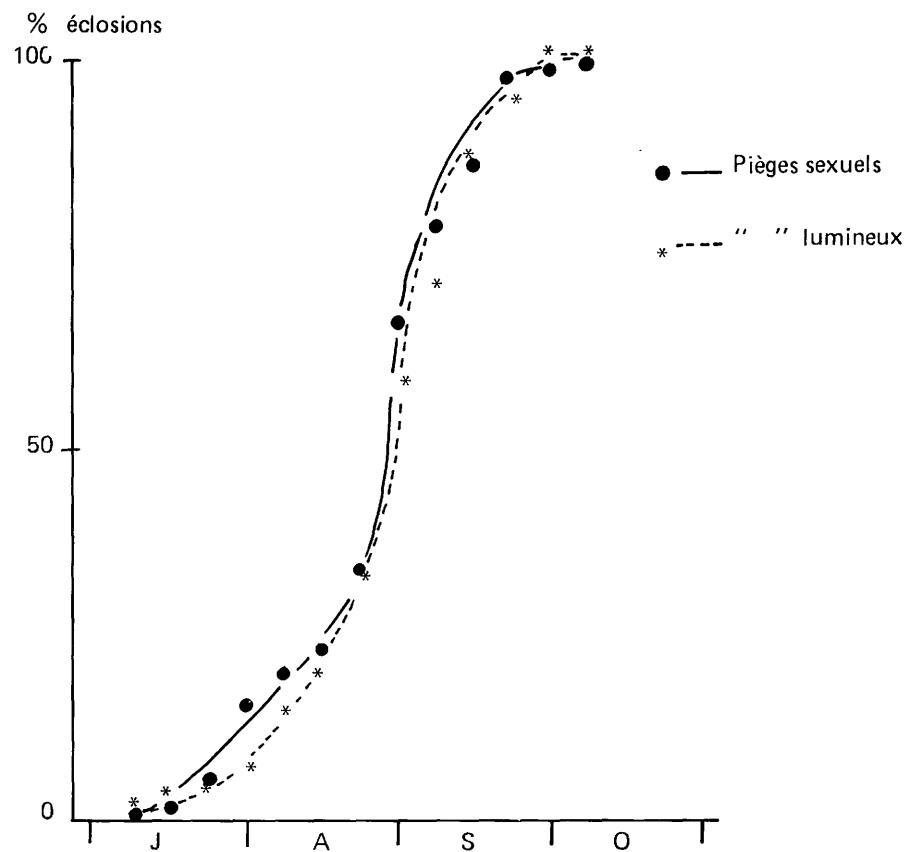


Figure 1: Comparaison des courbes de captures de *M. brassicae* obtenues aux pièges lumineux (412 adultes) et sexuels (847 adultes) à Avignon de 1975 à 1980.

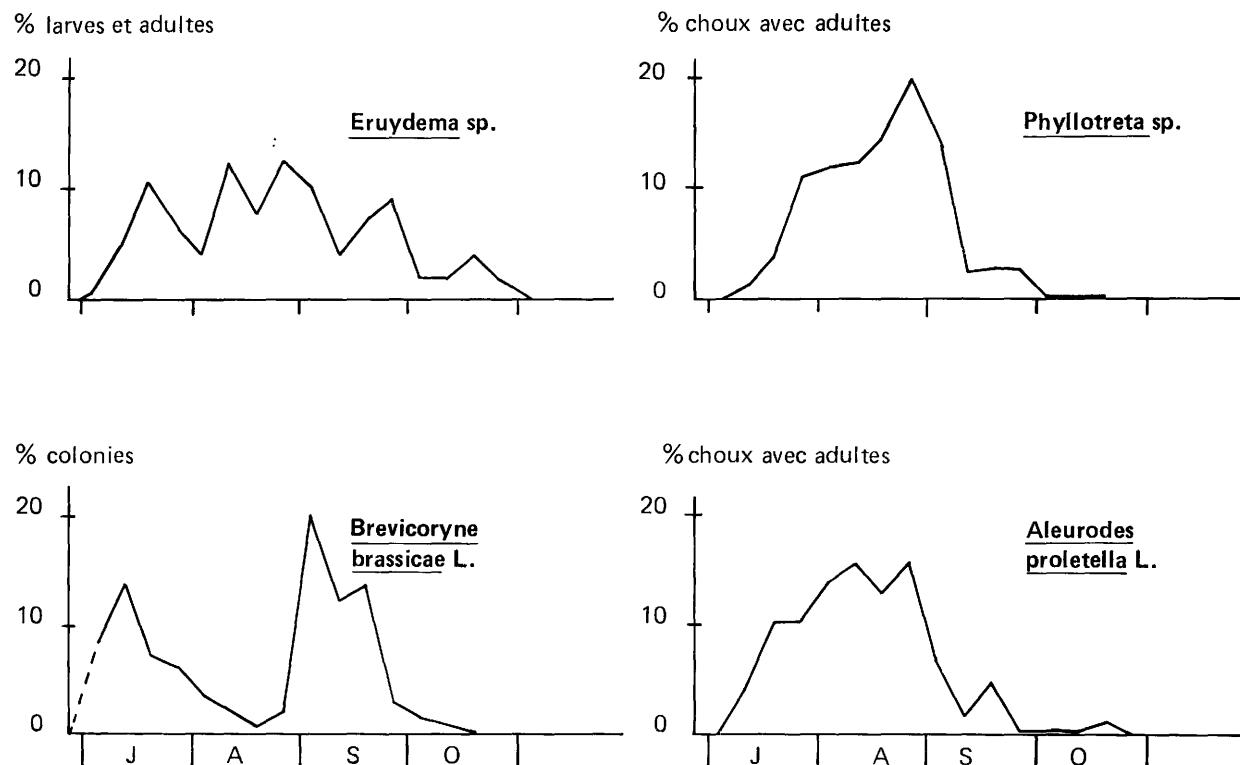


Figure 2: Courbes de répartition de différents ravageurs du chou-fleur durant la période de culture dans le sud-est de la France (1975 et 1976 cumulées).

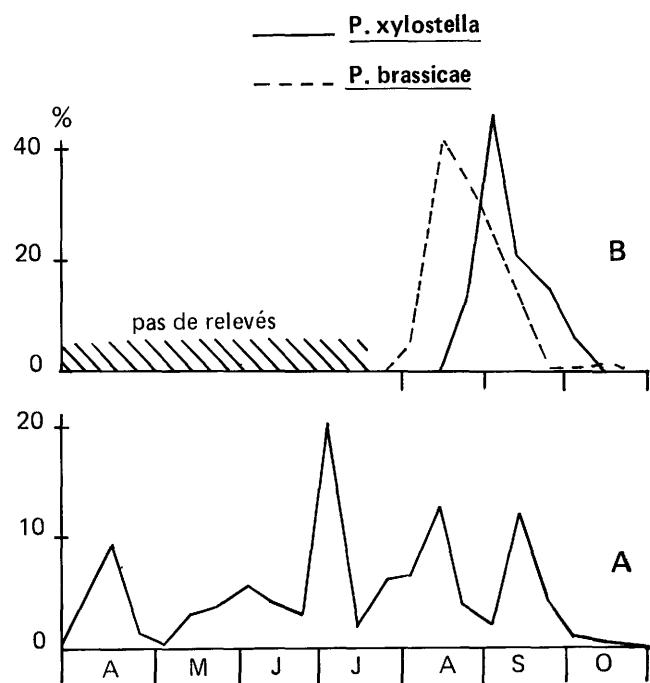


Figure 3: A - Courbe de fréquence des captures de *Plutella xylostella* Schr. aux pièges sexuels en 1981 (435 adultes).
B - Courbes de répartition des populations larvaires de *P. xylostella* (182 larves) durant la période de culture du chou-fleur en 1980 et 1981 cumulées et de *Pieris brassicae* L. (602 larves) 1975 et 1976, années de fortes infestations.

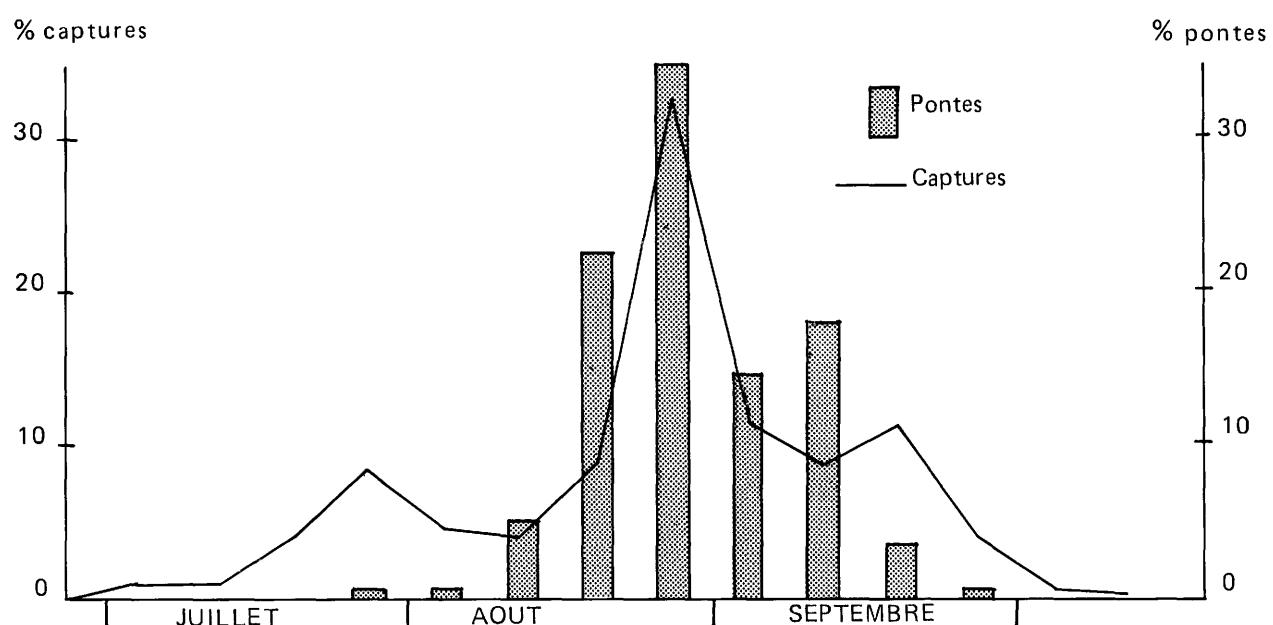


Figure 4: Comparaison entre la courbe de captures d'adultes de *M. brassicae* cumulées aux pièges sexuels de 1975 à 1981 (960 adultes) et la courbe de pontes (172 pontes) observées durant ces 7 années avec une même méthode d'échantillonnage (Cf. texte).

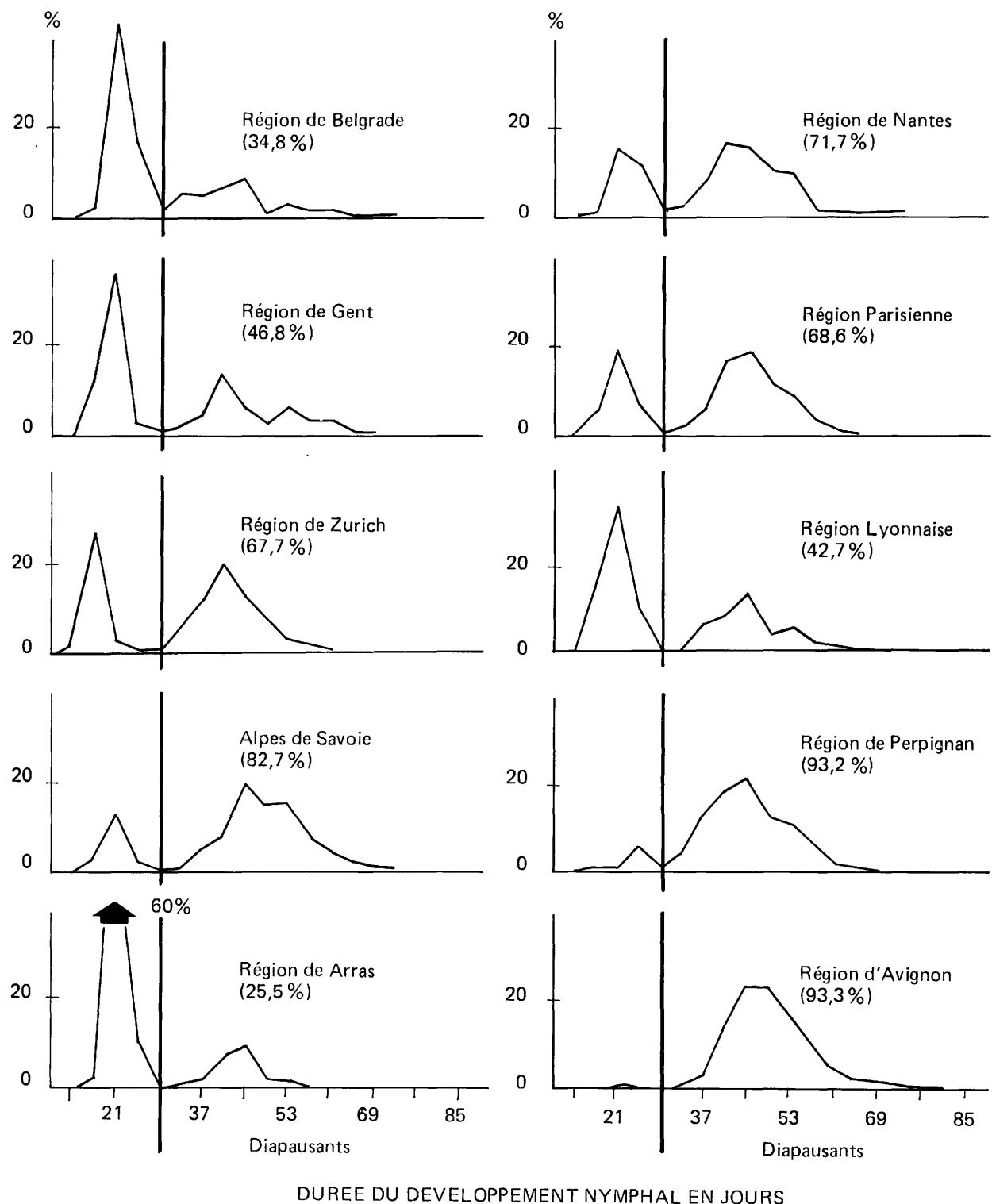


Figure 5: Variabilité de la proportion d'insectes présentant une diapause nymphale estivale entre populations de *M. brassicae* de différentes origines géographiques exposées à 25°C et LD 18 : 6 (entre parenthèses, le pourcentage d'individus en diapause).

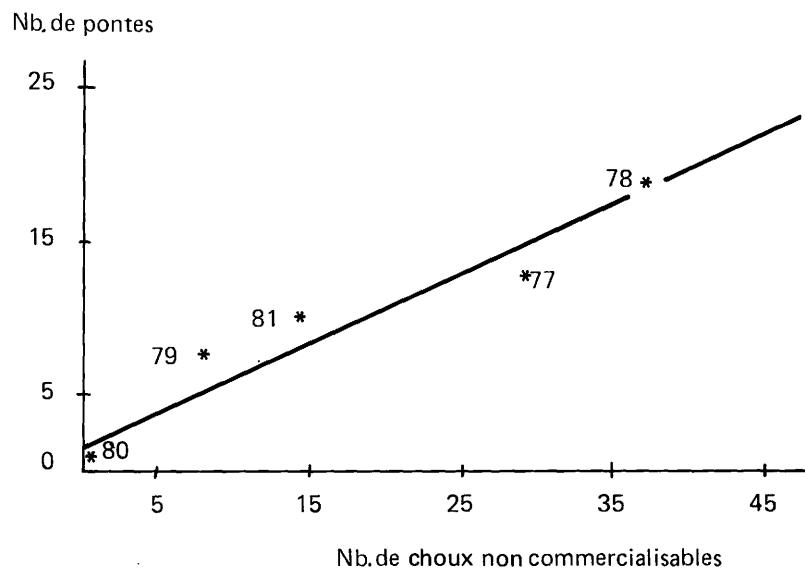


Figure 6: Droite de régression du nombre de choux non commercialisables en fonction du nombre de pontes observées au 20 août sur 40 choux sur des parcelles de 4.000 m² (20 jours en moyenne après la plantation).

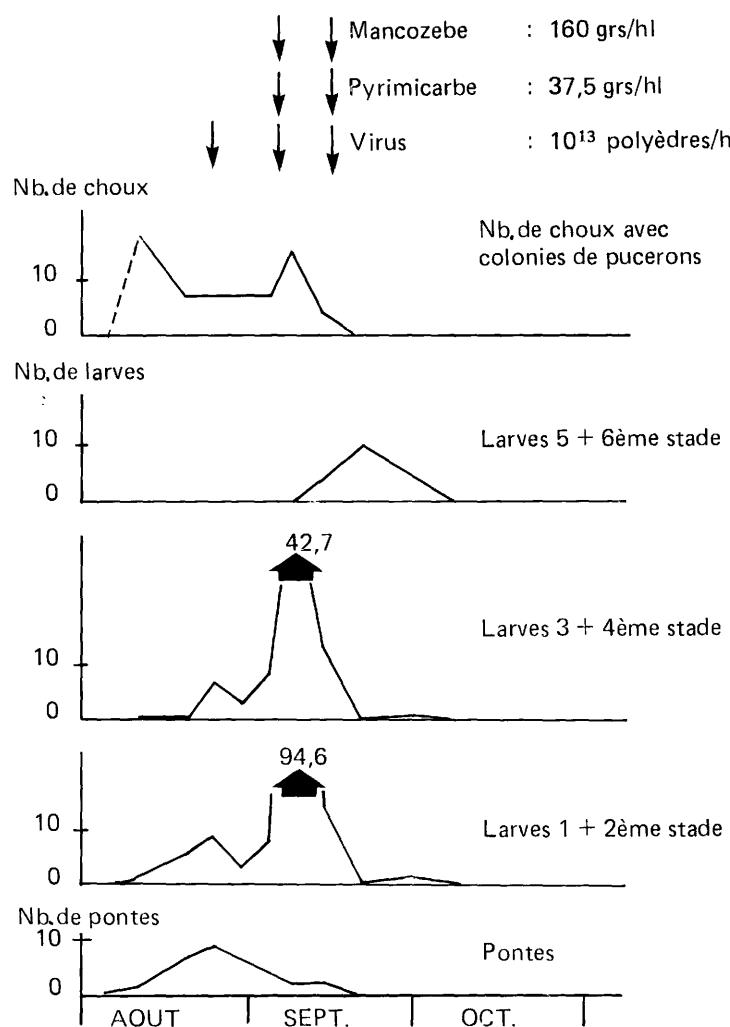


Figure 7: Evolution des populations de *M. brassicae* et *B. brassicae* sur une culture de choux-fleurs conduite avec un programme de lutte intégrée (données établies sur 40 choux).

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SYSTEM FOR THE CONTROL OF SUCKING
AND CHEWING INSECTS IN CABBAGE CROPS

G. CRÜGER, M. HOMMES (1)

SUMMARY

Main subjects of the investigations were population dynamics of the different cabbage pests (especially Lepidoptera and Homoptera) and plant resistance of these insects.

Time of appearance of the different pests was recorded by using various traps (light-, pheromone- and colour-traps) and by continuous observation of a field plot.

The main pests out of the group of the chewing insects occurring in 1980/81 were *Mamestra brassicae*, *Plutella maculipennis* and *Pieris rapae* and *Brevicoryne brassicae*, *Aleurodes proletella* and *Myzus persicae* out of the group of the sucking insects.

Collections of cabbage cultivars were tested for plant resistance to the main pests in the field. The investigations were concentrated on varieties of white cabbage, red cabbage and savoy cabbage. The results of the experiments showed significant differences between the cabbage species as well as between the varieties of one cabbage species in the susceptibility to the different pests.

In a further field experiment in 1981 reduced insecticide doses were tested. First results showed promising possibilities for saving insecticides.

In 1981 also an integrated pest control system was compared with routine insecticide application. With the integrated field-plot spraying was done only when the thresholds (preliminary values) were transgressed. The success in the integrated pest control system was the same as in the routine system.

DEVELOPPEMENT D'UN PROGRAMME DE LUTTE INTEGREE POUR LES CULTURES DE CHOU

RESUME

Les principaux thèmes de recherches ont été d'une part les études sur la résistance des plantes aux parasites et d'autre part la dynamique des populations des animaux nuisibles aux cultures de chou, appartenant aux ordres de Lepidoptera et Homoptera.

L'apparition des animaux nuisibles du chou a été enregistrée au moyen de différents types de pièges (pièges lumineux, à phéromone et colorés) et de recherches continues dans une parcelle déterminée. Les résultats montrent que *Mamestra brassicae*, *Plutella maculipennis* et *Pieris rapae* représentent les ravageurs principaux parmi les insectes mordants et que, parmi les insectes suçants, les animaux nuisibles principaux sont les *Brevicoryne brassicae*, *Aleurodes proletella* et *Myzus persicae*.

En plein champ, des assortiments de chou ont été étudiés quant à leur résistance aux différents animaux nuisibles de cultures de chou. Plusieurs sortes de chou blanc, de chou rouge et de chou de Milan ont surtout été l'objet de ces expériences qui ont duré deux années. Elles ont révélé une intensité différente dans l'envahissement par des parasites concernant les différentes espèces de chou et les différentes variétés de la même espèce.

(1) Biologische Bundesanstalt Institut für Pflanzenschutz im Gemüsebau
5030 HÜRTH-FISCHENICH.

En 1981, on a ajouté une expérience en plein champ pour étudier l'effet que pourrait avoir l'usage diminué des insecticides sur l'envahissement. Selon les premiers résultats de cette expérience, une économie considérable dans l'application des insecticides semble être possible.

En 1981, dans une autre expérience en plein champ, l'efficacité du modèle de lutte intégrée a été comparée pour la première fois à celle d'un traitement routinier.

Selon ce système de lutte intégrée, l'usage des insecticides ne s'est produit qu'après le dépassement du seuil de nuisibilité (valeurs préliminaires). Dans la lutte contre les insectes, le système de lutte intégrée a obtenu le même succès que le traitement routinier.

"ENTWICKLUNG EINES INTEGRIFRITEN SYSTEMS ZUR BEKÄMPFUNG SAUGENDER UND BEISSENDER INSEKTEN IM KOHLANBAU"

ZUSAMMENFASSUNG

Im Mittelpunkt der Arbeiten standen die Untersuchungen zur Populationsdynamik von Kohlschädlingen aus den Ordnungen Lepidoptera und Homoptera und zur Wirtspflanzenresistenz.

Das Auftreten der Kohlschädlinge wurde mittels verschiedener Fallentypen (Licht-, Pheromon- und Farbfallen) und durch Erhebungen in einer Dauerbeobachtungsparzelle erfasst. Als Hauptschädlinge konnten unter den beissenden Insekten *Mamestra brassicae*, *Plutella maculipennis* und *Pieris rapae* und unter den saugenden Insekten *Brevicoryne brassicae*, *Aleurodes proletella* und *Myzus persicae* ermittelt werden.

Im Freiland wurden Kohlsortimente auf ihre Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Kohlschädlingen geprüft. Vorrangig wurden Weisskohl-, Rotkohl- und Wirsingsorten untersucht. Die Auswertung der zweijährigen Freilandversuche ergab sowohl zwischen den einzelnen Kohlarten als auch innerhalb einer Art zwischen den einzelnen Sorten signifikante Befallsunterschiede.

Zuätzlich wurde 1981 ein Feldversuch zur Wirkung verminderter Insektizidaufwandmengen durchgeführt. Nach den ersten Ergebnissen zeichnen sich interessante Möglichkeiten der Mitteleinsparung ab.

In einem Feldversuch wurde 1981 erstmals ein Modell einer integrierten Bekämpfung mit einer Routinebehandlung verglichen. In dem integrierten Bekämpfungssystem erfolgte die Insektizidausbringung nach dem Überschreiten der Bekämpfungsschwellen (vorläufige Werte). Der gezielte Einsatz speziell wirkender Mittel führte zum gleichen Bekämpfungserfolg wie die Anwendung breitwirkender Insektizide.

1. Einleitung

Untersuchungen zu Kohlschädlingen aus den Ordnungen Lepidoptera und Homoptera bilden den Schwerpunkt des Forschungsvorhabens. Diese Schädlinge haben grosse Bedeutung für den Kohlanbau in der Bundesrepublik Deutschland. Alljährlich treten durch direkte Wertminderung des Verkaufsproduktes erhebliche Verluste auf.

In den Jahren 1980 und 1981 standen Untersuchungen zur Populationsdynamik und zur Wirtspflanzenresistenz im Vordergrund. Sie sollen die Grundlage für die Entwicklung eines integrierten Bekämpfungssystems im Kohlanbau bilden. Daneben wurden Versuche zur Wirkung verminderter Insektizidaufwandmengen durchgeführt. Vorläufig aufgestellte Bekämpfungsschwellen wurden in einem Feldversuch einer ersten Prüfung unterzogen.

2. Untersuchungen zur Dynamik des Schädlingsauftretens in Kohlkulturen

Um sich einen Überblick über das zeitliche und zahlenmässige Auftreten der einzelnen Kohlschädlinge zu verschaffen, wurden verschiedene Methoden angewandt. Neben der Verwendung verschiedener Fallentypen (Licht-, Pheromon- und Farbfalle) wurde in einer Freilandparzelle der Schädlingsbefall laufend ermittelt und registriert.

2.1. Ergebnisse aus den Dauerbeobachtungsparzellen

Die Beobachtungsparzellen 1980 und 1981 waren jeweils mit Rosenkohl der Sorte 'Hilds Ideal' bepflanzt. Die Grösse der Parzellen betrug 10 m x 10 m und der Pflanzenabstand 50 cm x 50 cm. Während der gesamten Kulturdauer wurden in wöchentlichem Abstand jeweils 100 Pflanzen auf Schädlingsbefall untersucht. Der Besatz an Schädlingen wurde für jede einzelne Pflanze getrennt erfasst. Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit Hilfe einer Rechenanlage.

Befallsituation: Beissende Insekten

In den beiden Beobachtungsjahren konnten Kohleule (*Mamestra brassicae* L.), Kohlschabe (*Plutella maculipennis* Curt.) und Kleiner Kohlweissling (*Pieris rapae* L.) als Hauptschädlinge ermittelt werden (Tab. 1). Mit einem maximalen Befall der Pflanzen von 90 % im Jahr 1980 und 97 % im Jahr 1981 nimmt die Kohleule eine dominierende Stellung unter den beissenden Insekten ein. Bei der Kohlschabe lag der Befall 1981 (59 %) deutlich über dem von 1980 (40 %). Dagegen blieb er beim Kleinen Kohlweissling mit 17 % bzw. 14 % annähernd auf gleichem Niveau. Als Schädlinge von untergeordneter Bedeutung traten noch Kohlzünsler (*Evergestis forficalis* L.), Gammaeule (*Autographa gamma* L.) und Grosser Kohlweissling (*Pieris brassicae* L.) auf. Der Befall für diese Schädlinge bewegte sich in den beiden Jahren zwischen 1 - 4%.

Table 1: Maximaler Befall in der Dauerbeobachtungsparzelle in %

Schädling	1980	1981
<i>Mamestra brassicae</i>	90	97
<i>Plutella maculipennis</i>	40	59
<i>Pieris rapae</i>	17	14
<i>Evergestis forficalis</i>	4	4
<i>Autographa gamma</i>	2	2
<i>Pieris brassicae</i>	1	3

Die Entwicklung des Befalls für die 3 wichtigsten Schadlepidopteren in den Jahren 1980/81 wird in den Abb. 1 und 2 dargestellt.

Während sich für *Mamestra brassicae* ein Befallshöhepunkt für den Monat September andeutet, lassen sich für die anderen beiden Schädlinge keine eindeutigen Befallsschwerpunkte ableiten.

Befalls situation: Saugende Insekten

Mehlige Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae* L.), Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae* Sulz.) und Kohlmottenschildlaus (*Aleurodes proletella* L.) sind die Hauptschädlinge unter den saugenden Insekten. Die Befallsentwicklung der drei Schädlinge für die Jahre 1980/81 ist durch die Abb. 3 und 4 wiedergegeben. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Befall durch *Myzus persicae* nur zu Beginn der Kultur eine Rolle spielt. Er stieg in beiden Jahren nach der Pflanzung rasch an, um dann nach einem Befallshöhepunkt Anfang Juni wieder abzufallen.

Der Hauptbefallsdruck durch *Brevicoryne brassicae* und *Aleurodes proletella* ergab sich jeweils in den Monaten Juni-Juli. Innerhalb weniger Wochen waren fast alle Pflanzen der Beobachtungsparzelle befallen. Die Stärke des Besatzes war gegen Ende der Vegetationsperiode in den beiden Jahren unterschiedlich (Tab. 2). Bei *Brevicoryne brassicae* war 1981 der Besatz um die Hälfte niedriger als 1980, während es bei *Aleurodes proletella* 1981 zu einem etwa 50 % höheren Befall kam als im Jahr zuvor.

Table 2: Maximaler Schädlingsbesatz */Pflanze in den Dauerbeobachtungsparzellen

Schädling	1980	1981
<i>Brevicoryne brassicae</i>	236	115
<i>Aleurodes proletella</i>	203	310

* Mittelwert aus der Bewertung der Einzelpflanzen

2.2. Prüfung von verschiedenen Fallentypen

Lichtfalle

Mit einer auf dem Versuchsfeld installierten Lichtfalle (OSRAM HQV-125 W) wurde der Flugverlauf der schädlichen Noctuidenarten überwacht. In Abb. 5 sind die Flugkurven für die beiden wichtigsten an Kohl vorkommenden Arten *Mamestra brassicae* und *Autographa gamma* dargestellt. Die Zahl der Fänge erreichte für beide Schädlinge in den Monaten August-September ihr Maximum.

Pheromonfallen

Für *Mamestra brassicae* und *Evergestis forficalis* wurden in den beiden Jahren 1980/81 mit zufriedenstellendem Erfolg Pheromonfallen zur Bestandsüberwachung eingesetzt. 1981 wurden im Rahmen eines Ringversuches einzelner EG-Staaten Pheromone für *Mamestra brassicae* (Herkunft Schweiz) in 3 verschiedenen Konzentrationen geprüft. Die hiesigen Ergebnisse sind in Abb. 6 dargestellt. Mit Ausnahme der höchsten Konzentration (2 mg/Köder), die zu Beginn des Fluges eine ungewöhnlich hohe Fängigkeit zeigte, stimmten die 3 geprüften Konzentrationen (0,5 mg, 1 mg und 2 mg/Köder) in ihrer Fängigkeit recht gut überein. Die in der Regel angewandte Konzentration von 1 mg pro Köder, wie sie auch 1980 eingesetzt wurde, reicht für eine Bestandsüberwachung aus.

Farbfallen

Farbfallen (Gelbschalen und gelbe Leimtafeln) wurden zur Flugkontrolle von *Aleurodes proletella* und *Brevicoryne brassicae* aufgestellt. Der Einsatz von gelben Leimtafeln erbrachte bei beiden Schädlingen keine zufriedenstellenden Resultate.

Mittels Gelbschalen konnte lediglich 1981 für *Brevicoryne brassicae* in den Monaten Juni/Juli und für *Aleurodes proletella* im Monat Oktober ein Flugmaximum erfasst werden.

2.3. Vergleich der verschiedenen Erfassungsmethoden

In den Abb. 7 und 8 werden die Ergebnisse der Fallen für *Mamestra brassicae* und die Zahl der gefunden Eigelege in der Dauerbeobachtungsparzelle als Mass für einen tatsächlichen Befall miteinander verglichen. Für das Jahr 1981 (Abb. 8) standen die Fallenfänge in entsprechender Relation zu der Eiablage. Die Pheromonfallen zeigen dabei das Maximum etwas zu früh an. Im Jahr 1980 (Abb. 7), in dem es zu einem starken Auftreten der 1. Generation der Kohleule kam, deutete keiner der beiden Fallentypen auf einen hohen Befall hin. Für die 2. Generation stimmten Fallenfänge und die Zahl der Eigelege mit einer kleinen zeitlichen Verzögerung wieder weitgehend überein.

3. Versuche zur speziellen Eignung von Sorten als Wirtspflanze

Um Hinweise auf eine vorhandene Wirtspflanzenresistenz zu erhalten, wurden 1980 und 1981 im Freiland Kohlsortimente zu 2 aufeinanderfolgenden Terminen angebaut. Vorrangig wurden die Kohlarten Wiesskohl, Rotkohl und Wirsing untersucht. Die Auswertung der zweijährigen Freilandversuche ergab sowohl zwischen den einzelnen Kohlarten als auch innerhalb einer Art zwischen den einzelnen Sorten signifikante Befallsunterschiede.

In Tab. 3 sind die Befallsmittelwerte für die einzelnen Kohlarten aufgeführt. Die Werte beruhen auf Untersuchungen von 10 Weisskohl-, 6 Rotkohl- und 6 Wirsingsorten. Die Angaben zum Frasschaden zeigen, dass Rotkohl am wenigsten und Wirsing am stärksten durch Lepidopterenfrass geschädigt wird.

Die Werte zwischen den einzelnen Anbauterminen eines Jahres weichen für den Frasschaden geringfügig voneinander ab. Anders verhält sich die Situation beim Befall mit der Kohlmottenschildlaus (*Aleurodes proletella* L.) und der Mehlingen Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae* L.). Hier liegen die Besatzwerte beim 2. Anbautermin um ein Mehrfaches höher als beim 1. Anbautermin. Ferner fällt auf, dass für die beiden Schädlinge der Besatz an Wirsing, gegenüber dem von Weisskohl und Rotkohl deutlich erhöht ist. Rotkohl scheint etwas stärker als Weisskohl befallen zu werden.

Bei der Darstellung der Ergebnisse für die Sortimente der einzelnen Kohlarten (Tab. 4-6) wurden bei *Aleurodes proletella* und *Brevicoryne brassicae* nur die Werte der 2. Anbautermine aufgeführt, weil der geringe Befall zu den 1. Anbauterminen eine Bewertung nicht sinnvoll erscheinen lässt. Für den Frasschaden wurden nur die Werte aus dem Jahr 1981 angegeben. In den Tabellen wurden jeweils die höchsten und die niedrigsten Werte unterstrichen.

Bei einer näheren Betrachtung der Ergebnisse erkennt man, dass einzelne Sorten einen sehr niedrigen, andere Sorten einen sehr hohen Befall aufweisen. Als weniger anfällig gegenüber Frassschäden haben sich bei Weisskohl die Sorte 'Erstling', bei Rotkohl die Sorten 'Dauerrot' und 'Lagerrot' und bei Wirsing die Sorte 'Resulta' gezeigt. Den geringsten Besatz an *Aleurodes proletella* und *Brevicoryne brassicae* verzeichneten bei Rotkohl die Sorte 'Ruby Ball' und bei Wirsing die Sorten 'Resulta' und 'Frühkopfwirsing'. Bei Weisskohl heben sich die Sorten 'Ismaninger' und 'Holsteiner Platter' durch einen besonders hohen Besatz mit den beiden saugenden Insekten hervor. Die bisher durchgeführten zweijährigen Untersuchungen reichen aber noch nicht aus, um von einer genetisch festgelegten geringeren oder höheren Anfälligkeit der Sorten gegenüber den Schädlingen zu sprechen.

Kohlart	Frassschaden/Pflanze (BW 1-9)		Aleurodes proletella Besatz/Pflanze		Brevicoryne brassicae Besatz/Pflanze	
	1. Termin	2. Termin	1. Termin	2. Termin	1. Termin	2. Termin
Rotkohl	5,13	4,78	0,1	7,3	4,5	45,8
Weisskohl	5,79	5,85	0,1	3,7	4,8	31,4
Wirsing	6,22	6,49	1,7	46,9	12,8	119,2

BW = Boniturwerte 1 = kein Frass 9 = sehr starker Frass

Table 3: Kohlarten und Schädlingsbesatz 1980/81

Sorte	Frassschaden/Pflanze (BW 1-9)		Aleurodes proletella Besatz*/Pflanze		Brevicoryne brassicae Besatz*/Pflanze	
	1. Termin 81	2. Termin 81	2. Termin 80	2. Termin 81	2. Termin 80	2. Termin 81
Ismänner	4,35	6,33	1,35	1,84	2,33	1,97
Stonehead	5,98	6,45	0,58	0,03	1,42	0,75
Bewama	5,73	6,40	0,63	0,62	1,40	1,07
Wiäm	5,23	6,18	0,59	0,05	1,45	1,04
Amager hochstr.	5,50	6,65	1,16	0,78	1,88	1,77
Nagels Frühweiss	6,73	6,48	0,78	0,03	2,06	1,36
Erstling	4,90	5,48	0,80	0,01	1,61	0,72
Dauerweiss	5,40	6,15	0,62	0,66	1,57	1,42
Ballony	5,88	6,23	0,70	0,04	1,56	0,90
Holsteiner Platter	5,00	6,47	1,30	0,76	2,03	1,94
Grenzdifferenz (p = 5 %)	0,63	0,54	0,42	0,20	0,32	0,32

BW = Boniturwerte 1 = kein Frass 9 = sehr starker Frass

* Werte in log angegeben

Table 4: Kohlsorten und Schädlingsbesatz - Weisskohl-Sortiment 1980/81

Sorte	Frassschaden/Pflanze (BW 1-9)		Aleurodes proletella Besatz*/Pflanze		Brevicoryne brassicae Besatz*/Pflanze	
	1. Termin 81	2. Termin 82	2. Termin 80	2. Termin 81	2. Termin 80	2. Termin 81
Mohrenkopf	4,93	6,05	1,50	1,06	1,87	1,92
Ruby Ball	<u>5,80</u>	<u>6,38</u>	<u>0,57</u>	<u>0,30</u>	<u>1,23</u>	<u>1,17</u>
Septemberrot	4,85	6,16	1,41	0,82	1,64	1,87
Rocco	4,68	6,08	1,30	0,72	2,01	1,75
Dauerrot	<u>4,38</u>	<u>5,25</u>	1,07	0,63	1,76	1,45
Lagerrot	4,48	5,28	0,94	0,64	1,78	1,60
Grenzdifferenz (p = 5 %)	0,74	0,49	0,33	0,39	0,45	0,46

BW = Boniturwerte

1= kein Frass

9 = sehr starker Frass

* Werte in log angegeben

Table 5: Kohlsorten und Schädlingsbesatz - Rotkohl-Sortiment 1980/81

Sorte	Frassschaden/Pflanze (BW 1-9)		Aleurodes proletella Besatz*/Pflanze		Brevicoryne brassicae Besatz*/Pflanze	
	1. Termin 81	2. Termin 81	2. Termin 80	2. Termin 81	2. Termin 80	2. Termin 81
Resulta	5,78	<u>6,80</u>	<u>1,38</u>	<u>0,78</u>	1,79	1,79
Hiversa	<u>4,75</u>	7,40	1,55	<u>2,08</u>	2,14	2,61
Hammer	6,13	7,53	2,04	1,98	1,96	2,31
Dauerwirsing	6,03	7,25	<u>2,10</u>	1,81	<u>2,29</u>	<u>2,36</u>
Frühkopfwirsing	<u>6,60</u>	6,88	1,64	0,96	<u>1,75</u>	<u>1,64</u>
Rheinherbst	6,33	<u>7,70</u>	2,02	1,78	2,15	2,19
Grenzdifferenz (p = 5 %)	0,74	0,47	0,33	0,36	0,36	0,26

BW = Boniturwerte

1 = kein Frass

9 = sehr starker Frass

Table 6: Kohlsorten und Schädlingsbesatz - Wirsing-Sortiment 1980/81

4. Versuche zur Wirkung verminderter Insektizidaufwandmengen

In einem 1981 durchgeführten Feldversuch sollte geklärt werden, inwieweit verringerte Aufwandmengen noch zu einem ausreichenden Bekämpfungserfolg führen. Dazu wurden drei Insektizide (Deltamethrin, Methomyl und Oxydemeton-methyl + Parathion) aus verschiedenen Wirkstoffgruppen ausgewählt und in folgenden Aufwandstufen (100 %, 75 % und 50 % der zugelassenen Aufwandmenge) in 14-tägigem Abstand in einer Weisskohlparzelle ausgebracht. Insgesamt wurden 3 Behandlungen mit folgenden Präparaten durchgeführt :

Decis (2,5 % Deltamethrin)

Lannate 25-WP (25 % Methomyl)

E 605 Combi (200 g Oxydemeton-methyl und 175 g Parathion pro kg)

Die Ergebnisse des Versuchs, die in Tabelle 7 aufgeführt sind, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Table 7: Ergebnisse eines Feldversuches zur Wirkung verminderter Insektizid-aufwandmengen

Versuchsglieder	Nicht vermarktungsfähige Kohlköpfe (%) durch	
	Frass	starken Besatz mit <i>Brevicoryne brassicae</i>
Kontrolle	58	7
Decis 200 ml/ha	1	6
Decis 150 ml/ha	0	5
Decis 100 ml/ha	1	7
Lannate 25-WP 900 g/ha	6	12
Lannate 25-WP 675 g/ha	6	14
Lannate 25-WP 450 g/ha	11	13
E 605 Combi 600 ml/ha	10	0
E 605 Combi 600 ml/ha	24	0
E 605 Combi 300 ml/ha	34	1
Grenzdifferenz (p = 5 %)	9,9	8,0

Die höchsten Verluste entstanden durch Frassschaden (58 %), während der Anteil nicht vermarktungsfähiger Kohlköpfe durch starken Blattlausbefall mit 7 % um ein Vielfaches niedriger war. Im Vergleich zur Kontrolle bewirkten alle 3 Mittel eine deutliche Verringerung der durch Frass verursachten Ausfälle. Die beste Wirkung zeigte hierbei das Präparat 'Decis'. Bei der Verminderung der Ausfälle durch Blattlausbefall ergab sich ein völlig anderes Bild. Nur 'E 605 Combi' konnte hier die Ausfälle deutlich vermindern. Der Einsatz von 'Decis' zeigte gegenüber der Kontrolle keine Wirkung, während der Einsatz von 'Lannate 25-WP' sogar auf eine Zunahme des Befalls deutet, der sich aber nicht absichern lässt. Eine Verringerung der Aufwandmenge um bis zu 50 % war bei den Präparaten 'Decis' und Lannate 25-WP ohne Einbussen in der Wirksamkeit möglich.

Bei 'Lannate 25-WP' scheint jedoch im Gegensatz zu 'Decis' mit der Hälfte der zugelassenen Aufwandmenge die untere Grenze der Wirksamkeit erreicht zu sein, da sich eine leichte Verschlechterung der Wirkung abzeichnet. Das Insektizid 'E 605 Combi' fällt in seiner Wirkung gegen Raupen bei einer Verringerung der Aufwandmenge um 25 % bereits deutlich ab, während seine Blattlausauswirkung bei allen 3 Aufwandstufen ausgezeichnet ist.

5. Entwicklung eines integrierten Bekämpfungssystems für den Kohlanbau

In einem weiteren Feldversuch mit Wirsing wurde 1981 ein Modell einer integrierten Bekämpfung mit einer Routine-Behandlung (Applikation eines praxisüblichen Insektizides in 14-tägigem Abstand) verglichen. In dem integrierten Bekämpfungssystem erfolgte eine Insektizidausbringung nur nach Überschreiten der Bekämpfungsschwellen (Tab. 8 und 9), die auf Grund der bisherigen Erfahrungen festgelegt wurden. Dabei wurde je nach Befallslage ein gut wirkendes Mittel zur Raupenbekämpfung (Decis, 2,5 % Deltamethrin) oder ein spezifisch wirkendes Aphizid (Pirimor, 50 % Pirimicarb) eingesetzt. Als ein praxisübliches Vergleichsmittel wurde das Präparat 'E 605 Combi' (200 g Oxydemeton-methyl + 175 g Parathion/l) routinemässig in 14-tägigem Abstand gespritzt. Die Zahl der Behandlungen (jeweils vier) war bei beiden Versuchsgliedern gleich.

Schädling Stadium	Mamestra spp.	Pieris brassicae	Pieris rapae Autographa gamma	Evergestis forficalis	Plutella maculipennis
Eigelege	5/100 Pflanzen		—	5/100 Pfl.	—
Eier	—		30/100 Pflanzen	—	—
Larven L ₁ - L ₂	100/100 Pflanzen		20/100 Pflanzen		40/100 Pflanzen
Larven L ₃ - L ₄	20/100 Pfl.	40/100 Pfl.	15/100 Pflanzen		20/100 Pflanzen
Larven L ₅ - L ₆	10/100 Pfl.	20/100 Pfl.	10/100 Pflanzen		—
Puppen	—		—		20/100 Pflanzen

Table 8: Bekämpfungsschwellen 1981 - beissende Insekten

Schädling Stadium	Brevicoryne brassicae	Aleurodes proletella
Blattläuse oder Weisse Fliegen	20 Pflanzen/100 Pflanzen mit kleinen Kolonien oder 5 Pflanzen/100 Pflanzen mit grossen Kolonien (> 200 Ind./Kolonie)	20/ Pflanze
Larven	—	50/Pflanze

Table 9: Bekämpfungsschwellen 1981 - saugende Insekten

In der integrierten Parzelle musste zu Beginn des Versuchs eine kombinierte Behandlung mit 'Decis' und 'Pirimor' durchgeführt werden. 3 Wochen später erfolgte eine Behandlung mit 'Pirimor'. Jeweils 4 und 6 Wochen nach der 1. Behandlung wurde 'Decis' ausgebracht.

Wie die Ergebnisse in Tab. 10 zeigen, konnte mit dem Einsatz der Präparate 'Decis' und 'Pirimor' nach dem Schadschwellenprinzip ein deutlicher Bekämpfungserfolg im Vergleich zur Kontrolle erzielt werden. Er lag bezüglich der Verminderung der Ausfälle durch Frassschaden weit über dem Ergebnis der Routeniebehandlung mit 'E 605 Combi'. Der Befall durch die Mehlige Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) war 1981 nur gering. In beiden Versuchsgliedern waren die Befallszahlen zwar um 50 % gegenüber der Kontrolle vermindert, jedoch liess sich die Differenz nicht statistisch absichern.

Table 10: Ergebnisse eines Feldversuches zur Erprobung eines integrierten Bekämpfungsmodells

Versuchsglieder	Nicht vermarktungsfähige Kohlköpfe (%) durch	
	Frass	Befall von <i>Brevicoryne brassicae</i>
Kontrolle	67	6
Decis (200 mL/ha) und Pirimor (300 g/ha) Behandlung jeweils nach Überschreiten der Be- kämpfungsschwelle	5	3
E 605 Combi 600 mL/ha 14-tägige Routinebe- handlung	29	2
Grenzdifferenz (p = 5 %)	16,4	nicht signifikant

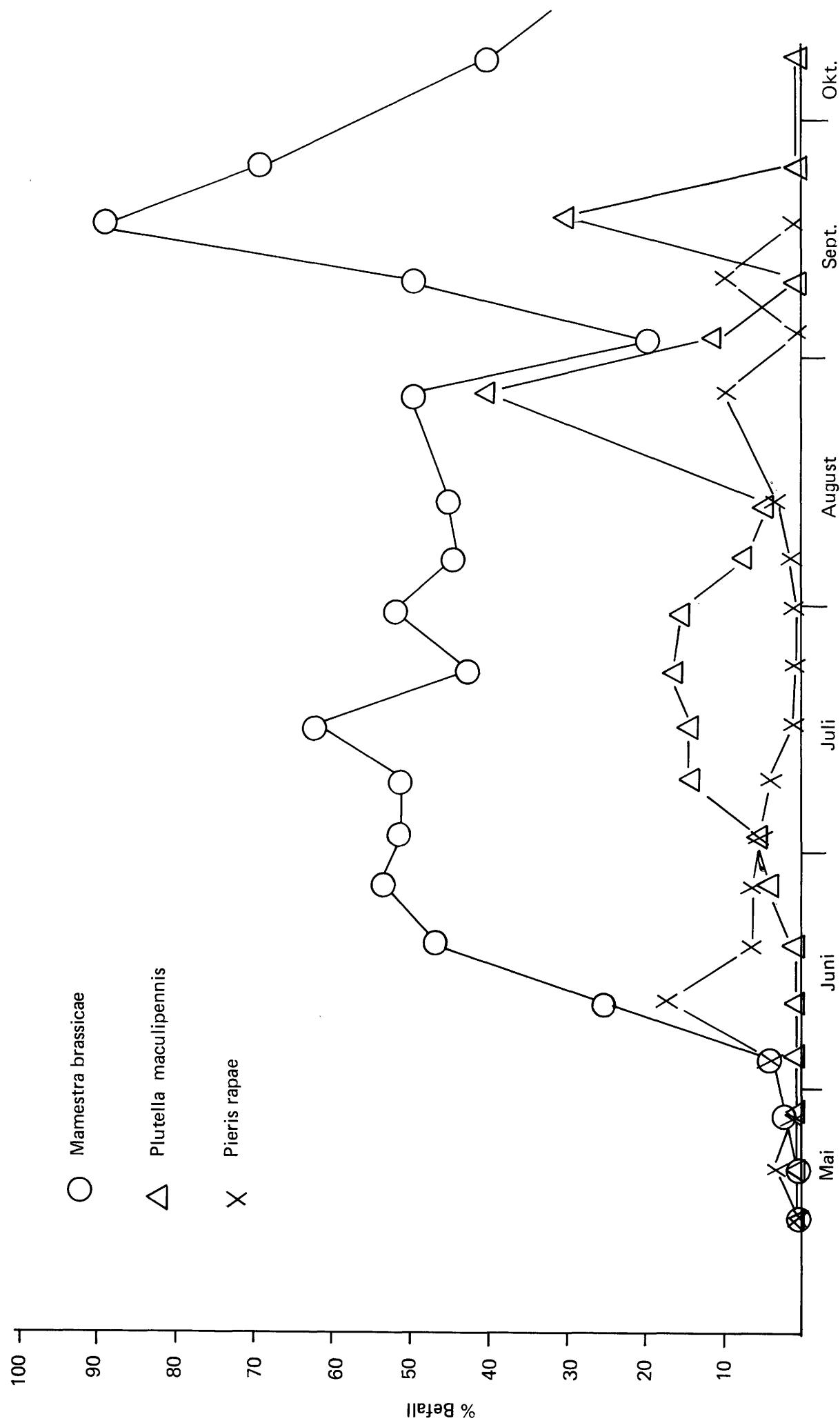


Abb. 1: Entwicklung des Befalls in der Dauerbeobachtungsparzelle 1980

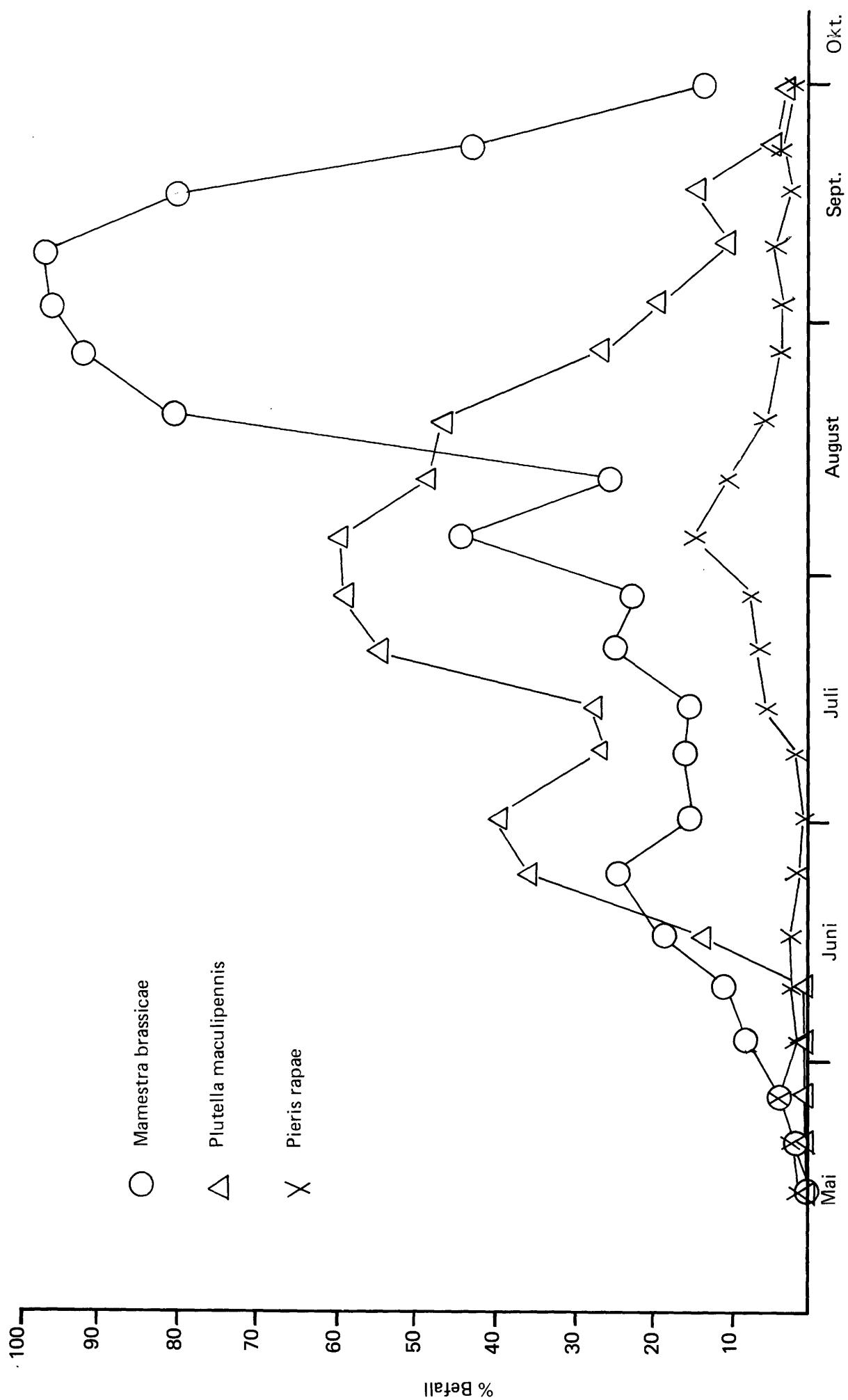


Abb. 2: Entwicklung des Befalls in der Dauerbeobachtungsparzelle 1981

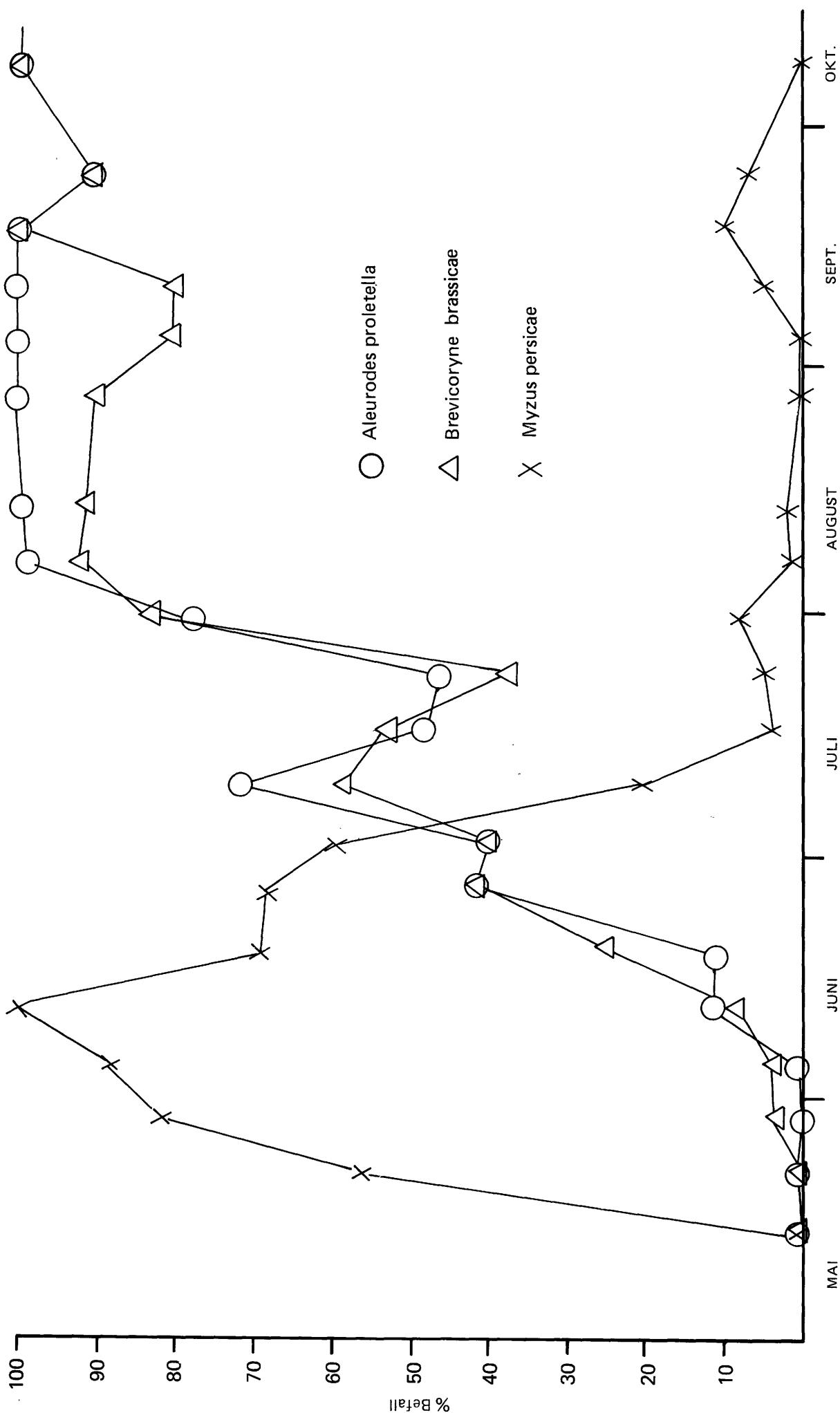


Abb. 3: Entwicklung des Befalls in der Dauerbeobachtungsparzelle 1980

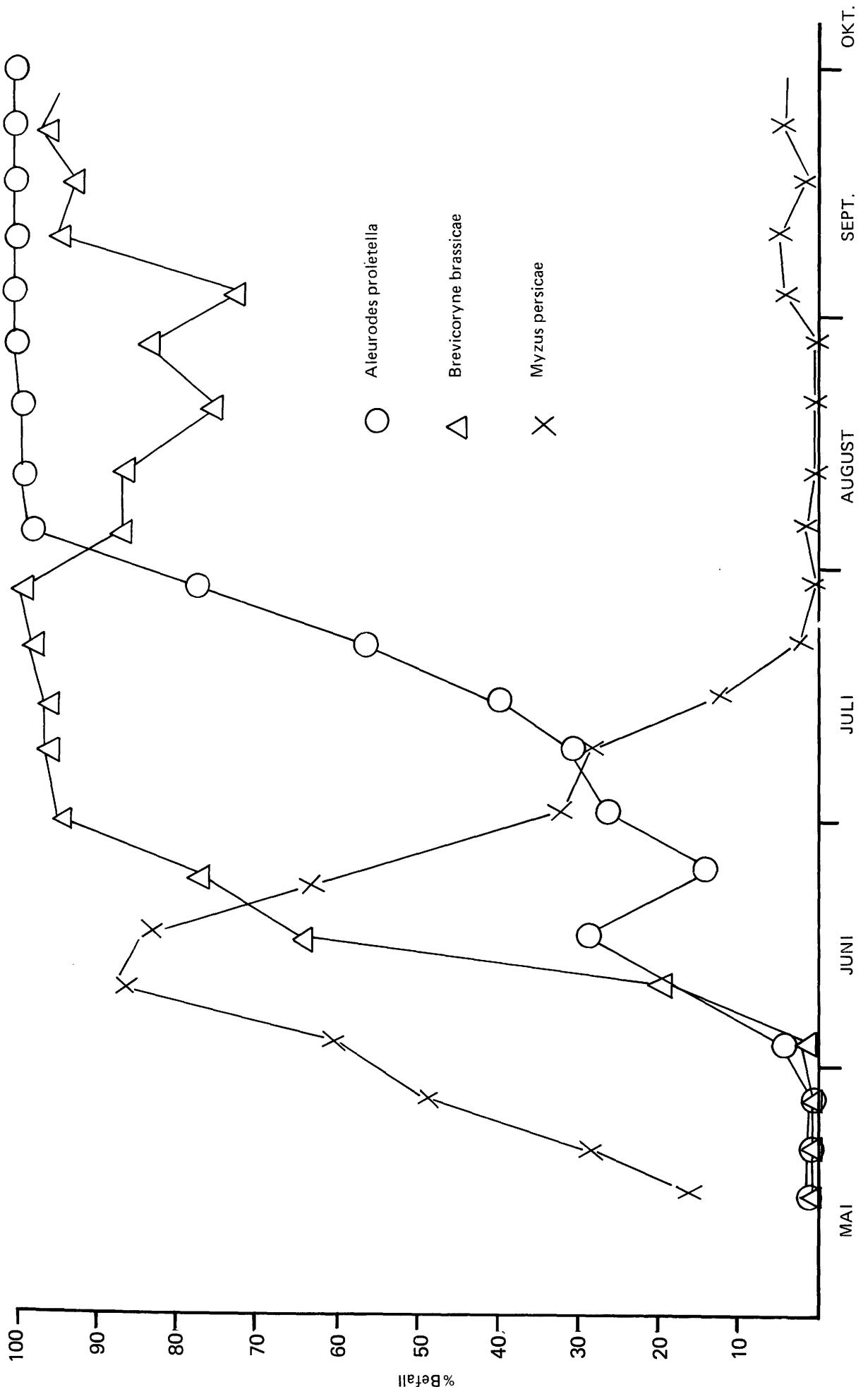


Abb. 4: Entwicklung des Befalls in der Dauerbeobachtungsparzelle 1981

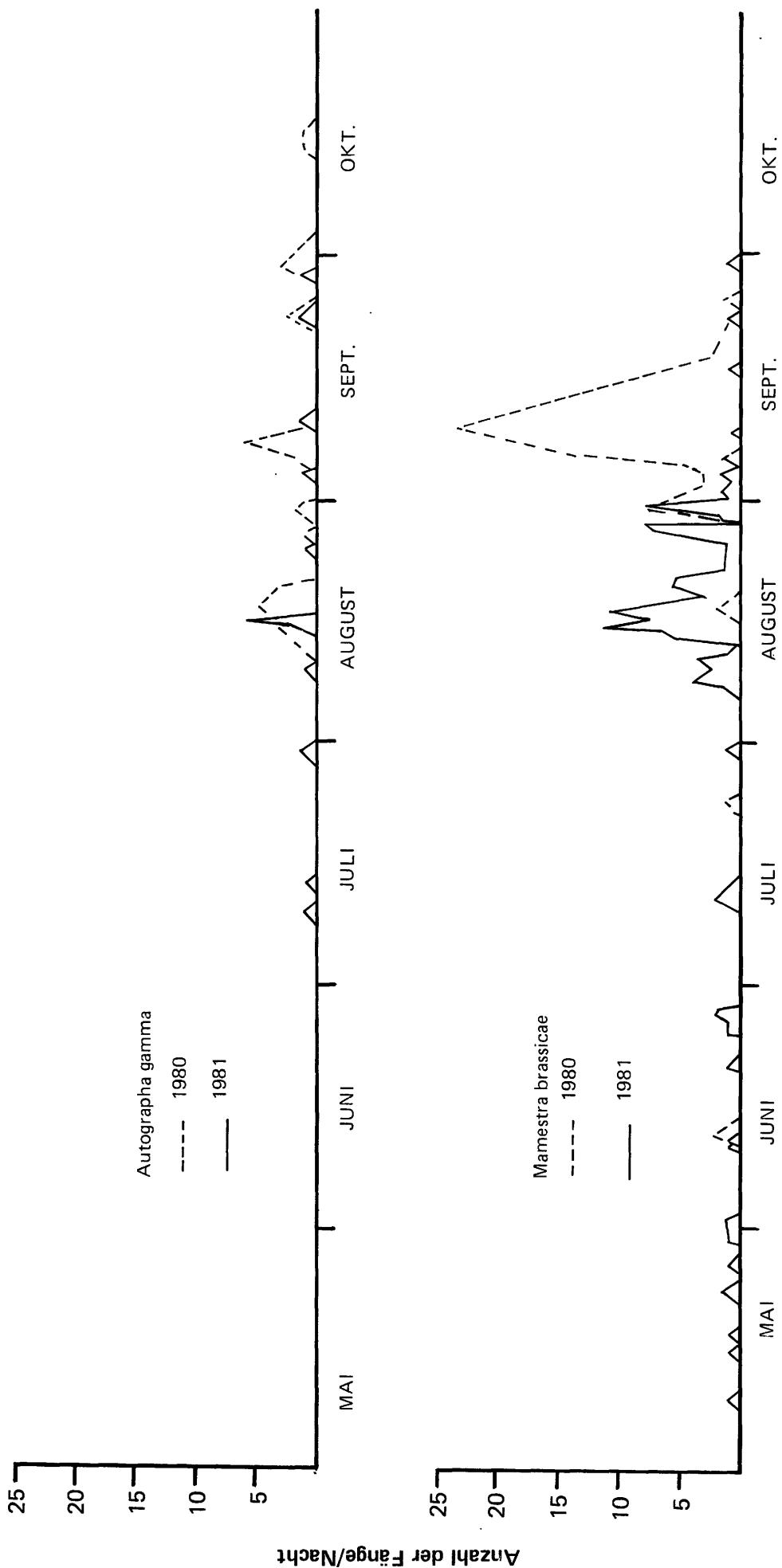


Abb. 5: Lichtfallenfänge 1980/81

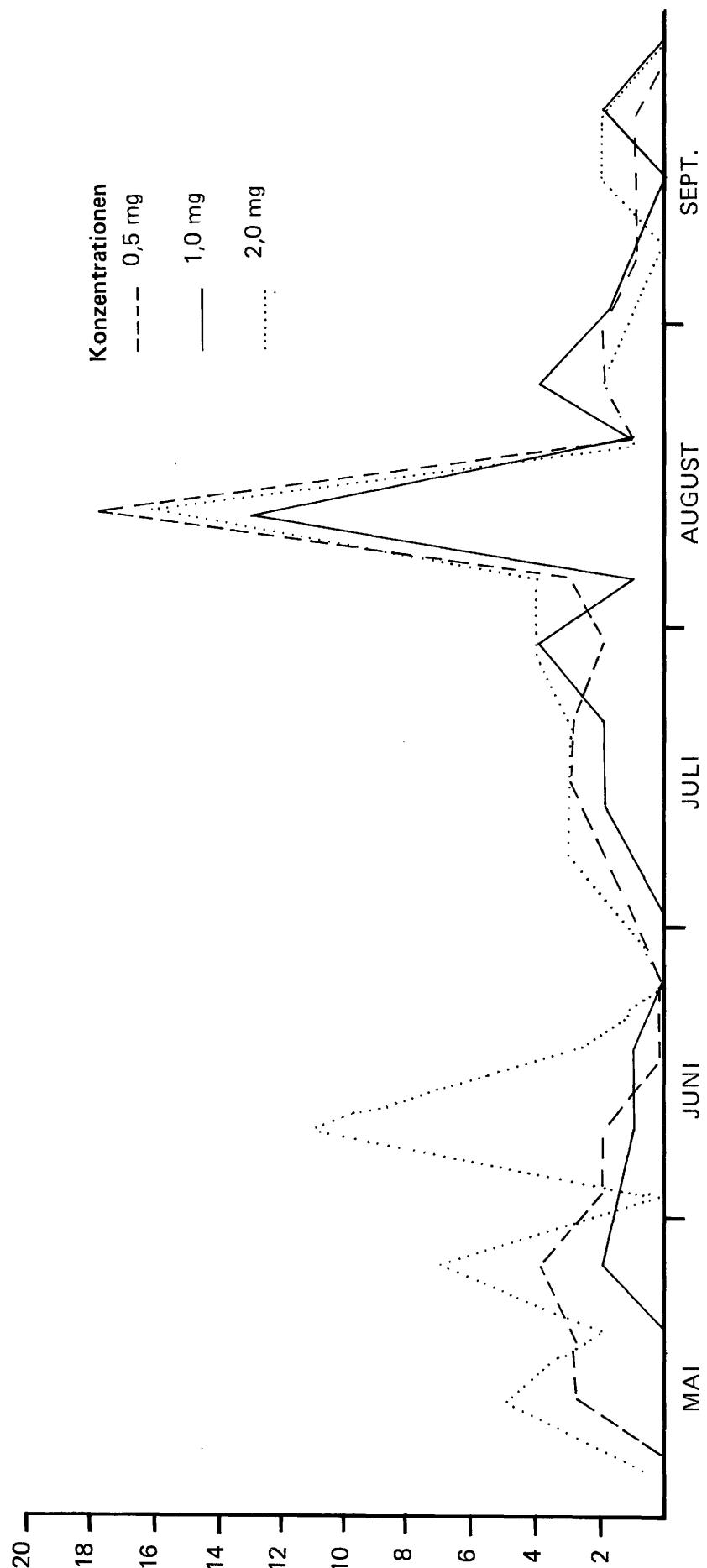


Abb. 6: Pheromonfallenfänge für *Mamestra brassicae* 1981

Anzahl der Fangen/Woche in 3 Fällen

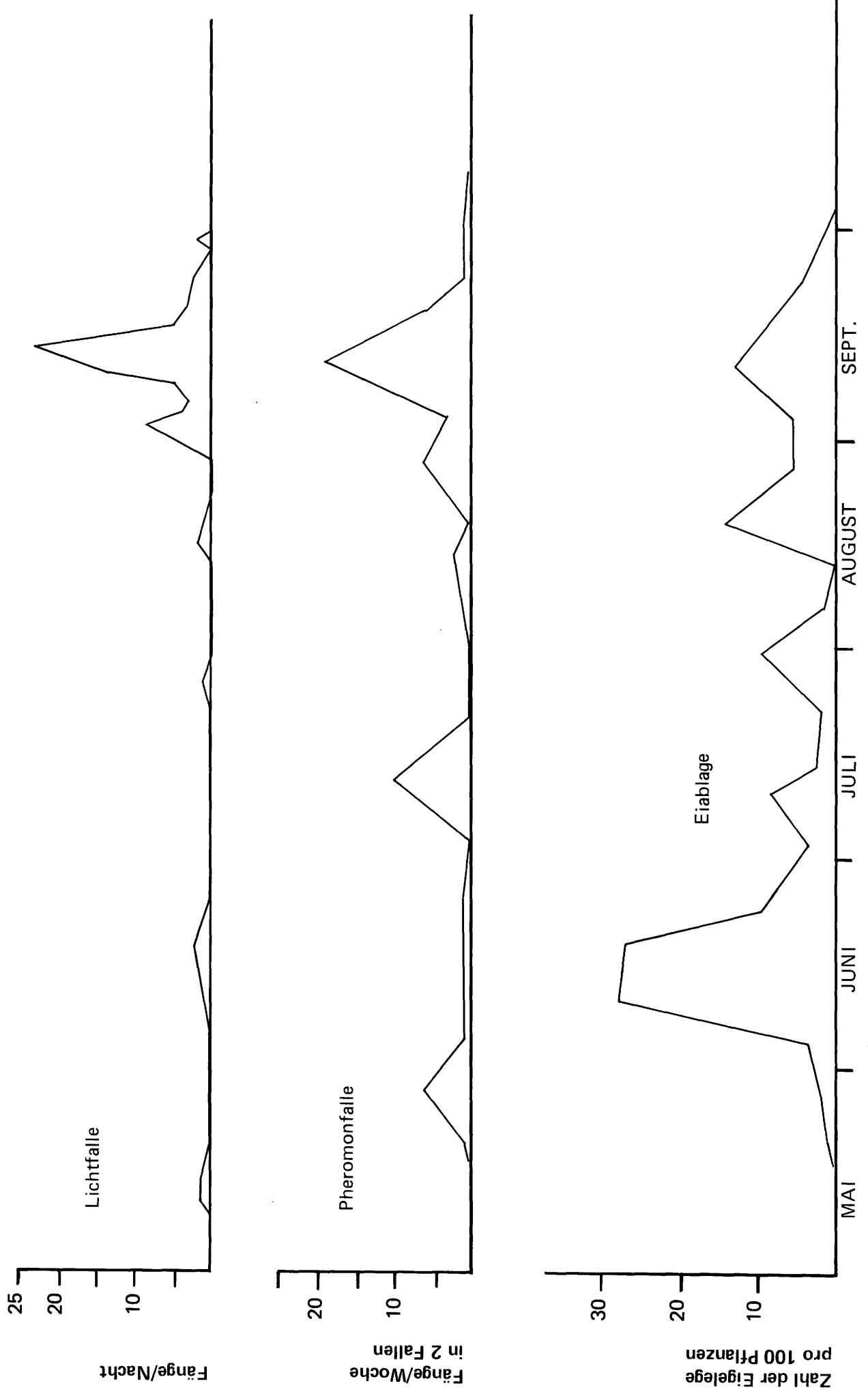


Abb. 7. *Mamestra brassicae*: Fallenfäne und Eiablade 1980



Abb. 8: *Mamestra brassicae*: Fällenfänge und Eiablage 1981

ANALYSIS AND INTERPRETATION OF ECOLOGICAL OBSERVATIONS
CONCERNING THE CABBAGE ROOT FLY DELIA BRASSICAE BOUCHE

C. PELERENTS (1)

SUMMARY

The observations covered a four year period and were carried out made on 35 plots situated in 4 different localities. They enabled us to gather over 200.000 data concerning the biology and the ethology of the cabbage root fly. The sampling methods, which relate to 17 parameters, are described. About 150 programmes were established for the stocking, arranging and analysis of the data by classic statistical procedures. Some results allow the drawing of general conclusions independent of seasons and localities. Among others it was established that egg fertility is very stable, that the capturing of the females follows a distinct pattern, that the generations appear almost simultaneously in different places. The release of 1.347.000 marked flies provided us a better assessment of the longevity, the migrations and the traveled distances. Females are more mobile than males and are able to spot some isolated cauliflowers in a 500 m distance. On the other side the analyses reveal the presence of factors that are in some cases responsible for a major part of the total observed variance but could not further be defined without recurring to simulation techniques. In this analysis it will be necessary to introduce and estimate the value of biotic and abiotic factors, the influence of which cannot be directly assessed from the present results but cannot be ignored neither. The final goal of our studies is to arrive at a simple, practical model.

ANALYSE ET INTERPRETATION D'OBSERVATIONS ECOLOGIQUES EFFECTUEES

SUR LA MOUCHE DU CHOU DELIA BRASSICAE BOUCHE

RESUME

Les observations effectuées pendant quatre années et sur 35 parcelles situées dans 4 localités différentes ont permis de rassembler près de 200.000 données sur la biologie et l'éthologie de la mouche du chou. Les méthodes d'échantillonnage sont décrites et concernent 17 paramètres. Près de 150 programmes ont du être conçus afin de stocker, ordonner et analyser les données par des méthodes statistiques simples. Certains résultats permettent de tirer des conclusions générales et indépendantes des saisons et des localités. On a entre autres constaté que la fertilité des oeufs est très stable, que le pourcentage des femelles capturées évolue suivant une fonction bien définie, que les générations apparaissent presque simultanément à différents endroits. Le lâcher de 1.347.000 mouches marquées a permis de mieux connaître la longévité, les migrations, les distances parcourues. Les femelles se déplacent bien plus que les mâles et ont la faculté de répercer à des distances de 500 m quelques choux-fleurs isolés. D'autre part, les analyses révèlent la présence de facteurs qui sont dans certains cas responsables pour une grande partie de la variance totale observée, mais qui ne peuvent être mieux définis sans passer à l'analyse par simulation. Dans cette analyse, il faudra introduire et estimer la valeur de facteurs biotiques et abiotiques dont l'influence ne peut pas être directement déduite des observations effectuées mais qui néanmoins ne peut être éliminée, le but final étant d'arriver à un modèle simple applicable dans la pratique.

(1) Laboratorium voor Dierkunde - Fakulteit van de Landbouwwetenschappen,
 9000 GENT.

ANALYSE EN INTERPRETATIE VAN ECOLOGISCHE WAARNEMINGEN BETREFFENDE DE KOOLVLIEG, DELIA BRASSICAE BOUCHE

1.

INLEIDING

Van 1975 t.e.m. 1978 werden in 23 proeven, verspreid over vier localiteiten, waarnemingen uitgevoerd op de biologie en de ecologie van de koolvlieg met het doel uit deze gegevens besluiten te trekken in verband met haar bestrijding in de teelt van bloemkolen.

Vooreerst werden methoden op punt gesteld om de nodige gegevens te verzamelen nopens de vliegen, de eitjes, de larven en de poppen enerzijds en over de toegebrachte schade anderzijds.

Het verwerken van dit groot aantal gegevens (200.000) kon enkel gebeuren bij middel van computertechnieken. De waarnemingen werden geordend in 17 parameters voor wat de biotische waarnemingen betreft en in 11 parameters voor de abiotische observaties die betrekking hebben op de klimatologie.

Vervolgens moesten specifieke programma's (150) ontwikkeld worden rekening houdend met de uitrusting van het Seminarie voor Toegepaste Wiskunde.

In dit verslag is het onmogelijk om maar enigszins in details de reeds bekomen analyses te bespreken, slechts algemeen geldende besluiten kunnen meegedeeld worden.

2.

DE BEMONSTERINGSTECHNIEKEN

Naargelang de frekwentie van de bemonstering werden de variabelen in drie groepen onderverdeeld. Voor groep 1 werden de variabelen tweemaal per week bemonsterd, voor groep 2 één of tweemaal per teelt en voor groep 3 die betrekking heeft op klimatologische gegevens werden dagelijkse observaties verricht.

2.1.

Groep 1 (S.G.1.)

2.1.1. De bemonstering van de koolvliegeitjes

De bemonsteringstechniek op punt gesteld door het Centrum voor Geïntegreerde Bestrijding van Insekten, gesubsidieerd door het IWONL, kan als volgt samengevat worden. Bij de stengel van bepaalde koolplanten wordt een zeefje geplaatst, bestaande uit een plexiring (diam.: 120 mm, h : 3 mm) gelijmd op een gaasdoek. Hierop wordt een laagje gecalibreerd zand (fraktie 0,75-1 mm) gelegd en een blokje rutabaga, dat dienst doet als ovipositie-attractans. Tweemaal per week worden de zeefjes vervangen. De scheiding tussen zand en eitjes gebeurt in het laboratorium door flotatie in water. De eitjes worden op een vochtig stukje vloeipapier gelegd, en in een gesloten petrischaal op kamertemperatuur gehouden. Na 6 dagen worden de niet ontloken eitjes geteld. Per monstername verkrijgt men aldus het aantal steriele en fertiele eitjes en het totaal aantal.

2.1.2. De bemonstering van de vliegen

Gele vangschalen gevuld met een loogoplossing werden gebruikt voor de bemonstering van de vliegen. Zoals voor de eitjes werden de vangsten tweemaal per week ontleed in het laboratorium. Eerst moeten de koolvliegen van de andere insecten gescheiden worden, dan worden ze gesext. Een gedeelte van de wijfjes wordt eveneens onderzocht op kopulatie door onderzoek van de spermatheca. Door deze bemonstering verkrijgt men gegevens over het aantal mannetjes en wijfjes, het totaal aantal adulten en het aantal bevruchte wijfjes.

In de proeven 1,3 en 4 werden bestraalde vliegen op verschillende tijdstippen en plaatsen losgelaten. Deze steriele vliegen werden bij middel van een ptilinium kleuring gemerkt, zodat na eventuele teruggangst een schatting kon bekomen worden van de afgelegde afstand, de levensduur en de efficiëntie van de vangstmethode. Op elk van de groepen teruggevangen gemerkte vliegen werden dezelfde observaties uitgevoerd als op de wilde vliegen, zodat er per individuele monstername in totaal $1 + (MP \times MT) \times (1 + SP)$ onafhankelijke tellingen van de vliegenvariabelen werden bekomen. Voor het totaal GROEP 1 (S.G.1.) dient hieraan toegevoegd de 2 onafhankelijke eitjestellingen, 2 referenties voor de beschrijving van plaats en tijdstip van de monstername en 1 voor uitzonderingen.

De vektor die de volledige individuele waarneming S.G.1. beschrijft bestaat dus uit $5 + (1 + MP \times MT) (1 + SP) \times 2$ elementen.

SP : spermatheekonderzoek; MT: aantal loslaattijdstippen;
MP: aantal loslaatplaatsen

2.2. Groep 2 (S.G.2.)

Deze groep waarnemingen werd slechts uitgevoerd in 1977 en 1978 op het proefterrein te Afsnee (proeven 1 t.e.m. 4).

In tegenstelling tot de monsternames beschreven in 2.1. en 2.3. werden de waarnemingen slechts één (2.2.3.) of tweemaal (2.2.1. en 2.2.2.) uitgevoerd per teelt. In totaal werden ongeveer 3.500 observaties verzameld.

2.2.1 Larven en poppen

Het aantal larven en poppen wordt geschat door, na het kappen van de plant, bij middel van een grondboor ($\varnothing=10$ cm) een wortelkluit tot op een diepte van 15 cm uit te boren.

In het bodemstaal worden dan de larven en poppen geteld.

Bij bepaalde bemonsteringen worden de larven in twee groepen verdeeld nl. "grote" en "kleine" larven.

Deze observaties worden 6 weken na het uitplanten en bij de oogst uitgevoerd.

2.2.2. Aantastingsgraad van wortel en wortelhals

Naargelang de aantastingsgraad werden de bemonsterde planten in 5 klassen onderverdeeld: 1 = vrij van vratgangen; 2 = één tot drie vratgangen per plant; 3 = meer dan drie gangen per plant maar zonder merkbare invloed op de ontwikkeling van het wortelstelsel; 4 = wortelstelsel gedeeltelijk vernield; 5 = wortelstelsel volledig vernietigd. Deze observatie wordt 6 weken na het uitplanten en bij de oogst uitgevoerd.

2.2.3. Kwaliteitsbeoordeling van de bloemkool

Bij de oogst werden de bloemkolen in drie klassen onderverdeeld naargelang zij 1) marktbaar zijn

- 2) niet marktbaar maar wel eetbaar zijn
- 3) als afval moeten beschouwd worden

2.3. Groep 3 (S.G.3.)

Met het doel de invloed van klimatologische factoren op de populatiedynamika op te sporen werden elf verschillende weerkundige gegevens weerhouden. De metingen worden uitgevoerd volgens de normen van het K.M.I. Volgende gegevens werden weerhouden: maximum en minimumtemperatuur onder thermometerhut, minimumtemperatuur 5 cm boven gras, bodemtemperatuur op -5 en -20 cm in naakte grond en onder gazon, dagelijkse neerslag, dagelijkse gemiddelde relatieve vochtigheid, dagelijkse gemiddelde windsnelheid op 2 m boven de grond en de dagelijkse gecumuleerde insstraling. Deze gegevens werden ons verstrekt door het IWONL-centrum voor Graslandonderzoek- Melle.

3. ONTWIKKELING VAN DE PROGRAMMASYSTEMEN

Voor de verrekening van de circa 200.000 velddata, werd gebruik gemaakt van de computerfaciliteiten van het laboratorium voor Toegepaste Wiskunde en Biometrie.

De structuren voor de bondige stockering van de diverse data-groepen, alsook van de betreffende files, werden ontworpen. Uitgaande van het vast systeem werd een software-pakket ontwikkeld, bestaande uit ongeveer 150 hoofdprogramma's, subroutines en functies.

De meest gebruikte taal was Fortran IV. We onderscheiden:

- routines van algemene aard als uitbreiding van het vast systeem. Sommige van deze routines waren machinespecifiek (MSOS CDC 1774). Zij werden gebruikt voor transfert, (bit, byte, array niveau), code transformaties en algorithmen (b.v. voor tijdsserieanalyse, recursieve optimiseringsprocedures, etc.) en vormden een belangrijk bestanddeel van deze groep.

- routines specifiek voor het betreffende cijfermateriaal zoals:
 - / inleidende en testprogramma's;
 - / programcontrol routines voor interaktieve programma's (selektie van variabelen, plaats-tijd kader van de analyse enz.) conversie van de data eigen aan de manier van stockeren, eliminaties (b.v. van uitzonderingen), output routines;
 - / uitvoerende programma's.

4. OVERZICHT VAN DE RECHTSTREEKSE UITGEVOERDE VELDWAARNEMINGEN

4.1. Waarnemingen in verband met de eitjes

In tabel I worden de gegevens samengevat van 18 velden op de 23 die hiervoor in aanmerking komen.

Year	Nb_Samples	Nb_Eggs	Eggs/Stamp.	%Ster_Eggs	Nb_Fields	Nb_Plants
1975	1270	2331	1.84	10.3	6	28.000
1976	1800	4434	2.46	11.4	8	38.000
1977	907	1424	1.57	11.2	4	12.700
1975-1977	3977	8189	2.06	11.1	18	78.700

Uit voorgaande tabel valt de zeer grote overeenstemming op voor wat de jaarlijkse gemiddelde steriliteit der eitjes betreft.

De individuele ontleding van de resultaten per veld doet echter een grotere spreiding aan het licht komen.

Een verklaring voor de verschillen in steriliteit van veld tot veld kon niet in verband gebracht worden met de grootte van de velden. De correlatiecoëfficient tussen steriliteit en aantal planten per veld is slechts 0,32.

Het gemiddeld aantal eitjes per schaal varieert eveneens veel sterker per veld dan per jaar is evenmin in verband te brengen met het aantal planten per veld ($r=0,0196$).

De procentuele steriliteit van de eitjes is in het begin en het einde van de ovipositieperiode duidelijk groter maar beïnvloedt weinig de gewogen gemiddelden. Verder blijkt de steriliteit het kleinste te zijn wanneer de meeste eitjes per schaal worden afgelegd.

Hoewel het gemiddeld aantal eitjes per schaal gecorreleerd is met het gemiddeld aantal wijfjes per vangschaal ($r=0,50$) ligt deze coëfficient te laag om te kunnen gebruikt worden.

Hetzelfde geldt voor wat de correlatie betreft tussen de fertiele eitjes en de wijfjes. Het loslaten van steriele gemerkte vliegen heeft een uitgesproken invloed op het gemiddeld aantal geobserveerde eitjes per schaal en op hun fertilité. Dit kan zelfs waargenomen worden op meer dan 500 m van de loslaatplaatsen.

4.2. Waarnemingen in verband met de vliegen

In tabel II worden de gegevens samengevat van 18 velden op de 23 die hiervoor in aanmerking komen.

Tabel II

Year	Nb.Samples	Nb.adults	Ad/Samp.	%Females	Nb.Fields	Nb.Plants
1975	1649	10861	6.59	50.2	6	28.000
1976	1709	21695	12.69	58.0	8	38.000
1977	942	8381	8.90	64.2	4	12.700
1975-77	4300	40937	9.52	57.2	18	78.700

Uit voorgaande tabel is duidelijk dat er geen rechtstreeks verband te vinden is tussen het aantal vliegenvallen en het aantal gevangen vliegen. Zelfs indien per jaar rekening gehouden wordt met het aantal planten per proefveld dan vindt men slechts een correlatiecoëfficient van 0,42 tussen het gemiddeld aantal gevangen wijfjes en de veldgrootte.

De vangsten schijnen dus veel meer afhankelijk te zijn van andere factoren zoals klimatologische of etologische dan wel van de densiteit van de vliegenvallen.

Door het loslaten van steriele gemerkte vliegen heeft men enig inzicht gekregen betreffende de vliegcapaciteit van de losgelatenen in het laboratorium gekweekte vliegen. Op afstanden, meer dan 500 m verwijderd van de loslaatplaatsen, vangt men vliegen terug op kleine veldjes van enkele bloemkolen. Het zijn echter hoofdzakelijk wijfjes die gevangen worden (78 % tot 90 %). Hieruit kan men afleiden dat de mannetjes veel minder trekken.

De teruggangstcoëfficient, bepaald op basis van 10.000 losgelaten vliegen en over de ganse levensduur, varieert van 2 tot 10 % maar is het grootst dicht bij de loslaatplaatsen.

Het percent teruggevangen gemerkte wijfjes varieert van seizoen tot seizoen.

Spermatheekonderzoek bij wilde vliegen toont aan dat tussen 60 à 70 % van de wijfjes gekoppeld hebben vóór hun vangst.

Bij de gemerkte vliegen stijgt dit aantal van 50% tot 70% naargelang de afstand tussen de loslaat- en teruggangstplaats groter wordt. De kans tot kopulatie wordt groter naargelang de afgelegde afstand toeneemt, wat doorgaans samengaat met toenemende tijdsduur tussen loslaten en terugvangen.

Er werd per veld en veldgedeelte nagegaan hoe de waarnemingen in verband met de eitjes (fertiele, steriele, totaal) en de vliegen (mannetjes, wijfjes, totaal) verdeeld waren in functie van de tijdstippen en de plaatsen van bemonstering.

De individuele waarnemingen, de waarnemingen per monsternamplaats en de waarnemingen per tijdstip vertoonden een duidelijke Poisson-verdeling zelfs na transformaties van de originele waarden.

De variantieanalyse gevuld door een Duncantoets, uitgevoerd op de tijds- en plaatsfaktoren, zijn wezenlijk. Er blijkt verder een interactie te bestaan tussen beide factoren, de aggregaties veranderen dus naargelang het tijdstip van bemonstering.

Voor de waarnemingen in verband met de eitjes vindt men na $\log(x+1)$ transformatie nog slechts 5% van de proefvelden waar de plaatsfaktor nog significant is voor $P < 0,05$ ($n=38$). Voor de waarnemingen in verband met de vliegen vertonen na $\log(x+1)$ transformatie nog 2/3 van de velden significante plaatsverschillen.

Zoals te verwachten blijven de bemonsteringstijdstippen significant verschillend van elkaar hetgeen duidelijk wijst op de fluktuaties veroorzaakt door de generatieontwikkeling.

6.

BESCHOUWINGEN MET HET OOG OP DE MODELLING

Om een eerste benadering te krijgen over de modellering van de evolutie van de vliegenpopulaties en van de eiafleg in functie van de tijd werden ongeveer een 300 tal grafieken uitgeplot. Een aantal correlaties en regressies werden eveneens berekend.

6.1.

De vliegen

Zowel de mannetjes als de wijfjes vertonen van maart tot september een 3 tal min of meer afgescheiden vluchten. Deze drie periodes (generaties) kunnen jaarlijks verschillen in relatieve omvang en in duur, maar de vluchten op verschillende velden komen gedurende dezelfde periode voor. De maxima zijn wel verschillend maar het dynamisch detailbeeld van de pieken vertoont onderlinge gelijkenis hetgeen een enigszins gemeenschappelijk aktiviteitssysteem onafhankelijk van de plaats laat veronderstellen.

In proeven waar massale hoeveelheden vliegen werden losgelaten vindt men een ander vangstpatroon.

Dit kan in de eerste plaats te wijten zijn aan het feit dat het aantal losgelaten vliegen en het losgelaatschema niet synchroon verloopt met de aktiviteit van de wilde vliegen. Het kan ook te wijten zijn aan mogelijke interacties tussen losgelaten en wilde vliegen met repercussies op de aktiviteit en de migratiegedragingen resulterend in een afwijkend vangstpatroon. Men moet er immers rekening mee houden dat een niet lineair vangstmodel zich op een aktiviteitsmodel kan superponeren. Tenslotte kan de densiteit van de vliegen bepaald worden door een densiteitsafhankelijke diffusievergelijking met door biotische en(of) abiotische factoren gestuurde terugkoppelingen, waardoor het optreden van aggregatie kan verklaard worden.

In het laboratorium vindt men een ontluikingskurve met drie toppen waarvan de eerste de meest uitgesproken is en de laatste slechts een zeer klein percent vertegenwoordigt. In het veld vindt men meestal bij de eerste twee generaties 2 duidelijke golven, bij de

derde generatie is dit moeilijker vast te stellen doordat het aantal waargenomen vliegen kleiner is. Deze verschillen zijn te verklaren doordat in het veld de observaties enigszins verschillen van deze uitgevoerd in het laboratorium. In het laboratorium worden alle ontloken vliegen geteld zonder rekening te houden met hun levensduur, in het veld worden slechts die vliegen geregistreerd die lang genoeg leefden om in een vangschaal terecht te komen. In regel worden met de huidige vangsystemen ongeveer twee maal meer wijfjes gevangen dan mannetjes. De reden hiervan moet gezocht worden in het feit dat de vangschalen op de grond geplaatst worden op een niveau dat door het wijfje wordt gezocht daar zij haar eitjes aan de kraag van de plant aflegt. De kopulatie grijpt meestal plaats op het niveau van de eerste of tweede bladeren. Verder werd ook een verschil in het trekgedrag vastgesteld tussen de mannetjes en de wijfjes. De voorjaarsgeneratie wordt aangekondigd door de mannetjes die gedurende één tot twee weken het grootste deel van de gevangen vliegen uitmaken. Ook bij de aanloop van de derde generatie vindt men dit verschijnsel terug. Aan dit fenomeen kan echter moeilijk rechtstreeks een voorspellingswaarde toegekend worden tenzij men de betrouwbaarheid ervan zou kunnen opvoeren door de vangschalen op een beter aangepast niveau van de mannetjes te plaatsen waardoor het aantal gevangen exemplaren zou kunnen verhoogd worden. Na deze periode blijft de verhouding tussen mannetjes en wijfjes vrij constant zodat een correlatie-coëfficient van 0,9 werd gevonden. De regressie tussen de wijfjes en het totaal aantal adulten zou het sekseen van de vliegen overbodig maken. Tenslotte kan hierbij nog vermeld worden dat de resterende ruis op het procentueel aantal wijfjes eenzelfde tendens vertoont voor de verschillende velden.

6.2. De ovipositie

Parallel in de tijd met de massale aanwezigheid van adulten verschijnen ook pieken in de eiafleg. De grootte van de pieken zijn verschillend van veld tot veld maar er bestaat dan toch een zekere analogie tussen de vluchtpieken en de pieken van eiafleg. Deze zijn echter van kortere duur als de vluchtpieken zodat de aktiviteitskurven waarschijnlijk meer beïnvloed worden door abiotische factoren, terwijl bij de ovipositie eveneens specifieke biologische (fysiologische) fenomenen zich voordoen. Verder is de ovipositieperiode van kortere duur dan de aktiviteitsperiode van de vliegen. De verdere ontledingen zullen zich dus moeten toespitsen op de perioden gedurende dewelke vluchten en eiafleg te samen vallen voorzover de observatiesystemen een goede weer-spiegeling zijn van de werkelijkheid.

7.

BESLUIT

Steunend op het beschikbaar cijfermateriaal werd eerst getracht, aan de hand van de meest gebruikte biometrische methoden, zoals variantie- en regressieontledingen van reeksen variabelen, een beter inzicht te krijgen in de biologie en de gedragingen van de koolvlieg.

De efficiëntie van de hiervoor gebruikte observatiemethoden werd eveneens getoetst. Bepaalde resultaten laten toe algemeen geldende conclusies te trekken onafhankelijk van het jaar of de plaats van de experimenten.

Anderzijds wijzen de ontledingen op het bestaan van factoren die een grote invloed hebben op de vastgestelde variabiliteit maar die door de gebruikte biometrische ontledingsmethoden niet nader kunnen bepaald worden. Er zal dus moeten overgegaan worden naar simulatieonderzoek waarbij in de eerste plaats zal rekening gehouden worden met klimatologische factoren en eventueel met andere biotische of abiotische factoren waarvan uit de literatuur of eigen onderzoek bekend is dat zij een determinerende invloed uitoefenen op een van de toestandsvariabelen.

Indien nodig zal door sensitiviteitsanalyse en door reductie van bepaalde inputfactoren en (of) observaties, afhankelijk van door ons gestelde betrouwbaarheidsgrenzen, het model "afgeslankt" worden, dit met het oog op de hanteerbaarheid ervan; dit alles om de bruikbaarheid van het model voor de praktijk te verzekeren.

8.

ADDENDUM

8.1.

Enkele gegevens over het cijfermateriaal

Aantal observatiejaren :	4
Aantal proeven :	23
Aantal proefpercelen :	35
Totaal aantal planten :	153.900
Aantal monsternamen :	vliegen 8.035 eitjes 6.984 larven 4.000 poppen 2.000 kwaliteit 2.000

Gemiddeld aantal jaarlijkse observatietijdstippen : 46

Gemiddeld aantal jaarlijkse vangstplaatsen : 102

Totaal aantal gevangen vliegen : 89.287

Totaal aantal verzamelde eitjes: 41.739

Gemiddeld percent wijfjes: 55,4 %

Aantal spermatheekonderzoeken : 6.215

Gemiddeld percent bevruchte wijfjes : 62 %

Aantal losgelaten steriele vliegen : 1.37.600

Gemiddeld percent fertiele eitjes : 89 %

Grafieken

Van de 300 grafieken worden hierna vier voorbeelden gegeven.

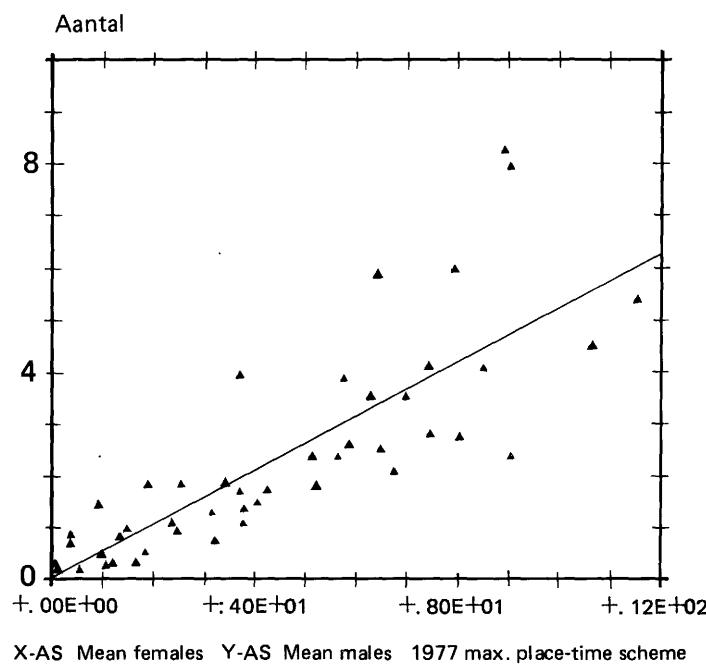


Fig. I: Regressie tussen het gemiddeld aantal wijfjes en het gemiddeld aantal mannetjes per monstername in 1977.
($r=0,8212$ - totaal aantal gevangen vliegen 14.400).

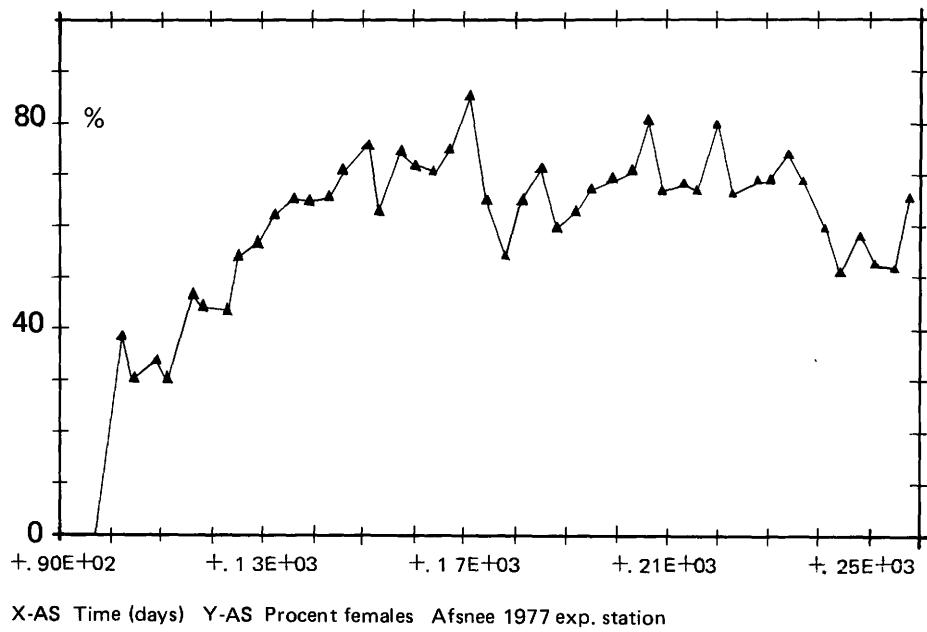


Fig. II: Evolutie van het percent wijfjes per monstername in 1977. ($x=64,2\%$ - totaal aantal gevangen vliegen 8.381).

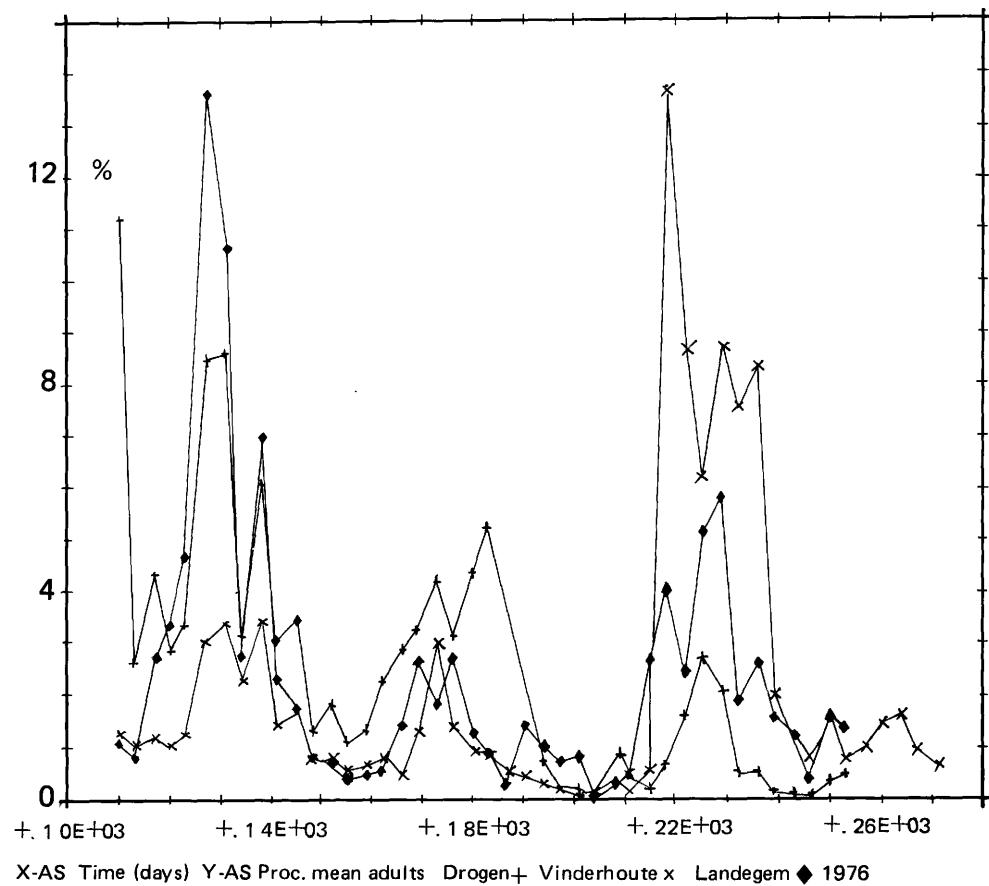


Fig. III: Verloop in 3 localiteiten van de gemiddelde vliegenvangst per bemonstering, in procent van de totale vangst 1976. (Totaal aantal vliegen 31.626).

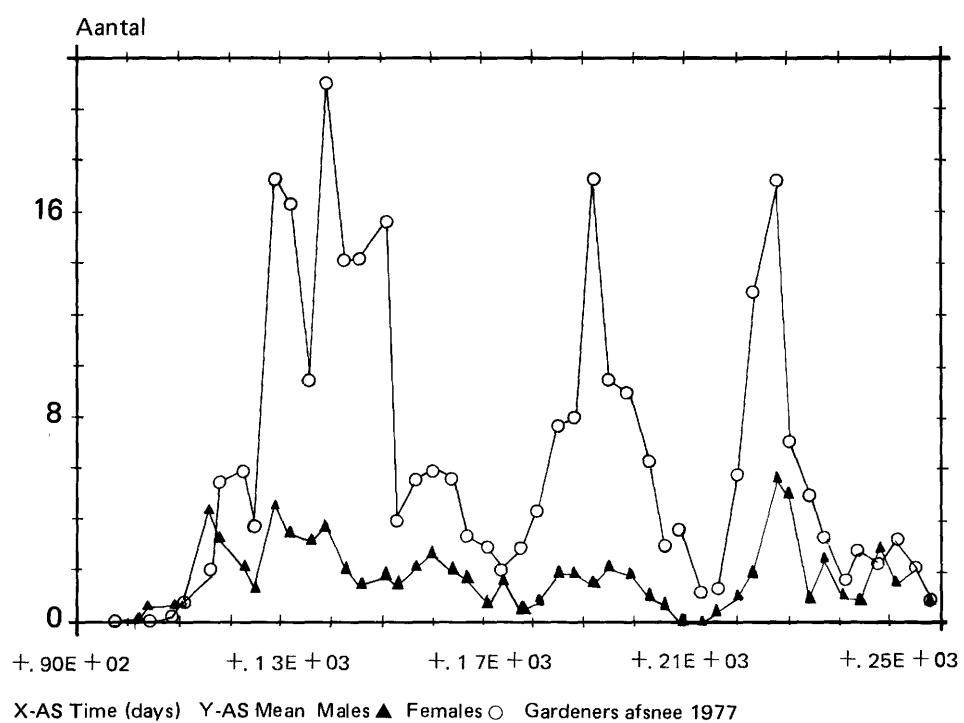


Fig. IV: Verloop van het gemiddeld aantal mannetjes en wijfjes per bemonstering in kleine veldjes in 1977. (Totaal aantal vliegen 3.003).

DEVELOPMENT OF METHODS FOR MONITORING AND FORECASTING
THE INCIDENCE OF DELIA RADICUM (BRASSICAE) POPULATIONS
ON BRASSICAS

S. FINCH, ROSEMARY H. COLLIER (1)

SUMMARY

The results of this research showed that winter condensed diapausing pupae of the second and third generations into one overwintering population. Diapause in the overwintering population was terminated about the middle of February when the pupae have been subjected to temperatures below 6° for about 140 days. Approximately 50 % of the flies of the first generation emerged after an accumulation of 130 D° from 1 January and peak oviposition occurred about a month later after a total of 240 D°. Inoculating cabbage root fly eggs into pots of radish in field cages indicated that, irrespective of the time of year the same number of D° were required to complete each cabbage root fly generation. In the field, however, 680 D° and 540 D° were recorded between the peaks of oviposition of the first and second and third generations, respectively. As a variable proportion of the second generation pupae did not contribute to the third generation, further work is being carried out to determine the critical time to start accumulating the D° required to reach peak oviposition of the third generation.

Further experiments also showed that plots containing 500 brassica plants were suitable for monitoring cabbage root flies in relatively large (80 km radius) brassica-growing areas. To determine whether the results obtained in the Wellesbourne/Evesham locality applied equally-well to other brassica growing areas, populations of overwintering pupae were collected from 13 sites in England and Wales. In certain of these populations, instead of one well-defined peak of emergence as occurs in the Wellesbourne population, there were genetically-based differences that resulted in two variable peaks of fly emergence. The thirteen populations were classified into early-, intermediate- and late-emerging types. In the late-emerging types, the insects took approximately five times as long to emerge as the early-emerging types. Possibly these pupae retained a low rate of respiration even after diapause had been terminated. Whatever the explanation, the populations seem well-adapted to the short-season cruciferous crops grown in their areas, since it is possible within one generation to select populations of both early and/or late emerging flies. If fly emergence is protracted in the field, it seems likely that, for full protection, an insecticide will have to be applied whenever a new crop is planted between late April and September. Further information should make it possible to forecast the times of peak oviposition of early-, intermediate- and late-emerging populations of cabbage root flies. Special attention will be needed to incorporate quantitatively both aestivation and diapause into the present forecasting system.

(1) National Vegetable Research Station - Wellesbourne

DEVELOPPEMENT DE METHODES DE CAPTURE ET DE PREVISION DE L'INCIDENCE DES POPULATIONS DE DELIA RADICUM (BRASSICAE) SUR LES CHOUX

RESUME

L'object de cette recherche était de prédire les heures de l'apparition de la mouche du chou afin de rendre aussi efficace que possible le contrôle de cet insecte nuisible. On a fondé toutes les prédictions sur les accumulations de température exprimées en degrés de jour au dessus de 6° à une profondeur dans la terre de 6 centimètres.

Dans le midi de l'Angleterre il y a d'habitude trois générations de cette mouche par an. Un temps chaud pendant la première génération amène beaucoup de pupes à commencer l'estivation. Quand ceci a lieu, le maximum de la ponte de la deuxième génération est souvent retardé de juillet jusqu'en août. En outre, quelques pupes de la deuxième génération et toutes les pupes de la troisième génération commencent la diapause, la phase de repos de l'hivernage.

Les résultats de cette recherche ont démontré que l'hiver a concentré les pupes en diapause de la deuxième et troisième générations dans une seule population hivernante. La diapause de la population hivernante s'est achevée vers la mi-février quand les pupes ont subi des températures en dessous de 6° pendant 140 jours environ. Environ cinquante pour cent des mouches de la première génération ont émergé après une accumulation de 130 degrés de jour à partir du premier janvier. Le maximum de la ponte a eu lieu un mois plus tard, après une accumulation totale de 240 degrés de jour.

En inoculant des œufs de la mouche du chou dans des pots de radis situés dans des cages aux champs, on a démontré que, sans tenir compte de la saison, on avait besoin du même nombre de degrés de jour pour compléter chaque génération de la mouche du chou. Cependant, sur le terrain, on a noté 680 degrés de jour et 540 degrés de jour respectivement entre les maxima de la ponte de la première et deuxième générations et de la deuxième et troisième générations. Comme une proportion inconstante de la deuxième génération n'a pas contribué à la troisième génération, des travaux supplémentaires sont en cours pour déterminer le moment critique où l'on peut commencer l'accumulation des degrés de jour nécessaires pour gagner le maximum de la ponte de la troisième génération.

D'autres expériences ont démontré en outre, que des parcelles de terrain qui contenaient 500 plants de chou étaient adaptées à la vérification des mouches du chou dans des régions où l'on cultive les choux qui étaient relativement vastes (dans un rayon de 80 kilomètres). Pour déterminer si les résultats obtenus dans la région de Wellesbourne - Evesham s'appliquaient aussi bien à d'autres régions où l'on cultive les choux, des collections ont été faites des populations de pupes hivernantes à 13 emplacements différents en Angleterre et au Pays de Galles. Parmi certaines de ces populations, au lieu d'un maximum d'émergence bien défini comme dans la population de Wellesbourne, il y avait des différences génétiques qui ont causé deux maxima inconstants de l'émergence du chou. On a classifié les treize populations par catégories d'émergence, tôt, moyen ou tard. Parmi les catégories qui ont émergé tard, les insectes ont mis environ cinq fois plus de temps à émerger que parmi les catégories qui ont émergé tôt.

Ces pupes-là peuvent-être avaient retenu un régime de respiration peu élevé même après la terminaison de la diapause. Quelle que soit l'explication de ce fait, les populations semblent être bien adaptées aux récoltes crucifères de courte saison qui sont cultivées dans leurs régions, puisqu'il était possible dans les limites d'une seule génération de sélectionner à la fois des populations de mouches qui émergeaient tôt ou qui émergeaient tard. Si l'émergence de la mouche est prolongée sur le terrain, il semble probable, pour obtenir une protection complète, qu'on doive appliquer un insecticide chaque fois que l'on plante une récolte entre la fin du mois d'avril et le mois de septembre. Des renseignements supplémentaires devraient rendre possible la prévision des moments du maximum de la ponte chez les différentes populations de la mouche du chou, populations qui émergent soit tôt, soit à une période moyenne, soit tard. Il a fallu une attention particulière pour insérer quantitativement l'estivation et la diapause dans le système actuel de la prévision.

INTRODUCTION

In the British Isles, short-season cruciferous crops (e.g. cauliflowers and cabbages) are protected effectively from the cabbage root fly by soil applied insecticides. For longer-season crops (e.g. turnips and swedes) where the pest damages the part of the plant used for human consumption, the soil applied insecticides are not sufficiently persistent to be satisfactory. Consequently, supplementary sprays against adult flies, many of which are ineffective, are now being applied on a routine basis in an attempt to keep such crops "damage free". To add to the problems many swede crops are now drilled as close as possible to the 1st of April to obtain the higher yields that can be achieved from a long growing season. This means that some crops are now attacked by all three generations of fly in one year, with a soil-applied insecticide being effective against only the first. The change to early sowing has probably increased the pest population locally, since there is no longer a break in the fly's life-cycle.

AIM OF THE PROJECT

The aim of this research is to develop a practical system for forecasting the times of appearance of the cabbage root fly so that control procedures against this fly can be made as effective as possible. If the peak periods of activity by the second and third generations of flies can be predicted accurately from weather records, then according to American work, (Eckenrode & Chapman, 1972), a single spray of a suitable insecticide can be as effective as a soil treatment applied at planting. If no suitable sprays can be found from the available insecticides, the information should still improve the efficiency of mid-season applications of granular insecticides against this pest.

EXPERIMENTAL WORK

Since the rate of insect development is directly dependent upon temperature, some form of thermal accumulation is usually derived from weather records to forecast the times of insect attack. When the temperature rises above a certain base temperature (6° for the cabbage root fly), insect development can continue and it proceeds at a rate dependent on the prevailing rate of accumulation of thermal units or day-degrees (D°). When the number of D° required to complete each stage of development is known for the cabbage root fly, the times of its peak activity in the field should be more predictable using a physiological or D° than a calendar or other time scale.

The experimental work has been divided into laboratory and field studies. The laboratory studies have concentrated on the D° requirements of the various stages in the insect's life-cycle, and the field studies on monitoring insect numbers throughout the season to determine the times of peak insect activity. From the combined approaches, it should be possible to determine accurately the numbers of D° between successive peaks of fly activity and to incorporate correction factors to account for any seasonal or local variations.

LABORATORY STUDIES

Normally there are two generations of cabbage root flies in the north of the British Isles each year and three in the south. In southern England pupae of the first generation occur from late June to early July, those of the second in August and those of the third generation in October (Coaker & Finch, 1971). Late developing pupae of the second generation and all pupae of the third generation enter, diapause, the overwintering resting state. For any forecasting system to be effective, therefore, it is essential to determine the conditions required to terminate dia-pause and allow development to continue.

Diapause breaking temperatures

In September 1979, studies were started on the conditions required to complete diapause development in a laboratory population of pupae of known pre-diapause history. Batches of pupae were maintained in cooling incubators at constant temperatures of 0, 2, 4, 6, 8 and 10°. At regular intervals, samples of pupae were removed to a constant temperature of 20° to estimate the proportion that had completed diapause development. When diapause was complete, the flies emerged from the pupae within 14 days, the percentage emerging being related to the amount of cold treat-ment. It was evident that 6° was the critical threshold temperature and that more than 100 days were needed at temperatures less than 6° to complete diapause development. AT 4, 2 and 0° only 50% of the pupae had completed diapause after 105 days and even after 140 days only 85% of the flies emerged within 14 days. This contrasts with previously published data (Coaker & Wright, 1963) indicating that 100-days at 2-4° was sufficient for the majority of pupae to complete diapause. These pupae, however, were collected from the field late in the year so that presumably they had already completed part of their diapause development.

Pupal development temperatures

After diapause is terminated, the pupal stage requires a certain number of day-degrees before the flies will emerge. Within a practical range of temperature there was a linear relationship between temperature and the number of D° required for 50% of the flies to emerge (D_{50}). For example, at constant temperatures of 8° and 20°, D_{50} was 88 D° (44 days) and 165 D° (12 days), respectively. The flies, therefore, did not fully use the D° theorectically available at higher temperatures. The absence of a "break" in the linear relationship, however, clearly indicated that there was no upper limit to the number of D° that would be utilized in a day within the normal range of temperatures encountered outdoors. At a constant temperature of 25° some of the pupae entered aestivation, the summer resting stage, and at a constant temperature of 30° all of the pupae were killed.

Composition of overwintering population

To be able to forecast reliably the time of the first generation of flies in a particular year, the proportions of second and third generation pupae contributing to the overwintering (diapausing) pupal population need to be known. Pupae were collected at 14-day intervals and then main-tained at 20° to determine the pattern of emergence. A bimodal pattern would indicate the relative contributions made by the second and third generations of the previous year.

A single, sharp peak of emergence occurred at Wellesbourne showing that the 1980-1 winter effectively condensed diapausing pupae of the second and third generations into a uniform overwintering population from the viewpoint of thermal requirements for development.

Differences in diapause development requirements

Experiments were carried out to determine the duration of the cold period required to complete diapause development in field-collected pupae. All that could be obtained from the literature pertaining to the U.K. situation was that flies will emerge in the laboratory from such pupae provided they are maintained for 100 days at 2-4 °C (Coaker & Wright, 1963).

In 1978, however, when pupae from Halsall (Lancashire) were subjected to 100 days of cold treatment at 2°C, the subsequent adult emergence was both bimodal and extremely protracted.

To determine whether there are differences in diapause development in different areas of the British Isles, samples of pupae were collected from six sites in November 1979. The sites shown in Fig. 1 were Defford (Worcestershire), Great Rollright (Oxfordshire), Wellesbourne (Warwickshire), Halsall (Lancashire) and Creedy Barton (Devon); the last two being approximately 190 km to the north and south of Warwickshire, respectively.

Again there was bimodal emergence from the Halsall population and also from the Creedy Barton population. The two peaks of emergence did not reflect the proportion of second and third generation pupae in the population, since, when batches of these flies were reared under diapausing conditions in the laboratory, there were still two peaks of emergence in the F₁ generations. There was therefore a genetically-based difference producing heterogeneity in the pupal populations at the Halsall and Creedy Barton sites. Attempts were then made to determine how widespread this phenomenon may be throughout the country.

Samples of diapausing pupae were collected in November-December 1980 from sites at Ely (Cambridgeshire), Evesham (Warwickshire), Halsall (Lancashire), Hemingbrough (Yorkshire), Ide (Devon), Meopham (Kent), Newcastle (Tyne & Wear), Pwllheli (Clwyd), Wargrave (Berkshire) and Wellesbourne (Warwickshire) (Fig. 1). When the pupae were subjected to diapause-breaking conditions (2-6°) and then returned to 20°, populations from Hemingbrough, Wargrave and Meopham behaved like that from Wellesbourne, 94-100% of the flies emerging within 14 days. Populations from Ely, Evesham, Newcastle and Pwllheli were intermediate, 64-68% of the flies emerging within 14 days, the remainder taking considerably longer. From the populations from Halsall and Ide, as in 1979, less than 20% of the flies emerged within 14 days and emergence was not complete even after 77 days.

Batches of pupae from Hemingbrough, Ely and Halsall, representing early-, intermediate- and late-emerging types, were then subjected to temperatures below 6° for 1 year without increasing the percentage emergence beyond that achieved by 9 March 1981. This indicates that the delays in emergence were probably attributed to innate differences in the rates of post-diapause pupal development in relation to temperature. To date only the Halsall population has been studied in detail. The results indicated that even though the rates of post-diapause pupal development were slow, optimum development occurred at 18°. Consequently, flies emerged less rapidly when pupae were maintained at 14° and 22° and least rapidly when maintained

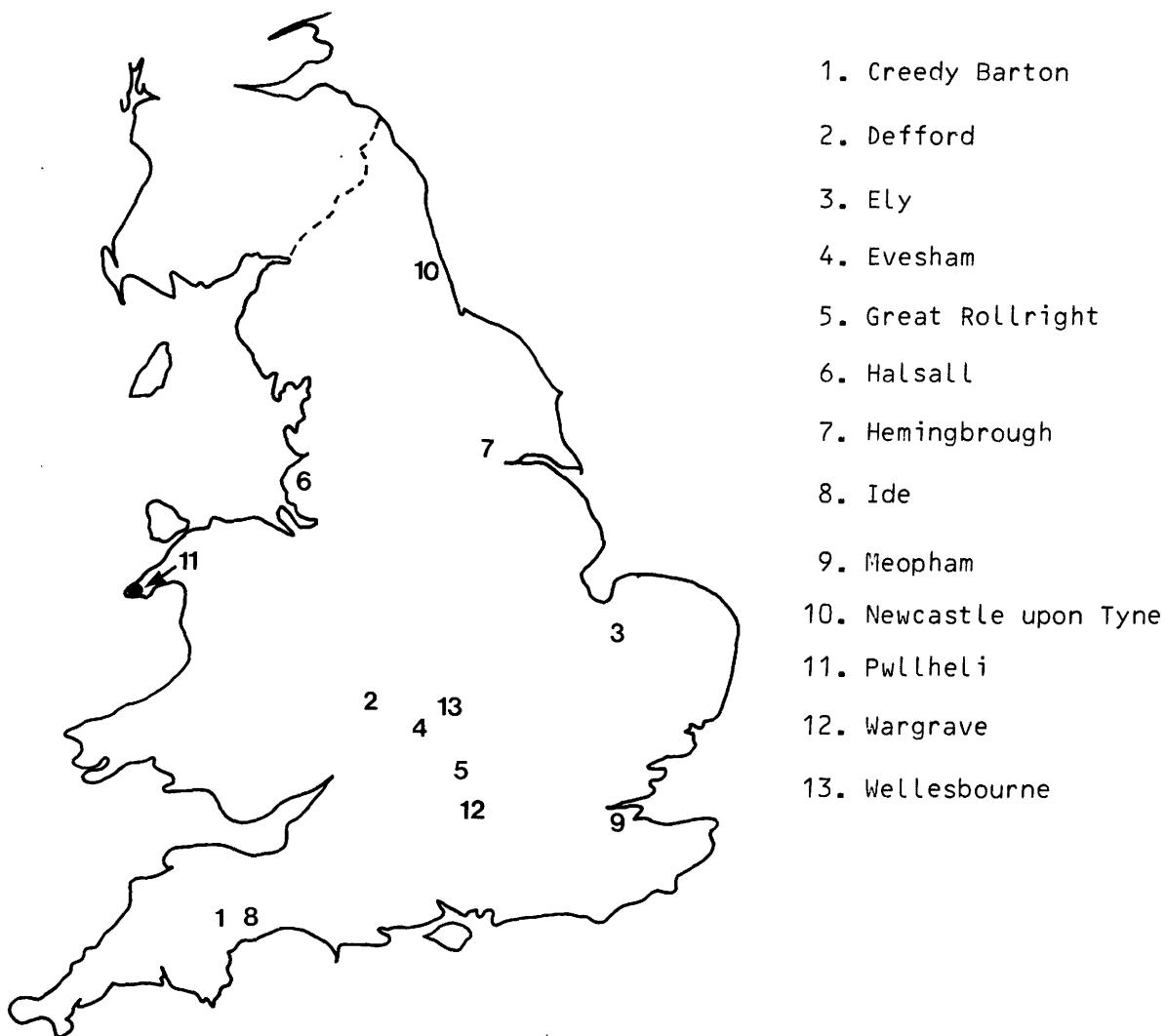


Fig. 1 - Map showing sites where pupae were collected in the winters of 1979 and 1980

at 10° and 26°. Even at the optimum temperature, however, the pupae required approximately 30 days more to D50 than the Wellesbourne pupae.

Difference in pupal respiration

The rate of pupal respiration was monitored by recording the amount of carbon dioxide given off by batches of 50 pupae. High rates of carbon dioxide were given off by normal non-diapausing culture pupae, by diapausing culture pupae in which diapause had been terminated by a suitable cold treatment and by an F₁ Halsall population selected for early fly emergence in which diapause had also been terminated by a cold treatment. Low rates of carbon dioxide were given off by both diapausing culture and diapausing Halsall pupae. In the latter population, however, respiration remained low even after diapause had been terminated by a cold treatment, indicating that this low rate of respiration probably contributes to the delayed emergence in this population. The rate of respiration did not increase even after Halsall pupae had been stored for 1 year at diapause-breaking temperature (<6°).

Consequences of delayed fly emergence

The delayed emergences recorded may be reflective of the cultural practices in the area, where late-planted crops have selected for those individuals nearer to the extreme of the normal emergence range. Hence a variable proportion of the population in these areas would then require a longer diapause development period. This would also explain why insecticides applied to the soil at planting have not been as effective as expected at Halsall, as much of the attack now occurs at a time when the insecticides are no longer effective. A protracted emergence of this type may also minimize the effects of beneficial ground beetles, as these beetles only eat cabbage root fly eggs when the eggs are present in high numbers. Consequently, only a small proportion of the eggs may be eaten if there are no clearly defined peaks in egg numbers.

Levels of parasitization

The protracted emergence of flies may also minimize the effects of parasites, since the life-cycle of the parasite is normally slightly delayed compared to that of the pest, so that the parasite can attack when pest numbers are high. With delayed peaks in the pest population, the parasites appear to be less effective. For example, in the batches of Halsall and Ide pupae studied in the laboratory, parasitization never exceeded 7% whereas in the Wellesbourne and Meopham batches it averaged 34%.

Selection for protracted fly emergence

Flies from the original populations of pupae from Halsall were separated into weekly batches as they emerged. The eggs from these flies were reared under diapausing conditions and then the resulting pupae were subjected to diapause-breaking conditions. From the patterns of emergence it was clearly evident that populations of early and/or late-emerging flies can be selected within one generation.

FIELD STUDIES

Effect of soil type on accumulation of D° and fly emergence

Integrating thermometers were used to record temperature requirements for fly development in the field.

The numbers of D° recorded on integrating thermometers were similar to those calculated from nearby standard meteorological records for screen and soil temperatures. The integrators were therefore suitable for studying the temperature requirements of cabbage root fly in the field. The results showed that the numbers of D° accumulated in the air were higher than those in the soil until peak oviposition of the first generation of flies, about mid-May, but during June and July more D° were accumulated in the soil.

To determine if soil type affected the accumulation of D°, integrator probes were placed alongside pupae buried 10 cm deep in peat, silty-loam and sandy-loam soil in microplots. Similar numbers of D° were accumulated in all three soil types. Soil types itself appeared to have a slight effect on the time of fly emergence as 50% of the flies had emerged from pupae buried in peat, sandy-loam and silt-loam soils by 22, 22 and 24 April 1980 and by 12, 13 and 15 April 1981, respectively. The physical characteristics of the soils also reduced the numbers of flies emerging from the silty-loam and sandy-loam soils to about 60% and 70% respectively of those emerging from the peat soil.

Effect of pupal depth on accumulation of D°

Most pupae are found between 2 cm and 10 cm deep in the soil. Records from integrating thermometers showed that the numbers of D° accumulated at 2 cm in the soil were slightly greater than those at 10 cm. The depth that the insects are in the soil, however, did not greatly affect the time of subsequent fly emergence, since when pupae were buried at 2 cm and 10 cm depths in 1981, those at the 2 cm depth emerged only one day (8 D°) earlier than those at the 10 cm depth.

In practical terms, therefore, the soil probes do not have to be placed at different depths during the year to record adequately the temperatures accumulated by the different populations of larvae and pupae. In the field the soil temperatures recorded at a depth of 6 cm were used for the accumulation of D°, as these temperatures were likely to be most representative of those actually experienced by the insects.

D° requirements in the field

By sequentially sampling pupae through the winter and bringing them into the laboratory to emerge it was evident that diapause had been terminated in the field by mid-February in both 1980 and 1981. The time for 50% emergence from the samples collected in mid-November was 83 days but fell to below 14 days from mid-February onwards. The parasites were not in diapause. Irrespective of the time that parasitized overwintering pupae were collected, the parasites Phygaduenon trichops, Idiomorpha rapae and Aleochara bilineata emerged after 14, 20 and 27 days respectively, when maintained at 20°.

When field-collected pupae were buried in the field in Tygan (R) bags (Finch & Skinner, 1981), 50% of the flies emerged by 22 April in 1980 and by 14 April in 1981. Emergence occurred at the same time in large

(6 x 3 x 2 m high) field cages placed over infested swedes.

Peak oviposition occurred on 16 May 1980 and 15 May 1981, 120 and 123 soil D°, respectively, after peak emergence. It was interesting to note that peak oviposition did not occur until about a month after peak emergence. Numerous other tests in field cages have shown that caged flies provided with an abundance of food lay peak numbers of eggs after approximately 80 D° and that these eggs require a further 50 D° to hatch.

To determine whether the D° requirement remains constant throughout the season, (May - October), pots of radish, inoculated at weekly intervals with cabbage root fly eggs, were placed in a field cage and sampled at regular intervals. The pots of radish rested on the soil and were well-watered daily both to keep the plants alive and to prevent the insects dying of desiccation.

Approximately 20% fewer D° were recorded in these pots than in the soil adjacent to the roots of brassica plants. Temperature probes in the pots indicated that the insects required 300 D° from egg inoculation to 50% pupation and a further 200 D° to 50% emergence of the flies. The same number of D° was required for each generation, irrespective of the week of inoculation.

Furthermore, the date of inoculation in one year did not affect the time the flies emerged in the next, illustrating again that winter condenses pupae effectively into just one overwintering population.

MONITORING STUDIES

This part of the work has been concerned with determining what size of brassica plot to use for monitoring and whether a small brassica plot can adequately represent a locality.

Size of plot for monitoring

Eleven plots of differing sizes (14 x 14 m to 41 x 41 m), containing from 500-4,000 plants and surrounded by non-brassica crops, were spaced well-apart across the 190 ha of the Wellesbourne Research Station in 1980. The plots were planted with cauliflowers in mid-April and eggs were sampled each Monday and Friday during the growth of the crop (Finch, Skinner & Freeman, 1975).

Maximum oviposition occurred in all plots on 16 May after an accumulation of 230 D° from 1 January 1980.

The results showed clearly that at peak oviposition most eggs (33/Day) were laid per plant on the 500-plant plots, indicating that such plots were satisfactory for monitoring the peaks in the egg populations of this pest.

A plot representing a locality

Concurrent with the size-of-plot study at Wellesbourne, an intensive study was carried out in the Vale of Evesham in Central England. It involved travelling 130 km each Monday and Friday to sample brassica crops at 22 different grower's holdings. In each grower's field, eggs were sampled and flies were caught in three fluorescent-yellow water traps (Finch & Skinner, 1974). The survey was carried out both in 1980 and 1981.

Although it was easy to determine the times of peak eggs and peak females for the first generation of flies and to relate these to accumulated D°, it was not easy to generalize between the numbers of eggs recovered and the numbers of females caught. In both years, there were good relationships at most sites between the numbers of eggs recovered and the numbers of females caught during the 2 weeks prior to the peaks of oviposition. The slopes of the relationships, however, differed from site-to-site and, as expected, traps at exposed sites caught proportionally fewer females than traps at sheltered sites. It remains to be seen whether correction factors can be applied to account for these differences in trapping efficiencies. The numbers of eggs recovered from the various sites was also extremely variable ranging from a mean total of 9-100 eggs/plant in 1980 to 9-32 eggs/plant in 1981. Allowing for predation, totals of from 60-700 and 60-220 eggs were laid on the individual plants at the various sites in 1980 and 1981, respectively.

The peak of oviposition of the first generation of flies both at Wellesbourne and the 22 sites around the Vale of Evesham occurred in mid-May after an accumulation of 230 D° in 1980 and 253 D° in 1981. This agreement between the Wellesbourne and Evesham data again indicated that a plot only about 14 x 14 m is suitable for monitoring the fly's activity in a locality. The fields sampled in the Evesham area were all within 80 km of Wellesbourne. From the data collected in these two years, accumulated D° appears to be an accurate method for forecasting the time of attack by the first generation of cabbage root flies.

The survey also indicated that there was no need for an insecticide to have been applied in about half of the crops surveyed; those where the "Root Damage Index" did not exceed the damage threshold of 30. This was unexpected for the current recommendation is that all brassica crops should be treated against the first generation of flies. The low levels of root damage were mainly attributable to most crops being heavily irrigated twice each week to produce high quality cauliflowers for the early market, with correspondingly high prices. Even heavily attacked crops may not then suffer severely from root damage.

In the field in 1980 at both Wellesbourne and Evesham, 680 D° were recorded in the soil between the peaks of egg-playing by the first and second generations of flies in 1980 and 1981, compared with only 540 D° and 618 D° between the second and third generations peaks. The time of peak oviposition by the third generation is difficult to forecast from D°, as the calculation depends on the times of peaks of the earlier generations. Furthermore, different proportions of the first generation pupae can be induced by high-temperature into aestivation, the summer resting state. Emergence of part of the second generation, expected in July, is then delayed until August, as in 1981 when the delay was equivalent to 370 D°. Aestivation, however, affected the later-developing pupae of the first generation so that only the early-developing insects contributed to the second generation. Consequently, the second generation peak was also representative of the early developers and so a smaller proportion of the insects were subjected to the cooler, shorter days that induce diapause. More of the second generation of flies then contributed to the third generation than entered diapause to overwinter. This explains why the D° required between the second and third generations were closer to the expected values in 1981 when aestivation occurred. In years without much, or any, aestivation, as in 1980, most of the second generation of pupae overwintered. Hence, D° for the third generation should be calculated from a time prior to

the peak of oviposition of the second generation rather than from the peak itself. The precise time needs to be determined.

In 1981, when aestivation occurred, approximately 75% of the second generation of eggs were laid as expected in July, rather than delayed until August, even though similar numbers of females ($30+9$ and $42+6$ per trap) were caught in each month. In both years third generation oviposition was low and only 2-3 eggs/plant were recovered from the Brussels sprout crops sampled.

FURTHER WORK

To improve the accuracy of the present forecasts, additional information is required on: -

1. The times of peak fly activity at several sites for a number of years
2. The factors that induce and terminate aestivation and how aestivation affects subsequent fly emergence
3. The critical combination of temperature/photoperiod to induce diapause in the later-developing larvae/pupae of the second generation

REFERENCES

- ECKENRODE, C.J. & 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
- COAKER, T.H. & FINCH, S. (1971). The cabbage root fly *Erioischia brassicae* (Bouché). *Report of the National Vegetable Research Station* for 1970, 23-42
- COAKER, T.H. & WRIGHT, D.W. (1963). The influence of temperature on the emergence of the cabbage root fly *Erioischia brassicae* (Bouché) from overwintering pupae. *Annals of Applied Biology* 52, 337-343
- FINCH, S. & SKINNER, G. (1974). Some factors affecting the efficiency of watertraps for capturing cabbage root flies. *Annals of Applied Biology* 77, 213-226
- FINCH, S. & SKINNER, G. (1981). Mortality of overwintering pupae of the cabbage root fly (*Delia brassicae*). *Journal of Applied Ecology* 17, 657-665
- FINCH, S., SKINNER, G. & FREEMAN, G.H. (1975). The distribution and analysis of cabbage root fly egg populations. *Annals of Applied Biology* 79, 1-18.

DEVELOPMENT OF SAMPLING METHODS OF PESTS IN CABBAGE CROPS

J. THEUNISSEN (1)

SUMMARY

During four consecutive seasons observations on populations of various pest insect species have been carried out in Brussels sprouts. During these seasons a field of 400 plants has been taken of which each individual plant has been observed. The records of each plant including yield data were collected on tape for subsequent computer data processing. During the seasons of 1980 and 1981 observations of all plants were made weekly.

These data are valuable to investigate important factors in the behaviour and biology of the pest species for instance migration in the crop, preferences in oviposition sites, relation of population density and fraction of infected plants, border effects and nature of distribution patterns etc. Because the entire field has been repeatedly observed parameters like mean population density over all plants are exactly known. This allows simulation of sampling methods and evaluations of prospective practical field sampling methods. To obtain the answers on all important questions special computer programs have to be made. This requires time and funds.

The first results of the data analysis indicate that a sampling frequency of once per two weeks is sufficient to obtain good information on the development of the various populations. Once in three weeks seems to be too risky. No border effects of major pests have been found in these fields. This simplifies practical sampling procedures. It is not necessary to take a fixed set of sample plants during the season. Each moment another set of plants can be taken at random to estimate the pest population density. Simulation of simple random sampling shows that samples of 10 plants from either border rows or the whole field give a very good estimate of the real population density. Mean deviations between the sampling results and the real population density are very small. The probability that a particular sample of 10 plants will give an over- or underestimation of the real population density has been determined. This is important for the individual farmer and his chance to use field sampling successfully.

Data analysis on sampling methods and other important items shall be continued.

(1) Research Institute for Plant Protection - 6700 AA WAGENINGEN.

DEVELOPPEMENT DE METHODES D'ECHANTILLONNAGE DES

RAVAGEURS DES CULTURES DE CHOUX.

RESUME

Pendant 4 années consécutives, on a fait des observations sur les populations de différentes espèces d'insectes ravageurs des choux de Bruxelles. Chaque plant d'un champ de 400 plantes a été suivi. Les relevés sur chacun, y compris les données sur le rendement, ont été rassemblés sur cassettes en vue de leur traitement par ordinateur. Pendant les campagnes 1980 et 1981, des relevés hebdomadaires ont été effectués sur chaque plant.

Ces données permettront de mettre en évidence des facteurs importants du comportement et de la biologie des ravageurs, tels que: migrations vers les cultures, préférences pour les sites d'oviposition, relation entre densité de population et nombre de plantes infectées, effets de bordure, nature des types de distribution etc.... Comme le champ entier a été l'objet d'observations répétées, des paramètres comme la densité moyenne de population sur tous les plantes sont exactement connus. Ceci permet de simuler des méthodes d'échantillonnage et d'évaluer la valeur prospective de ces méthodes au champ. Des programmes spéciaux d'ordinateur doivent encore être réalisés pour obtenir les réponses à toutes ces importantes questions, ce qui demande du temps et de l'argent.

Les premiers résultats de l'analyse des données indiquent qu'une fréquence d'un échantillonnage toutes les deux semaines est suffisante pour obtenir une bonne information sur le développement des diverses populations. Un par trois semaines serait plus hasardeux. Aucun effet de bordure pour les ravageurs principaux n'a été observé. Ceci simplifie les procédures pratiques d'échantillonnage. Il n'est pas nécessaire de choisir un ensemble fixe de plants pour l'échantillonnage saisonnier. A chaque moment, un autre ensemble peut être pris au hasard pour estimer la densité de populations de ravageurs. Une simulation d'échantillonnage simple au hasard montre que des échantillons de 10 plants de chaque rangée de bordure ou de plein champ donne une très bonne estimation de la densité de population réelle. Les déviations à la moyenne entre les résultats d'échantillonnage et la densité de population réelle sont très étroites. On a déterminé la probabilité d'obtenir une sur - ou une sous - estimation de la densité de population réelle à partir d'un échantillon de 10 plants. Ceci est important pour que chaque cultivateur puisse utiliser avec succès l'échantillonnage au champ.

L'analyse des données sur les techniques d'échantillonnage et d'autres items importants sera poursuivie.

1. Introduction

The rational use of insecticides in the culture of vegetable crops is important because of environmental and economical reasons. Unnecessary control treatments are wasteful from all possible points of view. To facilitate the decision making process in crop protection information is required from the field. This information pertains to the density and distribution of pest populations.

Sampling methods are ways to collect field information in a systematical and scientifically sound manner. They are a function of various factors: the distribution of the pest, the tolerable population level, the costs of a routine control application, the permissible margin of error in the estimates of the population density, the desired level of accuracy.

Generally applicable sampling methods for vegetable crops are not available. Therefore, preliminary research on essential aspects of sampling methodology was started in 1978 at the Research Institute for Plant Protection at Wageningen. Financial support from the European Commission from 1980-1982 contributed to the scale of research on this subject.

The first stage, small scale intensive sampling research, has been finished and the results shall be evaluated during the year 1982. In this year the second stage shall start, the development of sampling methods for practical use on large farmers fields. This stage is based on results obtained during the first stage of this research.

Since priority has been given to the evaluation of sampling methods proper the first results are available now.

2. Material and Methods

- 2.1. Crop : Brussels sprouts cv. Craton was planted in the beginning of June. Harvest took place in October or November. Brussels sprouts were used because all major pests were available, it is on the field during a long period and it is relatively easy to make observations in.
- 2.2. Field: Twenty rows of twenty plants each, surrounded by one border row. This border row was not included in the observations because of the differences in stand and size which made it non representative for the crop.
- 2.3. Observations : During the years 1978 and 1979 occassionally but during 1980 and 1981 weekly, observations were made on each individual plant of the total of 400 plants. There observations included (see addendum 1)
- * row number
 - * plant number
 - * *Mamestra brassicae* : number of egg batches
number of eggs
number of L1 caterpillars
number of "small" 1) caterpillars (L2 + L3)
number of "large" caterpillars (L4 - L6)

- * Pieris rapae: number of eggs
 - number of "small" caterpillars
 - number of "large" caterpillars
- * Pieris brassicae: number of eggs
 - number of "small" caterpillars
 - number of "large" caterpillars
- * Plutella xylostella: number of caterpillars
 - number of pupae
- * Evergestis forficalis: number of eggs
 - number of caterpillars
- * Brevicoryne brassicae: degree of infestation 2)
- * Leaf injury: degree of leaf injury by caterpillar feeding 3)

1) Since size is relative the criteria "small" and "large" have been defined here:

Mamestra brassicae, Pieris rapae and P. brassicae: small = ≤ 1 cm

large = > 1 cm

Plutella xylostella and Evergestis forficalis: small = $\leq 0,5$ cm

large = $> 0,5$ cm

2) Classification for degree of infestation:

no infestation = no aphids observed

slight infestation = 1-10 aphids/plant

medium infestation = > 10 aphids/plant as:

- a) less than 10 small ($\emptyset \leq 1$ cm) colonies
- b) pressure as individual aphids dispersed over the plant (> 10).

heavy infestation = > 10 aphids/plant as:

- a) large colonies ($\emptyset > 1$ cm)
- b) 10 or more small colonies dispersed over the plant

3) Leaf injury criteria

no injury = no detectable feeding

slight injury = detectable feeding injury - 1 % leaf surface eaten

medium injury = 1-5 % of leaf surface eaten

heavy injury = > 5 % of leaf surface eaten.

The harvest results of the individual plants were similarly recorded during the years 1979-1981 (see addendum 2). Various yield components were determined, including the number of sprouts infested by the cabbage root fly, *Delia brassicae*.

All observed items were coded for computer storage per date and per individual plant.

2.4. Data processing: From each coding formular a punch card was made. From the punch card the data were filed on tape. For subsequent data processing the data can be transferred to a floppy disk for quick reference.

3. Results and discussion

In sampling research as it is usually carried out an estimate is made of the true population density (for example) by means of small or large samples. However, this true population density (μ) remains unknown and the samples always provide estimators of it. A special feature of this set up is the fact that the true population density (μ) is exactly known, because of the complete sampling of the entire field. This property of the accumulated material

makes it very well suited for simulation purposes because the simulation result can always be related to the real situation. The first aim was to study the dispersion of the pest in the crop. Incidental observation of the entire field was sufficient. Later on additional goals of studying sampling methods by simulation and pest behaviour in the crop required regular observations. Incidental observations were carried out during 1978 and 1979, regular (= weekly) observation during 1980 and 1981.

Making observations in the field in this intensive way is very time consuming (in 1980: 342 man hours, excluding data processing (100 man hours) and transportation (30 man hours)). This is the limiting factor to increase the size of the observed field to make it a more realistic model of a crop in farmers field. The small size is a factor which poses difficulties to the transfer of results to large areas in some cases only. Other results do not seem to be biased by the size of the field.

3.1. Sampling frequency

One of the results of the regular observations is the construction of population curves for each of the observed species and for the total number of caterpillars (table 1).

Table 1: Caterpillars population on the IPO¹ field in 1980

Date	Total caterpillars	<u>Mamestra</u>	<u>Pieris rapae</u>	<u>Pieris brassicae</u>	<u>Plutella</u>	<u>Evergestis</u>
11/6	0.20*	0.08*	0.04*	0.08*	0	0
18/6	0.36	0.31	0.04	0.01	0	0
2/7	0.45	0.35	0.03	0	0	0.07*
9/7	0.24	0.17	0.02	0.01	0	0.05
16/7	0.23	0.12	0.03	0	0	0.08
23/7	0.15	0.06	0.01	0	0.01*	0.06
30/7	0.24	0.20	0	0	0.01	0.03
5/8	0.34	0.31	0.02	0	0.01	0
13/8	0.83	0.62	0.08	0	0.14	0
20/8	1.46	0.58	0.04	0	0.80	0
27/8	1.12	0.28	0.03	0	0.78	0.03
3/9	1.40	0.52	0.04	0	0.76	0.09
10/9	0.88	0.39	0.03	0	0.24	0.23
17/9	1.34	0.60	0.01	0	0.08	0.65
24/9	1.71	0.58	0.02	0	0.09	1.03
2/10	1.92	0.69	0.04	0	0.16	1.05

*) mean number of caterpillars/plant.

¹⁾ IPO-field = observation field on experimental fields of IPO (Research Institute for Plant Protection)

From these data population curves can be drawn (Fig. 1). These values represent real mean numbers of caterpillars (various species or total caterpillars). An important point is whether or not the sampling frequency can be decreased from once a week to once every two or three weeks. This would indicate whether or not considerable savings on the sampling frequency are feasible within acceptable limits of inaccuracy. In the next table values of the mean total numbers of caterpillars/plant have been tabulated, based on the weekly observed numbers. In the columns of "every 2 weeks" and "every 3 weeks" the values of \bar{x}_f (= mean number of total caterpillars/plant in the whole field) as the interpolated results at reduced sampling frequency have been mentioned. They allow the reconstruction of the population curve for total caterpillars as they would have been at a reduced sampling frequency. They also show the deviation of the interpolated values from the real value (in column "weekly").

Differences between the partly interpolated, values of \bar{x}_f and the weekly observations were not significant (paired t-test, $P = 0.05$) (table 2). However, a reduced sampling frequency can result in important differences in interpolated and real population densities at certain moments of quick population increase or decrease. Figs. 2 and 3 show how the interpretation of population curves changes when samples would have been taken every 2 or 3 weeks at two dates of first observation. Especially when sampling would have been carried out every 3 weeks important peaks in the real population curve would have been missed, during the first generation (Fig. 3) or the second one (Fig. 2). Sampling every 2 weeks reasonably indicates the real course of population density, although accidental periodicity in a certain trend could lead to serious over- or underestimation of the population density (Fig. 3).

Conclusion: Sampling once in 2 weeks reflects the real population density with acceptable deviations. Sampling once in 3 weeks is too risky especially in periods of quickly changing population levels.

Table 2:

Values of \bar{x}_f (total caterpillars) at varying sampling frequency: weekly (= actual observation), every 2 and 3 weeks.

Date	weekly	every 2 weeks	every 3 weeks
11/6	0.20	0.20	0.20
18/6	0.36	0.30**	0.28**
-	0.40*	0.40*	0.37**
2/7	0.45	0.32**	0.45
9/7	0.24	0.24	0.35**
16/7	0.23	0.19**	0.25**
23/7	0.15	0.15	0.15
30/7	0.24	0.24**	0.38**
5/8	0.34	0.34	0.60**
13/8	0.83	0.90**	0.83
20/8	1.46	1.46	1.02**
27/8	1.12	1.43**	1.21**
3/9	1.40	1.40	1.40
10/9	0.88	1.37**	1.50**
17/9	1.34	1.34	1.60**
24/9	1.71	1.63**	1.71
2/10	1.92	1.92	-

* interpolated value from actual observations

** interpolated value from actual observations every 2 and 3 weeks

3.2. Border effects

The border of the field often shows other population densities than are found in the center of the field. These border effects are caused by the reactions of insects towards their host plants while approaching the crop from the outside of the field (oviposition) or from the inside during migration in the crop itself (accumulation).

Whatever the causes it must be established whether or not border effects can be expected in a given situation. Because farmers tend to consider caterpillars of all species as "one pest" the total number of caterpillars (or mean total number/plant) is important. To get more information on the behaviour of each species in this respect the mean number of caterpillars per species are important also.

If one postulates as working hypothesis that there is no border effect the population densities in border rows and in the center of the field must be equal, at least not significantly different. From the accumulated material the print outs of each observation date show the mean number of caterpillars/plant in the border rows (\bar{x}_b) and the mean number of caterpillars in the center (\bar{x}_c). Arbitrarily a number of 5 border rows is taken (= 300 plants), the center is the remaining inner part (= 100 plants) (Fig. 4)

By listing all values for \bar{x}_b and \bar{x}_c for a number of observation dates these values can be compared in pairs. A paired t-test should reveal any significant differences during a large number of observation dates.

The values for \bar{x}_b and \bar{x}_c have been tested for significant differences to test the working hypothesis.

The data have been grouped according to the level of population density to investigate possible differences in result at different levels of population density. The results have been abstracted in Table 3.

Table 3. Significance of differences between \bar{x}_b and \bar{x}_c at various levels of population density of total caterpillar populations and some species.

Total caterpillars	Mamestra	P. rapae			
$0 < \bar{x} \leq 0.5$	-*	$0 < \bar{x} \leq 0.25$	-	$0.03 \leq \bar{x} < 0.10$	-**
$0.5 < \bar{x} \leq 1.0$	-	$0.25 < \bar{x} < 0.5$	-	$\bar{x} \geq 0.10$	-
$\bar{x} > 1.0$	-	$\bar{x} \geq 0.5$	-		

** difference just significant for $P = 0.05$, not for $P = 0.01$

* - = no significant difference between \bar{x}_b and \bar{x}_c at a level of $P \leq 0.01$, unless otherwise indicated.

Conclusion: In a field of 20×20 plants of Brussels sprouts no border effects are to be expected in the population density of major pests.

- Remarks: 1. Such a conclusion means that in the given situation sampling from border rows gives representative results for the population in the whole field. This simplifies sampling in farmers field considerably.
2. This conclusion unfortunately depends on this particular situation. In a larger field or a field under varying growing conditions there may be border effects. These can be established in the described manner, based on samples.

3.3. Fixed sampling plants versus variable sampling plants

It has been tested whether or not it is necessary to take the same plants for a certain sample size each observation date. When each time other plants can be taken a sampling can be carried out quicker. From the material a random sample has been taken in which has been compared the sampling results in the border rows when every observation date the same plants were sampled or when each date other randomly selected plants were sampled. The criterium for \bar{x} was the mean number of total caterpillars/plant.

At the observation dates, mentioned in Table 4 20 plants were sampled in the border rows to simulate real field sampling. On 11-6-1980 the randomly selected plants were considered to be the fixed sampling plants for subsequent samplings in the permanent set of sampling plants. At the other dates these plants were sampled (\bar{x}_{fixed}) and another 20 plants were randomly selected and sampled, giving $\bar{x}_{variable}$. The real value for the entire field \bar{x}_f was available already in the material. This \bar{x}_f serves as a reference for the values of \bar{x}_{fixed} and \bar{x}_{var} , the mean numbers of caterpillars/plant in the set of fixed and variable sampling plants respectively. Deviations of \bar{x}_{fixed} and \bar{x}_{var} from \bar{x}_f were tested statistically on their significance.

Table 4: Mean number of caterpillars/plant in fixed and variable sets of sampling plants.

Date	fixed sample	variable sample	real mean
	\bar{x}_{fixed}	\bar{x}_{var}	\bar{x}_f
11/6	0.05	0.05	0.20
18/6	0.20	0.65	0.36
25/6	-	-	-
2/7	0.60	0.95	0.45
9/7	0.15	0.40	0.24
16/7	0.05	0.25	0.23
23/7	0.10	0.20	0.15

Deviations $\bar{x}_{\text{fixed}} - \bar{x}_f$ and $\bar{x}_{\text{var}} - \bar{x}_f$ were tested by use of the χ^2 test on two levels: $P = 0.01$ and $P = 0.05$.

Result: no significant differences were found, meaning that the estimates of the population density by taking both a fixed set of plants and a variable set of sampling plants are accurate according to the two stated levels of accuracy.

Conclusion: No significant differences in the estimate of population density can be expected whether a fixed set of sampling plants are sampled or each time another set of plants of the same size is sampled at random.

Remark: One may take each sampling date another randomly selected sample of plants without influencing significantly the estimates of μ , the real population density.

3.4. Simulation of simple random sampling

Simple random sampling is the base of all probability sampling. Therefore, this method should be evaluated as possible method for field sampling in practice.

Because the real data on the population density of the various pest species are known they provide a check on simulation of sampling methods. The simulation results can be compared with the real situation, allowing direct comparison of the different sampling methods used and sampling variations within a particular method.

To simulate real field sampling random samples of 10 plants each were taken from the border rows only and from the entire field. Per observation date 100 of such samples were taken (100 samples from border rows and 100 from the entire field). Of each of these 100 samples the mean \bar{x} (= mean number of caterpillars/plant) was calculated and the standard deviation s , the variance s^2 and the relative precision defined as $1/s^2$. To indicate the way of sampling the mean of border row samples was indicated as \bar{x}_b , the mean of whole field samples as \bar{x}_f . Per date the difference of mean \bar{x}_f and mean \bar{x}_b with the real population density in total caterpillars or per species was calculated.

Date	Real mean	Total field					Border rows				
		Mean	Stdev.	Variance	Precision	Difference	Mean	Stdev.	Variance	Precision	Difference
78 8 3	1.60	1.57	.77	.59	1.70	.03	1.62	.76	.57	1.75	-.02
76 831	.39	.40	.19	.04	25.62	-.01	.40	.18	.03	29.57	.00
78 922	1.07	1.00	.71	.50	1.99	.06	1.01	.69	.48	2.10	-.05
79 823	.61	.59	.51	.26	3.89	.02	.67	.59	.35	2.90	-.07
79 912	.94	1.07	1.54	2.38	.42	-.14	.77	.63	.40	2.48	-.17
79 925	.43	.54	.76	.57	1.75	-.11	.39	.47	.22	4.56	.04
80 612	.05	.07	.08	.01	140.55	-.01	.06	.08	.01	140.15	.00
80 619	.63	.56	1.25	1.57	.64	.08	.36	.49	.24	4.23	.28
80 626	.54	.42	.90	.81	1.23	.12	.28	.53	.28	3.61	.25
80 717	.22	.23	.20	.04	25.83	.00	.27	.23	.05	18.66	.05
80 724	.47	.29	.33	.11	8.98	.18	.44	.95	.90	1.11	.03
80 731	.86	.82	.96	.93	1.08	.04	1.06	1.20	1.45	.69	-.29
80 8 7	.37	.38	.39	.16	6.43	-.01	.33	.27	.07	13.75	.04
80 821	2.26	2.14	.97	.93	1.07	.12	2.65	1.29	.61	.39	
81 823	1.41	1.23	1.12	1.24	.80	.18	1.38	1.03	1.06	.94	.03
81 630	1.47	1.37	.77	.60	1.67	.10	1.35	.64	.41	2.42	-.12
81 7 7	1.54	1.53	.95	.90	1.11	.00	1.68	1.16	1.34	.74	-.14
81 714	2.21	2.15	1.20	1.45	.69	.06	2.19	1.03	1.07	.94	.02
81 721	2.75	2.68	1.13	1.28	.78	.07	2.67	1.08	.86	.08	
81 728	2.80	2.68	.91	.83	1.20	.12	2.96	1.13	.79	-.16	
81 8 3	1.71	1.51	.80	.64	1.56	.20	1.66	.68	.46	2.16	.05
81 811	2.96	2.89	.94	.68	1.14	.07	3.00	.74	.54	1.85	-.04
81 818	.64	.64	.32	.10	9.70	.00	.73	.41	.17	5.86	-.09
81 825	.70	.69	.40	.16	6.38	.01	.70	.40	.16	6.26	-.01
81 9 1	.88	.89	.70	.49	2.03	-.01	.97	.72	.52	1.94	-.09
81 9 8	.71	.71	.49	.24	4.20	.00	.72	.44	.19	5.25	-.01

Table 5: Simulated sampling results of simple random sampling of the whole field or border rows only at 26 dates (Schuilenburg field).

Sampling parameters are tabulated and the differences of the sample means and the real value for each date. The mean difference of real mean and total field is 0.05; that of real mean and border rows is -0.00.

The results of simulated simple random sampling over 26 observation dates in 4 years has been printed in Table 5.

Below the tabulated sampling results is indicated the mean difference between the real population density and the samples from border rows or the whole field.

The results of the simulated simple random sampling, show that very little differences exist when samples are taken from the border row only or from the whole field. This confirms the earlier conclusion that there are no border effects. In general the real population density is estimated very well by a sample of 10 plants (whether or not from border rows only). On the average the mean difference of \bar{x}_b or \bar{x}_f with μ , the real population density, is very small to zero. The long series of observations in 4 different growing seasons satisfies the requirement of representativeness of both the observations and the simulated results.

Although on the average the sampling result differs very little from the real population density large variations in this sense are possible in individual cases. In a number of cases the population density will be grossly overestimated, leading to unnecessary control measures, or underestimated, perhaps leading to damage to the crop. Therefore, frequency distributions of the percentage deviation of individual sampling results from the real value have been made (Fig. 5). It is possible to calculate the probability of a deviation of a specified percentage when a sample is taken. The frequency distribution in the example of Fig. 5 summarizes the results of 2600 simulated simple random samples of 10 plants each.

The result shows that there is a tendency to underestimate the real population density. This tendency is illustrated in Table 6.

Table 6. Probability of over- or underestimation of the real total caterpillar population density at specified levels of deviation

<u>Deviation (in % of μ)</u>	<u>Probability</u>	
	<u>overestimation</u>	<u>underestimation</u>
0-10	0.0550	0.0696
0-50	0.1907	0.3634
0-100	0.2677	0.6542
0-200	0.3107	-

The figures of Table 6 show that for instance a deviation of 50 % or less from the real value can be expected to be an overestimation in 19.07 % of the sampling results but an underestimation in 36.34 % of the cases. Since a certain variability is inherent in sampling these deviations are not uncommon. The probabilities of deviations in the 4 situations under consideration are shown in Table 7. The interval around the real population density (μ) is shown for the two locations (Schuilenburg field and IPO-field) in two ways of sampling (from border rows only: B and whole field: F).

Table 7 . Probability of deviations within a specified interval when sampling in border rows only (B) or in the whole field (F)

<u>Interval</u>	<u>Probability</u>			
	<u>Schb F</u>	<u>Schb B</u>	<u>IPO F</u>	<u>IPO B</u>
$\mu \pm 10\%$	0.1246	0.1235	0.0937	0.1031
$\mu \pm 50\%$	0.5541	0.5692	0.5400	0.5275
$\mu \pm 100\%$	0.9219	0.9222	0.9143	0.9006

These results indicate the average risk for the farmer or researcher who takes a sample to exceed a specified limit of experimental error in his sampling result. The figures of Table 7 are based on 2600 individual samples for the Schuilenburg sampling and 1600 for sampling on the IPO-field. In general the chance that a sampling result is within a 50 % margin of the real population μ is about 50 %, within a 100 % margin about 90 %. The reasons of the systematic underestimation are under investigation.

4. General remarks

The accumulation of the field data has been finished and the results are being calculated and studied. A large amount of data has been collected over 4 years to make the data representative for various conditions which can occur during the growing season, especially weather conditions, while taking care to standardize the crop and data acquisition as much as possible.

A great deal of information on the behaviour of the pest in the crop, on its dispersion, its migration, its effects on and interactions with the host plants etc. can be extracted from the stored material. To cope with the data computerized data processing is absolutely necessary. At the moment programs are being made to deal with the many questions which can be asked. Programming takes time and financial resources. Therefore, the output of information will be slow but continuing over a large number of years. In the meantime sampling methods for practical field sampling will be developed for implementation in farmers field on large areas.

"Wiskunde - veld": bemonsteringsformulier.

Datum

Voorbeeld: 2 juli 1978 = 780702

1	2	3	4	5	6
<input type="text"/>					

Rijnummer

Kolomnummer

7	8
<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	10
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Mamestra

Aantal ei-spiegels

11	12	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
13	14	15
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16	17	18
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ei-totaal

19	20
<input type="text"/>	<input type="text"/>
21	22
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Aantal ei-rupsen

Aantal kleine rupsen

Aantal grote rupsen

23	
<input type="text"/>	
24	25
<input type="text"/>	<input type="text"/>
26	27
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Pieris rapae

Aantal eieren

Aantal kleine rupsen

Aantal grote rupsen

28	
<input type="text"/>	
29	30
<input type="text"/>	<input type="text"/>
31	32
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Pieris brassicae

Aantal eieren

Aantal kleine rupsen

Aantal grote rupsen

33	34
<input type="text"/>	<input type="text"/>
35	
<input type="text"/>	

Plutella

Aantal rupsen

Aantal poppen

36	37
<input type="text"/>	<input type="text"/>
38	39
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Evergestis

Aantal eieren

Aantal rupsen

42
<input type="text"/>
43
<input type="text"/>

Brevicoryne

Mate van aantasting:

geen = 0, licht = 1, matig = 2, zwaar = 3

Bladvraat

Hoeveelheid

geen = 0, licht = 1, matig = 2, zwaar = 3

Wiskunde - proef 1981: oogstgegevens

Datum (jaar - maand - dag)

Rijnummer

Plantnummer

Gewicht **niet** - marktbare spruiten (g)

Aantal **niet** - marktbare spruiten

Gewicht marktbare spruiten (g)

Aantal marktbare spruiten

Aantal door koolvlieg aangetaste spruiten

Aantal spruiten met lichte rupsenschade

Aantal spruiten met zware rupsenschade

1	2	3	4	5	6
7	8				
9	10				
44	45	46	47		
48	49				
68	69	70	71		
72	73				
74	75				
76	77				
78	79				

Deze coderingen zijn in overeenstemming met die van voorgaande jaren. De laatste twee zijn een uitbreiding.

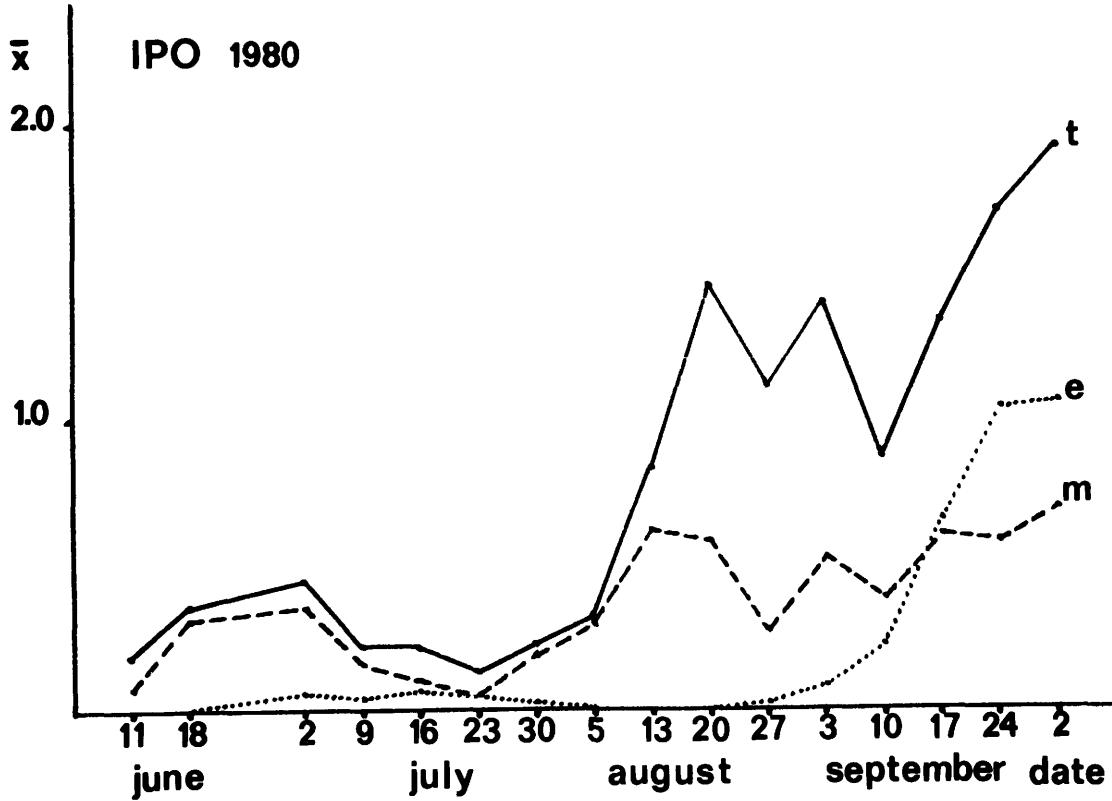


Fig. 1: Population curve of the mean number of caterpillars per plant (x) at the various observation dates in 1980 (IPO field).
Curves are shown for the caterpillars of all species (t), for *Mamestra brassicae* (m) and *Evergestis forficalis* (e).

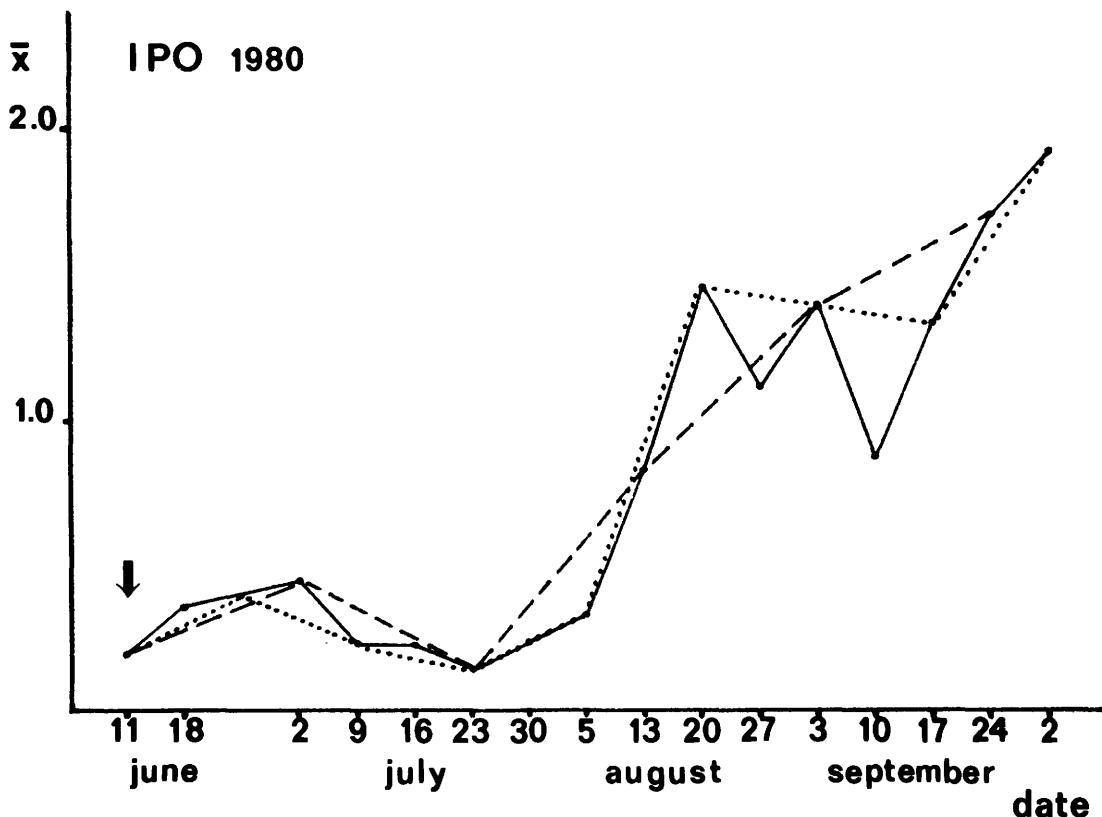


Fig. 2: Population curve of the mean number of caterpillars/plant (x) for all species.
The drawn line represents the observed population development. The dotted line shows the perception of the population development when every two weeks would have been sampled. When once in three weeks would have been sampled the broken line would have determined the perception of population development. The arrow indicates the date at which sampling was started.

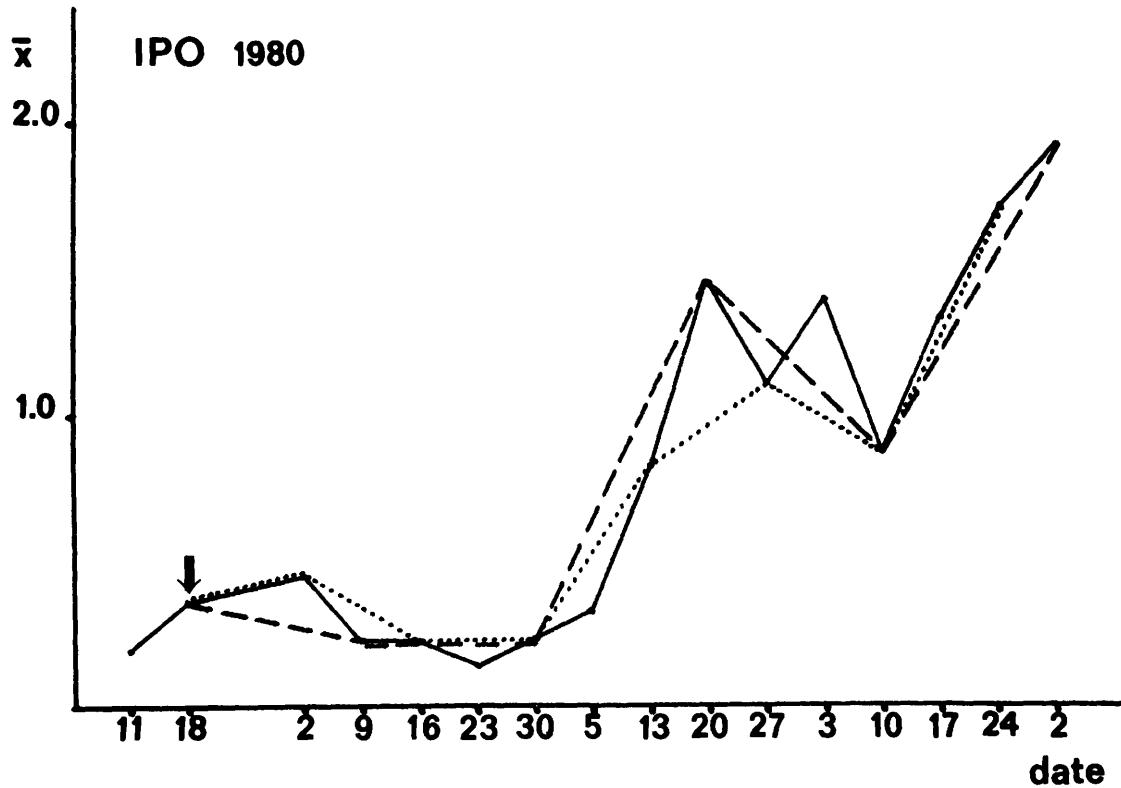
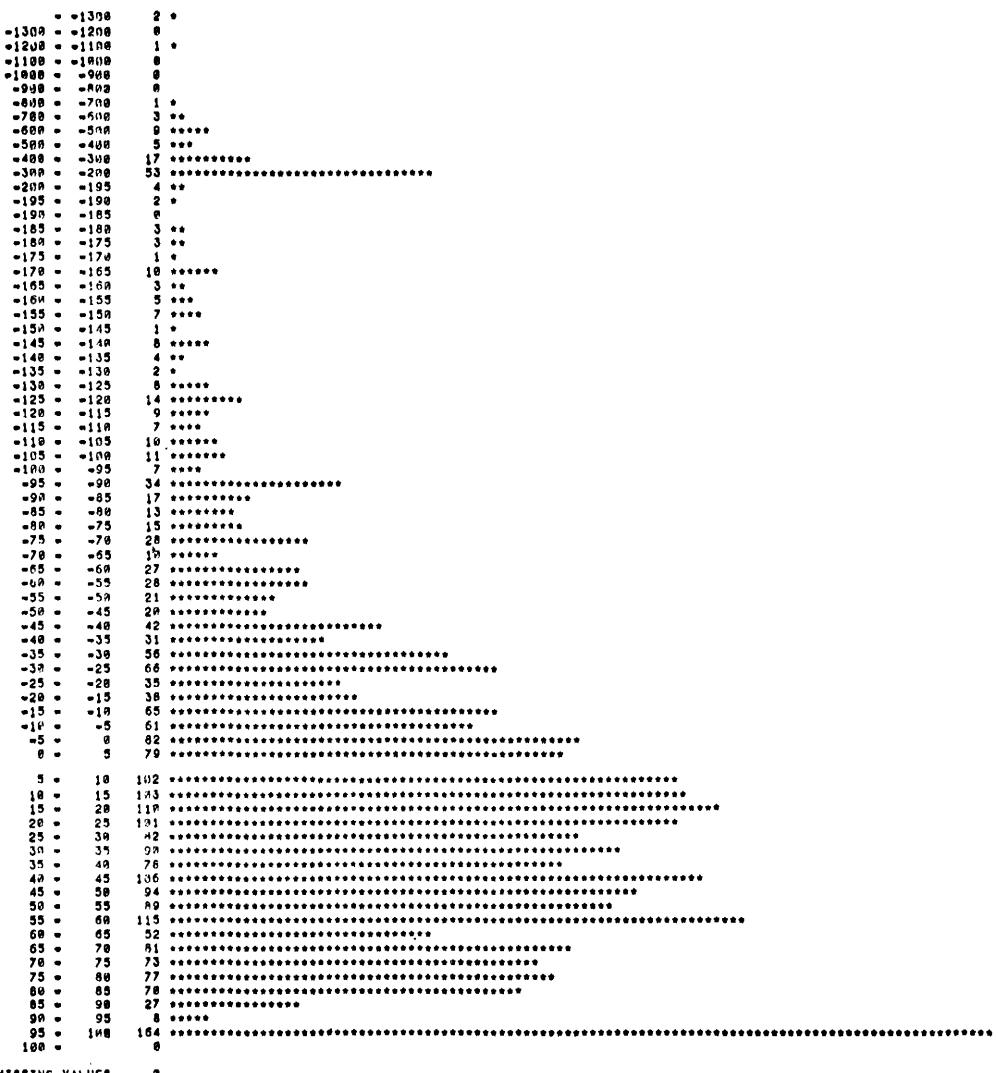


Fig. 3: The same as Fig. 2 but the assessment of population development is different because sampling every two and three weeks was started one week later (arrow) than in Fig. 2. Differences in perception of population development due to these sampling frequencies become apparent.

TOTALE RUPSEN POPULATIE																MAARNEINDINGSDATUM	2-7-81
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
28		1	1	1													
19			1	2													
18																	
17		1		1					8	1							
16									1		1						
15		1		1					3	3							
14										6							
13					1	3			1	26			5	1			
12										1							
11										1			2				
10	4		1				1			1	1	1					
9		1	1			1							1				
8	1		1	2	1	2							1	11			
7	2		1			2	1										
6	5		3				1										
5		1	1					1					2				
4			3								1		6				
3			3					1					1				
2	1	1									18						
1		1	1										1				

Fig. 4: Map of the field as is plotted based on the observed and stored data. Such maps can be plotted for all observed items and can include border rows (here 5) or other stratifications of the field. This example gives the number of *Mamestrae brassicae* caterpillars on 23-06-1981 in 20 rows of 20 plants each.

HISTOGRAM OF AFMG GROUPED BY GRENS2



MISSING VALUES 0

SCALE 0,61 ASTERISK(S) REPRESENT 1 UNIT

Fig. 5: Histogram of deviations of simulated simple random sampling results as percentage of the real value of that particular date of observation. The data refer to sampling results of total caterpillar populations from the entire field over four seasons (2600 samples, Schuilenburg field).

Part 2.b

Integrated Control of Carrot pests

DK - 0760
NL - 0792

LARGE SCALE PRODUCTION OF AGROTIS SEGETUMGRANULOSIS VIRUS AND FIELD TESTS.

J. JORGENSEN (1)

SUMMARY

Due to limited financial support the project is run as a part time job for a scientific worker (5/8 of full time). The project was started May 1st 1980 and the total time 1980 and 1981 is equal to 1 year full time approximately.

Some unforeseeable events have delayed the scientific programme for instance change of the person employed, renewing the stockculture twice due to contamination and a mechanical break-down of an incubator.

The present report gives information about the rearing methods, the inoculation time compared with age of the larvae. The "harvesting" of the infected, dead larvae and the cleaning procedure for the virus.

Further, description of the ways to overcome the difficulties about contamination and finally an outline for the research during the future.

PRODUCTION DU VIRUS DE LA GRANULOSE D'AGROTIS
SEGETUM A GRANDE ECHELLE ET ESSAIS EN PLEIN CHAMP.

RESUME

Etant donné le faible support financier, le projet se réalise sous la forme de travail à temps partiel d'un chercheur (5/8 d'un plein temps). Il a débuté le 1er mai 1980 et le travail réalisé en 1980 et 1981 correspond approximativement au travail d'un an.

Certains événements imprévisibles tels que le changement de la personne responsable, le renouvellement du stock de culture suite à deux contaminations successives et une panne mécanique d'un incubateur, ont retardé le programme scientifique.

Le présent rapport donne des informations sur les méthodes d'élevage, le temps d'inoculation en fonction de l'âge des larves, la collecte des larves mortes infectées et la procédure de purification du virus.

Il indique en plus les moyens utilisés pour vaincre les difficultés occasionnées par la contamination et, finalement, décrit les projets pour le futur.

(1) Den kgl. Veterinaer-og Landbohøjskole - Zoologisk Institut
 1870 KØBENHAVN

PREFACE

The project was started May 1st 1980, but was partly interrupted in August and October. The money granted for salary has only reached for part time employment of a scientific educated person (5/8 of full time or 25 hours a week), so the total work corresponds approximately to one year full time employment.

Cand.scient. Leif Øgaard who was first employed, left the project October 1980, when he was offered a full time job at a Danish research project concerning integrated control of carrot pests (microbial control of Agrotis segetum included). He was replaced by cand.scient. Bitten Bolet from the 1st November 1980. After this change there have been a close cooperation with L.Ø.. In this way continuity has been obtained. Moreover there have been a close cooperation with the other participants of the Danish project mentioned above.

In order to support the work within the project B.B. visited "Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt for a period a 2 weeks in July 1981. The stay was valuable and have resulted in several alternations of procedures within the project.

As the visit was part of the exchange programme recommended by the EEC planning committee for Biological and Integrated Pest Control the financial costs were supported by the EEC-Commission.

Besides the unavoidable delay caused by the person change, several difficulties has influenced the work. Twice the permanent culture had to be renewed. Once because it was found contaminated with virus, and once a technical break down of an incubator resulted in death of the main part of the stock. The renewals of the culture, which caused long periods without larvae available for experiments, have delayed the work. During the summer 1981 an unwanted contamination with NPV (nuclear polyhedrosis virus) was revealed in the produced virusmaterial. No inoculation-experiments could be made, until a pure GV suspension without NPV was produced. A high priority was given to this work, and in November 1981 inoculationexperiments could be started again.

I. INTRODUCTION

Production of granulosis virus, to be used as a microbial insecticide, has to be done by propagation in living larvae (*in vivo*).

Production of baculovirus in cellculture (*in vitro*), so far has only been possible with the nuclear polyhedrosis virus.

The main steps involved in the production of the Agrotis segetum GV is seen from fig. 1. It is necessary to have a healthy and vital laboratory stock, which continuously can supply larvae for inoculation. A timesaving massrearing method for preinoculative rearing of larvae is developed. At a proper size the larvae are inoculated by feeding on artificial diet sprayed with virus. 9-14 days later they die containing amounts of virus approx. proportional to the larval weight at death. To obtain maximal virus yield, experiments are conducted to find the right combination of larval size at the time of inoculation and the lethal dose needed. Since the sensitivity of the larvae is decreasing with age, it should be aimed to have as homogeneous batches of larvae as possible for inoculation, to assure that most inoculated larvae will die at maximum size.

For this reason a method for "automatic" selection of larvae by size based on the behaviour of the larvae is under development. After death the virus-filled cadavers are collected, and the suspension are purified by centrifugation. As a last step the product should be standardized and formulated. Approximately 1 per cent of the virus produced is used for reinoculation, while 99 per cent can be used as insecticide.

II. PERMANENT STOCK

In the autumn 1980 the permanent stock, which previously seemed to be weakened, showed to be contaminated with virus. Since it was not possible to collect larvae in nature due to an extremely low field-population, a new culture was started based on material from Dr. P.L. Sherlock in England (Rothamsted Exp. Station). At the beginning a few larvae apparently died from virusinfection, but after an egg disinfection procedure with formaldehyd was introduced, no problems with virus in the permanent stock has occurred. A technical break down of an incubator in June 1981, resulted in death of the main part of the culture. A new culture based on Danish field collected 6th stage larvae was established during October 1981.

To obtain a contineous supply of larvae for inoculation, a contineous culture is established by starting a new batch every week. Until late in 4th stage the colony principle is used for rearing (p. 5-6). From the beginning of 5th instar the larvae are reared separately in 150 ml plasticcups until pupation. This separate rearing has been used since the introduction of a more durable substrate, which means it is not necessary to change the substrate during the period. The recipe of this substrate was learned in Darmstadt.

III. REARING METHODS

1. Preinoculative rearing

A very simple, but succesfull, method has been developed for rearing large numbers of smaller larvae untill they can be selected for inoculation:

When the larvae are 3-4 days old (late 1st or early 2nd instar) they are transferred to plasticboxes (22x17x6 cm) with a 2 cm layer of vermiculite. Though 2nd instar larvae will tolerate high densities, under these conditions, a density approximately $0,5 \text{ larvae/cm}^2$ (200 per box) is used, incse this is the density tolerated when the larvae reaches 4th instar. The exact density tolerance has not been fully investigated, but the following formular is a usable estimate:

$$\text{Larval density: } \frac{8}{L^2} \text{ larvae/cm}^2 \quad (L=\text{instar 1-4})$$

With this procedure the larval mortality from 1st to 4th instar has shown to be 10 per cent (table 1).

2. Postinoculative rearing

As the larvae from 1st to 4th instar develop asynchronously they have to be size-selected and transmitted to other rearing containers before inoculation.

During 1980 and the first half of 1981 3 postinoculative methods have been developed for 5th and 6th instar larvae. All three of them possesses improvements compared to previous rearing, although they have some drawbacks.

The principle in the 3 methods are:

- 1) Separate rearing in elongate rooms
- 2) colony rearing in vermiculite
- 3) colony rearing without vermiculite

1) Separate rearing

In 1980 a method based on small elongate rooms was developed. Frames with 30 elongated chambers were produced (fig.2). When diet and larvae were placed in the rooms, the humidity could be kept low by means of holes in the end-wall of the chambers and in the plasticcovers.

However the asynchronous development of the larvae, and the causal difficulties in satisfying the feeding demands of the individual larvae, was a considerable draw back. This combined with the fact that a large economic investment was needed to produce the chambers in a proper manner, and bigger scale, was the main reasons for renewed research on colony rearings.

2) Colony rearing in vermiculite

This method is the same as the preinoculative one, but because of the heavily decreasing density tolerance in larger larvae, the method was tested with densities of 0,026-0,130 larvae/cm² (=10-50 larvae/box). The purpose of the test was to find the optimal yield of 6th instar larval biomass per box, which is an expression for the obtainable virusyield. As the larval weight at the end of the 6th instar is proportional to the following pupal weight, the larval weight obtained can be evaluated by means of the pupal weight. Pupal weight was chosen, because a pupa has a definite weight, while it is difficult to determine the maximum weight reached by a larva.

In the pilot test a density of 40 larvae/box was optimal (table 2), but when this was repeated with virus-inoculated larvae, some draw-backs showed up. The larvae died so asynchronously that dead larvae had to be collected in a prolonged period of 8-10 days. Besides, the fragility of the virus dead larvae gave larger problems than originally considered; they broke up very easily and the virus content drained into the vermiculite. Therefore a method without vermiculite was tried.

3) Colony rearing without vermiculite

In nature large cutworms generally burrow in the soil, indicating a need for close contact with surrounding material (thigmotaxis). Till now vermiculite has been used as a soil-substitute. If vermiculite is inexpedient, thigmotaxis stimuli has to be obtained by other means. It was decided to produce some rearing containers, less than 1 cm high, in order to give the larvae a feeling of close contact on their dorsal and ventral sides of the body. For the time being this method is under development, and have shown promising results.

Conclusions

Generally it can be concluded that the research for improved mass-rearing procedures have resulted in three different methods, and has revealed the necessity of research specifically on finding:

- a) method for selecting larvae of uniform size
- b) the exact correlation between size of larvae and size of lethal doses.

These areas have been the main targets for research in the second half of 1981.

IV. VIRUSPRODUCTION

1. Inoculation trials

A single inoculation trial with ten different doses were made during first half of 1981, but the results were inconsistent. The contamination of NPV, which was not detected until summer 1981 (p.3), was probably the main reason for this inconsistency.

When this NPV-contamination was eliminated it became possible to do additional inoculation trials late in 1981. To minimize the size-variation among larvae used for inoculation, the larvae were selected purely by weight instead of evaluating the instar. The results showed that the doses administered were too small (fig.3), but the trials has given valuable informations and will be repeated using more weight classes of larvae and higher doses in order to find the most profitable combination.

2. Selection of larvae by size

The colony-rearing method, based on gregarious cultures of about 200 larvae until time of inoculation, has shown to be suitable, although the size-variation of the larvae has been considerable at the time of inoculation. Since manual selection firstly has been laborious and secondly resulted in too large variation of size, it has been tried to find an "automatic" method for size-selection based on the behaviour of the larvae.

It was found that larvae placed on a net would try to burrow into vermiculite below the net. In this way a size selection could be made, since larvae up to a certain size would be able to pass the mesh, while larger larvae would be retained.

Pilot experiments with 4 mesh sizes were conducted aiming to find a correlation between the size of the net meshes and the average size of larvae retained. The results showed, that it is possible to separate the larvae in well-defined weight classes (table 3). The method is now being tested with mesh sizes from 0,5-4,0 mm.

V. VIRUSMETHODOLOGY

1. Elimination of NPV-contamination

Examination of Danish virusmaterial from *Agrotis segetum*, which B.B. brought along to Darmstadt, revealed an unwanted content of NPV. This meant, that the inoculation experiment conducted until July 1981 was not reliable, since it was done with a mixture of GV and NPV.

After B.B.'s return from Darmstadt great effort has been put into producing an NPV-free GV-suspension which should serve as the basis for further inoculations experiments. Following the purifying procedures recommended by the staff in Darmstadt an presumably NPV-free suspension of GV has been produced. This stock suspension is now used for inoculation experiments.

The case has stressed that it is necessary continuously to check the virus produced, by examining virusdead larvae from each batch produced, a procedure which has also to be part of more industrial large scale production in future.

2. Determination of GV-content in suspensions

During the stay in Darmstadt B.B. became acquainted with methods for counting the number of GV in purified suspensions. A darkfield condenser has been purchased and determination of the GV content is now carried out using a Thoma-counting chamber (0,01 mm deep), 400 times magnification and darkfield illumination.

VI. PLANS

The new stock of Danish *Agrotis segetum* seems to be healthy and vital, and the rearing will continue to supply larvae for different trials.

The experiments to find the optimal combination of larval size at time of inoculation and the lethal virusdose will be continued. When the right combination is found the postinoculative rearing method will be tried out further.

In order to get uniform batches of larvae for different experiments for "automatic" size-selection will be tested with larvae sizes from 1st to 6th instar.

It is important to find the most suitable time for collecting the either virus diseased or virusdead larvae, using an appropriate technic.

Eventually, different procedures for purifying and formulating the virus will be evaluated.

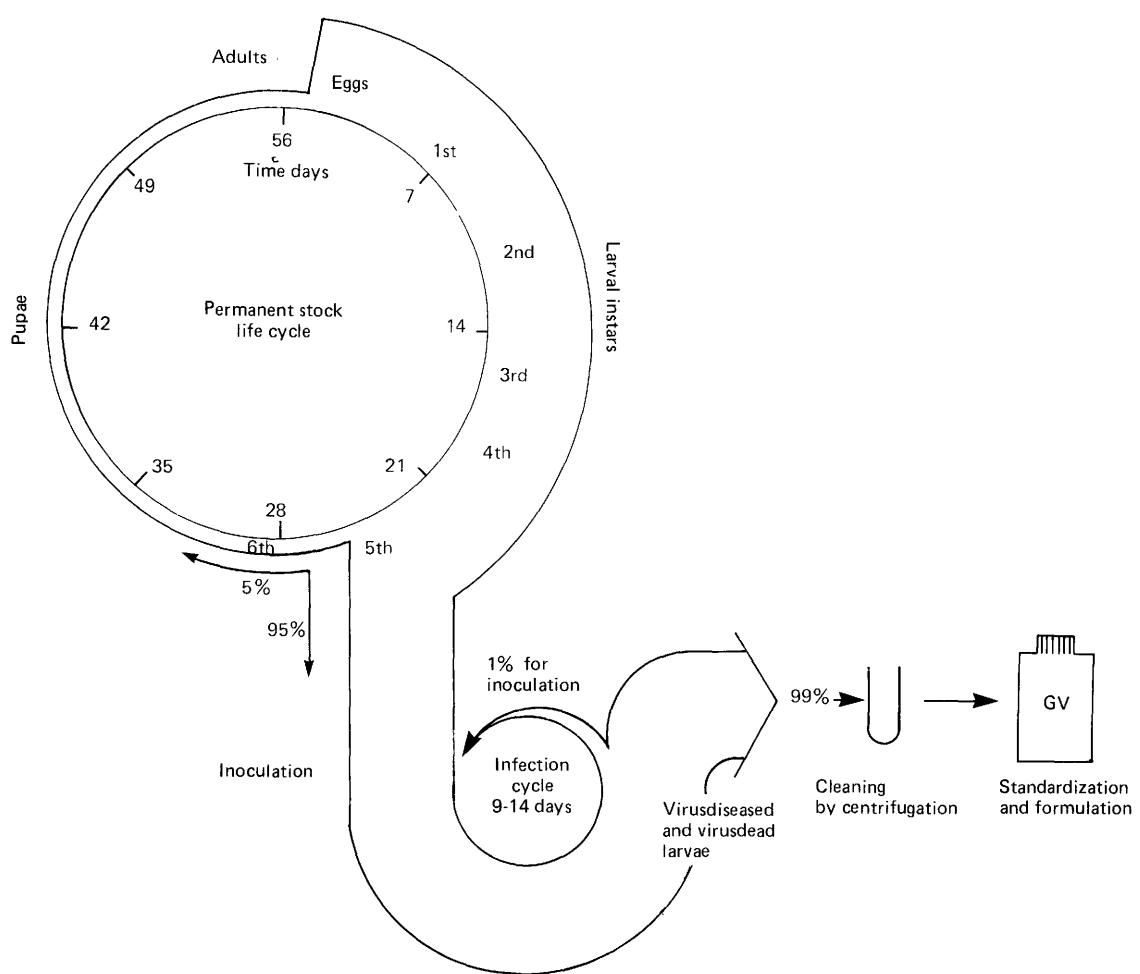


Fig. 1: Production cycle for propagation of *Agrotis segetum* GV in the laboratory.

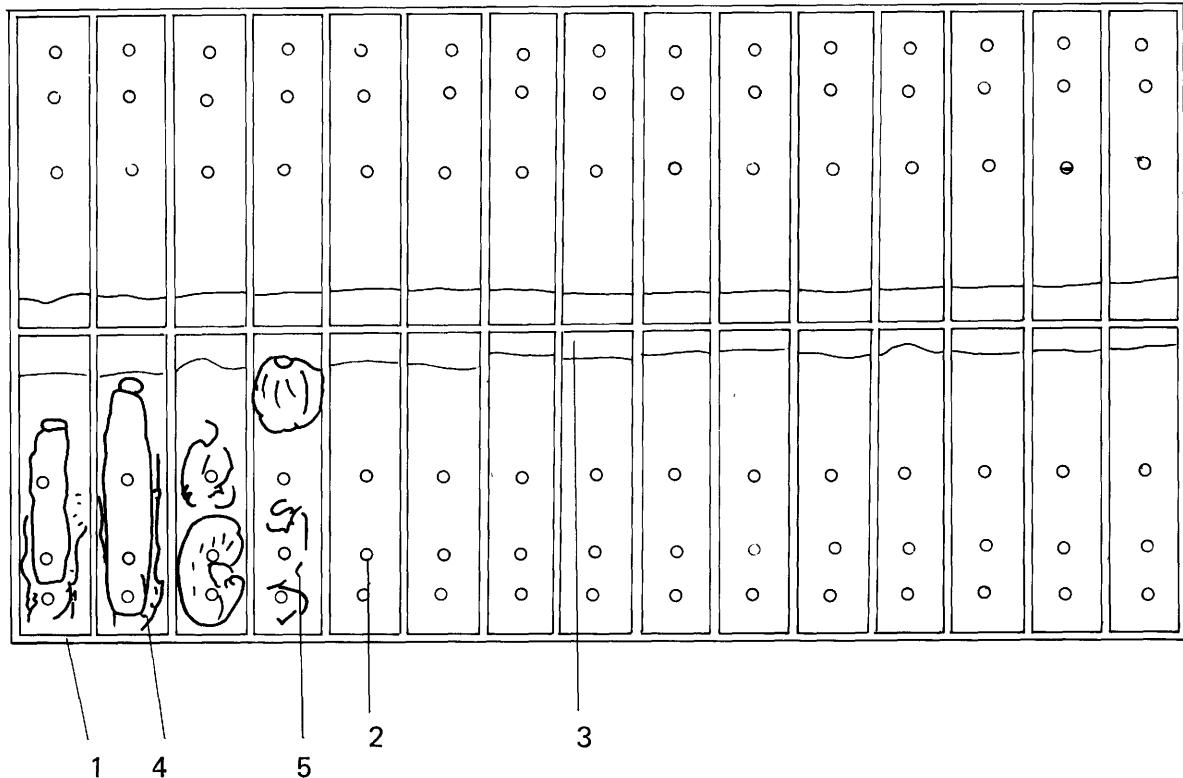


Fig. 2: Frame with 30 elongated separate chambers for postinoculative rearing. 1) single chamber (4,0 1,2 1,0 cm, holes in cover to keep humidity low. 3) artificial diet 4) larvae 5) faeces.

Dosis GV/m1	Weight classes of larvae inoculated				
		100 mg	200 mg	280 mg	350 mg
$9,8 \times 10^6$	Mortality %	11 ± 8	5	0	0
	Virusdead larvae, g	0,25 ± 0,02	—	0	0
$9,8 \times 10^7$	Mortality %	33 ± 7	11 ± 8	6 ± 6	0
	Virusdead larvae, g	0,34 ± 0,08	0,47 ± 0,04	0,33 ± 0,29	0

Fig. 3: Inoculations experiment with 4 weight classes of larvae and 2 inoculation doses. Each experiment is done with 3 repetitions á 15 larvae ($\bar{X} \pm S.D.$). The virusyield is stated as the weight of the virusdead larvae.

number of 1st instar larvae/box	replikae	total number of larvae	survival to 4th instar %	means %
200	6	1200	66,95,97,84,97,97	90

Table 1: Survival from 1st to 4th instar, using the preinoculative method.

nr. of 4th instar larvae/box	nr of 6th instar lar- vae/box X±S.E.	min. - max.	pupal weight g	acc. pupal - weight/box g
20	19,7 ± 0,2	19 - 20	0,311	6,1
30	28,8 ± 0,4	28 - 30	0,316	9,1
40	38,0 ± 0,9	34 - 40	0,280	10,6
50	36,0 ± 6,6	33 - 47	0,270	9,7

Table 2: Survival from 4th to 6th stage and the pupal weight obtained by different densities of larvae.

	meanweight (mg) of larvae retained by net with a meshsize of:			
	1,6 mm	1,7 mm	1,8 mm	2,0 mm
	93	111	171	211
	105	132	166	206
	114	141	180	213
	109	142	188	202
	111	163	190	
	122	164	204	
	131	134	166	
		163	195	
			183	
X ± S.E.	112 ± 5	144 ± 7	183 ± 5	208 ± 7

Table 3: Sizeselection of larvae by the netmethod. The middleweight are based on weighing min 11 and max. 88 larvae.

There is significant difference in the mean weight of larvae detained on the 4 nets ($P < 0,0005$).

RESISTANCE OF CARROT TO THE CARROT FLY, PSILA ROSAE

J.H. VISSER (1), O.M.B. de PONTI (2)

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, I₁ and I₂ 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 I₁ et I₂) 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 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

(1) Department of Entomology, Agricultural University, WAGENINGEN
 (2) Institute for Horticultural Plant Breeding (NT), WAGENINGEN

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, I₁ en I₂ 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 ovipositielijn door de wortelvlieg stimuleert, kan in de toekomst mogelijk leiden tot lijnen resistent voor ovipositielijn 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 m 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 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 α -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 β -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 plexiglass 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. Ingamer (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. 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

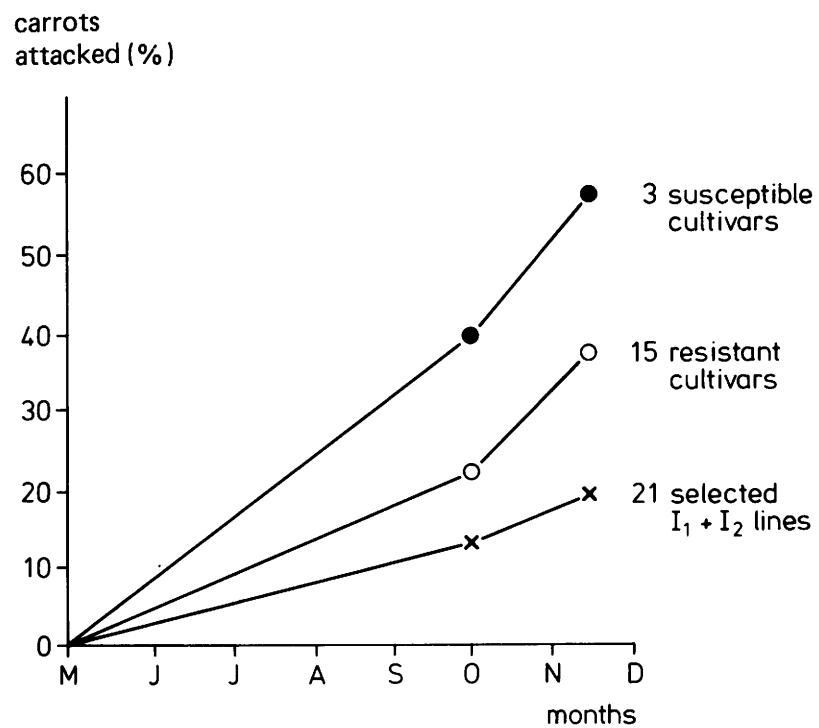


Figure 1: Development of the incidence of attack at the end of the growing season.

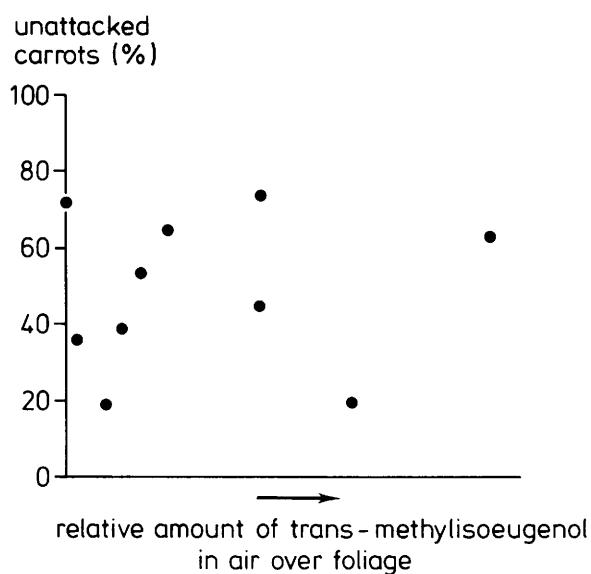


Figure 2: The proportion of carrot plants unattacked by the carrot fly and the relative amount of trans-methylisoeugenol in the air over their leaves.

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
1979		
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 ₂ lines	5 (33)	5 (33)
1980		
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 ₂ lines	75 (55)	13 (32)
intercross families	39 (54)	7 (38)
1981		
susceptible controls	3 (39)	-
resistant controls	3 (24)	-
cv's from East-Europe	9 (44)	0
I ₁ lines	121 (21)	7 (13)
I ₂ 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 ₂ Signal	I ₂ (FL x HC)	I ₂ Nantes
I ₂ Nantes	I ₂ Nantes	I ₂ Vertou
I ₂ Pioneer	I ₂ Vertou	I ₂ (FL x HC)
I ₂ Vertou	I ₂ Caramba	I ₂ Duranda
	I ₂ St. Valery	I ₁ Sytan
		I ₁ Carentan
		I ₁ Touchon
		I ₁ Tip Top
		I ₁ Nantskaja Goryskaja

Table 3 Compounds identified by GLC-MS analyses in a Likens-Nickerson extract (ether-pentane) of carrot plants.

8-pinene, sabinene, myrcene, limonene, terpinene, ocimene, terpinolene, p-cymene, 3-hexen-1-ol, 2-hexen-1-ol, 3-hexenyl acetate, bergamotene, 4-terpineol, β-caryophyllene, esquiphellandrene, β-farnasene, humulene, bisabolene, germacrene D, methyleugenol, methylisoeugenol

Table 4 Compounds identified by GLS-MS analyses in a continuous extract (ether-pentane) of carrot plants.

myrcene, limonene, 1-hexanol, 3-hexen-1-ol, 2-hexen-1-ol, bergamotene, β-caryophyllene, bornyl acetate, β-farnasene, sesquiphellandrene, bisabolene, p-cymene-8-ol, 2-phenylethanol, methyleugenol, méthyliso-eugenol

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
α -pinene	7	16	124	190	275	0	239	52
β -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
β -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
α -pinene	7	7	10	8
β -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
β -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 ₂ 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 ₂ Vertou	72	0.30
Population Nantes 79611	73	16.25
I ₂ St.Valery	74	7.75
Population Signal 79660	85	2.93
I ₂ Vertou	89	3.20

Part 3

Integrated and Biological Control in Cereals

F - 0704
F - 0705
B - 0751
B - 0752
UK - 0772
IR - 0780

BIOLOGICAL CONTROL OF CEREAL APHIDS WITH ENTOMOPHTHORALES

G. REMAUDIERE (1)

SUMMARY

Ecological research has shown the important role played by Erynia neoaphidis, Entomophthora planchoniana and Conidiobolus obscurus in population regulation of cereal aphids. Considerable differences were found in the incidence of these 3 pathogens, not only in relation to their host, but especially in function with meteorological conditions: E. neoaphidis dominated during very humid periods. E. planchoniana during dryer periods; while C. obscurus became scarce during warm periods.

The accumulated data from 10 years of research on the Entomophthorales has permitted to better understand, and surmount much of the confusion which has surrounded the nomenclature and systematics of these fungi. Considerable progress has been made in this area, in particular, a revision and characterization of the potentially entomopathogenic genera.

The research concerning the control of cereal aphids was realized using C. obscurus because this species grows well and certain of its strains produce resting spores which are easy to handle and store.

A method of estimating the pathogenicity vis-a-vis S. avenae has been developed along with the revelation of certain factors influencing the aggressivity of strains: culture media, the ability of a primary conidia to emit a germ tube rather than a secondary conidia, effect of certain cuticular components of the host and certain enzyme of the pathogen. In addition, an interesting phenomenon of mimesis of the fungus grown in vivo, in its host, is identical to that of the healthy aphid.

Physiological research has allowed to come to know the importance of essential nutrients in C. obscurus, and to replace expensive nitrogen sources such as yeast extract with corn steep (inexpensive industrial residue). The ultrastructural study of sporulation has lead to a new procedure for producing spores which reduces the fermentor utilization time by one half. The vernalization and conservation of spores have been ameliorated by envelopping them in clay.

The first trial application of C. obscurus spores on R. padi, performed in greenhouses in 1979, evoked a lasting mycosis within the aphid population; nevertheless, high population levels were attained. The 1980 trials made in cereal cultures in 7 European localities did not give conclusive results because aphid density was very low; none of the localities experienced exponential growth in the aphid control populations. In 1981, the anticipated field trials had to be cancelled because the industry in charge of spore production was unable to produce the sufficient quantities of spores, and the quality of the available spores proved to be very poor.

Preliminary trials of Erynia neoaphidis have been made. The mycelium produced in fermentor is indeed capable of projecting infective conidia directly after its application. During field trials on cereals, a

(1) Institut Pasteur 75724 PARIS.

naturally occurring E. neoaphidis infection was detected at the time of spore application, interfering with its fermentor produced counterpart. An epizootic mycosis then developed in both the treated plots as well as the control plots. Greenhouse trials using this species have shown that the fungus establishes itself and develops rapidly, manifesting an epizootic tendency (such as that which is frequently observed on M. dirhodum in the field). The ecological consideration of E. neoaphidis in aphid populations is of capital importance (according to the local and period, 50 to 90 % of the mycosis cases are due to this species); mycelium production in fermentor is rapid (48 hours) and easy; even though serious problems still exist in regard to its storage (no resistant form of E. neoaphidis is known at this time). This species must not be neglected in future research.

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES

AU MOYEN DES CHAMPIGNONS ENTOMOPHTHORALES

RESUME

Les recherches écologiques ont mis en évidence le rôle joué par Erynia neoaphidis, Entomophthora planchoniana et Conidiobolus obscurus dans la régulation des populations aphidiennes en céréales. Des différences considérables sont notées dans l'incidence respective de ces 3 pathogènes, non seulement en fonction de l'hôte mais surtout en fonction des circonstances météorologiques: E. neoaphidis domine en période très humide, E. planchoniana en périodes plus sèches tandis que C. obscurus se raréfie en période chaude.

Les données accumulées en 10 ans de recherches sur les Entomophthorales, ont permis de mesurer l'importance des confusions qui régnait dans la nomenclature et la systématique des Entomophthorales: plusieurs mises au point ont été faites et en particulier une révision et une redéfinition des genres à potentialité entomopathogène.

Les recherches en vue de la mise au point de la lutte contre les pucerons des céréales ont été menées essentiellement avec C. obscurus car cette espèce se cultive bien et certaines souches donnent des spores durables faciles à manier et à conserver.

La méthode d'estimation du pouvoir pathogène vis-à-vis de S. avenae a été développée et certains facteurs conditionnant l'agressivité des souches ont été mis en évidence: milieux de culture, aptitude des conidies primaires à émettre un tube germinatif plutôt qu'une conidie secondaire, effet de certains composés cuticulaires de l'hôte et de certains systèmes enzymatiques du pathogène. Un intéressant phénomène de mimétisme du champignon sur son hôte a été découvert: la composition en acides gras du champignon produit in vivo dans son hôte est identique à celle du puceron sain.

Les recherches physiologiques ont permis de reconnaître les exigences nutritives essentielles de C. obscurus et de remplacer la source d'azote onéreuse que représentait l'extrait de levure par le corn steep, résidu industriel bon marché. L'étude ultrastructurale de la sporulation a conduit à l'élaboration d'un nouveau procédé de fabrication des spores qui réduit de moitié le temps d'utilisation du fermenteur. La vernalisation et la conservation des spores ont été améliorées par leur enrobage dans une argile.

Le premier essai d'application de spores de C. obscurus sur Rhopalosiphum padi réalisé en serres en 1979 a permis une implantation durable de la maladie dans la population, néanmoins malgré des conditions supposées optimales, des niveaux de population élevés ont été atteints. Les essais de 1980 réalisés en cultures de céréales dans 7 localités d'Europe n'ont pu conduire à des résultats probants car les densités de pucerons étaient très faibles et en aucun endroit les populations des témoins n'ont manifesté une croissance exponentielle. En 1981, les essais prévus sur le terrain ont dû être annulés car l'industrie n'a pas réussi à produire les quantités de spores nécessaires et la qualité des spores disponibles s'est avérée très mauvaise.

Des essais préliminaires de Erynia neoaphidis ont été réalisés. Le mycélium produit en fermenteur est en effet capable de projeter des conidies directement infectantes après application sur les plantes. Les essais en céréales ont été contrariés par une infection naturelle causée par cette espèce et détectée au moment du traitement; l'épidémie s'est ainsi développée de la même façon dans les parcelles traitées et les témoins. Des essais en serre réalisés avec cette espèce ont montré qu'elle s'implantait et se développait rapidement, manifestant une tendance épizootique (comme cela s'observe fréquemment sur M. dirhodum en plein champ). L'importance écologique de E. neoaphidis dans les populations de pucerons est capitale (selon les lieux ou les époques, 50 à 95 % des cas de mycose se rapportent à cette espèce); la production du mycélium en fermenteur est rapide (48 heures) et facile; malgré les sérieux problèmes posés par son stockage (on ne connaît pas de forme de résistance), cette espèce ne doit pas être négligée dans les recherches.

1. RAPPEL DES OBJECTIFS

CONDUITE DES RECHERCHES

1.1. Objectifs

L'objectif du projet est d'assurer l'implantation précoce d'un inoculum fongique dans les populations de pucerons de céréales afin de freiner leur expansion et de prévenir les dommages économiques.

Pour atteindre cet objectif, il était nécessaire de disposer d'un inoculum stable et actif, facile à produire à grande échelle. Cela impliquait la poursuite de recherches tous azimuts couvrant à la fois l'aspect fondamental et appliqué. Ainsi le programme poursuivi a concerné :

- La recherche de souches pathogènes des pucerons de céréales, en liaison avec les progrès de la connaissance écologique et systématique des Entomophthorales,
- L'estimation et la comparaison de la pathogénicité des souches vis-à-vis des trois principales espèces de pucerons (Sitobion avenae, Metopolophium dirhodum et Rhopalosiphum padi), en liaison avec un approfondissement de la connaissance des facteurs qui conditionnent la virulence,
- 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,
- la réalisation des premières expérimentations en serre et en plein champ.

1.2. Conduite des recherches

Les recherches ont été poursuivies à l'Institut Pasteur par l'équipe Remaudière, Latgé et Papierok avec le concours de chercheurs stagiaires: D. Perry (U.S.A.), P. Brey (U.S.A.), B. Torrès (Brésil), L. Sampedro (Mexique). Elles ont été menées en étroite collaboration avec M. Dedryver (INRA, Rennes) et ses collaborateurs dans le cadre d'un contrat de sous-traitance; plusieurs collègues ont en outre participé à certaines phases des travaux: N. Wilding (Rothamsted Experimental Station), R. Hall (Glasshouse Crops Institute), G. Latteur (Faculté agronomique de Gembloux), G. Hennebert (Université catholique de Louvain), S. Keller (Station fédérale de Recherches agronomiques de Zurich) et J.M. Rabasse (INRA, Antibes), A. Uziel (Israël), Sanglier (Bâle).

Compte tenu de l'expérience acquise durant les années précédentes, les recherches ont été concentrées sur Conidiobolus obscurus, espèce qui a l'avantage de former des spores durables faciles à conserver et dont nous avions reconnu les conditions de levée de la dormance. Les études sur la physiologie du champignon ont été développées à l'Institut Pasteur; les essais en serre ont été réalisés à Rennes et à Antibes; les principaux essais en cultures de céréales d'hiver ont été effectués à Brie-Comte-Robert, Rennes, Gembloux et Littlehampton.

2. PROGRES ACCOMPLIS

Des progrès marquants ont été réalisés dans la connaissance systématique et biologique des Entomophthorales. Certains facteurs déterminants du pouvoir pathogène ont pu être mis en évidence. Les recherches physiologiques et structurales sur la sporulation ont conduit à la mise au point d'une nouvelle méthode pour la production des spores. Une série de souches ont été comparées sur la base de leur CL 50, du temps d'incubation et de leur capacité de production de conidies à partir de l'hôte infecté. L'impact des différentes espèces d'Entomophthorales sur les trois principaux pucerons des céréales a été étudié en 1980 et 1981 dans différentes régions. Les productions de spores confiées à l'industrie ont révélé des difficultés inattendues (liées à la longue durée de la fermentation), ainsi nous n'avons donc pas pu disposer des quantités de spores indispensables à la réalisations complète des programmes d'essais, en outre certains lots de spores se sont révélés de mauvaise qualité. Les essais accomplis en serre et sur le terrain ont montré qu'il est possible d'installer la mycose dans une population par application de spores durables vernalisées de Conidiobolus obscurus, toutefois l'incidence du champignon est demeurée faible.

1.2. Systématique des Entomophthorales

Depuis de nombreuses années, une grande anarchie régnait dans la nomenclature et la classification des Entomophthorales. Même des espèces d'importance économique étaient désignées sous des noms différents selon les auteurs. Batko en 1964 et 1966 a tenté de mettre un terme à cette confusion mais il n'a pas été suivi par la majorité des chercheurs; sa classification compliquée en genres et sous-genres se fondait sur des caractères fragiles et ne respectait pas toutes les règles du Code de Nomenclature.

Les données écologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques accumulées surtout au cours des 5 dernières années ont permis de mettre en évidence certaines synonymies, de construire une classification inspirée de celle de Batko, mais plus simple et plus solide 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) (Remaudière & Hennebert, 1980; Remaudière & Keller, 1980).

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 depuis Nowakowski (1883) sous le nom de Entomophthora aphidis Hoffmann in Fresenius; la redécouverte dans les Alpes françaises de l'espèce d'Hoffmann a permis de démontrer l'erreur d'interprétation de Nowakowski et de placer aphidis Hoffm. in Fres. dans le genre Zoophthora (Remaudière & Hennebert, 1980),

- Entomophthora planchoniana Cornu,
- Conidiobolus obscurus (Hall & Dunn) Remaudière & Keller = Entomophthora thaxteriana Petch (Remaudière & al., 1979),
- Neozygites fresenii (Nowakowski) Remaudière & Keller = Entomophthora fresenii Nowakowski,
- Conidiobolus thromboïdes Drechsler = Entomophthora virulenta Hall & Dunn (Latgé & al., 1980),
- Zoophthora radicans (Brefeld) Batko = Entomophthora sphaerosperma des auteurs depuis Thaxter 1888.

2.2. Etude du pouvoir pathogène

Ces recherches ont été conduites essentiellement à partir des conidies et des spores durables de Conidiobolus obscurus, le puceron hôte étant Sitobion avenae F. ou Acyrthosiphon pisum.

a) Conditions de l'infection

Il a été démontré que l'infection est possible sous des températures variant de 5 à 23° C, l'optimum se situant de 14 à 20° C. Au-dessous de 5° C, l'infection a lieu également mais l'évolution du champignon est considérablement ralentie; au-dessus de 25° C, il n'y a pas d'infection. Le temps de séjour en atmosphère très humide (HR voisine de 100 %) est très important: un temps minimal de 6 heures est indispensable pour obtenir des taux d'infection appréciables mais les meilleurs résultats (90 % de mortalité) sont obtenus après 24 heures de séjour en atmosphère saturante. La détermination des concentrations létales 50 (CL 50) est réalisée à 18° C après exposition des pucerons à 4 doses de conidies, et maintien des spécimens à 100 % d'humidité relative pendant 24h et à 70 ± 10 % jusqu'à l'apparition des morts (Papierok & Wilding, 1981).

b) Pouvoir pathogène de C. obscurus

Les quelques centaines de souches de C. obscurus isolées depuis plus de 5 ans peuvent être classées en 2 groupes: les souches du type A poussent rapidement, plissent le milieu et produisent facilement des azygospores in vivo et in vitro et les souches du type B, de loin les plus fréquentes, ont une croissance plus lente, plissent peu le milieu et ne donnent pas de spores (Remaudière & al., 1979).

Vis-à-vis de Sitobion avenae, les souches du type A présentent des CL 50 toujours plus élevées que celles du type B; la durée d'incubation de la maladie est plus courte pour le type A que pour le type B; le nombre total de conidies émises par un cadavre est significativement plus grand dans le cas des souches de type B par rapport à celles du type A (Papierok & Wilding, 1981).

L'étude de ces différents paramètres de l'infection revêt une grande signification écologique. Une première tentative de modélisation donne l'avantage aux souches de type A en raison de la succession plus rapide des cycles sporulation-infection (liée à la durée plus faible de l'incubation), ceci malgré le handicap d'une CL 50 plus forte et d'une intensité de sporulation moins élevée.

c) Les facteurs déterminants du pouvoir pathogène

L'influence de divers facteurs sur le pouvoir pathogène a déjà été mise en évidence mais il est encore prématûre de proposer une synthèse sur les modalités de l'infection des pucerons par C. obscurus; néanmoins on peut déjà affirmer que l'agressivité des souches est la résultante de plusieurs facteurs qui peuvent agir ensemble ou séparément.

La composition du milieu de culture exerce un rôle sur l'infectivité du champignon; parmi tous les nutriments testés (glucose, huiles, extrait de levure, mélanges d'acides aminés), il s'avère que l'infectivité maximale est obtenue sur milieu glucose + extrait de levure Difco (Papierok et Latgé).

Le degré d'agressivité des souches est lié à l'aptitude des conidies primaires à émettre un tube germinatif plutôt qu'une conidie secondaire; cet aspect est difficile à aborder expérimentalement car le comportement *in vitro* diffère du comportement *in vivo*. Des composés actifs sur la germination des conidies ont donc été recherchés dans l'épicuticule du puceron. Les divers constituants de la fraction lipidique (alcanes C27 à C31 acides gras et leurs esters méthyliques) sont sans effet sur la germination, en revanche, les extraits aqueux de la cuticule stimulent la germination de certaines souches agressives; il s'agit de composés de poids moléculaire inférieur à 500, ceux-ci pourraient ne pas être liés directement à la cuticule mais provenir des miellats (riches en sucres, acides aminés et triglycérides) qui sont excrétés par les pucerons (Latgé, Sampedro, Brey).

L'étude de 4 systèmes enzymatiques en milieu liquide et en milieu gélosé a montré que :

- il n'y a pas de relation entre les protéases et la virulence,
- en milieu liquide, les souches les moins agressives produisent davantage d'exolipase et d'exo-estérase que les souches les plus agressives alors que cette tendance s'inverse en milieu solide,
- des quantités importantes de chitinase sont produites seulement par une partie des souches agressives. (Latgé, Sampedro, Brey, Uziel).

Une hypothèse nouvelle est actuellement considérée pour le cas de souches agressives qui ne donnent pas de tubes germinatifs *in vitro*: il s'agit de voir si ces souches reconnaîtraient des composés plus spécifiques de la cuticule de l'hôte tels que des glycoprotéines qui pourraient être émises par le puceron en réponse au contact de la conidie.

d) Physiopathologie de la mycose

La composition en acides gras du mycélium de C. obscurus cultivé sur milieu agité à base de 4 % de glucose + 1 % d'extrait de levure est caractéristique de l'espèce avec de fortes concentrations en C10:0, C12:0, C16:0, C18:0 et C20 polyinsaturés. Le spectre d'acides gras présenté par les pucerons sains est très différent avec plus de 50 % de C14 et absence quasi-complète de C10, C12 et C20.

La composition en acides gras du champignon qui s'est développé *in vivo* dans son hôte est identique à celle du puceron sain. Il y a donc un mimétisme du champignon sur son hôte dont les acides gras seraient directement métabolisés. Le même phénomène de mimétisme se retrouve lorsqu'on remplace le glucose par de l'huile de tournesol dans le milieu de culture de C. obscurus, dans ce cas le profil d'acides gras du champignon devient similaire à celui de l'huile (Latgé, Papierok & Brey).

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*.

2.3. Recherche écologique sur les pathogènes des pucerons des céréales

Les données accumulées depuis 1975 révèlent des différences considérables selon les régions et les années. Ainsi en 1975, on note dans le centre de la France une pullulation exceptionnelle de Sitobion avenae (plusieurs centaines par épi) sans incidence de mycose; 1976, 1977, 1978 sont caractérisées par une infestation très faible des céréales; 1979 est remarquable par une pullulation exceptionnelle de Metopolophium dirhodum (plusieurs centaines par talle) qui a été stoppée par une épizootie de Entomophthora planchoniana survenue brutalement mais tardivement, ceci en l'absence de période pluvieuse; 1980 se caractérise en Ile-de-France par des populations aphidiennes très faibles, Sitobion avenae s'étant installé très tardivement et sa multiplication ayant été contrariée par Conidiobolus obscurus fin juin, puis par Entomophthora planchoniana mi-juillet; en 1981 c'est à nouveau Metopolophium dirhodum qui est l'espèce dominante avec une moyenne de 70 pucerons par talle début juillet alors que Sitobion avenae n'excède pas 24 pucerons par talle.

Le tableau 1 montre l'évolution des taux d'infection par mycose observés en Bretagne en 1980 et 1981 sur S. avenae et M. dirhodum, ainsi que la proportion relative des 3 agents pathogènes. Le tableau 2 précise pour Brie-Comte-Robert (Ile-de-France) cette même évolution en 1981.

En Bretagne, l'action de E. neoaphidis est prépondérante vis-à-vis de M. dirhodum et de S. avenae; E. planchoniana apparaît généralement plus tard que E. neoaphidis; C. obscurus a toujours un rôle très faible dans cette région. En Ile-de-France, l'importance relative des différents pathogènes sur M. dirhodum et S. avenae est variable avec généralement prédominance de E. neoaphidis sur M. dirhodum sauf en 1979 (épizootie à E. planchoniana); sur S. avenae, l'impact des mycoses est faible avec généralement E. neoaphidis plus fréquent sur feuille que sur épis, C. obscurus et E. planchoniana plus communs sur épis.

Lorsqu'on relie les conditions climatiques aux situations aphidiennes correspondantes, on constate que E. neoaphidis est dominant en périodes humides, E. planchoniana en périodes plus sèches, tandis que C. obscurus se raréfie en périodes chaudes. Ce comportement particulier de chaque pathogène se retrouve en Amérique du Nord, en particulier dans le centre du Mexique où E. neoaphidis, très important durant la saison des pluies (juillet-octobre), cède la place ensuite à E. planchoniana (novembre).

Parmi les 3 espèces d'Entomophthorales constatées en céréales, E. neoaphidis est celle qui présente la plus forte tendance à l'expansion épizootique, spécialement lorsque les populations aphidiennes ont déjà atteint des niveaux élevés. E. planchoniana est également capable de développement épizootique contrairement à C. obscurus, espèce dont l'action est plus discrète mais se maintient aux dépens de colonies très faibles (Remaudière & al., 1981).

TABLEAU 1

Evolution des taux de mycose (A) apparaissant dans l'élevage de lots de pucerons vivants collectés chaque semaine en céréales à Rennes en 1980 et 1981 et importance relative (B) des 3 agents de mycose (neo: *Erynia neoaphidis*, pl: *Entomophthora planchoniana*, obs: *Conidiobolus obscurus*) (N: nombre de pucerons élevés) (Dedryver)

ANNEE	1980	N	Metopolophium dirhodum						Sitobion avenae						
			A			B			A			B			
			neo %	p1 %	obs %	neo %	p1 %	obs %	neo %	p1 %	obs %	neo %	p1 %	obs %	
6.VI	194	16	16	0	1	94	0	6	212	12	0	1	93	0	7
16	71	6	1,4	0	0	80	20	0	424	5	2	0	69	31	0
23	69	46	0,7	4	91	2	7	433	30	7	3	75	18	7	
1.VII									404	40	12	2	73	23	4
8									474	20	10	1	66	31	3
ANNEE 1981															
4.VI	580	41	0	1	97	0	3	346	40	0	2	96	0	4	
11	500	34	0	0	100	0	0	276	32	0	3	92	0	8	
18	322	26	0	0	100	0	0	511	13	0,3	0,5	94	2	4	
25	243	11	2	0	88	12	0	511	3	1	0	78	22	0	
1.VII	158	20	2	1	87	9	4	206	5	1	0,5	79	14	7	
6	183	12	4	0	76	24	0	121	6	2	0	73	27	0	
16	186	17	16	0	51	49	0	132	0,4	13	0	4	96	0	

TABLEAU 2

Evolution des taux de mycose (A) constatés parmi les pucerons présents sur 100 tiges de blé collectés chaque semaine à Brie-Comte-Robert en 1981 et importance relative (B) des 2 agents de mycose observés (Papierok)

N	Metopolophium dirhodum						Sitobion avenae					
	A			B			A			B		
	neo %	p1 %	pl %	neo %	p1 %	pl %	neo %	p1 %	pl %	neo %	p1 %	pl %
14.VI	635	0,3	0	100	0	0	275	0	0	-	-	-
24	1325	0,3	0	100	0	0	2440	0	0	-	-	-
1.VII	5680	2	0,4	83	17	1	1555	0	1,5	0	100	0
5	6954	5	0,5	91	9	1	1134	1	2,5	29	71	71
7	5310	20	2	91	9	6	1520	1,1	6	15	85	85
10	2750	33	3	92	8	0,9	1680	0,9	7,1	11	89	89

2.4. Physiologie de la nutrition, de la sporulation et de la germination de *Conidiobolus obscurus*

a. Nutrition

Les recherches sur la physiologie de la nutrition du champignon ont abouti à l'élaboration d'un milieu chimiquement défini répondant aux exigences de la croissance et de la sporulation de *C. obscurus*. Cette mise au point s'est avérée particulièrement délicate et a nécessité une planification expérimentale très poussée (plans factoriels à 2 niveaux, entiers ou fractionnés; plans centrés composés). Quatre acides aminés sont indispensables à la sporulation (méthionine, leucine, proline, lysine), lalanine l'inhibe; plusieurs vitamines ont un effet positif sur la croissance et la sporulation mais le pantothéate agit seulement sur la croissance; parmi les sels, le Mg est le cation qui exerce la plus forte influence, Zn et Mn ont également un effet positif alors que celui du Fe est négatif (Latgé & Sanglier).

Afin d'abaisser le prix de revient du milieu de culture, divers résidus industriels riches en azote ont été expérimentés pour remplacer l'extrait de levure. Des rendements importants de spores ont été obtenus avec un milieu à base de corn steep et d'huile végétale (Latgé).

b. Sporulation

L'étude des modifications ultrastructurales qui accompagnent la formation des spores durables de *C. obscurus* a montré que la préspore âgée de 24 heures (= 4e jour de culture) est munie d'une double paroi qui l'isole du milieu extérieur; ce fait explique les constatations antérieures concernant la cessation de consommation d'oxygène et de métabolisation des nutriments résiduels présents dans le milieu de culture à partir du 4e jour. Il a en outre été montré que cette double paroi confère à la préspore une certaine protection vis-à-vis des bactéries et que celle-ci pouvait poursuivre son évolution jusqu'à la spore mûre, en condition non stérile (Latgé & Perry).

Un nouveau procédé de fabrication des spores a ainsi été mis au point qui réduit de moitié le temps d'utilisation du fermenteur et diminue notablement le prix de revient: les préspores sont extraites du fermenteur, lavées à l'eau courante, puis enrobées d'argile humide; après quelques jours à 20° C, leur évolution est terminée; elles sont ensuite placées à 4° C pendant les 3 à 4 mois nécessaires à la levée de la dormance. Ce procédé a fait l'objet d'une demande de brevet.

c. Germination des spores durables

La vernalisation à + 4° C pendant 3-4 mois en milieu humide a été améliorée par enrobage des spores. Une dizaine d'argiles industrielles ont été essayées, seules ou en mélange et avec différentes proportions d'eau; les meilleurs résultats ont été obtenus avec le mélange spore:eau:attapulgite réalisé dans les proportions 1:2:5 (Perry & Latgé).

Après vernalisation, la germination est obtenue en plaçant les spores dans l'eau, aucune germination n'a lieu en atmosphère humide; la température optimale a été déterminée, elle est comprise entre 12 et 16° C; à 20° C, le processus de germination est stoppé mais les spores peuvent survivre 3 semaines à 28° et germer ensuite, quand on les replace à la température favorable. Le pH et la photopériode s'avèrent sans influence.

Certains fongicides couramment utilisés en agriculture ne gênent pas la germination (pelt 44, saporol, plantvax, rhodiasoufre, dithane 45) tandis que d'autres (benlate, bavistine et quin 20) diminuent les taux de germination aux doses d'emploi préconisées.

La germination des spores vernalisées 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. Il n'a pas été possible de réduire cet échelonnement considérable; celui-ci représente d'une part un sérieux handicap lorsqu'on veut attaquer des populations aphidiennes en forte croissance mais d'autre part un avantage indéniable par l'allongement de la durée d'effet du champignon qui peut ainsi surmonter des conditions météorologiques momentanément défavorables.

Les spores vernalisées conservent leur vitalité pendant au moins un an à condition d'être maintenues à + 4° C en milieu humide.

2.5. Essais d'efficacité de *C. obscurus* en serre et en plein champ

La réalisation des essais implique la considération de nombreux facteurs et la maîtrise de certains d'entre eux si l'on veut aboutir à une réponse significative. Parmi les facteurs de base, il faut retenir: (1) la disponibilité de quantités suffisantes de spores, (2) la bonne qualité des spores, (3) l'existence d'une population aphidienne en expansion. En 1979, ces 3 conditions étaient réunies pour le premier petit essai réalisé en serre sur *Rhopalosiphum padi*. En 1980, les conditions (1) et (2) étaient remplies pour les essais de traitements préventifs d'hiver et de début de printemps mais la faible quantité de spores disponibles en fin de printemps a contraint à limiter le nombre et la surface des parcelles expérimentales; la condition (3) n'était malheureusement pas réalisée car, dans aucune localité, les populations aphidiennes n'ont manifesté une croissance exponentielle. En 1981, l'industrie n'a pas réussi à nous fournir la quantité de spores nécessaires à l'ensemble des essais prévus, en outre la qualité des spores s'est avérée très mauvaise (taux de germination inférieur à 8 % après vernalisation); dans les parcelles de céréales retenues, après installations précoce de *M. dirhodum* et *S. avenae*, les populations aphidiennes se sont bien développées; faute de spores de *C. obscurus* en bon état, un traitement avec mycélium de *E. neoaphidis* a été improvisé pour profiter de l'infrastructure déjà en place. Pour multiplier les possibilités d'expérimentation, des essais en serre sur culture de laitue ont été mis en place à Rennes, et sur culture d'aubergine à Antibes.

a) Production des spores de *Conidiobolus obscurus*

Alors que la technique de fabrication des spores au laboratoire en fermenteurs de 20 litres est parfaitement au point depuis plusieurs années (plus de 90 % des fermentations réussies avec des rendements oscillant de 10^6 à 3.10^6 spores/ml) (Latgé, 1979, 1980), la transposition en fermenteur industriels a soulevé de sérieux problèmes.

En 1979-1980, 8 fermentation en cuves de 200 litres ont été réalisées à Nesle (Société ORSAN), 5 d'entre elles ont été contaminées, 2 autres ont produit des spores de mauvaise qualité; la production de l'unique cuve réussie n'étant pas suffisante pour les essais, une cuve de 300 litres a été préparée et réussie au Centre de Développement Pasteur.

En 1980-1981, sur 24 fermentations de 100 à 1000 litres réalisées chez ORSAN, quatre seulement ont pu être conduites jusqu'à leur terme, malgré leur bon aspect à la récolte, les spores se sont rapidement dégradées durant la vernalisation. Quatre fermentations supplémentaires réalisées au laboratoire des fermentations du CNRS (Gif-sur-Yvette) ont échoué.

Dans le cas des fermentations réussies, le rendement en spores est de l'ordre de 10^6 sp./ml, comme au laboratoire en cuves de 20 litres. La plupart des accidents survenus en fermenteurs industriels sont dûs à des contaminations précoces ou tardives dont l'origine n'a pas été élucidée; les appareils étant normalement employés pour des fermentations de 24 ou 48 heures, il est évident que le maintien de la stérilité pendant 7 à 8 jours implique des précautions supplémentaires dans les manipulations et dans la stérilisation des milieux.

La transposition à l'échelle industrielle du nouveau procédé de fermentations en 2 étapes (récolte des préspores le 4e jour de culture et maturation des spores hors fermenteur) n'a pas été entreprise.

La réussite de quelques fermentations prouve que la production à grande échelle est possible mais aucune investigation n'a été réalisée en vue de ramener dans des limites économiquement supportables les aléas de la fabrication. Les partenaires industriels attendent des preuves d'efficacité de la méthode avant de faire les efforts indispensables pour la production de l'inoculum, or les essais supposent en tout premier lieu la disposition de l'inoculum. Pour sortir de ce cercle vicieux, il apparaît nécessaire de modifier profondément la stratégie d'utilisation des Entomophthorales contre les Pucerons.

b) Expérimentation de 1979 (Dedryver & al. 1979)

L'essai a été réalisé à Rennes dans deux serres communicantes équipées d'un système de brumisation et dans chacune desquelles 700 plants de blé infestés chacun par 10 individus de Rhopalosiphum padi avaient été préalablement installés. Dans l'une des serres, $1,6 \times 10^8$ spores de C. obscurus vernalisées et préincubées 4 jours dans l'eau ont été pulvérisées sur 20 m^2 . Le jour J+3 25 % des spores ont déjà germé; le taux maximal de 80 % de germination est atteint le jour J+12. Les premiers pucerons morts de mycose ont été détectés le jour J+4. Ensuite le champignon s'est maintenu sous forme enzootique et la croissance de la population dans la serre traitée a été plus faible que dans la serre témoin (874 pucerons par talle contre 2266 dans le témoin au jour 40). Une contamination accidentelle de la serre témoin survenue vers le jour 40 a provoqué une réduction assez rapide de la population dans laquelle 12 % de mycoses étaient relevés le jour 53.

De cet essai préliminaire, il faut retenir que l'application de spores durable de C. obscurus peut conduire à une implantation durable de la maladie dans la population aphidienne; néanmoins des niveaux de population élevés ont été atteints malgré le maintien de conditions supposées optimales par une brumisation intense (cette brumisation a toutefois pu agir en sens inverse du but recherché par lessivage des spores et des cadavres); il faut reconnaître aussi que la hauteur et le port des plantes ainsi que la localisation des pucerons sur les tiges et les épis n'étaient pas favorables à une expression maximale de la mycose. En outre, la rapide montée des taux de mycose après la contamination accidentelle constatée dans la serre témoin semble liée aux niveaux élevés de population.

La fig. 1 précise l'évolution de la situation aphidienne et des mycoses en fonction des conditions ambiantes.

c) Expérimentation de 1980

Compte tenu du caractère aléatoire des infestations naturelles de pucerons en céréales, il était essentiel de réaliser des essais en différentes régions afin d'accroître les chances de se trouver en présence de populations suffisantes. Ainsi 7 localités ont été retenues en fonction des disponibilités en chercheurs et techniciens (France: Bretagne, Brie, Beauce et Sud-Ouest; Belgique: Gembloux; Angleterre: Littlehampton; Suisse: Zurich).

Dans chaque station, 16 parcelles de 12 m x 16 m ont été réservées:

- 4 parcelles témoins
- 4 parcelles à traiter en hiver avec des spores en dormance,
- 4 parcelles à traiter au printemps avec des spores dont la dormance est levée et qui sont capables de germer 5 à 20 jours plus tard,
- 4 parcelles à traiter lors de l'accroissement des populations aphidiennes, avec des spores préincubées dans l'eau, capables de commencer à germer juste après l'application.

Des spores en dormance ont été appliquées en décembre et janvier 1979 en 5 localités à la dose de $1,2 \cdot 10^{11}$ par hectare ($= 12$ spores/mm²). Les spores produites ultérieurement ont été enrobées d'argile, vernalisées au laboratoire (40 à 50 % de germination après levée de la dormance), puis appliquées en 7 localités. Fin juin, la quantité très limitée de spores préincubées disponibles a permis seulement de traiter 3 parcelles dans 3 localités à la dose de $2 \cdot 10^{11}$ spores/ha.

Les contrôles des spores dormantes appliquées en hiver ont montré une bonne survie sauf à Zurich (où elles n'ont pas supporté les basses températures) et dans le Sud-Ouest de la France (vraisemblablement en raison de l'excès d'eau). A Brie-Comte-Robert, la dormance des spores appliquées le 7 février était déjà levée le 25 mars, soit 1 à 2 mois plus tôt que les spores vernalisées dans des conditions artificielles à température constante.

Dans toutes les localités, le niveau des populations aphidiennes des parcelles témoins est demeuré faible ou très faible et n'a jamais manifesté une tendance à l'évolution exponentielle. Dans ces conditions, il s'est avéré impossible de déceler la moindre différence entre parcelles traitées et parcelles témoins; partout les taux de mycose sont demeurés très bas, inférieurs à 4 ou 5 % sauf en Bretagne où ils ont atteint 10 % en fin de saison. Ces taux un peu plus élevés notés en Bretagne ont permis de procéder à une analyse statistique portant sur le niveau des populations dans les différents traitements et sur la comparaison des pourcentages globaux de mycose (transformés en arc sin x) sur S. avenae et M. dirhodum et sur les pourcentages de mycose à C. obscurus. L'application du test de Friedman n'a révélé aucune différence significative (Dedryver).

En 1980, l'apparition tardive des pucerons en céréales (fin mai) et les fortes pluies de la fin du printemps ont été défavorables aux pullulations aphidiennes. L'impossibilité dans laquelle nous nous sommes trouvés de démontrer l'implantation de la mycose introduite, nous paraît essentiellement résulter de la faible infestation aphidienne.

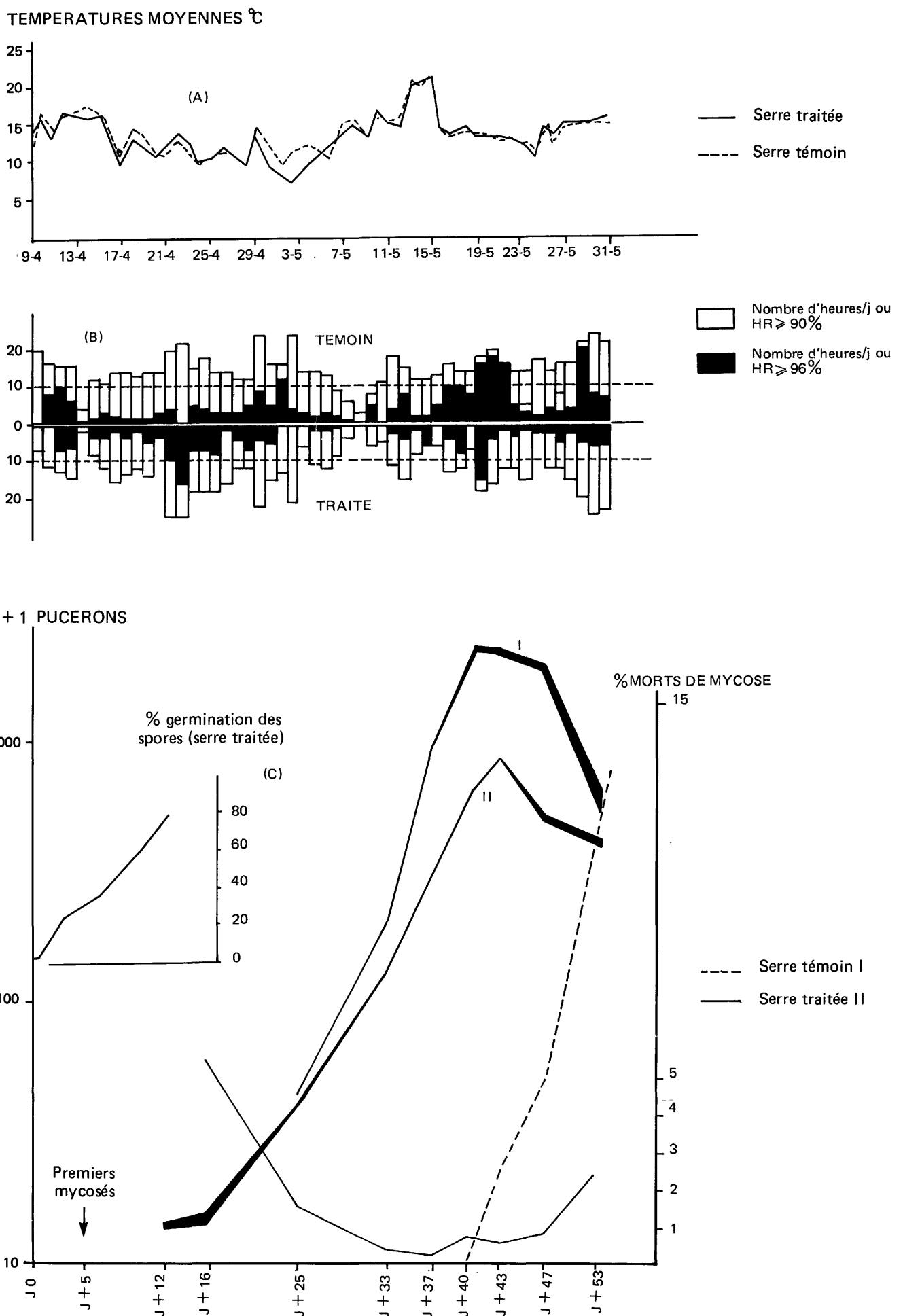


Figure 1

Compte tenu des lourds dispositifs et des efforts considérables que représentent les essais sur le terrain, il importait de ne plus s'exposer à l'avenir aux aléas de l'infestation spontanée des cultures; c'est pourquoi il a été décidé, pour les essais de 1981, d'accroître les chances de contact actif entre les pucerons et conidies émises après germination des spores en introduisant des pucerons dans les parcelles et en augmentant l'inoculum.

d) Expérimentation de 1981

Le protocole retenu pour 1981 prévoyait:

- l'introduction artificielle et précoce de pucerons (S. avenae et M. dirhodum) dans toutes les parcelles
- l'application de doses fortes de spores, sans considération de l'aspect économique
- la répétition de 2 traitements consécutifs par parcelle de façon à élargir la période de production des conidies à partir des spores
- la réduction de la surface des parcelles.

Ce protocole a dû malheureusement être abandonné en raison de la très mauvaise qualité des spores difficilement et tardivement fournis par l'industrie (taux de germination en avril 1981 n'excédant guère 5 % après vernalisation). Tous les essais prévus en champ de céréale ont dû être annulés. Seuls ont été réalisés 2 projets accessoires d'essais en serre: sur laitue (100 m²) à Rennes (contre Aulacorthum solani, Nasonovia ribis-nigri et Macrosiphum euphorbiae) par Dedryver et Latgé et sur aubergine (50 m²) à Antibes (contre Macrosiphum euphorbiae et Myzus persicae) par Rabasse, Brey et Latgé. Pour compenser la très faible capacité de germination des spores, des doses énormes ont été employées.

A Rennes, l'essai a été réalisé dans 2 serres contiguës, l'une (SH) soumise à une brumisation quotidienne (à 9h et à 18h), l'autre (SS) brumisée seulement 2 fois par semaine aux mêmes heures. Les serres comportaient chacune une parcelle témoin et une parcelle traitée aux spores de C. obscurus le 13 avril; dans la serre SH une troisième parcelle a été traitée le 30 avril avec du mycélium frais de E. neoaphidis. En outre la moitié de chaque parcelle a été traitée avec un mélange de fongicides (mancozèbe + iprodione) une fois par semaine pour évaluer éventuellement l'impact de ces produits sur l'épidémiologie des mycoses.

Comme prévu, la germination des spores s'avère très mauvaise (2 à 3 % du 8e au 14e jour, 4 % le 20e jour et 7 % le 25e jour). Les premiers pucerons tués par C. obscurus sont observés 10 jours après traitement mais la dissémination de la mycose est très lente et le taux d'infection reste très faible (6 et 8 % pour M. euphorbiae respectivement dans SH et SS). Aucune différence significative n'est relevée entre les zones traitées ou non par fongicide.

A Antibes, les premiers morts par C. obscurus sont constatés seulement 17 jours après le traitement, ensuite le taux de mycose dans la population demeure insignifiant de l'ordre de 1 pour 1000.

2.6. Essais préliminaires d'application de mycélium d'*Erynia neoaphidis*

En vue de pallier la carence de la production industrielle de spores de *C. obscurus* en 1981, nous avons envisagé de profiter des dispositifs expérimentaux déjà mis en place pour étudier les possibilités d'utilisation d'une autre forme d'inoculum: le mycélium. Le choix du mycélium de l'espèce *E. neoaphidis* s'imposait par le fait que ce pathogène est le plus fréquent dans la nature et le responsable de la plupart des épizooties spontanées enregistrées en France au cours des 10 dernières années. En outre, l'expérience acquise dans le domaine des fermentations permettait aisément la fabrication au laboratoire des quelques kg de mycélium nécessaires aux premiers essais.

Ainsi, les essais de *C. obscurus* sur laitue à Rennes et sur aubergine à Antibes ont été suivis 3 ou 4 semaines plus tard d'une application de mycélium de *E. neoaphidis* et l'expérimentation en champ de céréale prévue à Brie-Comte-Robert a été faite exclusivement avec *E. neoaphidis*.

A Rennes, dans la serre qui reçoit une brumisation quotidienne, le mycélium sporule pendant les 2 jours qui suivent le traitement, la mycose à *E. neoaphidis* apparaît le jour 5, ensuite la maladie se dissémine très rapidement dans les populations y compris dans les zones non traitées; 10 jours après l'application, 100 % des salades sont porteuses de pucerons mycosés. *Macrosiphum euphorbiae* est l'espèce la plus affectée par le traitement avec un taux de mycose atteignant 35 % dans la serre arrosée quotidiennement et 15 % dans l'autre serre; le résultat est un arrêt de la croissance des populations de *M. euphorbiae* et de *N. ribisnigri* et un ralentissement de celle de *A. solani*. La figure 2 montre l'évolution de *M. euphorbiae* et celle des mycoses.

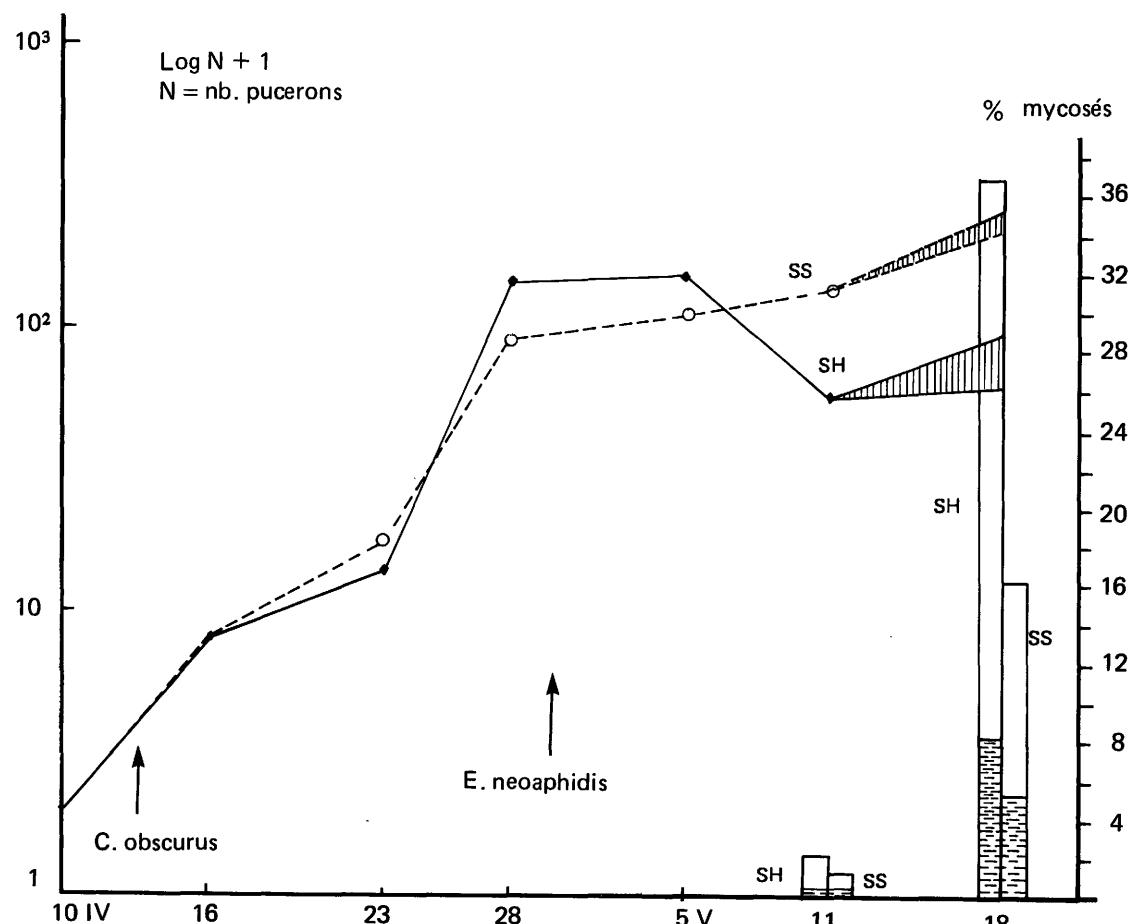


Figure 2: Evolution du nombre de *M. euphorbiae* par laitue, dans les serres SS et SH. La plage grisée représente le nombre de mycosés.
Evolution du pourcentage de *M. euphorbiae* respectivement mycosés par *C. obscurus* (□) et *E. neoaphidis* (▨), dans les serres SS et SH.

A Antibes, les taux de mycose sont demeurés très bas (4 %) et la population aphidienne a été anéantie le jour 20 par un coup de chaleur.

A Brie-Comte-Robert (Papierok, Latgé et Remaudière), le dispositif expérimental comportait 5 parcelles de blé de 5 x 1 m dans lesquelles M. dirhodum, S. avenae et R. padi ont été installés les 8 et 26 mai. La surveillance des populations a été réalisée par comptage hebdomaire des spécimens présents sur 100 talles à partir du 7 juin. Le traitement a été réalisé sur 3 parcelles le 1er juillet avec des corps hyphaux de E. neoaphidis produits en fermenteur de 20 litres. A ce moment, le peuplement aphidien comportait 80 % de M. dirhodum et 20 % de S. avenae; une mycose à E. neoaphidis spontanément apparue dans la population, affectait déjà 1,5 % des spécimens dans toute les parcelles. Immédiatement après le traitement, des lames pièges ont été déposées au sol et renouvelées 2 fois à 24 heures d'intervalle: le grand nombre de conidies recueillies sur tous ces pièges atteste une bonne sporulation du mycélium appliqué. Les effectifs de M. dirhodum ont continué de s'accroître pendant 5 jours, puis ont régressé brusquement de 60 % dans les 5 jours suivants, les taux d'infection passant de 5 à 33 % entre les jours 5 et 10. Après 15 jours, il ne subsiste plus que quelques survivants. En revanche, la population de Sitobion avenae n'a montré que des taux de mycose très faibles par E. neoaphidis.

La présence d'un inoculum spontané de E. neoaphidis préexistant au moment du traitement empêche de juger l'effet de ce dernier; l'évolution des populations a d'ailleurs été semblable dans les témoins et les parcelles traitées. Il semble donc que le faible inoculum naturel déjà présent à l'origine ait suffi au développement de l'épidémie.

3. CONCLUSIONS et PERSPECTIVES

Au cours des 10 dernières années, les efforts ont été concentrés sur l'utilisation de Conidiobolus obscurus pour lutter contre les pucerons, car certaines souches de cette espèce sont capables de former in vitro des spores durables qui peuvent conserver leur vitalité pendant une longue période (condition essentielle pour l'exploitation du procédé à grande échelle). Avant d'être en mesure de réaliser les premiers essais d'efficacité, il a fallu vaincre l'une après l'autre les difficultés représentées notamment par la culture du champignon, l'obtention de hauts rendements en spores durables et la levée de la dormance de ces spores.

Les expérimentations développées activement depuis 1979 ont bien prouvé qu'il était possible d'implanter la mycose à C. obscurus au sein d'une population aphidienne après application de spores vernalisées mais en revanche elles n'ont pas apporté la démonstration d'efficacité que nous en attendions. Sans doute est-il prématuré de conclure à partir d'essais réalisés en nombre très limité et dans des conditions précaires, malgré les précautions prises (très faible infestation aphidienne dans les diverses localités traitées en 1980; impossibilité de renouveler l'expérience en 1981 faute de spores viables) voir annexe 1).

A la fin de 1981, la situation peut être résumée ainsi:

1. l'industrie ne maîtrise pas la fabrication des spores à grande échelle et n'a pas recherché les causes des nombreux cas de contamination survenus dans ses fermentations de longue durée;
2. le contrôle de qualité des spores ne peut se faire qu'après les 3 ou 4 mois indispensables à leur vernalisation, ce qui représente un sérieux handicap au développement de la méthode, l'industrie réclamant un moyen de contrôle rapide de la qualité et de l'efficacité;

3. bien que les doses de spores à employer n'aient pas encore pu être déterminées, l'industrie estime que les coûts de production devraient être diminués d'un facteur 8 pour atteindre un prix de revient exploitable;
4. la nécessité de stockage en masse des spores dans des conditions très humides et à basse température (+ 4° C) représente une contrainte dont les aléas ne peuvent encore être évalués;
5. le long échelonnement de la période de germination des spores vernalisées (2 à 3 semaines) a pour conséquence la disponibilité journalière d'une dose d'inoculum actif considérablement inférieure à la dose appliquée.

Ces conditions ne représentent pas une condamnation de *C. obscurus* comme candidat à la lutte biologique; elles soulignent la nécessité d'approfondir certains aspects comme la production et le stockage à l'échelle industrielle sans que l'on soit pour autant en mesure de garantir un succès final.

On peut se demander si l'option retenue au départ était la meilleure: d'autres espèces fongiques comme *Erynia neoaphidis* plus actives que *C. obscurus* dans les populations naturelles de pucerons avaient été écartées parce qu'elles ne présentent pas de formes susceptibles de conserver leur viabilité pendant une longue période.

Le moment paraît venu d'élargir cette option et d'étudier les voies qui pourraient conduire à l'utilisation de *E. neoaphidis*. Déjà des collègues anglais ont montré que des broyats de pucerons tués par *E. neoaphidis* introduisaient la maladie dans les colonies de pucerons sur lesquels ils étaient appliqués. Nos essais de 1981 concernant l'utilisation du mycélium de cette espèce produit en fermenteur, confirment pleinement cette possibilité.

L'expérience acquise avec *C. obscurus* doit permettre de rapides progrès avec *E. neoaphidis*. Certaines difficultés rencontrées avec la première espèce sont évitées ainsi, la fermentation peut se faire en 24 ou 48 heures, ce qui élimine pratiquement les risques de contamination et réduit les coûts de production; les problèmes de vernalisation et de synchronisme de la germination ne se posent pas, le mycélium étant immédiatement actif. Des recherches de base s'avèrent indispensables pour améliorer la qualité du mycélium fabriqué sur milieu artificiel et pour prolonger sa survie. L'étude de la conservation naturelle de l'inoculum et de sa dégradation devra être approfondie. Sans tenter d'atteindre des possibilités de survie comparables à celles offertes par des spores durables, il n'est pas utopique d'espérer obtenir dans un premier temps des délais de conservation de 1 à 3 mois. Ces délais pourtant très limités n'ont pas empêché la commercialisation récente d'autres champignons comme *Verticillium lecanii*.

Le potentiel biologique offert par les Entomophthorales est loin d'avoir été exploré; les progrès accumulés durant la dernière décennie dans la connaissance de ces champignons sont déjà importants mais l'effort de recherche n'est pas encore suffisant pour déboucher au niveau de l'application pratique.

Une des plus sérieuses difficultés qui a été rencontrée est liée au fait que l'industrie ne paraît pas encore suffisamment motivée pour s'engager vraiment dans la résolution des problèmes qui se posent à son niveau.

En partie grâce aux incitations de la CEE et en partie grâce au sérieux de tous ceux qui participent aux multiples aspects du programme, ces chercheurs travaillent dans un remarquable esprit de coopération comme en témoignent les nombreuses publications rédigées en commun. Le groupe européen qui est engagé dans la mise au point de la lutte biologique au moyen des entomophthorales est apparemment le plus important et certainement le plus cohérent. Les moyens dont il bénéficie sont appréciables quoique sans commune mesure avec les efforts déployés par les USA dans l'utilisation d'autres agents de lutte biologique; dans ce pays, si l'on ne considère que les ressources fédérales:

3 millions de dollars sont consacrés à la recherche et au développement des virus, 1,2 millions au Bacillus thuringiensis et 750.000 dollars aux champignons pathogènes.

La recherche et la mise au point de méthodes utilisant des êtres vivants pour combattre des insectes prédateurs n'est pas une oeuvre facile mais c'est une oeuvre nécessaire à laquelle les Etats et les firmes n'ont jamais apporté des moyens comparables à ceux, plus sûrement et plus immédiatement rentables, qu'ils consacrent à la lutte chimique.

Publications - Contract No. 0704

- 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., PERRY D., LATGE J.P., PAPIEROK B., 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 September 1979, pp. 67-72
- 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. SROP/WPRS, 3(4), 5-10
- 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
- LATGE J.P., PERRY D., REISINGER O., PAPIEROK B., REMAUDIERE G. (1979) Induction de la formation des spores de résistance d'*Entomophthora obscura* Hall & Dunn. C.R. Acad. Sci. Paris, série D, 288, 599-601
- LATGE J.P., DE BIEVRE C. (1980) Lipid composition of *Entomophthora obscura* Hall & Dunn. J. Gen. Microbiol., 121, 151-158
- LATGE J.P. (1980) Sporulation de *Entomophthora obscura* Hall & Dunn en culture liquide. Can. J. Microbiol., 26 (9), 1038-1048
- LATGE J.P., KING D.S., PAPIEROK B. (1980) Synonymie de *Entomophthora virulenta* Hall & Dunn et de *Conidiobolus thomboides* Drechsler. Mycotaxon, 11, 255-268
- LATGE J.P., PERRY D.F. (1980) The utilisation of an *Entomophthora obscura* resting spore preparation in biological control experiments against cereal aphids. Bull. SROP (OILB), 3 (4), 19-25
- LATGE J.P., PERRY D.F. (1980) Perfectionnements apportés aux procédés de préparation des spores durables d'Entomophthorales pathogènes d'insectes, préparation de spores ainsi obtenues et compositions phytosanitaires contenant les dites préparations. Demande de brevet N° 80-24-769 déposée le 21 Novembre 1980
- LATGE J.P. (1981) Mass production, storage and formulation of resting spores of *Conidiobolus obscurus* (Hall & Dunn) Rem. & Keller. In: Euraphid, Rothamsted, 1980, Ed. L.R. Taylor, p. 39-40
- LATGE J.P. (1981) Comparaison des exigences nutritionnelles des Entomophthorales. Ann. Microbiol. (Inst. pasteur). 132B, 299-306
- PAPIEROK B., WILDING N. (1979) Mise en évidence d'une différence de sensibilité entre 2 clones du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* Harr. (Hom. Aphidae) exposés à 2 souches du champignon Phycomycète *Entomophthora obscura* Hall & Dunn. C.R. Acad. Sci., Paris, 288, série D, 93-95
- PAPIEROK B., COREMANS-PELSENEER J. (1980) Contribution à l'étude de *Conidiobolus osmodes* Drechsler (Zygomycètes *Entomophthoraceae*) agent occasionnel d'épidémies chez les pucerons (Homoptères Aphididae). Cryptog. mycol., 1, 111-117
- PAPIEROK B., LATGE J.P. (1980) Considérations sur le pouvoir pathogène de *Entomophthora obscura* Hall & Dunn à l'égard des pucerons des céréales. Bull. SROP (OILB), 3 (4), 27-29
- papierok B., 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
- 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 6. 25 Novembre 1980
- PERRY D.F., LATGE J.P. (1980) Chemically defined media for growth and sporulation of *Entomophthora virulenta*. J Invertebr. Pathol., 35, 43-48
- REMAUDIÈRE G., LATGE J.P., PAPIEROK B. (1979) Reconsidération taxonomique de *Entomophthora obscura* Hall & Dunn nn. Microbiol. (Inst. Pasteur), 130A, 151-162
- REMAUDIÈRE G., HENNEBERT G.L. (1980) Révision systématique de *Entomophthora aphidis* Hoffm. in Fres. Description de deux nouveaux pathogènes d'Aphides. Mycotaxon, 11, 269-321
- REMAUDIÈRE G., KELLER S. (1980) Révision systématique des genres d'*Entomophthoraceae* à potentialité entomopathogène. Mycotaxon, 11 (1), 323-338
- REMAUDIÈRE G., LATGE J.P., MICHEL Marie-France (1980) Evolution des populations de pucerons du littoral de Basse-Normandie. Acta Oecologica/Oecol. Appl., 1(4), 341-355
- REMAUDIÈRE G. (1981) Provisional field trials with *Conidiobolus obscurus* and proposed trials for 1981. In: Euraphid. Rothamsted. 1980, Ed. L.R. Taylor, pp. 41-42
- REMAUDIÈRE G., LATGE J.P., MICHEL Marie-France (1981) Ecologie comparée des Entomophthoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. Entomophaga, 26, 157-178

Brevet

CATGE, 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 No. 80.24.769 déposée le 21.XI.1980.

ANNEXE 1

Condition des principaux essais projetés et réalisés

Localité et culture	Espèce fongique	1	2	3	4	5	6	7	Résultat	%
<u>1979</u>										
Rennes blé, serre	C.o.								I-P	12 %
<u>1980</u>										
Rennes blé, champ	C.o.						-		-	
Brie blé, champ	C.o.						-		-	
Gembloux blé, champ	C.o.						-		-	
Zurich luzerne, champ	C.o.		-	/	/	/	/	/	/	
Littlehampton blé, champ	C.o.		-	/	/	/	/	/	/	
<u>1981</u>										
Rennes laitue, serre	C.o.		-	-					I-P	8 %
Antibes aubergine, serre	C.o.		-				-	-		
4 localités blé, champ	C.o.	Ξ	Ξ	/	/	/	/	/	/	
Rennes laitue, serre	E.n.				-				I-P-E	35 %
Antibes aubergine, serre	E.n.						-		I	4 %
Brie blé, champ	E.n.						-		?(a)	? (a)
Amsterdam blé, serre	C.o.						-	/	/	

1 à 7: Les 7 conditions suivantes sont simultanément requises pour assurer une bonne signification de l'essai:

- 1, disponibilité de spores en quantité suffisante,
- 2, disponibilité de spores de qualité satisfaisante,
- 3, disponibilité de surfaces expérimentales assez grandes pour permettre tous les prélèvements nécessaires,
- 4, existence d'une culture en bon état de végétation,
- 5, présence d'une population aphidienne minimale et en voie d'expansion,
- 6, absence d'entomophthorose dans la population et surtout absence de l'espèce utilisée pour le traitement,
- 7, absence de circonstances adverses qui anéantiraient prématurément la population aphidienne ou l'inoculum.

- : la condition correspondant au N° de la colonne n'est pas satisfaite.

C.o.: Conidiobolus obscurus.

E.n.: Erynia neoaphidis.

Résultats: I, implantation de la maladie,

I-P, implantation et persistance,

I-P-E, implantation, persistance et expansion de la maladie.

% : taux de mycoses les plus élevés observés après traitement.

(a): résultats masqués par une épidémie spontanée.

///: annulation des essais projetés.

IMPROVEMENT OF THE TECHNICS OF OBSERVATION AND FORECASTING OF
THE CEREAL APHIDS MOVEMENTS AND CONTAMINATIONS

A. MOUCHART (1)

SUMMARY

During last years, aphids became the main cereals pests. The most important species are : S. avenae F., R. padi L. and M. dirhodum WLK. Nevertheless, the damages vary according to the years and the countries. So, to avoid sometime useless treatments, it is necessary to forecast the potential damage risk every year.

The Rothamsted experimental Station (England) had perfected a suction trap in order to survey aphids flights.

The purpose of ACTAPHID network is to test this trap and to study the possibilities of using it to forecast the damage risk in France. It was created in 1977, by A.C.T.A. in collaboration with I.N.R.A., S.P.V. and technical agricultural institutes and with financial help of D.G.R.S.T. and E.E.C. It includes 9 traps two others will be established at the end of this year.

Survey datas are studied in order to :

- analyse of flying activities of species, in various climatic areas,
- study the relevance, the reliability and geographical range of the information collected by traps,
- research forecasting methods of the catches dynamic in order to better fo relevance of the information.

Yet, ACTAPHID gives indications about aphid flies. But, it happens within too recent creation, to be able to conclude about trap useful in the forecasting cereal aphids damages risks on a regional wide basis.

(1) Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), 75595 PARIS.

AMELIORATION DES TECHNIQUES D'OBSERVATION ET DE PREVISION DES
DEPLACEMENTS ET DES CONTAMINATIONS DES PUCERONS DES CEREALES.

RESUME

Depuis quelques années les pucerons ont pris une place prépondérante parmi les ravageurs des céréales. Les espèces les plus dangereuses sont S. avenae F., R. padi L. et M. dirrhodum WLK. Néanmoins, les dégâts sont variables selon les années et les régions. Aussi, pour éviter des traitements préventifs parfois inutiles, il est nécessaire d'estimer chaque année le risque potentiel de dégâts.

La station de recherche de Rothamsted (Angleterre) a mis au point un piège à succion afin de surveiller les vols de pucerons.

L'objectif du réseau ACTAPHID est de tester ce piège et étudier les possibilités d'utilisation dans la prévision des risques de dégâts de pucerons en France. Crée en 1977, par l'A.C.T.A. en collaboration avec l'I.N.R.A., le S.P.V. et les Instituts techniques agricoles et avec le concours financier de la D.G.R.S.T. et de la C.E.E., ce réseau comprend 9 postes de piégeage, 2 autres seront installés à la fin de cette année.

Les résultats de captures sont étudiés afin:

- d'analyser l'activité de vols de pucerons dans différentes zones climatiques,
- d'étudier la fiabilité, la pertinence et la portée géographique de l'information fournie par les pièges,
- de rechercher des méthodes de prévision de l'évolution des captures de manière à améliorer la pertinence de l'information.

ACTAPHID fournit déjà des indications sur l'activité de vol des pucerons, mais la création en est encore trop récente pour conclure sur l'utilité de cet outil dans la prévision des risques de dégât de pucerons des céréales à l'échelle régionale.

Au cours de la dernière décennie, les cultures céréalières françaises, comme celles d'autres pays européens, furent la scène de pullulations de pucerons. Ces phénomènes prirent, parfois, une ampleur telle que ces insectes comptent désormais parmi les plus préoccupants des ravageurs des céréales.

De par leur fréquence et l'importance relative de leur population, trois espèces d'aphides sont le plus souvent incriminées pour leurs dégâts directs ou indirects sur céréales à paille. Il s'agit de: *Sitobion avenae* F., particulièrement dangereux au moment de l'épiaison; *Rhopalosiphum padi* L., principal vecteur du virus de la Jaunisse nanisante de l'orge (J.N.O.) à l'automne; et *Netopolophium dirrhodum* WLK., dont l'incidence économique est moins connue.

Ces prédateurs peuvent occasionner des pertes de récolte importantes, voire catastrophiques: jusqu'à 35 qx/ha, par exemple, à la suite d'attaques de J.N.O. (Bayon 1976). Cependant, selon les régions et les années, les populations aphidiennes observées sur le terrain sont de niveau très variable (Robert et Rouze Jouan 1975 et 1976, Dedryver 1978 et 1980, Piquemal et de La Rocque 1981). Aussi, le recours à une protection aphicide préventive, compréhensible en l'absence de possibilité de prévision de contamination compte tenu de l'enjeu, peut conduire à des interventions inutiles mais susceptibles de perturber gravement l'entomofaune présente dans les parcelles (Remaudière et All 1976).

Pour aider les producteurs, des réseaux de surveillance ont été mis en place dans les différents départements français par le Service de la Protection des Végétaux (S.P.V.), en liaison avec l'Institut Technique des céréales et des Fourrages (I.T.C.F.) (de La Rocque et Piquemal 1980). Si l'utilité de ces dispositifs n'est plus à démontrer, ils nécessitent, n'importe, un grand nombre de points d'observations pour obtenir une information suffisamment détaillée. La colonisation des cultures étant généralement le fait des pucerons ailés, l'implantation d'indicateurs des périodes et de l'intensité des vols fournirait des données complémentaires à celles des réseaux en particulier, sur les époques où il convient de renforcer les contrôles sur le terrain.

CHOIX DE L'INDICATEUR DE VOL

L'indicateur de vol doit notamment répondre à deux préoccupations :

- inventorier les différentes espèces d'aphides évoluant dans la zone prospectée,
- recueillir des indications qui facilitent la prévision de l'évolution des populations de chacune des espèces de pucerons.

Cet outil de travail doit donc permettre d'échantillonner quantitativement le milieu 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. En outre, il doit procurer le maximum d'information pour le moindre coût de fonctionnement et d'entretien (Robert et Choppin de Janvry 1977).

Actuellement, deux systèmes de piégeage peuvent être envisagés. Le plus ancien est le piège jaune à eau du type Moericke (Moericke 1951). Il est basé sur l'attraction de pucerons pour le jaune au moment des vols de contaminations.

Dans certains cas et sous certaines conditions d'emploi, il fournit des renseignements d'ordre quantitatif (Robert, Rabasse et Rouze Jouan 1974). Cependant, l'information fournie n'étant disponible qu'au moment où les aphides sont déjà installés dans les parcelles surveillées, elle peut perdre de sa pertinence dans le cadre d'avertissements à l'échelle régionale, en particulier lorsqu'il sagit de pucerons vecteurs de virus (Robert et Choppin de Janvry 1977). Le second a été mis au point et testé par les chercheurs de la station de Rothamsted en Angleterre. Il consiste à échantillonner les insectes à 12,2 m de hauteur, à l'aide d'un système d'aspiration simple (piège à aspiration ou piège à succion du type Johnson et Taylor). La quantité d'air prélevée est constante par unité de temps, ce qui assure un échantillonnage quantitatif par unité de temps de volume d'air. Par rapport au système précédent, le piège à succion présente, pour le moins, deux avantages. D'une part, la précision et la fidélité des indications recueillies sont meilleures dans la mesure où il ne fait appel à aucun comportement particulier des aphides si ce n'est le fait de voler. D'autre part, le milieu prospecté étant plus vaste (quelques m² pour le piège jaune, plusieurs dizaines de km² pour le piège à succion), il semble à priori permettre la prospection sur une vaste échelle avec un nombre réduit de points d'observation. (Taylor 1974, Robert et Choppin de Janvry 1977). Un réseau de piège à succion fonctionne depuis plusieurs années en Angleterre (Taylor, French et Woiwod 1976).

LE RESEAU EXPERIMENTAL ACTAPHID

En 1977, l'Association de Coordination Technique Agricole (A.C.T.A.) en collaboration avec des services officiels (Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.) et le Service de la Protection des Végétaux (S.P.V.)) et les Instituts techniques agricoles, créait avec le concours de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.), le réseau expérimental ACTAPHID.

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 de manière à :
 - mieux connaître l'activité saisonnière de vol des différentes espèces d'aphides,
 - définir les possibilités d'utilisation de ces données à des fins de prévision des risques de dégâts de chacune des espèces.

En 1979, la Commission des Communautés Européennes accordait également son concours financier, dans le cadre des études menées sur les pucerons des céréales.

IMPLANTATION ET FONCTIONNEMENT DU RESEAU ACTAPHID

Depuis 1977, huit postes de piégeage ont été implantés en France; deux autres le seront à la fin de cette année (voir carte d'implantation et tableau 1). La répartition géographique permet en particulier d'étudier l'activité de vol des aphides dans différentes zones climatiques (méditerranéenne, océanique, continentale...) et suivant un gradient Nord-Sud. A ce dispositif est rattaché un piège installé depuis 1979 par la Station de Zoologie de l'Etat de Gembloux (Belgique).

IMPLANTATION DU RESEAU ACTAPHID EN 1981



1: mise en route en décembre 1981

Tableau 1: Date d'implantation et organismes responsables des postes

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.
ORLEANS	26 mai 1978	S.P.V.
AIGRE	23 mars 1978	A.C.T.A.
MONTPELLIER	7 avril 1978	I.N.R.A.
GEMBLOUX	octobre 1979	Station de zoologie Appliquée de l'Etat
VALENCE	novembre 1980	I.N.R.A.
VERSAILLES	décembre 1981	I.N.R.A.
PAU	décembre 1981	A.G.P.M.

Les pièges à succion sont construits en France selon les plans aimablement communiqués par la Station de Rothamsted. Réalisés en tôle galvanisée, ils diffèrent par l'adaptation d'un système de tourniquet qui assure le changement journalier automatique du bocal recevant les captures, durant six jours consécutif. Ce mécanisme apporte une solution aux problèmes créés par les périodes d'indisponibilité du piégeur et confère une grande fiabilité aux données recueillies car le changement s'opère à heure fixe (minuit).

Chaque poste de piégeage est placé sous la responsabilité d'un organisme participant au réseau (voir tableau 1). Il est équipé d'un piège installé par l'A.C.T.A. et qui fonctionne en permanence, tout au long de l'année. La détermination et le dénombrement des pucerons capturés sont effectués sur place par une personne formée auprès des spécialistes de l'I.N.R.A.

Pendant la période des captures, les résultats hebdomadaires sont centralisés par l'A.C.T.A. qui adresse immédiatement à une centaine de personnes concernées par cette étude, un bulletin présentant, poste par poste, les données relatives à 32 espèces sélectionnées pour leur intérêt agronomique, ainsi que le total des prises. Une cartographie établie à partir de ces mêmes données pour *S. avenae*, *M. dirhodum* et *R. padi*, est jointe mensuellement à l'envoi du bulletin.

Les résultats journaliers de chaque poste sont également transmis régulièrement à l'A.C.T.A. qui, depuis 1979, en assure la saisie informatique, et entretient un fichier. Des programmes de travail ont été créés pour tracer les courbes cumulées de captures journalières ou hebdomadaires et permettre leur comparaison.

Enfin, des contacts ont été pris avec les responsables du réseau anglais R.I.S. et se concrétisent notamment par l'échange régulier des bulletins hebdomadaires.

EXPLOITATION DES RESULTATS DE PIEGEAGE

Les travaux sont menés conjointement par l'I.N.R.A., le S.P.V., l'I.T.C.F. et l'A.C.T.A.. Ils portent essentiellement sur *R. padi*, *S. avenae* et *M. dirhodum*, et poursuivent trois objectifs :

- 1 - appréhender l'activité de vol de chacune des espèces dans les différents sites de piégeage,
- 2 - étudier la fiabilité, la pertinence et la portée géographique des informations recueillies à l'aide des pièges à succion,
- 3 - rechercher des méthodes de prévision de l'évolution des captures au piège à succion, de manière à améliorer la pertinence des indications.

Activité de vol de chaque espèce

L'activité de vol est appréhendée par le tracé des courbes de captures cumulées tout au long de l'année calendaire (voir fig. 1 à 3). L'unité de temps est la semaine normalisée définie par les chercheurs de la Station de Rothamsted, la première correspondant à la période du 1er au 7 janvier (les 29 février et 31 décembre ne sont pas pris en compte). Bien qu'elles puissent être incomplètes du fait de l'installation tardive des pièges (voir tableau 1), les courbes de l'année 1978 sont figurées pour illustrer les vols très importants de *R. padi* détectés durant l'automne par le poste d'Orléans.

Ces courbes font apparaître la continuité observée parfois entre les vols de colonisation et de dissémination, ainsi que la prédominance de R. padi durant l'automne.

Par ailleurs, on peut noter que les captures de M. dirhodum aux postes d'Orléans et d'Arras durant le mois de juillet et le début d'août 1979, reflètent les pullulations observées durant cette période dans la partie septentrionale de la France.

Fiabilité, pertinence et portée géographique de l'information

Deux axes de travail ont été retenus :

. la comparaison des résultats de piégeage avec des observations de terrain durant le printemps, de manière à :

1) analyser l'information par rapport à la dynamique des populations aphidiennes en culture, et notamment, à la formation d'individus ailés au sein des colonies. Proposé par M. Dedryver (I.N.R.A.), le protocole d'observation prévoit l'examen de 200 à 1000 talles selon l'importance présumée des populations (voir fig. 4). Chaque année, il est mis en oeuvre sur une douzaine de parcelles situées dans un rayon de 30 à 60 kms autour des pièges de Rennes, Orléans et Aigre.

2) étudier la pertinence et portée géographique des indications fournies par les pièges dans la perspective d'une information sur un risque imminent de dégâts. Cette étude nécessite le recueil de données dans un grand nombre de parcelles. Elle est réalisée par comparaison des résultats de piégeage avec les notations effectuées au sein du réseau de surveillance des céréales mis en place par le Service de la Protection des Végétaux.

Les résultats de ces travaux sont trop partiels pour être développés dans ce rapport. En effet, nous ne disposons que de trois campagnes d'observations au cours desquelles, en outre, le risque de dégât printanier a été faible dans la plupart des cas. De plus, si le piège à succion paraît être un moyen d'alerte complémentaire dans le cadre d'avertissement agricoles dans un rayon d'une centaine de kilomètres autour du poste de piégeage, les indications sont obtenues parfois tardivement et ne font pas toujours état de situations locales (de La Messelière 1981).

. l'étude des retombées de la détection, selon la technique enzymatique ELISA, du virus de la Jaunisse nanisante de l'orge chez les pucerons R. padi capturés durant l'automne, pour les avertissements agricoles relatifs à cette maladie. En effet, l'intensité de l'attaque J.N.O. dépend du nombre et de la durée de séjour des pucerons aptères dans les parcelles, mais aussi du nombre d'individus ailés qui colonisent les cultures et du pouvoir virulifère de ceux-ci. Menée en collaboration avec M. Lapierre (Laboratoire de virologie de l'I.N.R.A. à Versailles), cette action débutait en 1978. Le test était opérationnel dès l'automne suivant. Les années 1979 et 1980 ont été des années de "rodage" qui ont cependant permis de constater des variations importantes de la concentration de virus chez les pucerons d'une campagne à la suivante (voir en Fig. 5 l'exemple de Rennes). Actuellement les études s'orientent vers la définition de l'échantillon de R. padi à analyser en fonction de l'importance des captures journalières.

Prévision des dates des premières captures

Par référence à la carte des zones climatiques françaises et compte tenu de l'influence des conditions climatiques hivernales sur la dynamique des populations aphidiennes en début de printemps (Dedryver 1981), une certaine chronologie des dates des premières captures pourraient être observée: les premières captures étant enregistrées à Montpellier, puis à Aigre, Landenneau et Rennes et enfin à Orléans, Arras et Colmar.

Cette hypothèse est testée, pour chacune des espèces, à partir des données recueillies en début de printemps depuis 1979 (voir figures 6 à 8). L'année 1978 a été éliminée du fait des risques d'erreur liés à l'installation tardive de certains postes. De même, il n'a pas été tenu compte du poste de Valence installé trop récemment, et les données 1980 et 1981 du piège de Colmar n'ont pu être exploitées à la suite d'une erreur de saisie informatique.

La lecture des courbes ainsi que celle du tableau 2 montre que la chronologie est bouleversée selon les années, en particulier pour M. dirhodum. Seul le poste de Montpellier conserve généralement sa place sauf dans le cas de S. avenae en 1981. En ce qui concerne cette dernière espèce, on peut également noter que le piège d'Arras détecte les pucerons plus tardivement que ceux de Bretagne et du Sud-Ouest.

Cette étude serait à reprendre sur un plus grand nombre d'années.

Recherche d'interprétation faisant entrer en ligne de compte des paramètres 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 Rouzet Jouan 1976, Dedryver 1978 et 1980, Rabbinge 1979).

Nos travaux portent sur les captures enregistrées au printemps 1979 et 1980, les données 1981 n'étant pas disponibles lorsque débute l'étude. Dans un premier temps, l'objectif a été de déterminer les facteurs climatiques ayant une influence prépondérante sur la dynamique des captures. Par la suite, une recherche de méthode de prévision a été engagée à propos de S. avenae, espèce la plus dangereuse pendant la période considérée.

• Influence des facteurs climatiques

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.

PRINCIPALES ZONES CLIMATIQUES FRANCAISES

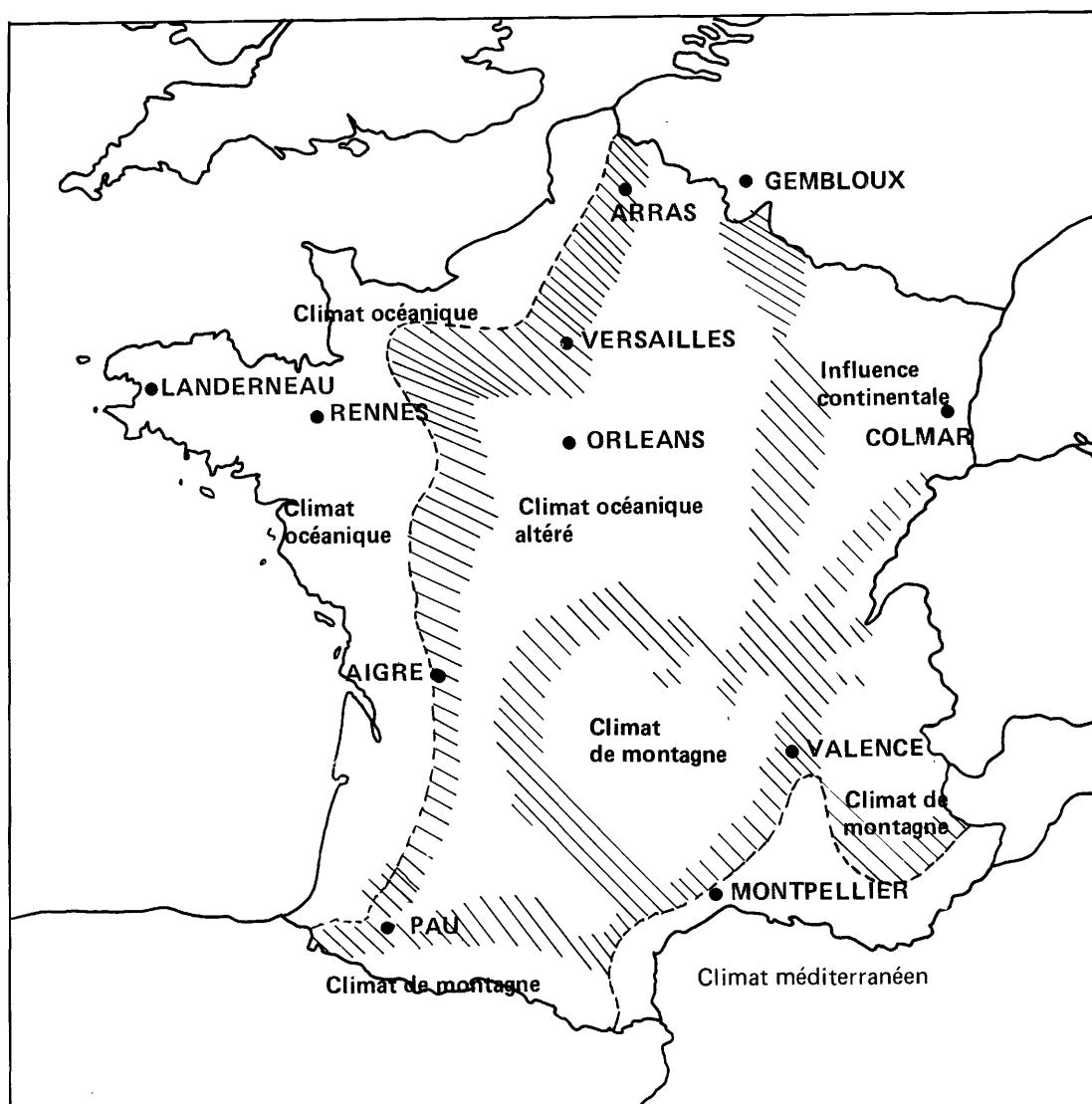


Tableau 2: Chronologie des premières captures dans les différents postes ACTAPHID

R. padi

ANNEES	Ordre de sortie dans les différents postes en fonction de la 1ère capture à la sortie de l'hiver						
1979	Montpellier	Colmar	Orléans + Aigre	Arras	Rennes	Landerneau	
1980	Montpellier	Rennes	Aigre	Landerneau	Arras	Orléans	
1981	Montpellier	Rennes	Landerneau	Aigre	Orléans	Arras	

S. avenae

ANNEES	Ordre de sortie dans les différents postes en fonction de la 1ère capture à la sortie de l'hiver						
1979	Montpellier	Rennes	Orléans	Landerneau	Aigre	Colmar	Arras
1980	Rennes	Montpellier	Aigre	Orléans	Landerneau	Arras	
1981	Rennes	Arras	Aigre	Landerneau	Montpellier	Orléans	

M. dirhodum

ANNEES	Ordre de sortie dans les différents postes en fonction de la 1ère capture à la sortie de l'hiver						
1979	Montpellier	Orléans	Colmar	Arras	Landerneau	Rennes	Aigre
1980	Montpellier	Aigre	Rennes	Orléans	Landerneau	Arras	
1981	Montpellier	Rennes	Arras	Orléans	Landerneau	Aigre	

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.

Les paramètres climatiques qui se sont révélés avoir une influence prépondérante sont regroupés dans le tableau suivant (entre parenthèse le pourcentage de la variation totale expliquée).

ESPECES		Sitobion avenae	Metopolophium dirhodum	Rhopalosiphum padi
ETUDE				
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	sommes des précipitations (36 %)	nombre de jours où la pluviométrie est > 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 %)

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.

Méthode de prévision des captures de S. avenae

La démarche générale procède d'une analyse, au cours du temps, du fonctionnement, du système "climat - ravageur - ennemis naturels - plante" et de la quantification, à tout moment, des interactions présentes et passées au sein du système, de manière à évaluer un état potentiel d'infestation (E.P.I.) qui indique le risque ou la densité de la population de ravageurs (Strizyk, à paraître). L'E.P.I. est formulé comme suit :

$$EPI = EPI_0 + f(\text{pop}(n-1)) + e + an + r$$

EPI_0 est l'état potentiel d'infestation de départ arbitraire. Il n'a aucun sens biologique et représente un état fictif du système. Seules les variations de l'E.P.I. ont un sens biologique.

f(pop(n-1)) : effet du niveau de population de l'année précédente.

e : effet du climat sur le parasite à un instant donné e : ep + en

an : effet des prédateurs et parasites sur l'ennemi à un instant donné.

R : réceptivité de la plante, c'est à dire la capacité de la plante à assurer le support nécessaire à l'ennemi.

Dans le cadre de la prévision de l'évolution des captures au piège à succion, le système est, bien entendu, simplifié et se résume aux captures et climat. Compte tenu des résultats de l'étude antérieure partiellement complétés, les facteurs climatiques retenus sont les températures, l'insolation et les précipitations. Cette étude est en cours, les premiers résultats sont présentés dans la figure 9.

Les courbes présentées ont été tracées afin d'évaluer l'E.P.I. au 15 juin. Les valeurs de l'E.P.I. au sortir de l'hiver ne correspondent pas à des captures réelles, mais peuvent être considérées comme la potentialité et la vigueur momentanées des populations d'aptères parthénogénétiques hivernants et des œufs d'hiver, à produire des individus ailés.

CONCLUSION

Opérationnel depuis le printemps 1978, le réseau ACTAPHID comprendra 11 postes de piégeage à la fin de cette année. Ce dispositif a déjà permis de recueillir des indications intéressantes d'un point de vue scientifique sur l'activité de vol des pucerons dans différentes zones climatiques (méditerranéenne, océanique, continentale...). Le recul n'est cependant pas suffisant pour statuer sur les possibilités d'utilisation du piège à succion dans la prévision, à l'échelle régionale, des risques potentiels de dégâts directs ou indirects des aphides en culture de céréales.

Il convient de poursuivre les études sur la pertinence et la portée géographique de l'information recueillie à l'aide de cet outil, et de développer des interprétations faisant entrer en ligne de compte non seulement, les facteurs climatiques, mais également des données de terrain obtenues dans un éventail suffisamment large de situations écologiques. En effet, l'installation d'un réseau plus dense de pièges à succion ne prendra toute sa signification que s'il concourt, dans la pratique, à la mise en oeuvre de la lutte intégrée, c'est à dire si cet outil fournit, sur une zone relativement vaste, des indications précises sur les périodes où des contrôles sont réellement nécessaires en culture, compte tenu d'un risque potentiel de dégât.

S.P.V.	: Service de la Protection des Végétaux
I.N.R.A.	: Institut National de la Recherche Agronomique
A.C.T.A.	: Association de Coordination Technique Agricole
F.N.P.P.P.T.	: Fédération Nationale des Producteurs de Plants de Pomme de terre
I.T.P.T.	: Institut Technique de la Pomme de terre
I.T.B.	: Institut Technique de la Betterave
I.T.C.F.	: Institut Technique des Céréales et Fourrages
A.G.P.M.	: Association des Groupements des Producteurs de Maïs

BAYON F., AYRAULT J.P. 1976. Importance de la Jaunisse nanisante de l'Urge (J.N.O. ou BYDV) et des pucerons des céréales en Poitou Charente - La Défense des Végétaux 182, 261 - 278.

DEDRYVER C.A. 1978. Biologie des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France I. Répartition et évolution des populations de *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* WLK., *Macrosiphum* (*Sitobion*) *avenae* F., M. (S) *fragariae* et *Rhopalosiphum padi* L. en Bretagne. Ann. Zool. - Ecol. Anim. - 10 (3), 483 - 505.

DEDRYVER C.A. 1980. Les pucerons dans les rotations céréalières - Perspectives Agricoles, 37, 54 - 64.

DE LA MESSELIERE 1981. Prévision des attaques de pucerons sur céréales dans le sud du bassin parisien - à paraître dans les C.R. des journées pucerons organisées par l'A.C.T.A.

MOERICKE V. 1951. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen insbesondere der Pfirsich-Blattlaus *Myzodes persicae* (Sulz). Nachrbl. dtsch. Pfschdienst (Braunschweig), 3, 23 - 24.

PIQUEMAL J.P., DE LA ROCQUE B. 1981. Maladies et Ravageurs des blés et orges d'hiver : Bilan de la campagne 1979 - 1980. Le Réseau de surveillance - Perspectives Agricoles. 47, 71 - 80.

RABBINGE R., ANKERSMIT G.W., PAK G.A. Epidemiology and simulation of population development of *Sitobion avenae* in winter wheat. Neth. J. Pl. Path. 85, 1979, 197 - 220.

REMAUDIERE G., DEDRYVER C.A., LATGE J.P., LECLANT F., PAPIEROK B., ROBERT Y. 1976, Refelxions sur les récentes pullulations de pucerons sur les épis de céréales en France. La Défense des Végétaux, 178, 76 - 83.

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., ROUZE JOUAN J. 1975 Etude des populations ailées de pucerons des céréales *Acyrtosiphon* (*Metopolophium*) *dirhodum* WLK., A. (M.) *festucae* WLK., *Macrosiphum* (*Sitobion*) *avenae* F., M. (S.) *fragariae* WLK. et *Rhopalosiphum padi* L. en Bretagne de 1967 à 1975 : examen des possibilités de prévision des attaques. C.R. Acad. Agric. France, 16, 1006 - 1016.

ROBERT Y., ROUZE-JOUAN J. 1976. Neuf ans de piégeage des pucerons des céréales : *Acyrtosiphon* (*Metopolophium*) *dirhodum* WLK., A. (M.) *festucae* WLK., *Macrosiphum* (*Sitobion*) *avenae* F., M. (S.) *fragariae* et *Rhopalosiphum padi* L. en Bretagne. Rev. Zool. Agric. Path. Veg. 12, 67 - 80.

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.

DE LA ROCQUE B., PIQUEMAL J.P. 1980 Un réseau pour la protection des céréales Perspectives agricoles, 35, 42 - 49.

STRIZYK S. 1980 *Botrytis cinerea de la Vigne : analyse du comportement épidémique, une stratégie de traitement.* La Défense des Végétaux, 204, 203 - 224.

STRIZYK S. 1981 - Etude du système (Climat - ennemi - anti-ennemi - plante) Modèle d'Etat Potentiel d'Infestation (à paraître).

TAYLOR L.R. 1974 Monitoring Change in the distribution and abundance of Insects Rep. Rothamsted exp. stn. for 1973, part 2, 202 - 239.

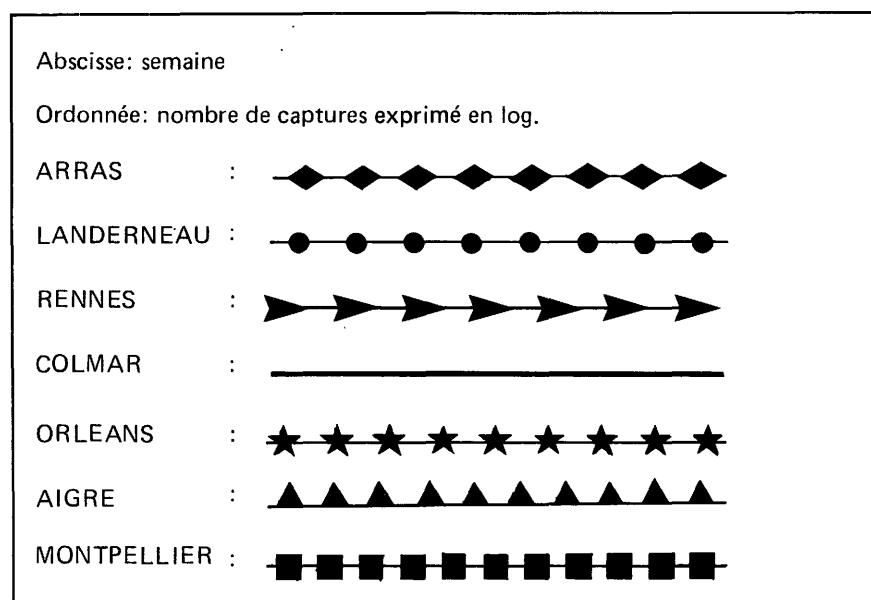
TAYLOR L.R., FRENCH R.A., WOIWOD I.P., 1976 The Rothamsted Insect survey. Rep. Rothamsted exp. Stn. for 1975, part 1, 116 - 119.

Publications - Contract No. 0705

MOUCHART A. (1981) Le réseau expérimental ACTAPHID. *In:* EURAPHID, Rothamsted, 1980, Ed. L.R. Taylor/CEC, pp 27-28

ROBERT Y. (1981) The operation of yellow-water traps and suction traps and the interpretation of the data collected. *In:* EURAPHID, Rothamsted, 1980, Ed. L.R. Taylor/CEC

LEGENDE



Figures 1 à 3: Evolution annuelle des captures hebdomadaires des pucerons des céréales

Figure 1: Courbes des captures cumulées de *R. padi*

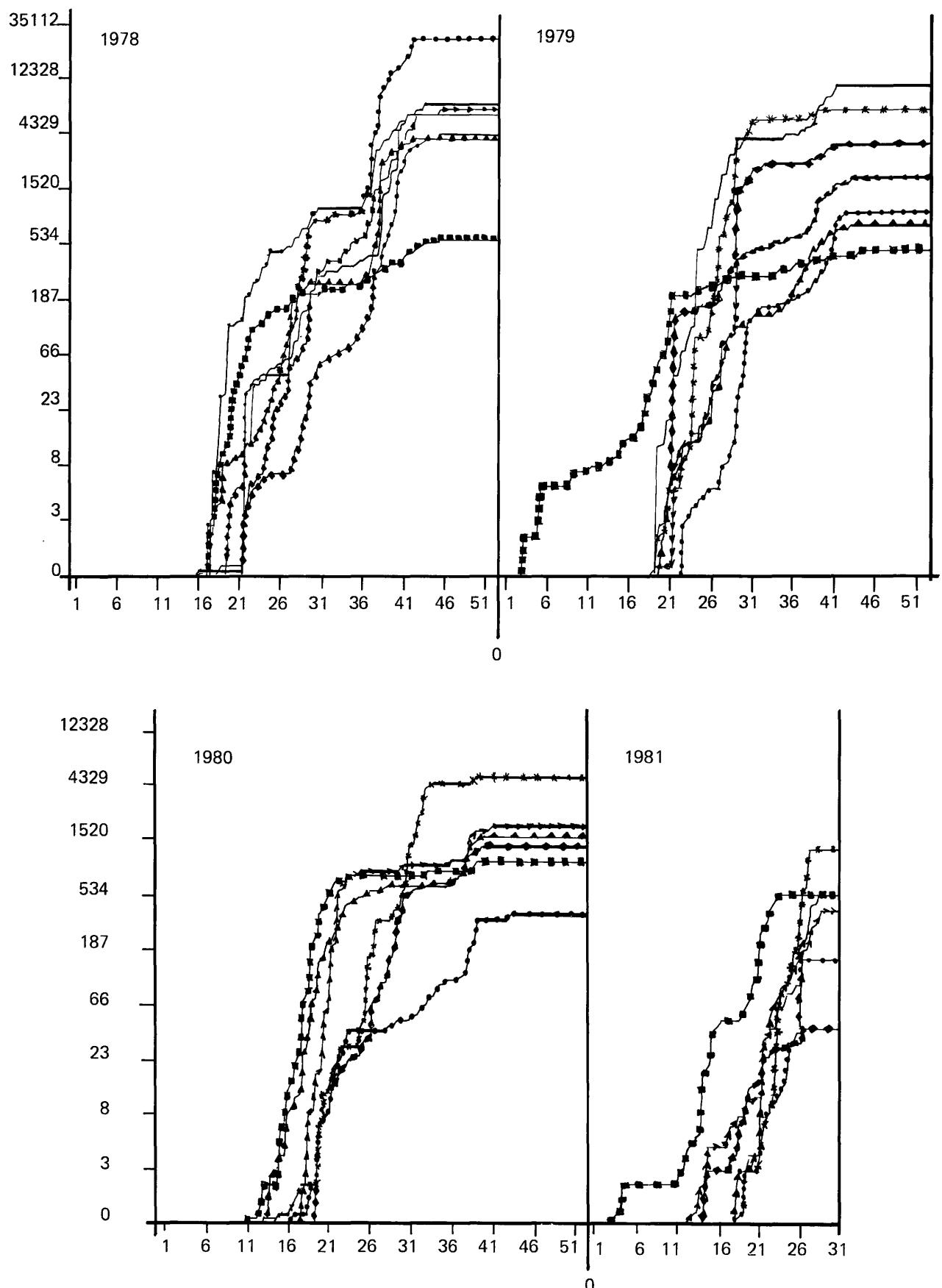


Figure 2: Courbes cumulées de *S. avenae*

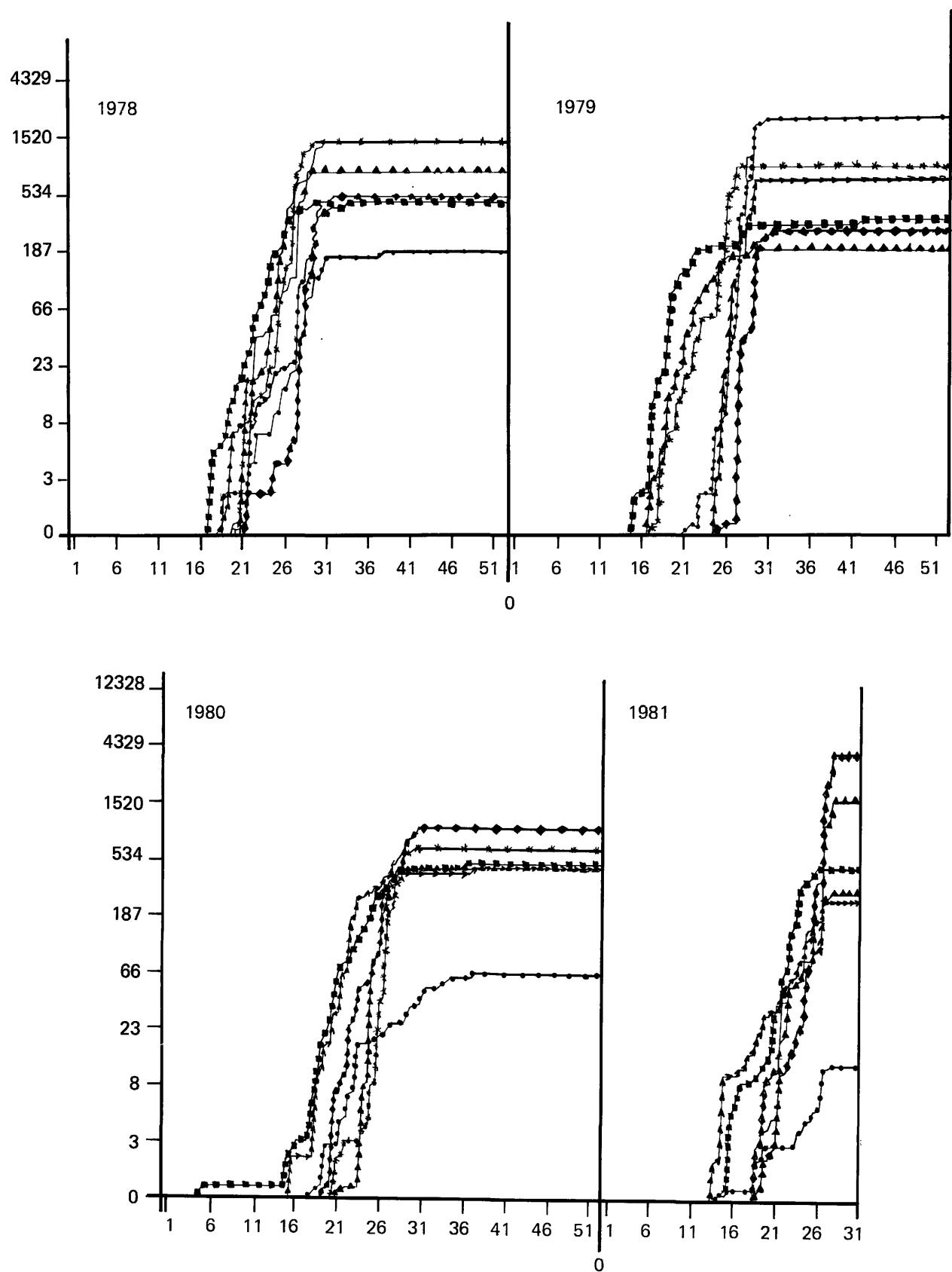
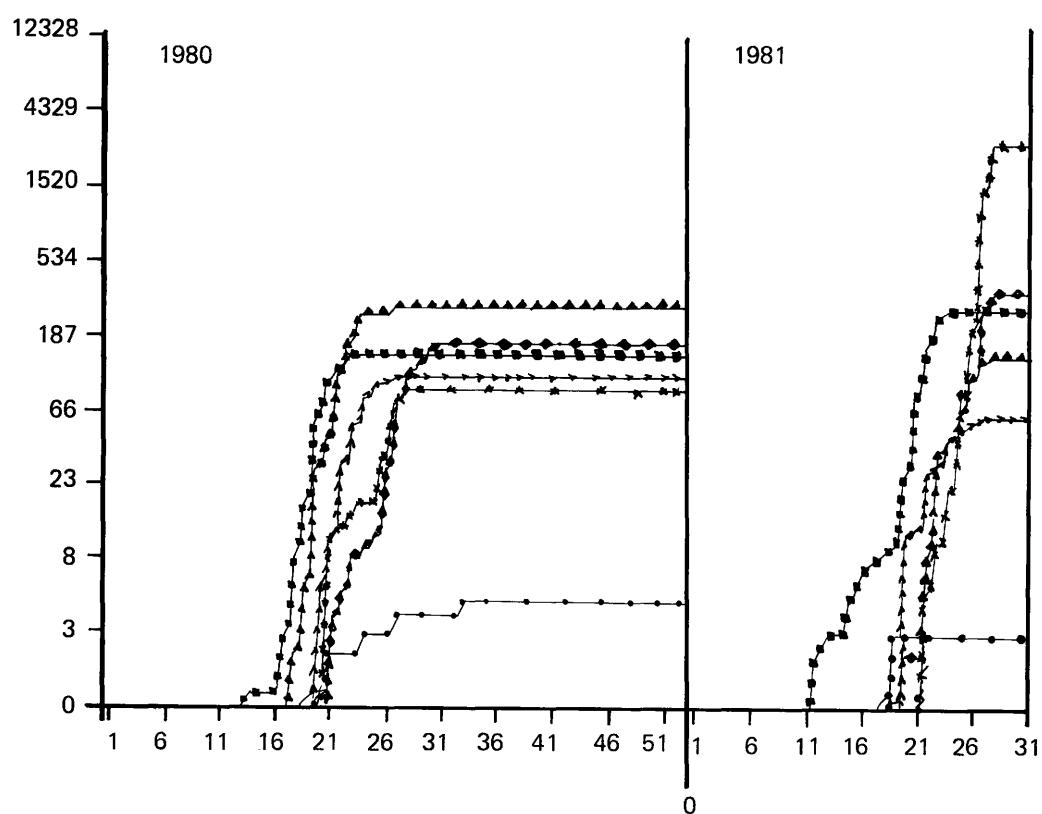
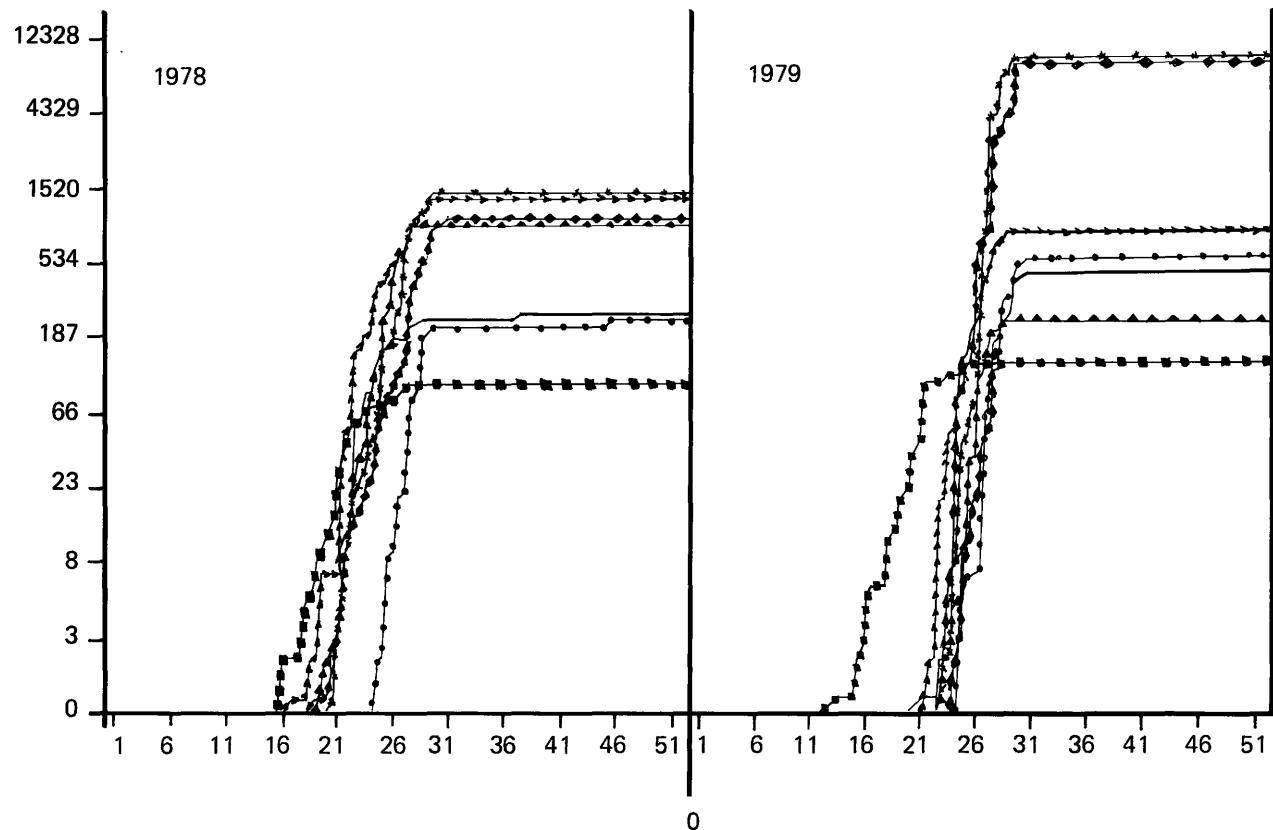


Figure 3: Courbes des captures cumulées de *M. dirhodum*



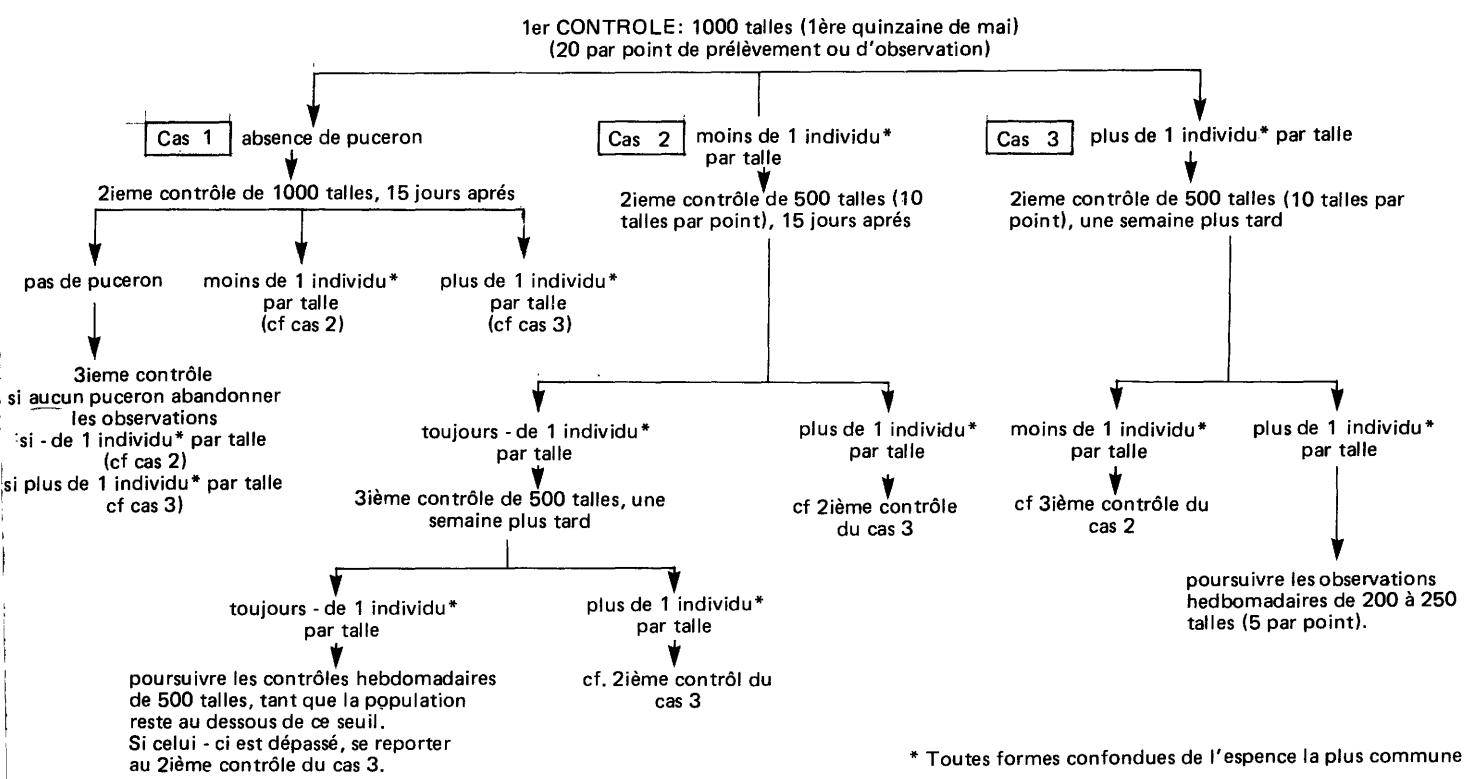


Figure 4: Schéma des observations sur la dynamique des populations aphidiennes

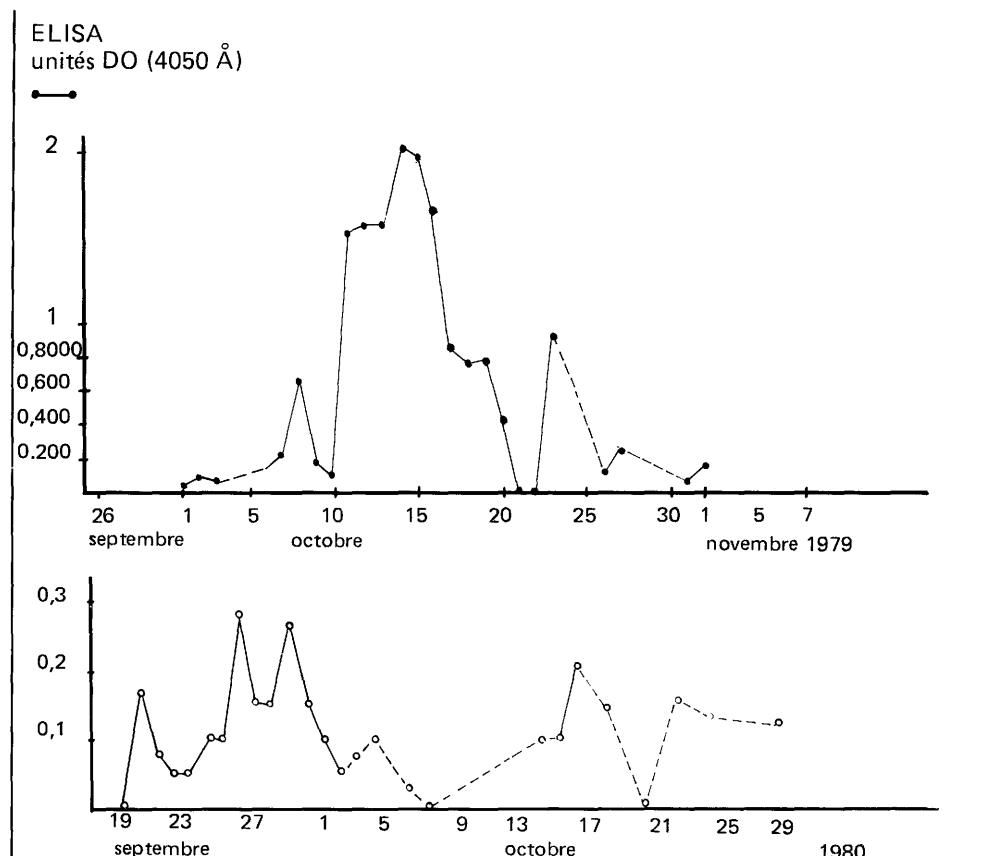
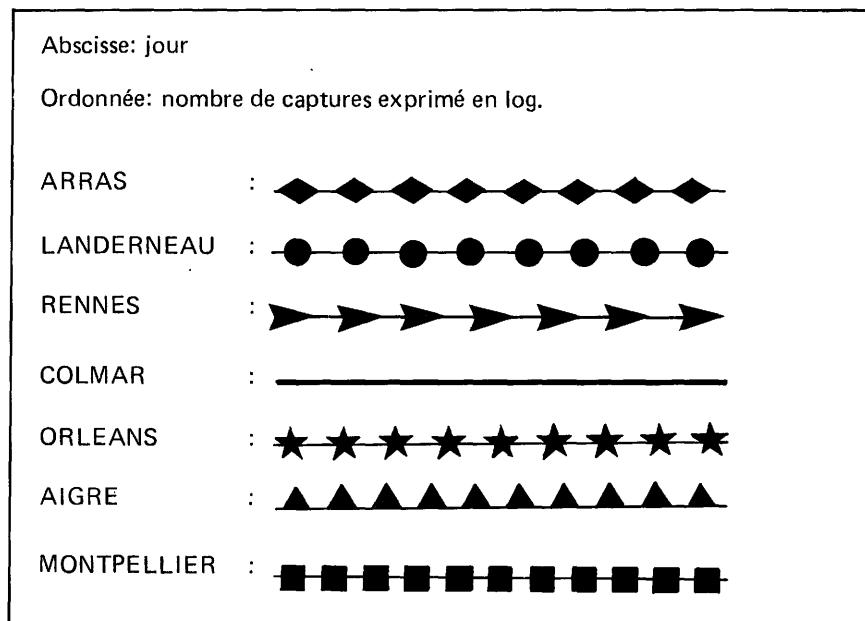


Figure 5: Concentration de virus détectés dans des échantillons de *R. padi* capturés à Rennes.

LEGENDE



Figures 6 à 8: Evolution journalière des premières captures des pucerons des céréales

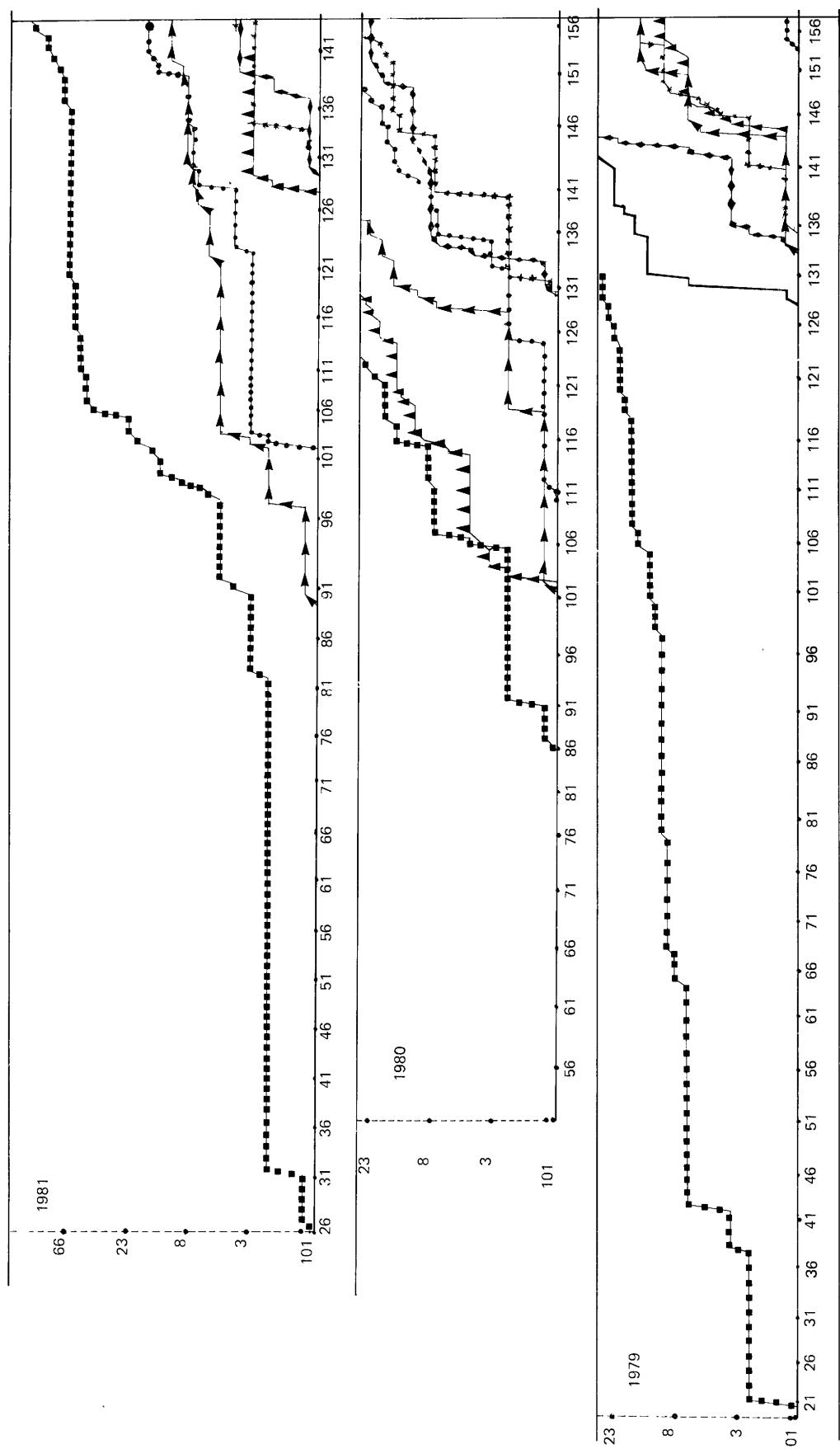


Figure 6: Evolution journalière des premières captures de *R. padi*

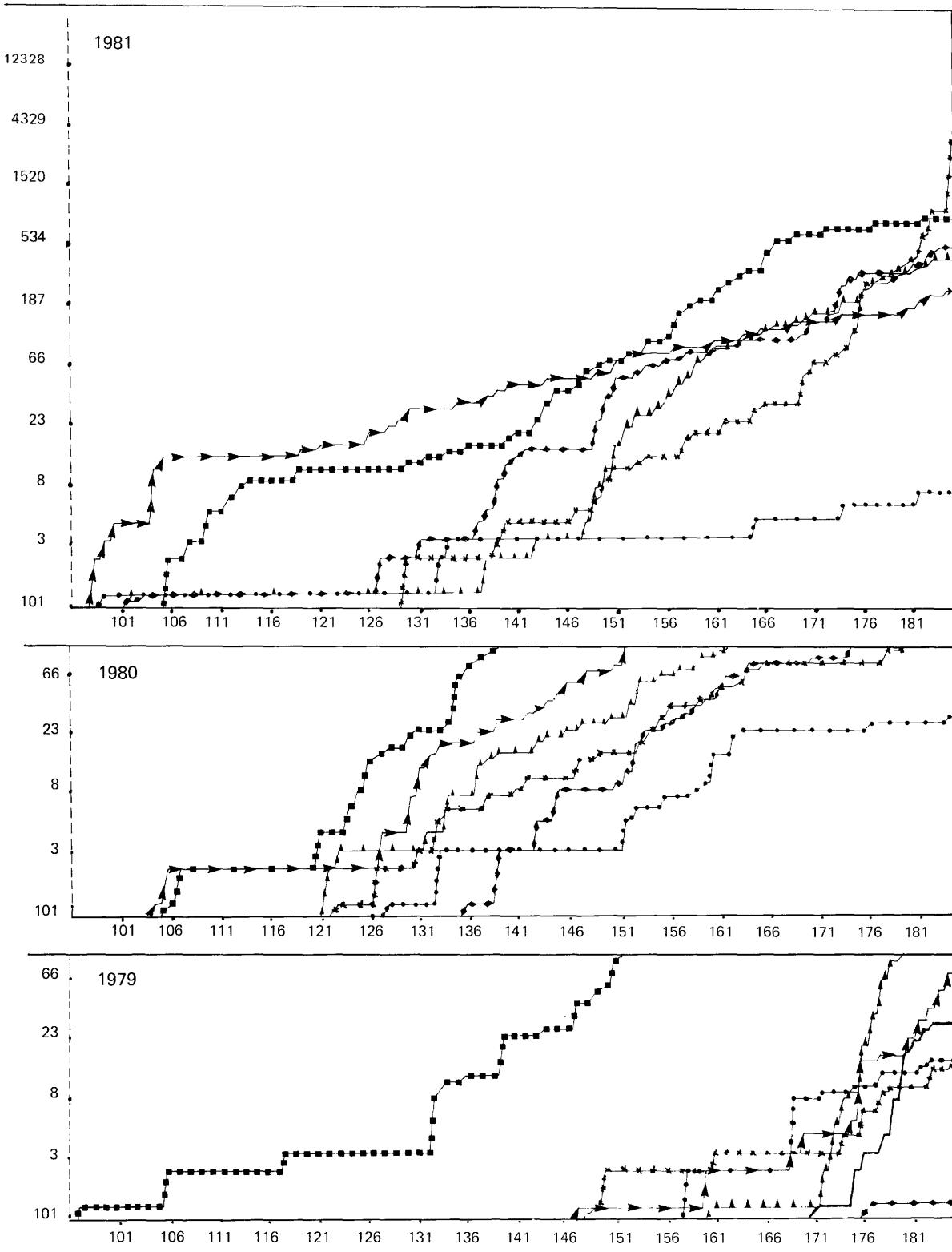


Figure 7: Evolution journalières des premières captures de *S. avenae*

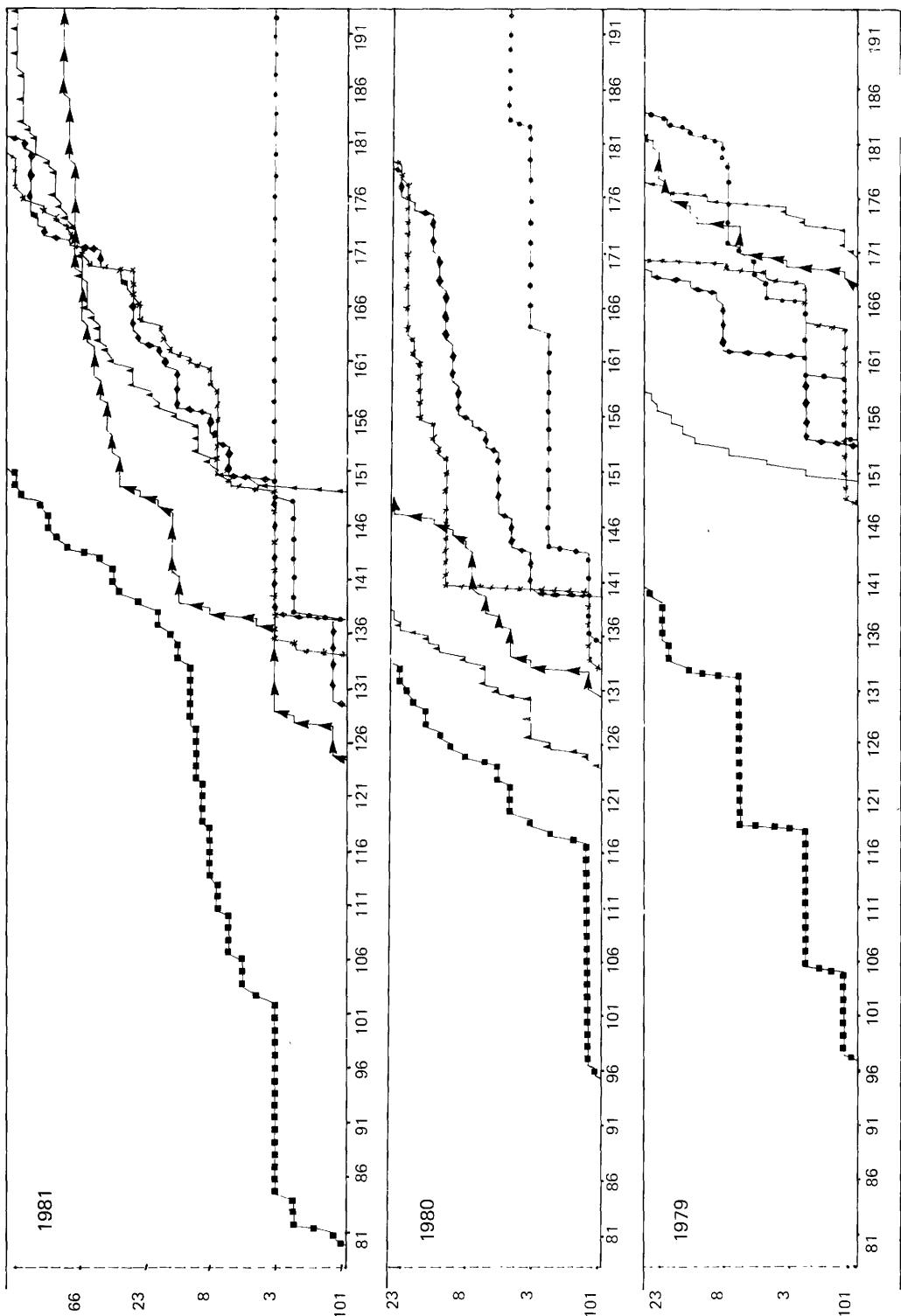
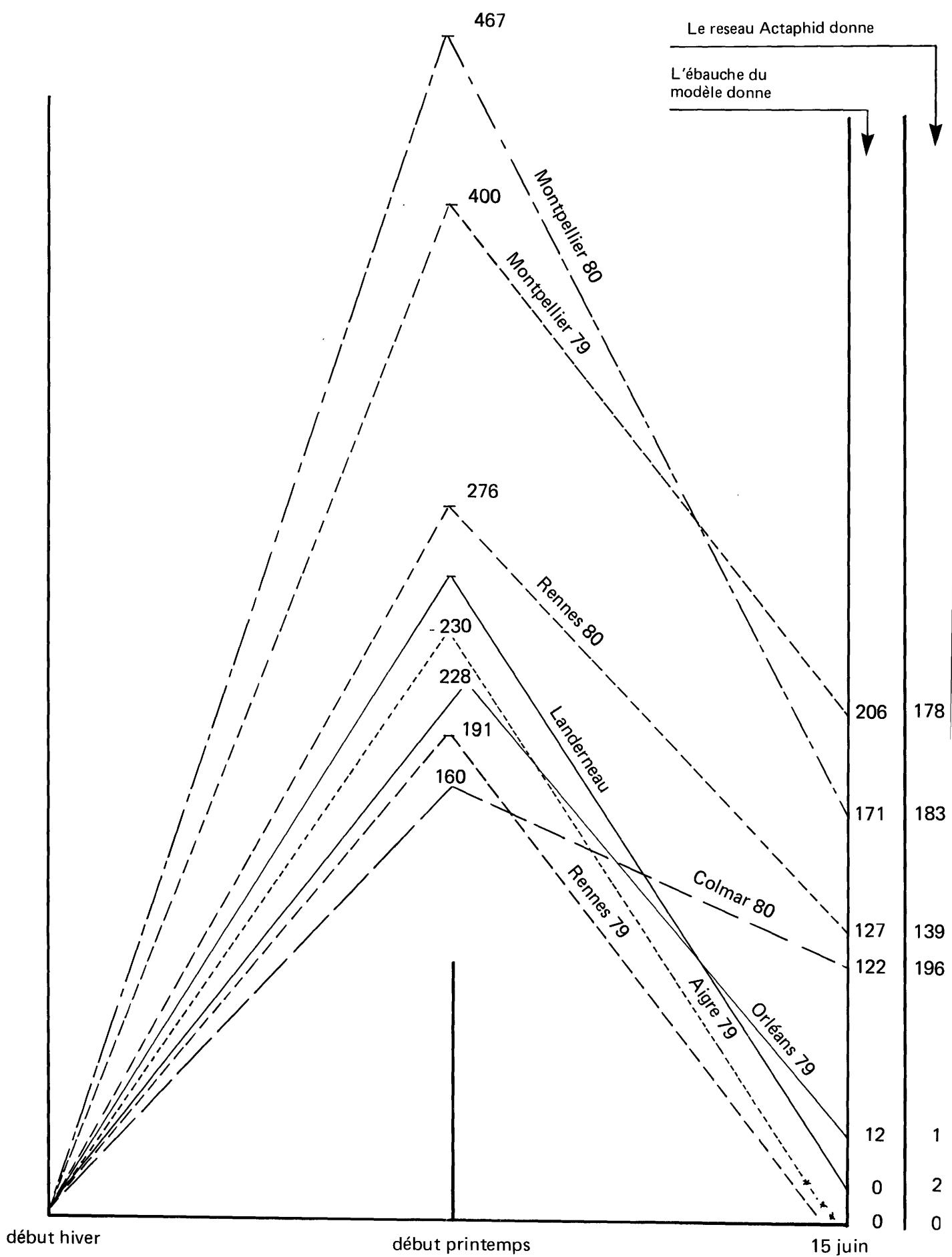


Figure 8: Evolution journalière des premières captures de *M. dirhodum*

Figure 9: Exemple de courbe de calcul de l'E.P.I. au 15 juin pour différents postes.



REDUCTION OF THE USE OF PESTICIDES AGAINST CEREAL APHIDS BY IMPROVE-MENT OF THE OBSERVATION AND PROGNOSIS METHODS.

G. LATTEUR, J. NICOLAS (1)

SUMMARY

Cereal aphids were trapped in a suction trap 12 m high at Gembloux (Belgium) in 1980 and 1981.

At the same time, the trend of the populations of the same aphids was observed during the growing season in wheatfields located at varying distances from the traps. The correlation between the size of the capture and the density of field populations is analysed. In the light of the results obtained so far, it seems that the trap offers a fairly good reflection of the mean trend of the aphid population (especially in 1981). Consequently, it does not seem unrealistic to envisage the use of this method, instead of observer assessments, for evaluating average population size in a given zone in the fairly near future.

REDUCTION DE L'USAGE DES PESTICIDES CONTRE LES PUCERONS DES CEREALESEN AMELIORANT LES METHODES D'OBSERVATION ET DE PROGNOSIS.RESUME

Les captures de pucerons des céréales au piège à succion de 12 m de haut ont été réalisées en 1980 et 1981 à Gembloux.

Parallèlement, l'évolution des populations de ces mêmes pucerons a été suivie pendant la bonne saison dans des champs de froment dispersés autour du piège à des distances variables. La relation qui existe entre l'importance des captures et la densité des populations aux champs est analysée. A la lumière des résultats obtenus jusqu'à présent, il apparaît que le piège reflète assez bien l'évolution moyenne des populations aphidiennes surtout en 1981. Il ne semble donc pas utopique de penser que cet appareil puisse, dans un proche avenir, remplacer pour une zone déterminée, les observations de témoins pour évaluer l'importance moyenne des populations.

(1) Station de Zoologie appliquée de l'Etat, 5800 GEMBLOUX.

1. INTRODUCTION

La réalisation de ce projet repose principalement sur l'utilisation du piège à succion de 12 m de haut, qui est spécialement adapté pour détecter les déplacements aériens des aphides et qui fut mis au point à Rothamsted (Angleterre).

Le travail entrepris à ce sujet consiste à vérifier s'il existe une bonne corrélation entre l'évolution de l'intensité des captures journalières de pucerons des céréales réalisées au piège et l'évolution de l'importance de leurs populations dans des champs de céréales dispersés à des distances variables autour de celui-ci. Dans l'affirmative, cet appareil pourrait être utilisé à l'avenir comme instrument de mesure capable de fournir des précisions sur l'importance moyenne des populations en place dans les champs de la zone contrôlée et leur développement. Il pourrait ainsi alléger sensiblement les observations à faire sur le terrain dans le but de renseigner les céréaliers sur la situation aphidiennne du moment et de lancer des avertissements si l'avenir paraît tel que des traitements pourraient s'avérer nécessaires dans certains cas.

D'autre part, pour compléter les données recueillies sur le terrain en ce qui concerne l'évolution des populations aphidiennes, des observations relatives à l'importance des principaux ennemis des pucerons des céréales ont été réalisées. Ces données devraient permettre d'améliorer la prognose relative aux populations aphidiennes en tenant compte de l'action des auxiliaires.

2. METHODES

Le relevé des captures au piège à succion est effectué chaque jour, d'avril à novembre. Les pucerons sont ensuite séparés des autres insectes et placés dans de l'alcool à 70°. Les représentants de trente-deux espèces d'importance économique, y compris les pucerons des céréales, sont identifiés un par un. Chaque jeudi, les résultats obtenus pour les 7 jours qui précédent sont envoyés à l'A.C.T.A. (Paris) qui les centralise et les publie chaque semaine avec ceux des 8 pièges français.

Une station météorologique, située à 2 km du piège, enregistre toute l'année divers paramètres dont ceux qui influencent directement le vol des pucerons: la température, les pluies et la vitesse du vent.

En 1980 et 1981, les observations sur le terrain ont été réalisées respectivement dans 9 et 12 champs de froment d'hiver dispersés autour du piège.

Chaque semaine, du début à la fin du développement des colonies aphidiennes dans les champs, les pucerons sont comptés in situ, par espèce, sur un nombre de tiges variant de 200 à 50 selon le niveau de l'infestation. Lors des trois premiers comptages, lorsque les pucerons sont encore rares, la proportion des différentes formes larvaires et adultes est notée. Outre les aphides vivants, les momies de pucerons parasités par Hyménoptères et par Entomophthorales sont répertoriés ainsi que les prédateurs tels que les coccinelles (adultes et larves) et les syrphides (larves).

3. AVERTISSEMENT

Etant donné que, pour des raisons écologiques complexes, l'évolution des populations aphidiennes aux champs est très variable d'une année à l'autre, ce travail, pour être valable, doit se dérouler sur plusieurs années. Quatre ans nous semblent être un minimum. Aussi, le dépouillement complet des données qui ont été accumulées jusqu'à présent ne pourra-t-il être exécuté qu'à la fin du travail, c'est-à-dire après la biennale à venir. C'est alors que des conclusions pourront être avancées et que les règles éventuelles de l'utilisation pratique du piège à succion dans la prognose relative aux pucerons des céréales pourront être établies.

Avant 1984, seule une analyse succincte et annuelle des résultats relatifs au piège à succion et à l'évolution des populations en champ sera effectuée.

Quant aux données relatives à l'action des auxiliaires et ses répercussions sur l'évolution aphidienne, elles n'apparaîtront pas dans ces rapports provisoires. Leur traitement commencera en 1984 avec toutes celles que nous avons accumulées à ce sujet depuis 1971, année où cette étude a commencé. Ce travail sera réalisé à l'aide du Centre de Statistique du C.R.A. de Gembloux.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. 1979

Suite à la signature très tardive du contrat, notre piège à succion ne fut pas acquis avant novembre 1979 et cette étude débute effectivement en 1980.

4.2. 1980

Au piège, en 1980, 16.850 pucerons ont été capturés dont 14.204 appartenait à des espèces pouvant présenter une importance économique. Parmi ces derniers, 287 étaient des Metopolophium dirhodum, 5.592, des Rhopalosiphum padi et 2.124, des S. avenae.

L'évolution des captures journalières au piège à succion est représentée par les figures 1 et 2. Les résultats des relevés au champ ont été réunis en deux groupes: le premier comprend les 4 champs les plus proches du piège (5 km en moyenne), le second regroupe les 4 champs les plus éloignés (20 km en moyenne). Les données relatives au pourcentage de pucerons adultes ailés et aptères par rapport à la population totale, au début de l'infestation, figurent dans le tableau 1.

1. *Sitobion avenae*

Au cours de la dernière quinzaine de mai et surtout de la première décade de juin, les premiers individus ailés de S. avenae ont été capturés au piège. A cette époque, les populations dans les champs étaient très faibles et si l'on se réfère au tableau 1, les adultes étaient principalement représentés par des individus ailés. Les deux observations permettent de penser que S. avenae venait d'effectuer un vol d'immigration à destination des froments d'hiver.

Du 15 au 20 juin, alors que les populations se multipliaient activement dans les champs, l'intensité des captures au piège accusa une diminution sensible pour reprendre par la suite et atteindre son maximum le 4 juillet. Cependant, après cette date, dans les froments les densités aphidiennes ont continué à augmenter jusque la mi-juillet avant de régresser rapidement.

Les captures très importantes relevées au piège autour du 5 juillet, alors que les populations aux champs n'avaient pas encore atteint leur maximum de développement, correspondent vraisemblablement à une arrivée importante d'ailés de S. avenae. Si tel fut le cas, cette seconde immigration a renforcé les populations locales qui ont encore progressé pendant une dizaine de jours.

D'autre part, l'abondance relative des captures au piège à succion, alors que les populations de pucerons diminuaient aux champs, se comprend en partie quand on sait que la production de formes ailées augmente très nettement lorsque les populations vieillissent.

2. Metopolophium dirhodum

L'immigration printanière des M. dirhodum ne fut pas décelée par le piège. En effet, les premières captures furent enregistrées le 13 juin alors qu'aux champs, à ce moment, ce sont des aptères qui ont été observés. Par la suite, cependant, l'évolution des captures au piège suivit assez bien celle des populations dans le premier groupe de champs qui ne dépassèrent pas le niveau moyen de 3 individus par talle. Dans le second groupe, l'évolution fut très faible. Elle atteignit au maximum un puceron en moyenne par talle.

3. Rhopalosiphum padi

En ce qui concerne les Rhopalosiphum padi, l'importance des captures au piège se situa entre celle des deux espèces précédentes. Cependant, ses populations furent quasi nulles dans les champs de froment.

En automne, le piège intercepta très peu de S. avenae et de M. dirhodum, mais par contre, la troisième espèce, R. padi, fut très bien représentée. Aux champs, sur 600 plantes d'orge d'hiver échantillonées fin octobre dans une dizaine de champs autour du piège, seuls 9. S. avenae et 17 R. padi ont été trouvés sur seulement 11 plantes. Cette relative rareté des R. padi dans les orges d'hiver, seule céréale établie à ce moment-là, comparée à son abondance au piège, montre que cette espèce, à l'inverse de S. avenae, n'est pas particulièrement intéressée par cette céréale lors de sa migration automnale.

4.3. 1981

Les captures au piège se sont élevées à 22.190 individus dont 18.920 appartenait à des espèces pouvant présenter une importance économique; parmi ces derniers, 1.391 étaient des M. dirhodum, 4.210, des R. padi, et 3.361, des S. avenae.

Pour chacune des trois espèces de pucerons des céréales, les figures 3 et 4 représentent l'évolution journalière de leur capture au piège et leur nombre moyen par talle dans trois groupes de 3 ou 4 champs se trouvant à une distance moyenne de 5, 22 et 60 km du piège.

D'autre part, le tableau 2 donne les pourcentages d'adulte ailés et aptères observés dans les champs au début de l'infestation.

1. Sitobion avenae

Au piège, S. avenae fut détecté pour la première fois le 14 mai et pour la seconde fois, le 30. A partir de cette date et pendant une quinzaine de jours, des captures faibles mais répétées furent observées. D'autre part, lors des comptages des 2 et 9 juin, nous avons noté dans la plupart des champs que les S. avenae adultes étaient quasi exclusivement des formes ailées. Cette situation fut déjà signalée pour 1980 et semble bien prouver une nouvelle fois que la première colonisation importante des froments d'hiver était en cours. Ensuite, les captures au piège augmentèrent rapidement (une interruption fut notée fin juin à la suite de précipitations importantes), jusqu'au 7 juillet pour décroître ensuite. Dans les champs, l'évolution moyenne des populations de S. avenae fut parallèle à celle du piège pour le groupe de champs le plus proche et pour le plus éloigné. Le groupe intermédiaire se différencie des deux autres par le fait que la multiplication des pucerons fut nettement freinée au cours de la deuxième décade de juillet.

2. Metopolophium dirhodum

La présence de M. dirhodum fut, comme pour S. avenae, observée au piège pour la première fois le 14 mai. Ensuite et jusqu'au 10 juin, ce puceron fut nettement moins bien représenté que S. avenae. D'autre part, aux champs, lors des premières observations, les adultes ailés de M. dirhodum ne furent pas trouvés en plus grand nombre que les aptères; aussi, comme en 1980, le vol d'immigration de ce puceron n'a pas été détecté. Après le 10 juin, l'évolution des captures au piège fut parallèle à celle de la densité des pucerons aux champs. On remarque cependant que le développement moyen des populations du groupe de champs le plus lointain fut nettement moins important que celui des champs plus proches, surtout après le 20 juin. Il faut noter aussi que le rapport entre l'importance des captures au piège et celle des populations en champs est plus faible pour S. avenae que pour M. dirhodum. Cette observation, si elle devait se confirmer par la suite, signifierait entre autres qu'il ne faut pas accorder à ces deux espèces la même valeur de comparaison entre les densités des captures au piège et celles des populations sur le terrain. Elle pourrait expliquer aussi pourquoi le vol d'immigration printanier de M. dirhodum n'est guère détecté par le piège.

3. Rhopalosiphum padi

En ce qui concerne R. padi, s'il se multiplia dans les maïs, il fut, comme d'habitude, très rare dans les froments d'hiver.

Pour les trois espèces, les déplacements aériens d'automne furent moins importants qu'en 1980 et leur présence dans les champs d'escourgeon nouvellement établis fut quasi nulle.

7. CONCLUSIONS PRELIMINAIRES

Dans les zones céréaliers de notre pays, la rotation consiste en une succession quasi immuable de trois cultures: betteraves sucrières, froments d'hiver et orges d'hiver. D'autre part, les repousses de froment et d'orge ne passent presque jamais l'hiver. Les premières sont emblavées en orge d'hiver dès septembre, tandis que les secondes sont retournées avant l'hiver afin que l'action du gel ameublisse le sol pour les semis de betteraves.

De cette situation, il résulte que les sources importantes de Sitobion avenae que sont les repousses disparaissent en partie avant la levée des orges d'hiver et quasi totalement avant celle des froments, semés plus tardivement. Ces derniers échappent ainsi à une colonisation préhivernale et sont, à la sortie de l'hiver, presque exempts d'aphides. Aussi, les S. avenae (principalement anholocycliques) comme les M. dirhodum (exclusivement holocycliques) les colonisent-ils au printemps, vers la même époque, fin mai, début juin.

Il en résulte que l'évolution des populations aphidiennes est assez parallèle dans la plupart des champs, ce qui ressort de l'analyse de l'évolution des populations aphidiennes dans les différents groupes de froments échantillonnés, quel que soit leur éloignement par rapport au piège.

D'autre part, il semble qu'à la lumière du dépouillement préliminaire des résultats obtenus jusqu'à présent notre piège reflète assez bien l'évolution moyenne des populations aphidiennes surtout en 1981.

Si cette observation se confirme au cours des deux années à venir, il faudra, en outre, pour que le piège s'avère utile, qu'une relation suffisamment étroite existe entre l'importance des captures et la densité des populations aux champs. Dans ce cas, on pourra envisager d'utiliser cet appareil plutôt que d'effectuer sur le terrain les observations fastidieuses, qui sont réalisées jusqu'à présent, pour évaluer l'importance moyenne des populations et prévenir les céréaliers lorsque la menace d'un développement économiquement dommageable se précise. Là s'arrêtent les possibilités d'un tel piège qui, on l'imagine, ne pourra jamais se substituer aux agriculteurs et décider de l'opportunité d'un traitement dans chaque cas particulier. Car, si dans notre région, l'évolution des populations est relativement synchronisée dans la plupart des champs, il est évident que, pour des raisons écologiques et agronomiques, l'importance des populations varie de champ à champ.

Publication - Contrat 0751

LATTEUR G (1980) Reducing the use of chemicals against cereal aphids by improving the observation and prognosis methods
CEC, D.G. VI, Agriculture F/4, Rothamsted, 1980, 33-35

Localité	Espèce	Date		
		3 ou 4/VI	10 ou 11/VI	17 ou 18/VI
Cortil - Noirmont	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	50% 0% 0% 0%	12% 1% 0% 8%	4% 5% 1% 4%
Fleurus	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	0% 0% 0% 17%	11% 0% 0% 8%	5% 5% 0% 0%
Forville	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	33% 0% 0% 0%	12% 1% 0% 0%	6% 4% 1% 7%
Gembloix	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	28% 0% 0% 0%	10% 3% 0% 10%	3% 5% 1% 3%
Lathuy	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	5% 10% 0% 0%	11% 1% 0% 0%	— — 0% 2%
Milmort	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	8%*(30/V) 0%*(30/V) 10%*(30/V) 10%	13% (9/VI) 1% (9/VI) 0% (9/VI) 5% (9/VI)	
Rhisnes	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	11% 0% 0% 0%	14% 0% 0% 2%	4% 6% 7% 3%
Thisnes	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	12% 3% 0% 0%	7% 0% 0% 0%	3% 8% 0% 2%
Tourinnes - St-Lambert	<u>S. avenae</u> ailé <u>S. avenae</u> apt. <u>M. dirhodum</u> ailé <u>M. dirhodum</u> apt.	0% 0% 0% 0%	8% 2% 33% 0%	2% 10% 0% 4%

(*) Attention, pour Milmort uniquement, les dates sont différentes: 30/V et 9/VI, ainsi qu'il est repris dans les colonnes de ce tableau.

Tableau 1: Pourcentage de pucerons adultes ailés et aptères, par rapport à la population totale, au début de l'infestation - Belgique, 1980

Date	Species	Locality and its distance from the suction trap in Gembloux									
		Cortil 3 km	Gembloix 1 km	Rhines 10 km	Tourinnes 7 km	Forville 22 km	Fleurus 15 km	Lathuy 20 km	Thisnes 25 km	Ligney 35 km	Ath 65 km
20 V 81	S.a. M.d.	0% * 0 al. ap. 0 0	0% 0 0 0 0 0	0% 0 0 0 0 0	0% 50 0 0 0 0	0% 0 0 0 0 0	0% 0 0 0 0 0	0% 100 0 0 0 0	0% 100 0 0 0 0	— — — — — —	— — — — — —
2 VI 81	S.a. M.d.	0 0 al. al. ap. 0 0	100 0 0 0 0 0	19 0 0 0 0 8	0 7 0 0 11	31 0 0 0 0 0	12 0 0 0 0 5	10 3 3 3 3 3	0 8 8 8 7 5	12% 0 0 0 2 0	8% 2 0 0 6 4
9 VI 81	S.a. M.d.	— — al. ap. — — 0 0	— — 6 0 2 1 3	17 2 1 2 1	5 2 2 2 0	13 0 2 2 6	18 0 3 3 1	8 1 3 3 6	3 3 1 1 6	8 5 2 4 4	— — — — —
16 VI 81	S.a. M.d.	4 6 al. ap. 3 4	6 6 2 3	5 7 2 4	3 6 1 7	7 3 1 —	10 2 — —	2 5 — —	3 4 — —	6 1 — —	— — — —

S.a. = *Sitobion avenae*
M.d. = *Metopolophium dirhodum*
al. = alate (adult)
ap. = apterous (adult)
(*) : 100% = all the aphids of the species.

Table II: Percentage of the alate and apterous adult cereal aphids - Belgium 1981

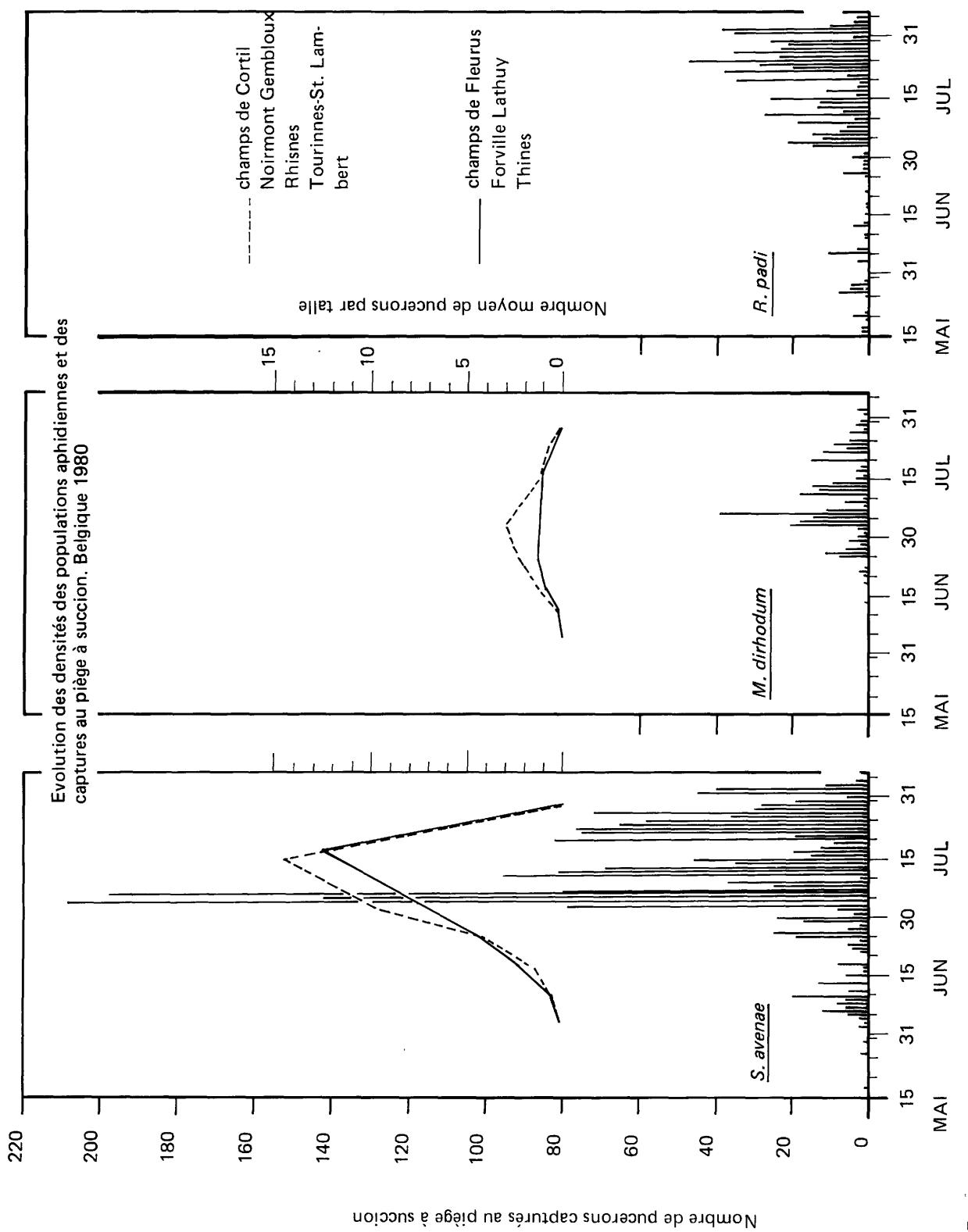


Figure 1

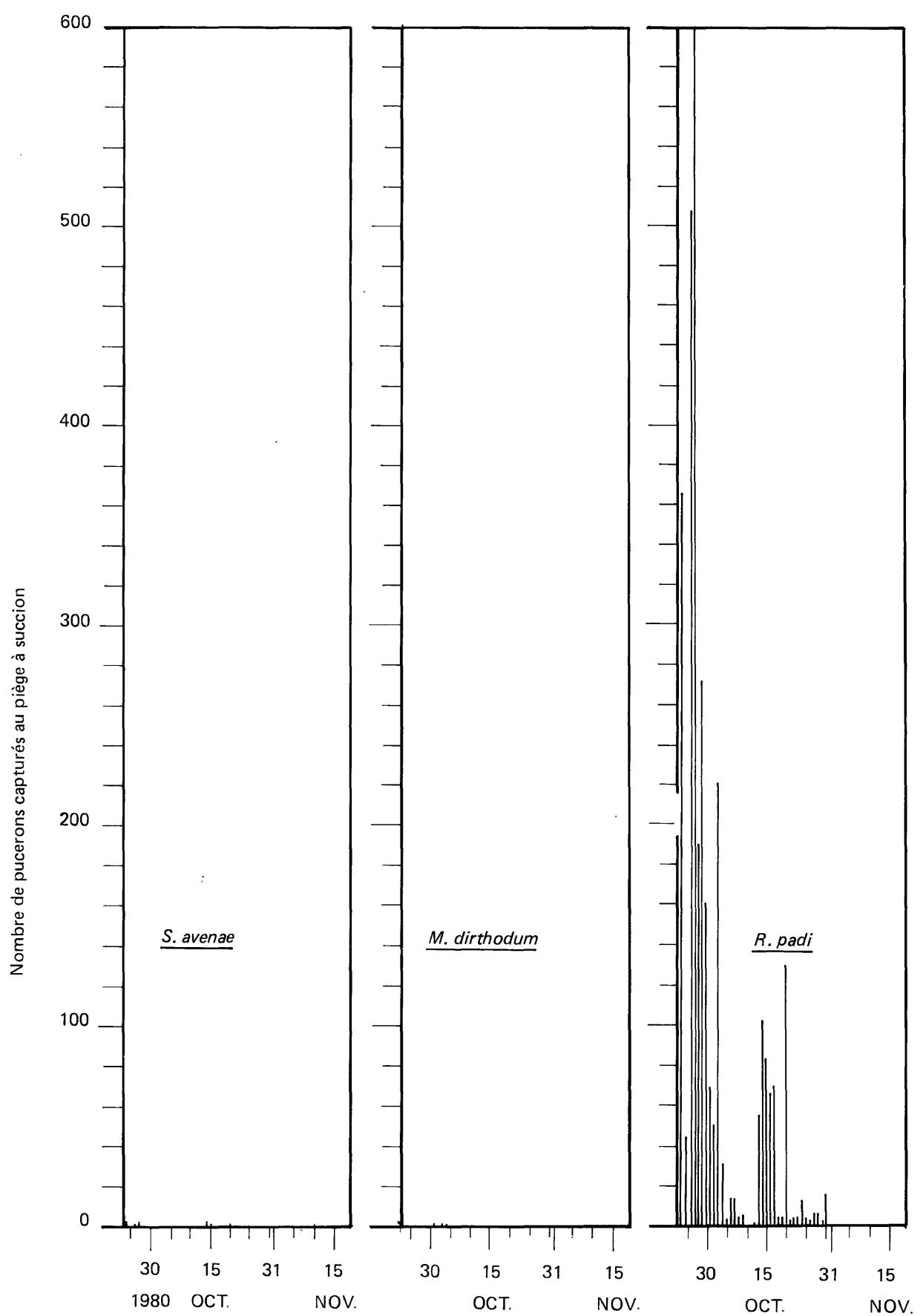


Figure 2

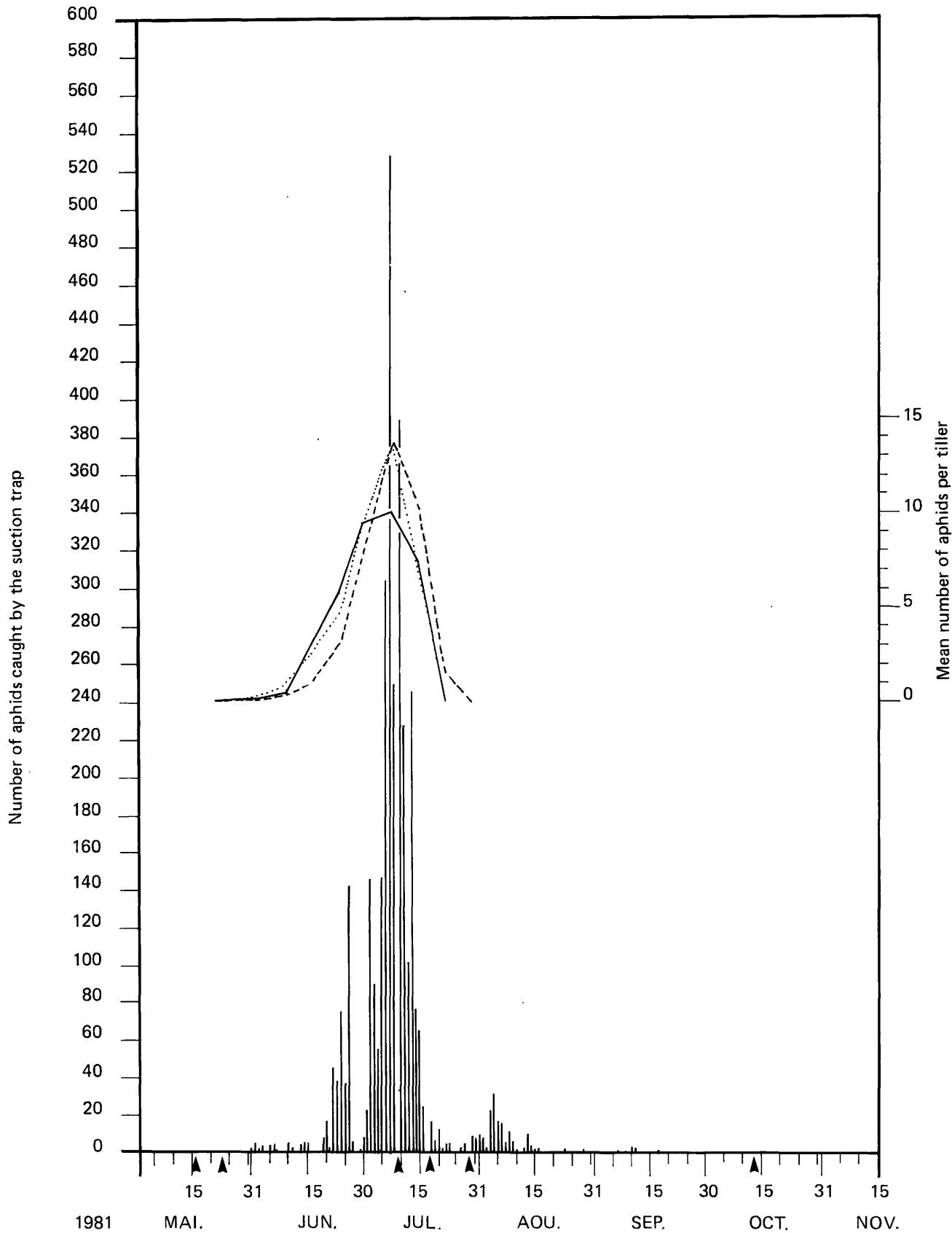


Figure 3: Evolution des densités aphidiennes au piège à succion et dans trois groupes de 3 ou 4 champs se trouvant en moyenne à 5 Km (---), 22 Km (—) et 60 Km (···) du piège à succion.

▲ Piège à succion non opérationnel.

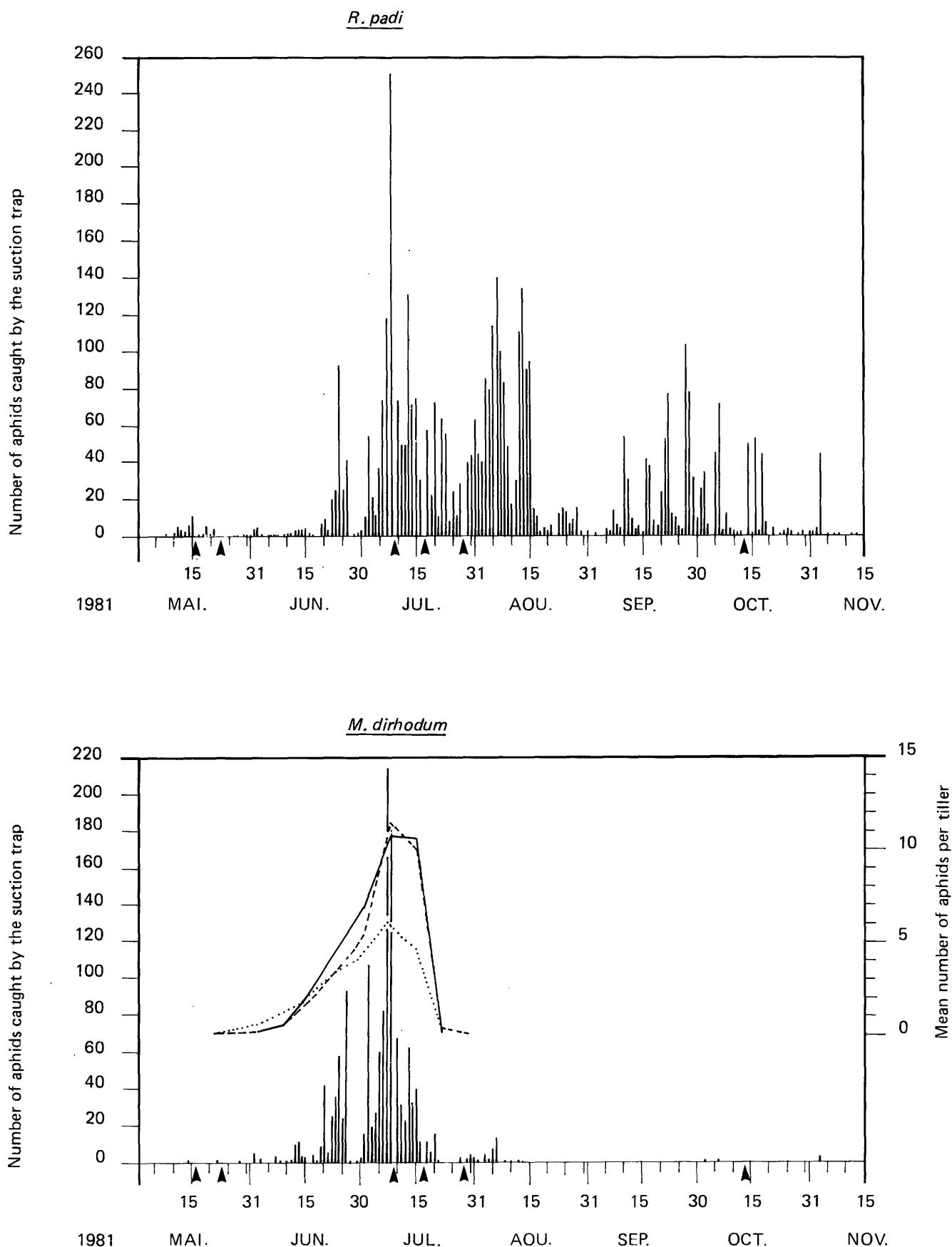


Figure 4: Evolution des densités aphidiennes au piège à succion et dans trois groupes de 3 ou 4 champs se trouvant en moyenne à 5 Km (- - - -), 22 Km (—) et 60 Km (· · · ·) du piège à succion.

▲ Piège à succion non opérationnel.

RESEARCH INTO THE POSSIBILITY OF PRODUCING IN VITRO AN INOCULUM FROM CONIDIA WITH A VIEW TO ITS USE AGAINST CEREAL APHIDS.

G. LATTEUR, J. DESTAIN (1)

SUMMARY

The authors report on their researches on the production on solid and liquid media in vitro of an Erynia neoaphidis inoculum able to infect cereal aphids.

After fruitful tests of infection in the laboratory, a first application of mycelium was realized on the field.

Two further studies were devoted to the biology of the Entomophthorales: the first one on the infections power and the production dynamics of conidia from lasting spores of Conidiobolus obscurus, the second one on the persistence of an inoculum of primarian conidia of Erynia neoaphidis.

RECHERCHE SUR LA POSSIBILITE DE PRODUIRE IN VITRO UN INOCULUM A BASE DE CONIDIRES DANS LE BUT DE L'UTILISER CONTRE LES PUCERONS DES CEREALES.

RESUME

Les auteurs relatent les travaux qu'ils ont effectués en vue de produire in vitro, sur milieu solide et en milieu liquide, un inoculum d'Erynia neoaphidis capable d'infecter des pucerons.

Après des essais fructueux d'infection réalisés en laboratoire, une première application de mycélium a été effectuée en champ.

D'autre part, deux études ont été consacrées à la biologie des Entomophthorales: l'une relative au pouvoir infectant et à la dynamique de la production de conidies par les spores durables de Conidiobolus obscurus, l'autre se rapportant à la persistance d'un inoculum à base de conidies primaires d'E. neoaphidis.

(1) Station de Zoologie appliquée de l'Etat 5800 GEMBLOUX.

Au cours de ces trois années, les travaux ont été consacrés à des recherches sur la possibilité de produire un inoculum à base de conidies ou de mycélium capable d'en engendrer rapidement.

En outre, des essais d'infection d'aphides en laboratoire et en champs ont été effectués, d'une part avec du mycélium produit in vitro par notre laboratoire, et d'autre part avec des spores durables produites in vitro par nos collègues de l'Institut Pasteur de Paris.

Enfin, nous nous sommes consacrés à l'étude de la biologie des Entomophthorales, en particulier des spores durables de Conidiobolus obscurus et des conidies d'Erynia neoaphidis.

I. PRODUCTION D'INOCULUM

Les études relatives à la production d'un inoculum à base de conidies ou de mycélium ont été entreprises principalement avec une espèce d'Entomophthorale, Erynia neoaphidis, choisie pour sa haute pathogénicité envers de nombreuses espèces d'aphides, y compris les pucerons des céréales. Deux souches de notre mycothèque furent utilisées, la souche n° 47, isolée en Belgique d'un Sitobion avenae, et la souche n° 64, isolée au Brésil d'un Acyrtosiphon pisum.

Les essais de multiplication de ces souches ont commencé sur milieu solide à base de lait, d'oeuf et de Sabouraud. Nous avons recherché quelles étaient les conditions de température, d'aération et d'éclairage qui entraînaient une croissance maximum du mycélium. En outre, nous avons testé l'effet de divers facteurs de croissance.

D'autre part, des essais de récolte et de conservation des conidies produites ont été réalisés ainsi que des traitements de pucerons avec ces éléments.

Jusqu'il y a peu, cet ensemble de travaux n'avait pas donné des résultats très prometteurs. Cependant, tout nous permet d'espérer pouvoir produire aisément, en utilisant une technique à l'étude, du mycélium ou un mélange de mycélium et de conidies sur milieu solide.

Toutefois, vu le peu de succès obtenu au début par les essais de production sur milieu solide, nous avons mené parallèlement des recherches visant à produire du mycélium en milieu liquide.

Les résultats prometteurs obtenus en fioles, (milieu liquide), principalement avec la souche n° 64, nous ont incité à poursuivre nos travaux en fermentateurs. Afin de maîtriser au mieux la technique de production en milieu liquide, toute une série d'essais ont été réalisés dans le but de préciser l'action de plusieurs facteurs qui influencent le développement du mycélium, tels que l'âge et l'importance de l'inoculum, le rythme de repiquage ainsi que l'introduction dans le milieu d'antibiotiques pour réduire les risques d'infection. L'acquisition récente d'un fermenteur de 16 litres, équipé de système capables de mesurer et régler le pH ainsi que la teneur en O₂ et CO₂ du milieu pendant la fermentation, nous a permis de commencer des travaux destinés à rechercher les conditions les meilleures pour la production du mycélium.

Le mycélium d'Erynia neoaphidis produit des conidies infectantes (voir plus loin), mais sa durée de conservation est très nettement insuffisante. Aussi, avons-nous tenté de l'améliorer en soumettant le champignon à différents traitements : - le séchage lent ou rapide à 5, 10 et 20° C;

- la lyophilisation;
- la mise en suspension dans de l'eau pure ou contenant différentes concentrations de NaCl ou de maltose, et ce à 5° C;
- la mise en suspension dans du lait.

Des résultats obtenus jusqu'à présent, il apparaît qu'au moins trois facteurs influencent la durée de vie du mycélium: la vitesse de séchage, l'humidité relative durant le stockage et l'âge du mycélium soumis au séchage.

II. ESSAIS D'INFECTION EN LABORATOIRE ET EN CHAMP

Quant à la pathogénicité de l'inoculum produit en fermenteur, elle fut mesurée en utilisant une technique se rapprochant de celle utilisée au champ, soit par pulvérisation d'une suspension de mycélium sur des plantes porteuses de pucerons. Des quantités correspondant approximativement à 1,5 kg, 0,750 kg et 0,375 kg de mycélium sec par hectare ont été utilisées. La mortalité des pucerons (Acyrthosiphon pisum) soumis à ces traitements fut, en moyenne et respectivement de 70 %, 40 % et 25 %.

Une atmosphère saturée d'humidité étant nécessaire pour que soit assuré le succès des infections de pucerons par les Entomophthorales, nous avons recherché quel était le temps minimum pendant lequel des pucerons traités avec E. neoaphidis produisent in vitro devaient être maintenus dans de telles conditions. Nous avons trouvé qu'environ 18 h étaient nécessaires.

Nous avons effectué un essai d'infection dans un champ de froment infesté de pucerons. Quatre parcelles de 100 m² ont été traitées avec du mycélium à une dose correspondant à 2 kg de matière sèche par hectare. Après le traitement, les comptages in situ de pucerons vivants et morts de mycose, ainsi que les élevages au laboratoire de pucerons prélevés au champ n'ont pas permis de déceler une différence marquée entre l'action des Entomophthorales dans les parcelles témoins et les parcelles traités. Cet échec peut s'expliquer partiellement par le temps sec qui a suivi l'application. En 1982, nous comptons multiplier les traitements en champ afin d'augmenter les chances éventuelles de succès.

En 1980, un essai d'application de spores durables de C. obscurus a été réalisé en froment d'hiver avec la collaboration de nos collègues de l'Institut Pasteur qui nous ont fourni l'inoculum. Trois traitements ont été réalisés: le premier avant l'hiver avec des spores non vernalisées, le second en mai avec des spores vernalisées et le troisième en juin avec des spores vernalisées et prégermées. Aucune différence n'a été décelée au niveau des Entomophthoroses de pucerons entre les parcelles témoins et les parcelles traitées (voir à ce sujet le rapport de nos collègues de L'Institut Pasteur qui furent les instigateurs de cette expérience).

En ce qui concerne la biologie des Entomophthorales, nous détaillons ci-après les résultats de deux études réalisées à ce sujet, d'une part avec des spores durables de C. obscurus et d'autre part, avec les conidies d'Erynia neoaphidis.

III. ETUDE DE LA BIOLOGIE DES ENTOMOPHTHORALES

Lorsqu'un puceron est tué par une Entomophthorale, il est généralement rempli de corps hyphaux (fragments de mycélium). En présence d'humidité, ceux-ci forment à la surface de la dépouille des conidiophores qui projettent des conidies dites primaires, car elles sont produites par un conidiophore. Chacune de ces conidies peut à son tour en engendrer une autre et ainsi de suite. Les conidies issues de conidies sont qualifiées de secondaires. Si, au cours de ce processus, une conidie rencontre un hôte sensible, elle pourra germer à sa surface et l'infecter.

A la faveur de certaines circonstances encore mal connues, la plupart des espèces d'Entomophthorales (notamment C. obscurus, mais pas E. neoaphidis) peuvent à la place des corps hyphaux, former des spores durables à l'intérieur de leur hôte. Après la chute et le démantèlement de ce dernier sur le sol, les spores sont dispersées et devront subir l'action prolongée du froid avant de pouvoir germer. Au bout du tube germinatif, que l'on peut assimiler à un conidiophore, la spore émettra une conidie primaire qui, si elle rencontre un puceron dans sa trajectoire, pourra perpétuer le cycle du champignon. Dans le cas contraire, plusieurs conidies secondaires pourront être formées successivement.

1. Etude de la production de conidies primaires à partir de spores durables de Conidiobolus obscurus et de leur pouvoir infectant

Ce travail a été réalisé avec la collaboration du laboratoire de lutte biologique de l'Institut Pasteur de Paris qui a fourni les spores durables.

Les spores durables de diverses espèces d'Entomophthorales ont fait l'objet de très nombreuses études en vue de leur utilisation comme agent de lutte biologique contre des arthropodes, en particulier contre les pucerons.

Les spores de deux espèces peuvent être produites sans difficulté in vitro; il s'agit de Conidiobolus thromboides Drechsler et Conidiobolus obscurus (Hall et Dunn).

Pour évaluer les effets de divers facteurs tant physiques que chimiques sur la vitalité des spores, les chercheurs ont étudié leur faculté de germer dans l'eau ou sur un milieu à base d'agar, suivie ou non de la formation d'une conidie. Or, dans la nature, il y a tout lieu de croire que, généralement, l'infection d'un insecte, et spécialement d'un aphide, ne se fait pas à partir de la spore durable, mais bien à partir de la conidie qu'elle projette. C'est pour cette raison que, pour cette étude, seule la faculté d'émettre des conidies par les spores a été choisie comme critère de vitalité.

Dans ce travail, l'évolution de la production des conidies primaires de spores de C. obscurus a été suivie en fonction de la température, de l'éclairage, de la dessication du support et de la nature de celui-ci; c'est de la terre, et accessoirement du papier, qui furent choisis comme support dans ce cas.

Enfin, plusieurs essais d'infection de pucerons appartenant à l'espèce A. pisum ont été réalisés à partir des conidies de spores durables.

A. Résultats concernant la production des conidies

Influence de la température (fig. 1)

Dans cet essai, qui a été réalisé à l'obscurité, l'influence de la température est très nette. On remarque que l'émission des conidies est plus tardive à 10° C qu'à 18° C, mais le maximum de conidies produites dans les deux cas est du même ordre de grandeur. L'émission de conidies diminue beaucoup plus lentement à 10° C et la durée du phénomène est deux fois plus longue. Enfin, le nombre total de conidies produites à 10° C est beaucoup plus élevé qu'à 18° C (72/mm² contre 22/mm²).

Influence de l'éclairement (fig. 2)

Les courbes représentant l'évolution de la production des conidies, respectivement à la lumière (1000 lux) et à l'obscurité, ont une allure semblable. Pendant toute la durée de l'émission, le nombre de conidies produites est plus faible à l'obscurité qu'à la lumière. Quant au nombre total de conidies engendrées par les spores, il est de 50 % plus élevé sous 1000 lux qu'en l'absence de lumière (31 contre 22/mm²).

Influence de la nature du support (fig. 3)

L'évolution de la production des conidies à partir des spores durables est assez semblable que le support soit du papier humide ou de la terre humide. La différence entre les deux objets réside dans le nombre de conidies produites. Celui-ci est, dans le cas des spores sur papier, plus de trois fois supérieur à celui des spores sur terre (79 contre 23/mm²).

Influence de la dessication (fig. 4)

La dessication des spores sur terre a consisté à conserver pendant 24 jours, sans réhumidification, les échantillons dans une enceinte bien ventilée à 18° C où l'humidité relative de l'air s'élevait à 80 %. Après ce laps de temps, l'eau évaporée a été ajoutée et les échantillons ont été placés dans les conditions permettant de mesurer l'émission des conidies.

Pendant la dessication, la mesure d'une production éventuelle de conidies n'a pas été effectuée. Cependant, étant donné que la surface de la terre était déjà sèche après 48 heures, il est peu probable qu'une telle émission se soit produite. On remarque que les spores qui ont été séchées sur la terre émettent des conidies dès le troisième jour après leur réhumidification, soit 3 jours plus tôt que celles qui sont restées sur le sol humide. Quant aux autres paramètres, que ce soit l'évolution de la quantité de conidies produites par jour, le maximum atteint, la durée de la production ou le rendement total en conidies, ils sont relativement comparables.

Conclusions

Nos essais mettent en évidence que la température, la nature du support, l'éclairement et le séchage ont une influence sur la quantité de conidies produites.

A 10° C, une même quantité de spores produit trois fois plus de conidies qu'à 18° C, ce qui correspond aux observations de nos collègues de l'Institut Pasteur pour la même espèce d'Entomophthorale.

Sur papier humide à 18° C, le rendement en conidies est quelque trois fois plus élevé que sur la terre et la différence entre les deux objets est relativement constante pendant toute la durée des observations. Il semble donc que certains substrats puissent jouer un rôle négatif sur l'émission de conidies. Aussi, il est prudent d'en tenir compte lors des essais de laboratoire qui sont destinés à mesurer le pouvoir germinatif de préparations à base d'azygospores en vue de leur utilisation contre les aphides.

Le fait que l'émission des conidies par les spores durables qui ont séché sur le sol est plus rapide dès leur réhumidification que par celles qui n'ont pas subi la dessication est important à souligner. Cela signifie que la période de latence de 4 à 5 jours que l'on observe avant que les spores placées sur sol humide n'émettent des conidies est levée lors de la dessication.

Cette constatation pourrait être avantageusement exploitée dans la pratique, car un inoculum à base de spores ainsi traitées devrait vraisemblablement agir plus vite que des spores seulement vernalisées.

Pour terminer, on notera que les courbes représentant l'évolution de la production journalière de conidies d'un inoculum à base de spores durables sont toutes en forme de cloche à dissymétrie gauche et ce quels que soient les facteurs étudiés.

B. Résultats concernant le pouvoir infectant des conidies de spores durables (fig. 5)

La seule production de conidies par des spores durables ne nous paraissant pas suffisante pour justifier leur utilisation, nous avons tenu à vérifier le pouvoir infectant de ces conidies.

Grâce à un dispositif simple, nous avons pu procéder au comptage du nombre de conidies récoltées par mm² à partir de spores durables et apprécier leur "agressivité" en établissant une corrélation entre cette densité et le pourcentage de pucerons contaminés (tués).

Ces résultats, malgré la grande variabilité enregistrée, prouvent que les conidies de spores durables de Conidiobolus obscurus sont capables d'infecter des aphides tout au moins ceux de l'espèce Acyrtosiphon pisum qui ont servi aux essais.

La droite de régression construite sur la figure 5 indique que la C.L. 50 se situerait aux environs d'une production de 5 conidies par mm². Cette C.L. 50 est du même ordre de grandeur que celle obtenue par nos collègues de l'Institut Pasteur avec des conidies de mycélium appartenant à la même souche que celle des spores durables. Cependant, elle est inférieure à la C.L. 50 que l'on peut obtenir avec des conidies de mycélium produit in vivo.

2. Etude de la persistance d'un inoculum à base de conidies primaires d'*E. neoaphidis* sur de la terre non stérile à 20° C et 5° C.

Introduction

Rappelons que les conidies primaires d'Entomophthorales possèdent la propriété d'engendrer, si les conditions sont favorables, des conidies secondaires.

On peut donc considérer qu'une conidie est toujours vivante aussi longtemps qu'elle conserve la faculté d'en produire une autre. Cependant, si cette condition semble suffisante, on ne sait si elle est nécessaire car on ignore si la perte de cette propriété coïncide avec celle de son pouvoir infectieux.

Le but principal était d'étudier, sur de la terre non stérile, la dynamique d'un inoculum d'*Erynia neoaphidis*, constitué au départ de conidies primaires produites par une momie d'*Acyrthosiphon pisum*.

Méthode

La méthode utilisée a consisté à retourner, après des laps de temps différents, l'inoculum au-dessus de lames de verre capable de recueillir toutes les conidies secondaires produites à partir de ce moment. Les lames étaient changées tous les jours et les conidies recueillies étaient comptées. Avant d'être retournés, les inoculum conservaient toutes les conidies secondaires émises puisqu'elles retombaient sur le sol. Par contre, après leur retournement, les inoculum les perdaient toutes. Avant leur retournement, les échantillons ont été conservés à 20° C sous une intensité lumineuse de 7000 lux (photopériode de 14 h) ou à 5° C, dans ce cas, continuellement, soit à l'obscurité, soit à plus faible lumière (3500 lux). Après leur retournement, tous ces échantillons étaient placés à 20° C au-dessus d'une source lumineuse de 7000 lux.

La figure 6 schématisse les résultats obtenus à 20° C sur sol humide pendant toute la durée de l'expérience. On remarque que l'émission des conidies secondaires de l'inoculum retourné après 24 h décroît rapidement et passe de quelque 20.000 conidies le premier jour à 1000 après 5 jours et 100 après 12 jours, pour être presque nul le 25ème jour.

Cependant, il faut souligner que le nombre de conidies secondaires émises juste après les retournements effectués les 4ème, 8ème et 12ème jours après l'inoculation, ne dépasse pas ou guère la quantité de conidies produites à ces différents moments par l'inoculum retourné après 24 heures. D'autre part, les 4 lignes ont tendance à se superposer.

Cela pourrait signifier que les conidies secondaires émises par les échantillons retournés les 4ème, 8ème et 12ème jours ont la même origine quel que soit l'inoculum. En d'autres termes, il semblerait que les conidies secondaires produites 24 heures après la fin de l'émission des conidies primaires sont, pour la plupart tout au moins, incapables de produire une nouvelle conidie.

La figure 7 représente l'évolution de la production des conidies secondaires émises à partir de conidies primaires placées sur un sol humide soumis à un séchage rapide (surface du sol sèche après 24 h), juste après le dépôt de l'inoculum, puis réhumidifié après 4, 5 et 7 jours. La ligne ——. représente l'évolution de la production d'un inoculum resté sur un sol humide et sert de référence.

On constate que, quelle que soit la durée du séchage, 4, 5 ou 7 jours, le maximum de conidies produites au cours des premiers jours suivant la réhumidification de la terre est nettement supérieur à celui produit au même moment par les conidies émises par l'inoculum n'ayant pas séché.

Pratiquement, cela signifie que les conidies résistent relativement bien à un séchage de plusieurs jours du sol sur lequel elles se trouvent.

La figure 8 illustre la production de conidies secondaires produites à 20° C et à la lumière par un inoculum de conidies primaires, produites et stockées sur sol humide à 5° C et à l'obscurité pendant des durées comprises entre 1 à 7,5 mois.

Après un mois de stockage, lorsqu'on replace les échantillons de terre avec leur inoculum à 20° C au-dessus des lames afin de récolter les conidies émises, on constate qu'environ 7000 conidies sont produites durant les premières 24 heures. Cela équivaut plus ou moins au nombre de conidies émises après le 3ème jour par un inoculum resté à 20° C (fig. 7). Ensuite, la diminution de quelque 1000 conidies sont encore produites et après 25 jours, leur émission est toujours significative.

Après 6,5 mois de stockage à 5° C, l'émission de conidies des inoculum placés à 20° C est encore très sensible (quelque 3000 le premier jour) et est toujours perceptible après 10 jours.

Enfin, après 7,5 mois à 5° C, les inoculum sont encore capables de produire des quantités non négligeables de conidies.

On constate aussi que l'épuisement de l'inoculum est d'autant plus rapide que sa conservation à 5° C fut plus longue.

Un essai a été réalisé avec des inoculum produits et conservés à 5° C sous une lumière continue de 3500 lux. Les comptages de conidies n'ont pas encore été effectués, mais ces inoculum n'ont plus produit de conidies après 4,5 mois de stockage. Dans ce cas, des algues, des champignons et des mousses se développent sur le sol et entravent la production des conidies ou affectent la survie de l'organisme.

IV. CONCLUSIONS

De cette étude, dont une partie seulement des résultats sont obtenus, il ressort que la persistance d'un inoculum à base de conidies qui, pour cette espèce d'*Entomophthorale*, sont les seuls agents de propagation, est nettement plus longue que ce qui était supposé jusqu'à présent (quelques heures à quelques jours), car aucune recherche à ce sujet n'avait encore été réalisée.

Cependant, si à 20° C et sur sol humide, des conidies secondaires peuvent être produites pendant trois semaines, par un inoculum de conidies primaires, l'intensité de production diminue rapidement, ce qui ne permet pas d'espérer conserver très longtemps des conidies produites in vitro, tout au moins en conditions non stériles.

Le fait que les conidies puissent résister à la dessication à 20° C, pendant plusieurs jours, constitué également une observation nouvelle.

Enfin, la longue conservation des conidies à 5° C étaie l'hypothèse selon laquelle des conidies produites en automne peuvent survivre à l'hiver et perpétuer au printemps suivant le cycle d'*Erynia neoaphidis* dont on ne connaît pas d'autre forme de résistance en conditions humides.

Publications - Contract No. 0752

LATTEUR G., 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. Bulletin SROP, III, 4, pp. 11-17

LATTEUR G., ONCUER C., OGÉR R. (1981) Toxicité, en laboratoire et en champ, de quelques fongicides sur des *Entomophthoraceae* pathogènes de pucerons des céréales. Bull. OEPP, 11(3), pp. 331-336

LATTEUR C., DESTAIN J. (1980) The persistence of infectivity of conidia of *Conidiobolus oscurus* and *Erynia neoaphidis* on on-sterile soil. CEC, D.G. VI, Agriculture F/4, Rothamsted, 1980. p. 41

ONCUER C., LATTEUR G. (1979) Etude de l'influence de 10 fongicides sur le pouvoir infectant des conidies d'*Entomophthora obscura* Hall & Dunn, présents à la surface d'un sol non stérile. Parasitica, 35 (1), 3-15

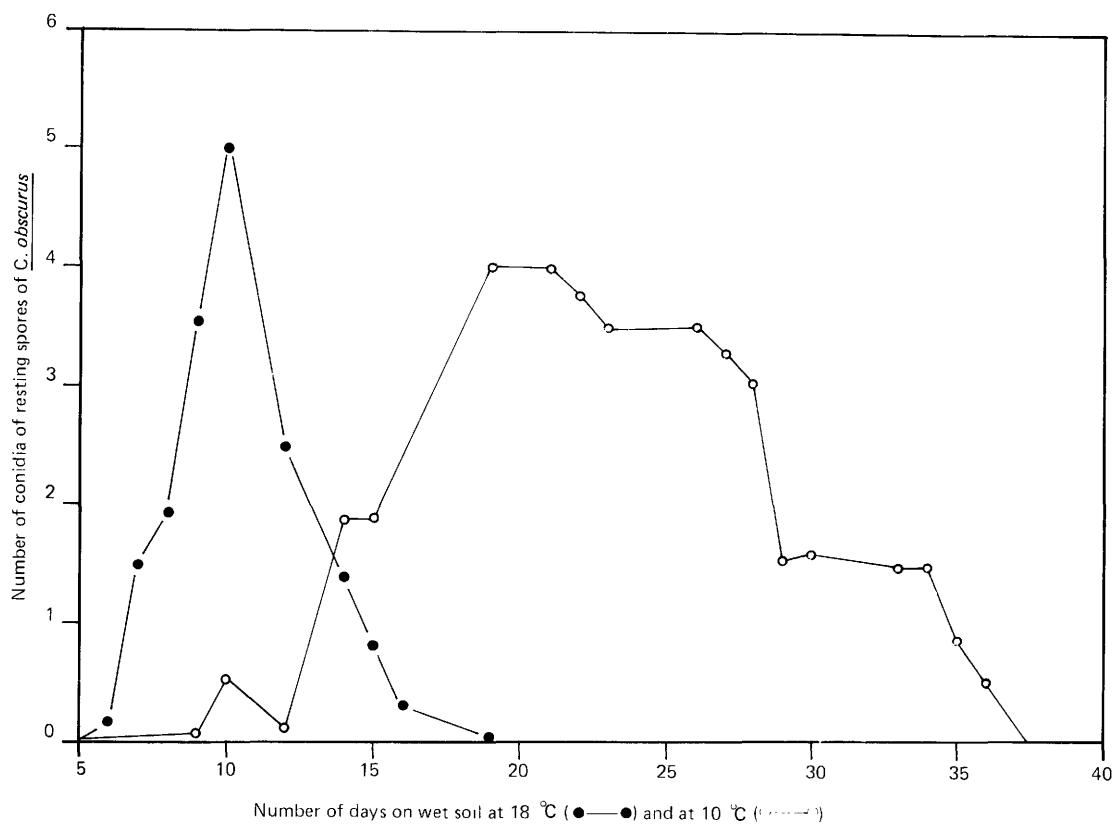


Figure 1: Evolution, selon la température, de la production de conidies de spores durables de *C. obscurus* placées sur sol humide non stérile - 0 lux - 80 spores viables/mm².

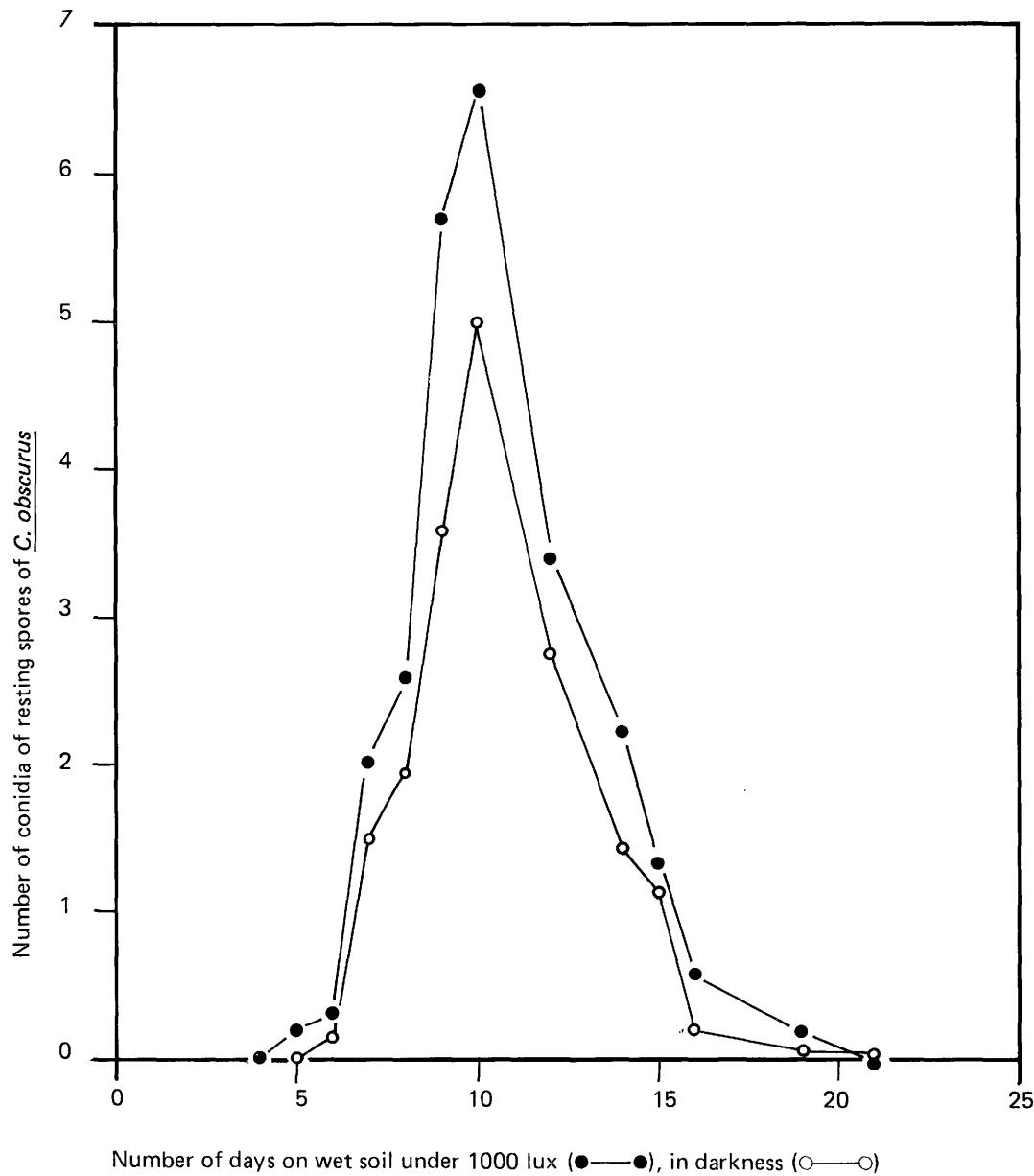


Figure 2: Evolution, à la lumière ou à l'obscurité, de la production de conidies de spores durables de *C. obscurus* placées sur sol humide non stérile - 80 spores viables/mm².

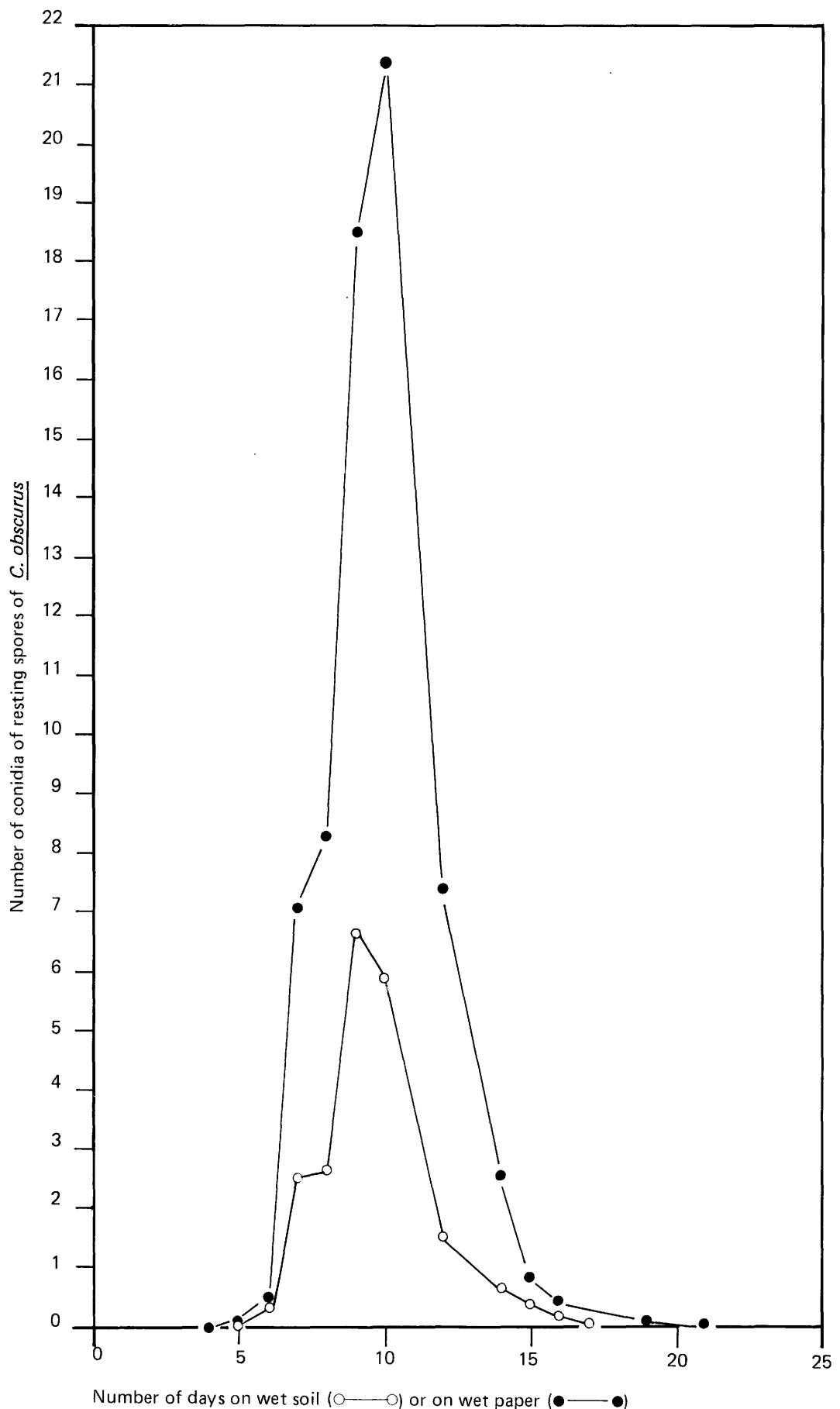


Figure 3: Evolution, selon la nature du support, de la production de spores durables de *C. obscurus* placées sur un substrat humide non stérile - 1000 lux - 18 °C - 20 spores viables/mm².

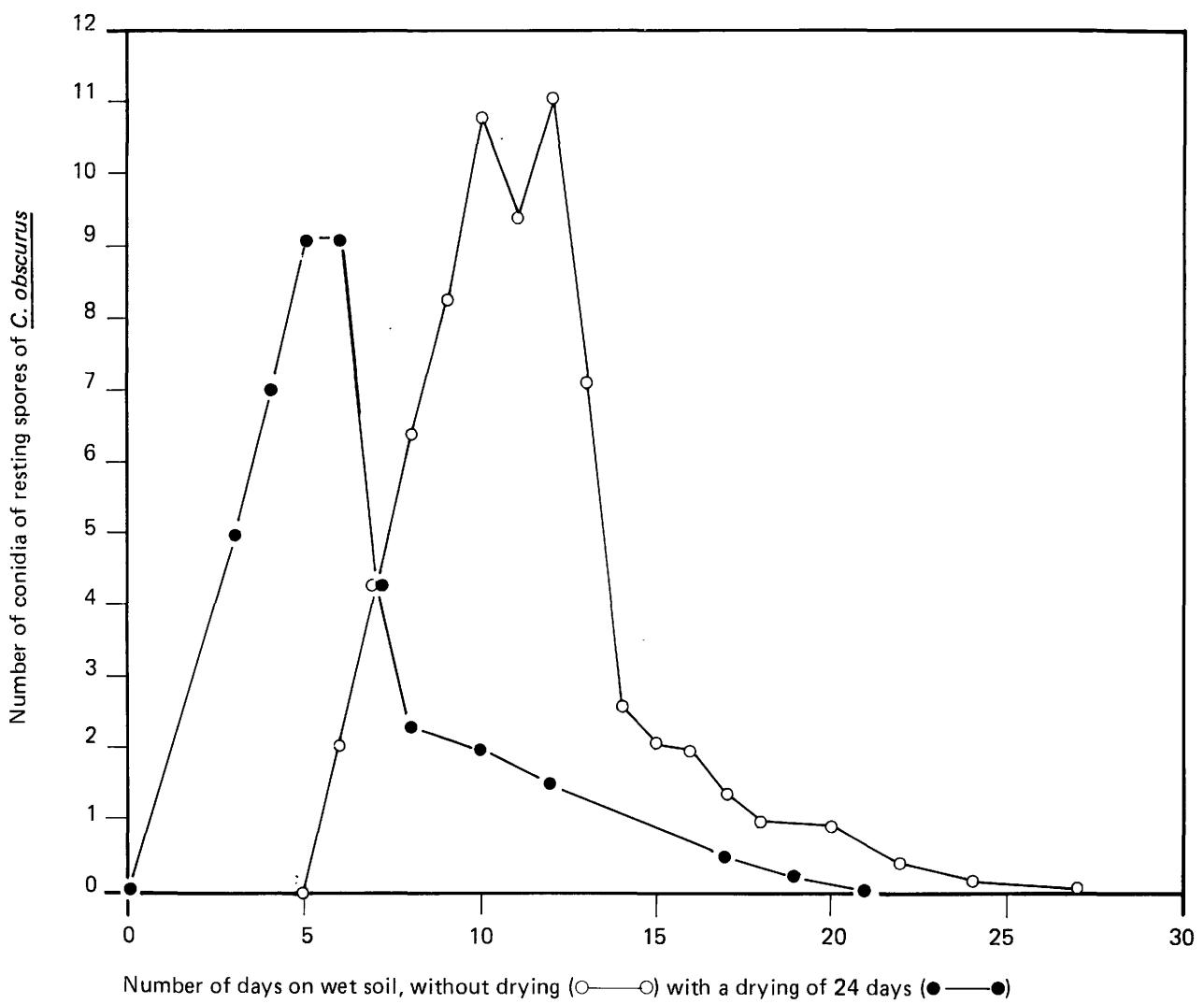


Figure 4: Evolution de la production des conidies de spores durables de *C. obscurus* ayant ou n'ayant pas subi un séchage préalable de 24 jours sur sol. 1000 lux -18 °C - 200 spores viables/mm²

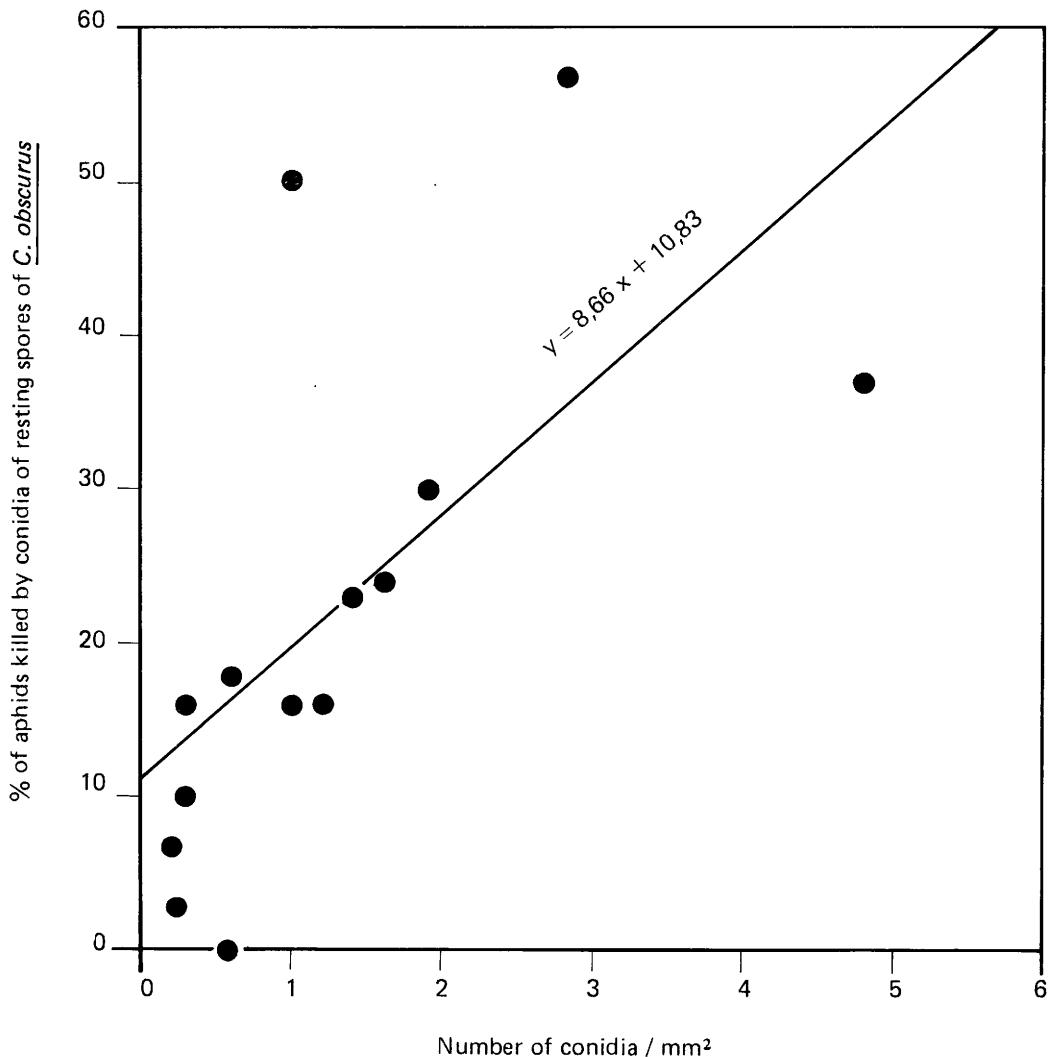


Figure 5: Pouvoir infectant envers *Acyrthosiphon pisum* des conidies par des spores durables de *C. obscurus* se trouvant sur du sol humide non stérile à 18 °C et sous 1000 lux.

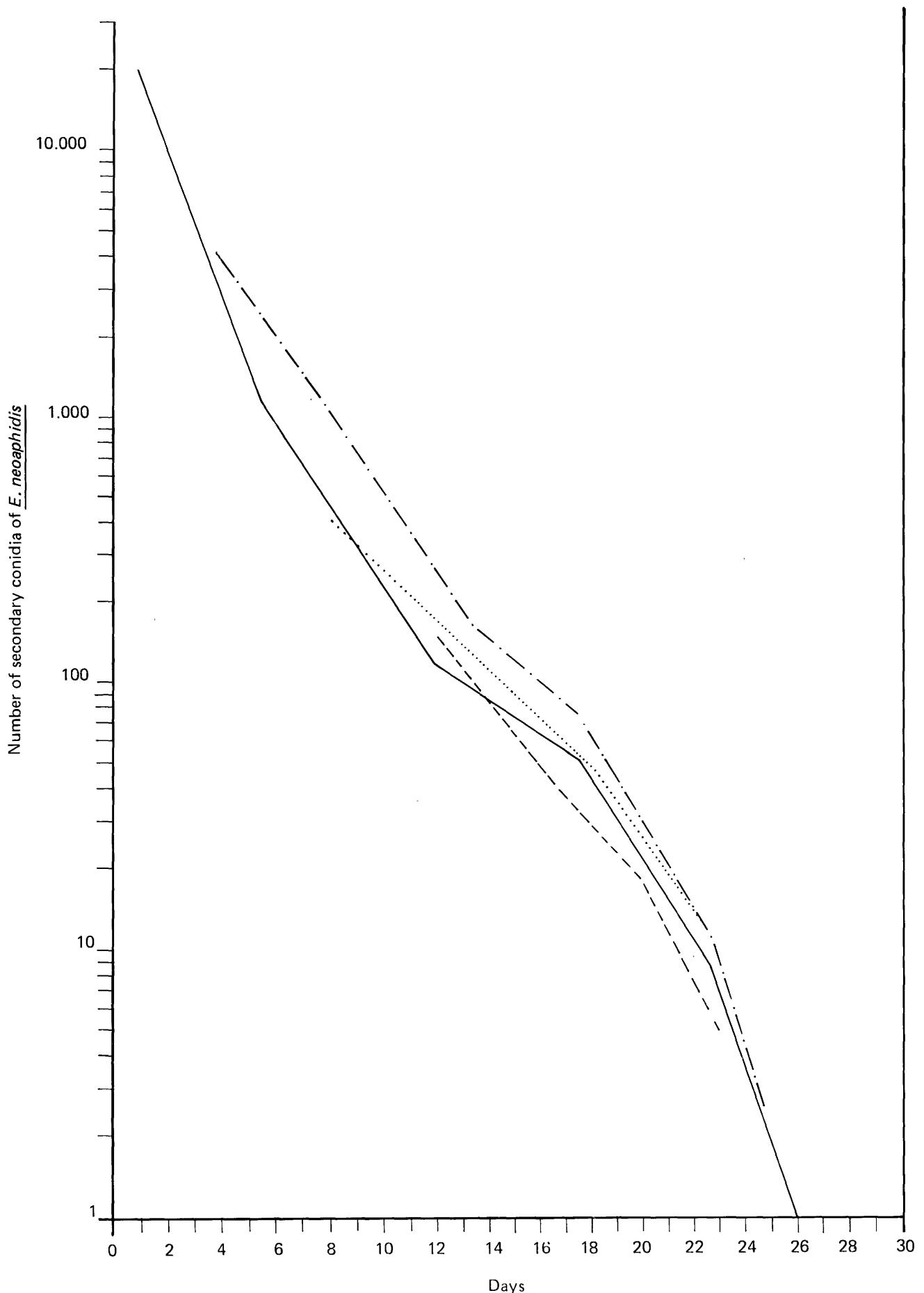


Figure 6: Evolution de la production de conidies secondaires émises par un inoculum de conidies primaires déposées sur un sol humide retourné après: 1 jour (—), 4 jours (---), 8 jours (· · · · ·) ou 12 jours (- - -) 20 °C.

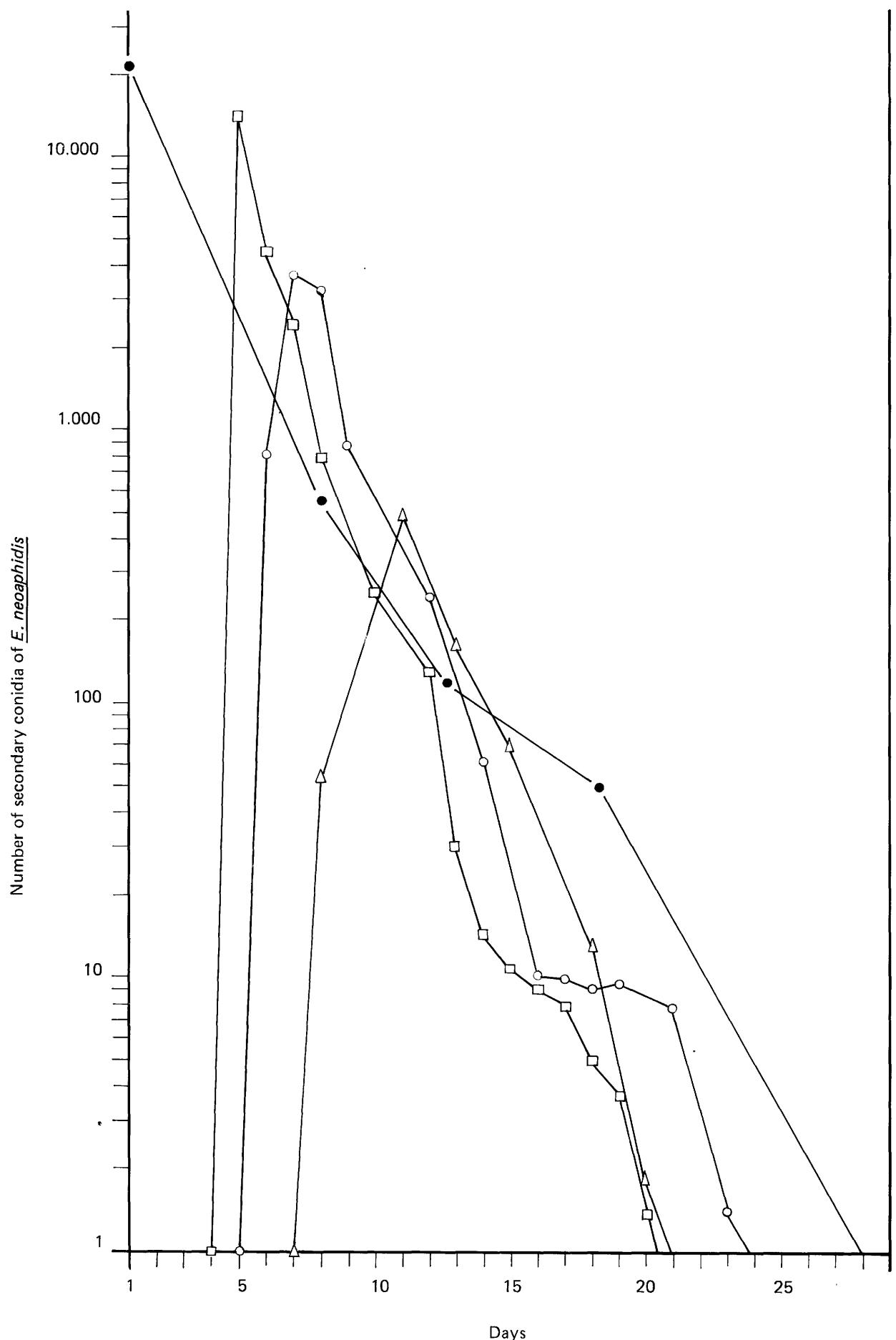


Figure 7: Evolution de la production de conidies secondaires émises par un inoculum de conidies primaires, déposées sur un sol humide ayant été séché pendant 4 (□—□), 5 (○—○), 6 (△—△) jours avant d'être réhumidifiés (20 °C). Evolution semblable, mais sans séchage (●—●).

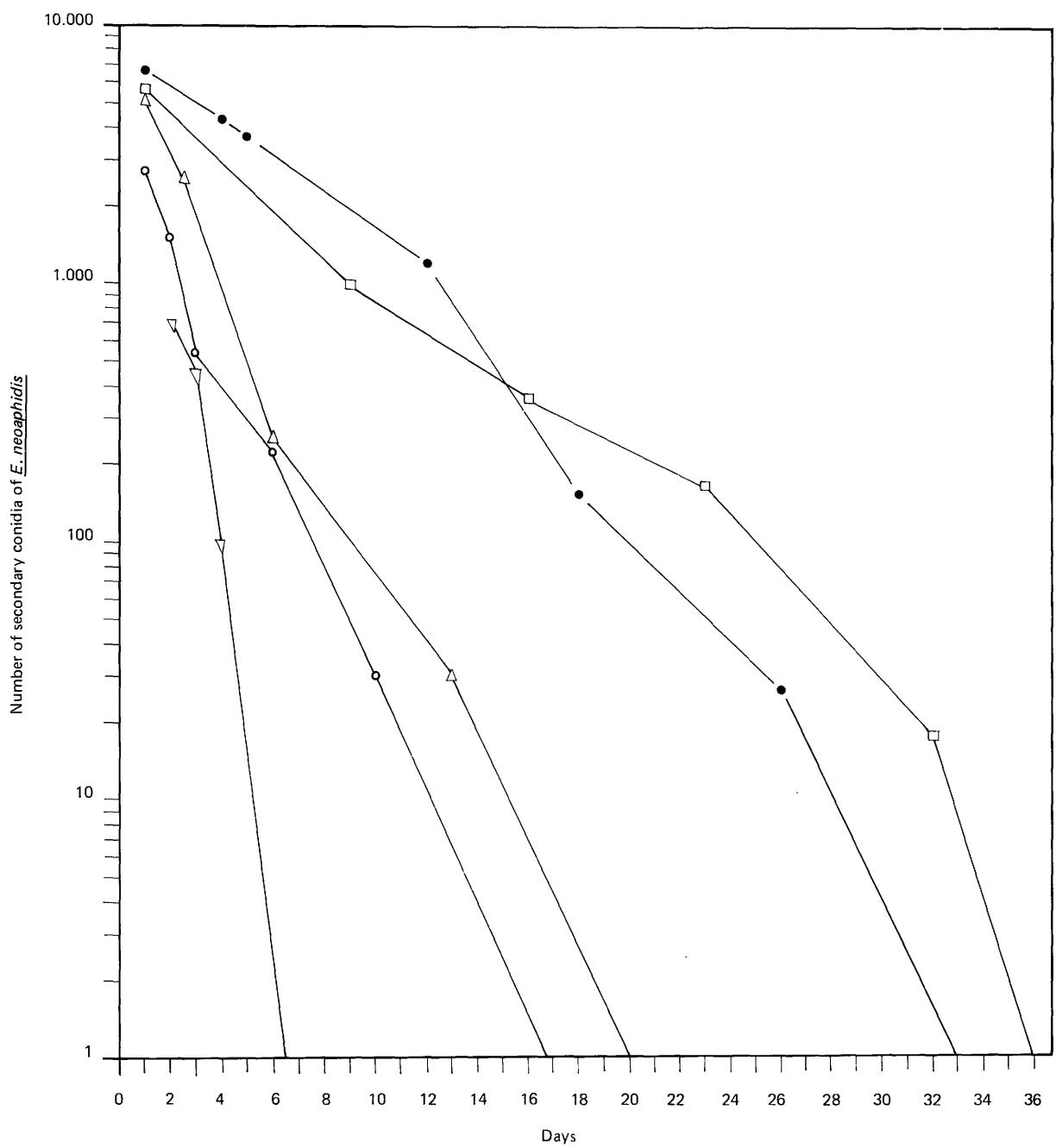


Figure 8: Evolution, à 20 °C et à lumière, de la production de conidies secondaires issues d'un inoculum de conidies primaires déposées sur un sol humide stocké à l'obscurité et à 5 °C pendant 1 mois (●—●) 2 mois (□—□) 4,5 mois (△—△), 6,5 mois (○—○) et 7,5 mois (▽—▽).

MONITORING OF PEST APHIDS AS PREDICTING THE NEED FOR
CHEMICAL CONTROL

L.R. TAYLOR (1)

SUMMARY

Contract funds have been used to employ technical assistance to collate records for 317 species of aphids, including pests, vectors and suspected vector species, from 18 sites in 10 years, to map population movements in relation to agricultural crops and overwintering sites. Results so far published, or ready for publication, show the great mobility of aphids, their erratic population distributions and provide convincing evidence that neither experiment and modelling, nor crop sampling could anticipate population change and crop risk without continuous monitoring on a wide geographical scale.

L'INTERCEPTION DES PUCERONS DES CEREALES EN VUE DE LA
PREVISION DES BESOINS DE CONTROLE CHIMIQUE.

RESUME

Des fonds contractuels ont été utilisés pour employer du personnel technique pour enregistrer, pendant 10 ans et en 18 sites différents, 317 espèces de pucerons, comprenant les ravageurs, les vecteurs et les espèces susceptibles d'être vecteurs, et pour rapporter les mouvements des populations par rapport aux cultures et aux lieux d'hibernation. Les résultats publiés à ce jour, ou prêts à être publiés, démontrent la grande mobilité des pucerons et leur étrange répartition confirmant que ni les expériences et modèles ni les prélèvements en cultures ne peuvent prévoir les changements de populations et les risques encourus par les cultures sans enregistrement continual à large échelle.

(1) Rothamsted Experimental Station-HARPENDEN

Introduction

The contract was designed to increase the time available for interpreting results from an aphid sampling system already operating, to make the information on pest and vector distribution and phenology more widely available throughout Western Europe, by providing technical assistance and supplementary funds for minor equipment. Owing to delays in receipt of funds, it was not possible to employ a single technician continuously so it was necessary to combine the work done under the contract with that done by other, permanent, staff available at the time.

This report therefore covers a much wider field than was paid for by the contract, because it is not possible to separate work done under its aegis from that done by permanent staff.

Aerial sampling had already been operating for more than a decade and recent collaboration with other organizations in Western Europe had produced evidence of population movement and change that we have tried to make available through these funds by publication of results, by discussion and by collaborative ventures.

Results from previous sampling in Great Britain

Since 1964, flying aphids have been systematically monitored at an increasing number of sites throughout Great Britain as part of an investigation into aerial population of insects with special reference to agricultural and other pest species. An ultimate objective is the development of a forecasting system and a preliminary requisite is to establish the general level of the aerofauna in order to detect changes in populations prior to epidemics.

All the aphids from most of the sites have been identified to species in an effort to relate the timing and fluctuations of pest populations to those of other insects, and also because the ability to identify aphids at the speed demanded depends partly on a knowledge of what sibling species are likely to be present in the daily samples. The sampling network has subsequently extended into Holland, Denmark, Northern Ireland, France and Belgium. This has made possible the comparison of the pest species and the general species content of aphid populations separated by ecological barriers of different extent, such as the mountains of Wales and Scotland, the Northern Channel of the Irish Sea, the English Channel and especially the North Sea.

Although it is generally supposed that pest aphids are already known and under observation, the increased damage to cereals in particular over the last few decades has directed interest to all grass aphids, some previously ignored. It is by no means yet clear how much damage is done by virus disease, nor which vector aphids are responsible in different regions and countries. Many potential vector species are rarely found on crops because they do not remain there long enough to build up populations. They may well feed long enough to transmit virus, and this source of damage is not recognizable from crop inspection. Only by sampling and identifying all aphids in flight between crops can potential vectors be recognized.

One of the main products of the contract has been the preparation for publication of detailed surveys of all aphid species and their population distribution and fluctuations over several years.

All aphid species found in aerial samples from 31 trap sites that have operated in Great Britain over a period of 16 years were identified and these records have now been collated and the list of 317 species published (Taylor, French, Woiwod, Dupuch & Nicklen, 1981).

For comparison, the species sampled near Copenhagen, in Denmark, between 1971 and 1976 have also been compiled and published (Heie, Philipsen & Taylor, 1981).

In addition the progressive mean annual population densities for from 2-10 years have been tabulated for 30 known pest species, or aphids of other special interest, in three regions of Great Britain, the 10-year mean seasonal cycle of migration and the 10-year mean daily total of all aphid species, have been published (Taylor, French, Woiwod, Dupuch & Nicklen, 1981).

The 10-year mean geographical distribution of each of the two or three separate seasonal migrations for these species has now been mapped and results published, along with the annual total of all species for each of 8 years from 18 sites, to enable potential virus vectors to be investigated (Taylor, Woiwod & Tatchell, 1982).

The progress so far has been extensive and much of the detail of work done under the auspices of CEC was conveyed in a meeting that culminated in the proposal of a joint project, EURAPHID, to coordinate efforts, and the publication of the first full key to nearly all aphid species flying in Western Europe (Taylor, Palmer, Dupuch, Cole & Taylor, 1981).

Whatever sampling system is employed, pest-assessment requires a continuously and automatically updated model of synoptic distribution that takes account of changes in host-plant distribution throughout the seasonal cycle and of relevant climatic factors and biological controlling agents. This cannot be done on a local scale for aphids because they frequently infest crops hundreds of kilometers from their overwintering sites, and parasitic organisms and predators are equally mobile. The model needs to be able to detect deficiencies and to suggest solutions when mistakes are discovered. The historical component of change, and the many ecological factors involved, usually require many seasons of continuous recording before such defects are discovered.

With such a synoptic view of the population, local deviations and field-scale factors begin to be measurable. Models of population growth in different parts of the geographical model, and on different crop hosts, have a better prospect of being initiated at the appropriate time, and of refinement for comparison with other parts of the system. The scale at which these various parts operate will depend upon the pest or vector, the crop and the disease.

Virus infection is difficult to forecast from crop samples because the range of vector aphids may be wide, different for different virus strains, and, in some cases, transmitted by an unknown proportion of aphids that do not remain on the plants long enough to be found in crop samples. Aerial samples provide the range of species necessary to discover vector potential retrospectively, in relation to the subsequent infection of crops, and forecasting may then become a problem of sub-sampling for vector individuals (Plumb, 1981) of a wide range of species even for one virus (van Harten, 1981).

Aerial sampling was therefore chosen because it is practical at reasonable cost in relation to the losses concerned, and is standardized for different places, crops and pest species. It also samples a wide range of pests and covers most crops, so that costs are shared and the basic systematic sampling is not diverted when local specialists tackle new pest problems. Results show the great variability in times of migration between different years and different places. They also show how the pattern of migration progresses over large areas, where the major concentrations are, and where the current risk is greatest.

Maps have now been produced on a daily, weekly or monthly basis for Great Britain for the last ten years, to show changes in response to primary and secondary host plants, overwintering success and synchronization of timing with crops. Free co-operation with Holland, France and Belgium in the EURAPHID scheme yields a wider interpretation of dynamic change. Each new site adds more information than a single isolated set of data, because of the large background of information already available. The collective value of such data greatly exceeds that of its separate parts and its potential for interpreting risk, especially for such a diverse crop as cereals with its complex of aphid pests, vectors and viruses, increases with each additional year's data (Taylor & French, 1981).

Data handling and analysis in the insect survey

The Insect Survey has now accumulated a large data bank for the British Isles, containing daily records for all aphid species for up to 12 years for some of the 21 sites currently in operation; several million individuals will require the comparison of the present situation with previous years on graphs or maps and using mathematical models, interactive and displayed visually so that a large amount of data can be condensed and scanned quickly by the commentator.

The graphics branch of computing is developing rapidly and is expected to influence the processing and presentation of Survey data substantially in the future, as computing facilities improve. With the help of the CEC contract this information will be published (Woiwod, 1981).

Interpretation and dissemination of data

Now that the suction traps provide a good coverage of Great Britain, and many traps have been operating for more than ten years, it becomes possible to make preliminary interpretations of the data in relation to agricultural problems but with the clearly understood qualification that no organization or person may be held responsible for subsequent use or misuse of the interpretation.

Eight pest species were selected, Metopolophium dirhodum, Sitobion avenae and Rhopalosiphum padi on cereals, Aphis fabae on spring beans, and Phorodon humuli on hops, Myzus persicae, Macrosiphum euphorbiae and Aulacorthum solani on potatoes, from eight areas which approximately correspond to the regions of the Agricultural Development and Advisory Service (ADAS).

Information giving details of the above species for each area are compared graphically with the long-term mean sample, and samples from the same period during the previous year. For example, five A. fabae accumulated at 12.2 m by the average Rothamsted suction trap before mid-June was interpreted to indicate that the economic threshold on spring beans had been reached (Way, Cammell, Taylor & Woiwod, 1981); the timing of the beginning and the end of the migration of P. humuli was projected from a relationship with meteorological factors (Thomas, Goldwin & Tatchell, in preparation); the proportion of R. padi transmitting barley yellow dwarf virus in the autumn (the infectivity index) was determined at the Long Ashton Research Station, the Welsh Plant Breeding Institute and Rothamsted (Plumb, 1981). This information is circulated by post and by telex to the ADAS Crop Pest and Disease Intelligence Unit at Bristol for inclusion in their weekly circulars to farmers, the press, radio and teletext. Considerable effort is required to determine the relationships between the aerial population and damaging infestations on crops. For most species the economic thresholds for damage, and the crop samples needed to investigate the relationship between ground and air samples, are lacking, although for Rhopalosiphum insertum, the autumn sampling of apple trees by ADAS has now been replaced by Rothamsted Insect Survey (RIS) aerial samples (Light, 1980) for use in forecasting. The CEC contract is used towards these developments (Tatchell & Dupuch, 1981).

The use of suction traps in studying cereal aphids

Over the last fifteen years, cereal aphids have received much attention from agricultural scientists and advisers in Britain largely as a result of the development of economically damaging populations in several of those years. During that time, there have been numerous methods of monitoring their abundance, but most have lacked consistency and comparability. The monitoring of migrant aerial populations by the Rothamsted Insect Survey, sampling with suction traps at 12.2 m, is exceptional because of its continuity and the large area it covers.

RIS traps not only provide daily information on aphid movement for continuous monitoring throughout the year and for comparison between regions, but are reliable, comparable and consistent, from week to week, and year to year. No other monitoring system can provide the wealth of information for so little labour and resources; they are thus extremely cost effective.

However, the data produced by the aerial samples from traps requires interpretation, since the results refer only to that part of an aphid's population cycle which involves aerial migration, and this creates problems in trying to correlate aerial samples with field populations. The CEC contract has contributed to this interpretation (Dewar, 1981).

Aphid-borne virus diseases of cereals

RIS measures alate migrations but not infectivity. Since 1969, identified cereal aphids caught alive by suction trap at Rothamsted have been tested for infectivity individually on oat plants. 'Live trapping', now also done at the Welsh Plant Breeding Station and Long Ashton Research Station, provides valuable information on the times infective aphids are flying, the strains they transmit and, most important, the proportion infective. Together with other factors mentioned above, this helps to assess the risk of BYDV infection.

Integrating the infectivity tests with the RIS trap sample yields the relative importance and abundance of infective aphids of each species. While

the total number of infective aphids does, in part, reflect the abundance of virus, the interactions between aphid numbers, their infectivity and other factors, especially sowing date, make the relationship complex.

The product of vector infectivity and aerial aphid density has been shown to give valuable information on virus epidemiology and to have the potential to forecast virus incidence and provide a more rational basis for aphicide use. However, recent developments in diagnosing barley yellow dwarf virus (BYDV) by sensitive serological methods such as enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and immuno-specific electron microscopy (ISEM) should permit diagnosis in 24 h rather than 2 - 4 weeks. This will make the scheme more useful in the spring and allow improvements to the autumn scheme, perhaps by allowing calculation of 'Infectivity Indices' (II) daily for different sowing dates. There also seems reason to be hopeful that similar programmes could be used with benefit for other crops (Plumb, 1981).

The biology of cereal aphids; overwintering and the spring migration

For aphids of economic importance on cereals it is necessary to map separately the holo- and anholocyclic areas of Europe covered by suction traps. The climatic factors affecting successful overwintering should be determined and measured and meteorological maps should be related to the aphid maps (Bouchery, 1981).

The CEC contract has contributed greatly to all these aspects of aphid pest and vector warning and treatment by facilitating publication and dissemination of information at all levels, technical, scientific and farming.

REFERENCES

- Bouchery, Y. (1981) The biology of cereal aphids; overwintering and the spring migration. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) p. 26 Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.
- Dewar, A.M. (1981) The use of suction traps in studying cereal aphids. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) pp. 16 - 17. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.
- van Harten, A. (1981) The use of suction trap data in the Netherlands. Euraphid - Rothamsted 1980, Part. 1 (Ed. L.R. Taylor) pp. 22 - 24. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.
- Heie, 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 Tastrup, Denmark, between 1971 and 1976. Rothamsted Experimental Station Report for 1980, Part 2, 105 - 114.
- Light, W.I.St.G. (1980) Survey of apple-grass aphid on apple in southern England 1965-76. Plant Pathology, 29, 136-139.
- Plumb, R.T. (1981) Aphid-borne virus disease of cereals. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) pp. 18 - 21. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.
- Tatchell, G.M. & Dupuch, Maureen (1981) Interpretation and dissemination of data from the Rothamsted Insect Survey. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) pp. 14 - 15. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.
- Taylor, L.R. & French, R.A. (1981) Synoptic aerial monitoring as a basis for an aphid forecasting system in Europe - Euraphid. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) pp. 9 - 12. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.

Taylor, L.R., French, R.A., Woiwod, I.P., Dupuch, Maureen J. & Nicklen, Joan (1981) Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe. I. Establishing expected values for species content, population stability and phenology and 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, Part II (Ed. L.R. Taylor) pp. K1-K171. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.

Taylor, L.R., Woiwod, I.P. & Tatchell, G.M. (1982) Synoptic monitoring for migrant pests in Great Britain and Western Europe. III. Seasonal distribution of migrant pest aphids and the total aphid aerofauna in Great Britain 1975-1980. Rothamsted Experimental Station, Report 1981, Part 2 (in press)

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 spring-sown field beans, Vicia faba, by the black bean aphid, Aphis fabae. Annals of Applied Biology, 98, 21-34.

Woiwod, I.P. (1981) Data handling and analysis in the Rothamsted Insect Survey. Euraphid - Rothamsted 1980, Part 1. (Ed. L.R. Taylor) pp. 12-14. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, England.

Publications - Contract No. 0772

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 Rijksuniversiteit Gent, 46, 605-612

DEAN G., DEWAR A.M., POWELL W., WILDING N. (1980) Integrated control of cereal aphids. Bulletin SROP/WPRS III/4, 30-49

DEAN G.J., JONES M.G., POWELL W. (1981) The relative abundance of the hymenopterous parasites attacking Metopolophium dirhodum (Walker) and Sitobion avenae (F.) (Hemiptera: Aphididae) on cereals during 1973-79 in southern England. Bulletin of Entomological Research 71, 307-315

DEWAR A.M., WOIWOD I., CHOPPIN DE JANVRY E. (1980) Aerial migrations of the rose-grain aphid, Metopolophium dirhodum (Walk.), over Europe in 1979. Plant Pathology 29, 101-109

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

JONES M.G. (1980) Observations on primary and secondary parasites of cereal aphids. Entomologist's Monthly Magazine, 115, 61-72

PAPIEROK B., WILDING N. (1981) Etude du comportement de plusieurs souches de Conidiobolus obscurus (Zygomycètes Entomophthoraceae) vis-à-vis des pucerons Acyrthosiphon pisum et Sitobion avenae (Hom.: Aphididae). Entomophaga 25, 241-249

POWELL W. (1980) Toxares deltiger (Haliday) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising the cereal aphid Metopolophium dirhodum (Walker) (Hemiptera: Aphididae), in southern England: a new host-parasitoid record. Bulletin of Entomological Research 70, 407-409

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

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 & G.G. Kennedy. Raleigh, North Carolina, U.S.A. North Carolina State University, 148-185

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

TAYLOR L.R. (Ed.) (1981) Euraphid Rothamsted 1980. Harpenden: Rothamsted Experimental Station, 218 pp.

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. I. Establishing expected values for species content, population stability and phenology of aphids and moths. Rothamsted Experimental Station. Report for 1980, Part 2, 41-104

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

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

THE EFFECT OF PESTICIDES ON THE SOIL FAUNA OF CEREAL FIELDS

A. FEENEY (1)

SUMMARY

The information gained from the work over two years in Ireland is very useful. First of all it identifies the species which are likely to be of most importance as predators, both among the Carabids and Staphylinids. It shows their time of occurrence and it also shows that dimethoate, in particular, can effect population levels. Pirimicarb appears to be less severe on predators. A knowledge of the time of occurrence of the various predators can lead to a more prudent use of insecticides. Benomyl does not seem to have any appreciable affect on the soil predators or aphids, at least, in the short term. The work has also shown the population dynamics of Sitobium avenae and Rhopalosiphum padi and the need for monitoring population levels before application of pesticides should be considered.

L'EFFET DES PESTICIDES SUR LA PEDOFAUNE DES CHAMPS DE CEREALES.RESUME

L'information obtenue par le travail effectué au cours de deux ans en Irlande est très utile. L'étude a établi quels sont les prédateurs les plus importants parmi les Carabides et les Staphylinids. Elle démontre le moment de leur émergence et l'effet du diméthoate au niveau des populations. Le pirimicarb paraît moins sévère que le diméthoate vis-à-vis des prédateurs. La connaissance du moment d'émergence des prédateurs peut amener un usage plus judicieux des insecticides. Il semble que le bénomyl n'a pas d'effet sensible sur les prédateurs du sol, ni sur les pucerons, au moins à court terme. L'étude a aussi révélé la dynamique des populations de Sitobium avenae et de Rhopalosiphum padi et la nécessité d'observer les niveaux de population avant de considérer l'application de pesticide.

(1) An Foras Taluntais - Plant Pathology and Entomology Department - CARLOW.

The objective of the trials carried out during the years 1980 and 1981 was to investigate the effect of three commonly used pesticides in Ireland on the soil fauna of cereal fields with particular reference to Carabids and Staphylinids and also their effect on aphids, the most commonly occurring and important pest of cereals. No work of this nature had been previously carried out in Ireland. At the outset it was realised that there would be identification problems with the two soil groups and, therefore, for the first year the identifications generally would only be carried out to family or generic level but in the second year extended to species if possible. However, during 1980 the identifications were carried out, in many cases, to species level and in 1981 there was a further extension. More detailed identification of families like the Aleocharinae were not attempted.

The end of the year report for 1980 gives a description of the previous history of the experimental area, fertilizers used and other details pertaining to the trial. Similar details pertaining to 1981 are as follows:

Sowing date : 17/10/80
Variety : Hobbit
Seeding Rate : 219.6 kg/ha
Fertilizer use : 0.10.20 at sowing at 50 kg/ha
Herbicide : 31/10/80 Methalbenzthiazuron
Nitrogen applied : 12/3/81 G.S. 23-30 167 units/ha
Nitrogen applied : 13/4/81 G.S. 30 123.5 units/ha
Previous cropping : Barley 1980
Grass silage 1979
Plots marked out and polythene barriers erected by : 22/4/81
Benomyl applied : 23/4/81 G.S. 30, at 0.28 kg a.i./ha
Dimethoate : at 0.35 l a.i./ha
Pirimicarb : at 0.14 kg a.i./ha applied 12/6/81 G.S. 60.
Traps laid down : 30/4/81
Layout of trial and key to treatment : Appendix I

Measurements : Preliminary trapping was carried out in 1980 and 1981 by using 10 to 20 traps placed at random over the entire trial area. The results are given in Tables 1, 1A, 9 and 9A for the periods 22/4/79 to 22/2/80 and 5/1/81 to 27/4/81. The traps were examined weekly and the contents stored for later identification and recording.

After the plots were marked out and polythene barriers erected each plot was trapped with 5 traps per plot and again collections and storing done weekly.

Aphid recording : Visual examination of plants in the field up to heading in the first year was deemed inefficient and in the second year this was carried out by D-Vac suction sampler. The results are expressed as aphids per square metre. After heading in 1980 10 tillers at 4 to 5 observation points per plot were examined for aphid numbers but in 1981, 5 tillers at 4 observation points were examined. The results are expressed as aphids per 100 tillers.

Results

Preliminary trapping : This sampling by pitfall trapping was carried out in the first year for two purposes; (a) to become familiar with identifications of the soil carabids and staphylinids before the replicated experiment was laid down later with its greater demands on taxonomic expertise and (b) to get a record of the various species occurring during that period. In the second year it was carried out for the purpose of recording the species occurring during the winter-spring period with a view to identifying the most important ones based on numbers. The results are given in Tables 1, 1A, 9 and 9A.

Main sampling : This trapping in both years was carried out over 15 week periods, 7/5/80 to 20/8/80 and 30/4/81 to 12/5/81. The results for carabids are given in Tables 2-6 and 10-14 and for Staphylinids 2A-6A and 10A-14A.

Aphid populations : Table 7 gives the effect of treatment on aphid populations in 1980 and Table 15 the results for 1981. In Table 17 the population level over the entire growing period of 1981 is given.

Yields : Harvesting was carried out on 21/8/80 and 20/8/81. Yields are expressed as kg/ha at 20% moisture. Results are shown in Tables 8 and 16.

Discussion

A study of the numbers of Carabids and Staphylinids caught from both the preliminary trapping and trapping of control plots of the main sampling period in both years suggests that, in spite, of the fact that the experimental sites differ in their rotational histories; that of 1980 being, more or less, old tillage and '81 just 2nd lea, the same species emerged as being important. The total numbers of each of the most numerous species of Carabid captured in both years from preliminary sampling and those from the control plots of the main sampling period, were as follows:

	<u>1980</u>	<u>1981</u>
<u>Bembidion obtusum</u>	891	246
<u>Trechus quadristriatus</u>	491	3057
<u>Pterostichus melanarius</u>	435	727
<u>Loricera pilicornis</u>	298	1150
<u>B. lampros</u>	193	70
<u>B. tetricolum</u>	180	366

These figures suggest that the above six species are the most important numerically but their relative abundance can vary between sites depending on the rotation adopted and possibly location. The two sites were medium loams.

In the case of Staphylinids the important species based on the same calculations as for Carabids are Philonthus laminatus, Tachyporus hypnorum and Xantholinus linearis and Tachinus rufipes.

The effect of pesticides on the total populations of both Carabids and Staphylinids is shown in Table 4 and 12 and from the two years results very little effect is demonstrated. When individual species are looked at, particularly in the case of Carabids, (cf. Table 5 and 13) more definite effects are to be seen but results are not consistent between the two years. This may be due to the time of peak emergence from the soil or activity on the soil surface relative to time of pesticide application. The species showing most effects of dimethoate application are P. melanarius, Bembidion spp., Trechus quadristriatus and Philonthus laminatus.

In 1980 pirimicarb and dimethoate had drastic effects on aphid numbers while benomyl had no effect. In 1981 this was not to be seen as aphid numbers had almost disappeared before insecticides were applied.

Yields : In 1980 there was an effect of aphid destruction by insecticides to be seen, but in 1981 aphid numbers were too low.

Appendix 1

LAYOUT OF TRIAL

Block 4	3	1	2	4
Block 3	2	4	3	1
Block 2	1	4	2	3
Block 1	2	3	4	1

Treatment 1 = Benomyl
 2 = Pirmicarb
 3 = Dimethoate
 4 = Control (no pesticides)

Species	22-30/11/79	30/11-7/12/79	7-14/12/79	14-21/12/79	21/12/79-4/1/80	4-11/1/80	11-18/1/80	18-25/1/80	25/1-2/2/80	1-8/2/80	8-15/2/80	15-22/2/80	22-29/2/80	29/2-7/3/80	7/14/3/80	14-21/3/80	21-28/3/80	28/3-4/4/80	Totals
Bembidion obtusum	91	49	50	40	27	89	44	36	33	26	24	21	23	69	89	20	24	33	788
Trechus quadrifasciatus	22	15	12	9	6	3	4	2	2	3	10	5	2	4	9	3	4	8	123
Bembidion lampros	2									1				3	8	2	9	60	85
Notiophilus biguttatus	1					1									1	3			7
Amara species	1					1								5		1	7	16	
Pterostichus melanarius						1								2	5	1		3	12
Bembidion tetracolum										3	3	9	9	6	8	21		59	
Calathus fuscipes										1			1	1		3	6		
Calathus nemoralis													1					1	
Bembidion aeneum															1	6	7		
Carabus nemoralis														1	1		2	4	
Loricera pilicornis														1	2	9	12		

Table 1: Weekly number of Carabids caught in pitfall traps from 22/11/79 to 4/4/80 (10 traps were placed randomly over the site of approximately 1.2 hectares up to 29/2/80 and thereafter 20 were used)

Species																				Totals
Aleocharinae	7	4	3	1	-	1	1	1	3	4	3	2	3						16	49
Xantholinus	2	1	1	-	1	2	2		3	1		5		8	3				29	
Philonthus	3	2	1	-					1		1		1		1			1	9	
Omalium	3	3	-		1		1	2		1	1	1	1					1	14	
Tachyporus	1	1	2	-		1		2		4		3			1	2		1	17	
Stenus		2															2		2	
Othius											4						7		7	
Staphylinus									1									1	1	
Quedius											2			1				3	3	
Lesteva														1	1			3	3	

Table 1A: Weekly number of Staphylinids caught in pitfall traps from 22/11/79 to 4/4/80 (10 traps were placed randomly over the site of approximately 1.2 hectares up to 29/2/80 and thereafter 20 were used)

Species	Control
<i>Bemidion lampros</i>	108
<i>Bembidion tetracolum</i>	121
<i>Bembidion aeneum</i>	62
<i>Bembidion obtusum</i>	103
<i>Bembidion guttula</i>	16
<i>Trechus quadristriatus</i>	368
<i>Harpalus rufipes</i>	26
<i>Notiophilus biguttatus</i>	6
<i>Amara species</i>	95
<i>Pterostichus melanarius</i>	413
<i>Pterostichus madidus</i>	3
<i>Pterostichus stenuus</i>	7
<i>Nebria brevicollis</i>	8
<i>Calathus fuscipes</i>	2
<i>Calathus melanocephalus</i>	3
<i>Carabus granulatus</i>	—
<i>Carabus nemoralis</i>	1
<i>Loricera pilicornis</i>	286
<i>Agonum muelleri</i>	36
<i>Agonum dorsale</i>	2
<i>Demetrias articapillus</i>	—
<i>Asaphidion flavipes</i>	1
<i>Bradyceillus verbasci</i>	—
<i>Pristonychus complanatus</i>	—
<i>Synchus nivalis</i>	1

Table 2: Total catches of various Carabid beetles from 4 control replicates (5 traps per rep.) for period 7/5/80
20/8/80

Species	Control
Aleocharinae	2816
Stenus	6
Staphylinus	0
Othius	11
Philonthus	405
Xantholinus	12
Quedius	4
Tachyporus hypnorum	224
Tachyporus chrysomelinus	26
Tachyporus obtusus	50
Tachyporus pusillus	27
Tachyporus scutellaris	0
Tachyporus species	15
Tachinus	40
Omalium	7
Mycetoporus	26
Micropeplus	90
Oxytellus	26
Coprophilus	0
Stilicus	0
Drymoporus elongatus	0
Platystethus	2
Sepedophilus	2

Table 2A: Total catches of various Staphylinid beetles from 4 control replicates (5 traps per replicate) for period 7/8/80 - 20/8/80

Species	7-14/5/80	14-21/5/80	21-28/5/80	28/5-4/6/80	4-11/6/80	11-18/6/80	18/6-2/7/80	2-9/7/80	9-16/7/80	16-23/7/80	23-30/7/80	30/7-6/8/80	6-13/8/80	13-20/8/80
Bembidion lampros	7	5	3	3	14	6	7	0	2	2	6	14	12	27
Bembidion tetracolum	12	3	7	5	21	19	6	2	1	12	9	5	2	17
Bembidion aeneum	14	2	6	13	16	4	—	1	1	1	1	2	—	1
Bembidion obtusum	30	27	9	6	5	7	1	—	—	—	2	7	1	5
Bembidion guttula	4	3			3	2	4							
Trechus quadrstriatus	3	2	1		1	1	1		2	11	28	73	63	184
Harpalus rufipes	1	1			2	3	3	3	2		4	2		5
Notiophilus biguttatus	4	1											1	
Amara species	33	16	13	6	3	4	10	1	3	1				5
Pterostichus melanarius	3	3		3	10	81	127	80	38	31	8	6	4	20
Pterostichus madidus						1	2							
Pterostichus stenulus	3	1	1	1	1									
Nebria brevicollis	1	2	3	2										1
Calathus fuscipes	1													1
Calathus melanocephalus										2				
Carabus granulatus														
Carabus nemoralis	1													
Loricera pilicornis	39	20	7	4	12	13	20	9	18	40	46	38	20	8
Agonum muelleri	10	7	4	5	3	2	1		1			1		2
Agonum dorsale	1			1	—									
Demetrias articapillus														
Asaphidion flavipes							1							
Bradyceillus verbasci														
Synnchus nivalis													1	

Table 3: Time of occurrence of various Carabid beetles from 4 control replicates (5 traps per replicate) for period 7/5/80 - 20/8/80

Species	7-14/5/80	14-21/5/80	21-28/5/80	28/5-4/6/80	4-11/6/80	11-18/6/80	18/6-2/7/80	2-9/7/80	9-16/7/80	16-23/7/80	23-30/7/80	30/7-6/8/80	6-13/8/80	13-20/8/80
Aleocharinae	161	177	144	172	113	137	254	219	257	328	283	247	113	211
Stenus	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Staphylinus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Othius	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9
Philonthus	18	42	39	67	28	41	112	18	6	8	4	5	3	14
Xantholinus	4	2	2	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Quedius	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Tachyporus hypnorum	67	54	28	17	22	5	9	4	0	1	1	4	3	9
Tachyporus chrysomelinus	5	7	1	3	1	0	2	1	1	3	1	0	0	1
Tachyporus obtusus	3	5	1	9	9	7	7	1	3	2	1	0	0	2
Tachyporus pusillus	13	2	4	1	1	2	0	0	3	1	0	0	0	0
Tachyporus scutellaris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tachyporus species	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	6
Tachinus	9	8	6	4	1	5	3	0	0	1	0	1	1	1
Omalium	2	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Mycetoporus	4	9	2	3	0	0	1	1	1	2	1	0	0	2
Micropeplus	1	6	14	11	33	8	3	2	5	3	0	3	0	0
Oxytellus	0	0	2	7	1	5	0	2	3	1	2	0	1	2
Coprophilus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stilicus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drymoporus elongatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Platystethus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sepedophilus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 3A: Time of occurrence of various Staphylinid beetles from 4 control replicates (5 traps per replicate) for period 7/5/80 to 20/8/80

Treatments	1	2	3	4
Carabids	1932	1999	1421	1668
Staphylinids	4364	4262	3556	3787

Table 4: Effect of treatment on catches of Carabids and Staphylinids by pitfall trapping over the period 7/5/80 - 20/8/80

Species	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
<i>Bembidion lampros</i>	155	90	62	108
<i>Bembidion tetricolum</i>	152	207	83	121
<i>Bembidion aeneum</i>	79	63	31	62
<i>Bembidion obtusum</i>	118	86	78	103
<i>Bembidion guttula</i>	35	15	22	16
<i>Trechus quadristriatus</i>	272	267	332	368
<i>Harpalus rufipes</i>	39	36	33	26
<i>Notiophilus biguttatus</i>	4	4	7	6
Amara species	118	68	97	95
<i>Pterostichus melanarius</i>	582	794	332	413
<i>Pterostichus madidus</i>	12	13	8	3
<i>Pterostichus stenulus</i>	15	12	9	7
<i>Nebria brevicollis</i>	12	29	30	8
<i>Calathus fuscipes</i>	6	6	18	2
<i>Calathus melanocephalus</i>	5	4	6	3
<i>Carabus granulatus</i>	—	—	1	—
<i>Carabus nemoralis</i>	—	6	1	1
<i>Loricera pilicornis</i>	262	236	231	286
<i>Agonum muelleri</i>	49	34	27	36
<i>Agonum dorsale</i>	15	15	10	2
<i>Demetrias atricapillus</i>	1	3	—	—
<i>Asaphidion flavipes</i>	1	1	2	1
<i>Bradycellus verbasci</i>	—	1	1	—
<i>Pristonychus complanatus</i>	1	—	—	—
<i>Synuchus nivalis</i>	—	1	1	1

Table 5: Total effect of treatment on total Carabids from pitfall traps over period 7/5/80 - 20/8/80

Species	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
Aleocharinae	3,100	2,848	2,505	2,816
Stenus	17	16	11	6
Staphylinus	0	1	1	0
Othius	15	7	13	11
Philonthus	454	526	356	405
Xantholinus	27	21	26	12
Quedius	4	5	3	4
Tachyporus hypnorum	290	363	299	224
Tachyporus chrysomelinus	31	27	27	26
Tachyporus obtusus	46	53	52	50
Tachyporus pusillus	43	22	38	27
Tachyporus scutellaris	0	0	1	0
Tachyporus species	12	24	6	15
Tachinus	97	130	75	40
Omalium	12	11	19	7
Mycetoporus	31	29	24	26
Micropeplus	134	133	59	89
Oxytelus	47	41	36	26
Coprophilus	0	1	0	0
Stilicus	0	2	1	0
Drymorphorus elongatus	0	0	1	0
Platystethus	1	0	0	0
Sepedophilus	2	2	3	2

Table 5A: Total of effect treatment on total Staphylinids from pitfall traps over period 7/5/80 to 20/8/80

Date	<i>Pterostichus melanarius</i>				<i>Loricera pilicornis</i>				<i>Bembidion lampros</i>				<i>Bembidion tetracolum</i>				<i>Trechus quadristriatus</i>				<i>Bembidion obtusum</i>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7-14/5/80	9	13	5	3	20	24	30	39	11	10	13	7	27	16	8	12	5	4	1	3	31	19	18	30
14-21/5/80	2	2	0	2	28	13	18	20	10	6	7	5	9	7	5	3	4	0	0	2	24	19	27	27
21-28/5/80	0	2	1	0	8	14	7	7	3	4	3	10	10	4	7	3	3	3	1	16	12	10	9	
28/5-4/6/80	3	2	2	3	12	5	8	4	2	5	4	3	6	17	3	5	0	1	1	0	6	5	5	6
4-11/6/80	7	11	11	6	13	3	15	12	27	15	5	14	29	37	17	21	1	0	1	1	14	11	9	8
11-18/6/80	78	64	45	81	11	10	1	15	10	3	3	6	29	34	10	19	2	0	2	1	11	4	5	7
13/6-2/7/80	170	173	37	127	30	21	19	20	4	7	4	7	8	18	2	6	7	3	1	1	2	3	0	1
2-9/7/80	83	156	60	80	11	18	13	9	3	1	0	0	2	5	1	2	1	1	3	0	0	0	0	0
9-16/7/80	101	172	45	38	23	27	15	18	3	1	0	2	2	4	2	1	3	1	0	2	0	0	0	0
16-23/7/80	39	80	28	31	23	23	21	40	3	0	1	2	4	8	6	12	5	9	8	11	0	0	0	0
23-30/7/80	27	41	21	8	31	24	32	36	5	1	2	6	11	25	14	9	18	17	25	26	1	0	1	2
30/7-6/8/80	14	40	30	6	34	25	26	38	16	12	4	14	6	10	5	5	48	49	50	73	4	4	1	7
6-13/8/80	8	10	4	4	8	17	17	20	13	5	5	12	2	10	0	2	51	63	62	63	5	3	1	1
13-20/8/80	41	28	34	20	10	12	9	8	39	21	10	27	8	6	6	17	124	116	175	184	4	6	1	5

Table 6: Weekly effect of treatment on the most common Carabids over the period 7/5/80 - 20/8/80

Date	Aleocharinae				Philonthus				Tachyporus hypnorum				Tachyporus obtusus				Micropelus				Tachinus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7-14/5/80	287	227	177	161	23	20	22	18	68	82	63	67	3	1	3	3	1	2	2	1	16	21	10	9
14-21/5/80	230	207	172	63	53	56	42	94	88	73	54	7	3	9	5	4	6	1	6	1	6	8	1	8
21-28/5/80	242	189	168	144	59	85	48	39	47	71	37	28	3	2	6	1	8	16	5	14	9	14	13	6
28/5-4/6/80	223	225	136	172	90	95	107	67	17	31	51	17	3	6	11	9	19	38	6	11	3	42	20	4
4-11/6/80	113	136	127	113	30	42	47	28	17	19	31	22	13	7	10	9	46	35	9	33	16	8	9	1
11-18/6/80	167	142	138	137	44	46	33	41	11	12	13	5	6	10	8	7	16	19	14	8	10	11	4	5
18/6-2/7/80	230	284	262	254	94	100	16	112	11	18	5	9	7	18	2	7	3	8	7	3	18	18	12	3
2-9/7/80	248	300	156	219	12	27	10	18	3	6	0	4	0	2	0	1	4	3	5	2	4	4	5	0
9-16/7/80	275	251	240	257	5	7	4	6	3	2	4	0	1	2	0	3	6	3	0	6	0	0	1	0
16-23/7/80	320	257	245	328	6	8	2	8	1	4	2	1	1	0	0	2	16	2	8	3	0	1	0	1
23-30/7/80	225	178	146	283	3	2	3	4	4	0	1	1	2	0	0	1	10	1	1	0	0	2	0	0
30/7-6/8/80	251	165	150	247	9	6	3	5	5	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0
6-13/8/80	92	79	117	113	7	6	3	3	2	4	4	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
13-20/8/80	197	208	236	211	10	17	10	14	7	23	12	9	0	1	3	2	0	0	0	0	2	0	0	1

Table 6A: Weekly effect of treatment on most common Staphylinids over period 7/5/80 - 20/8/80

Dates	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
7-14/5/80	0	1.25	6.25	0
14-21/5/80	1.25	1.25	0.625	2.5
21-28/5/80	3.75	3.125	5.625	1.25
26/5-4/6/80	18.25	12.5	8.75	3.125
4-11/6/80	14.375	19.375	17.5	20.625
11-18/6/80	61.25	0.0	0	60.625
13/6-2/7/80	498.125	29.375	5.0	656.25
2-9/7/80	691.0	44.0	12.5	760.0
9-16/7/80	621.0	60.0	37.0	506.0
16-23/7/80	279.5	66.5	55.5	485.0
23-30/7/80	35.0	21.0	30.0	25.5
30/7-8/8/80	3.5	2.0	8.0	5.0
6-13/8/80	0.0	0	0	0

Table 7: The effect of treatment on aphid numbers per 100 tillers from 7/5/80 - 13/8/80

Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
4521.45	4925.64	5095.04	4712.88
95.93 %	104.00%	108.1%	100.00 %

Table 8: The effect of treatment on yields of winter wheat in kg/ha harvested on 21/8/80 at 20% moisture

Species	5/1/81	12/1/81	19/1/81	26/1/81	9/2/81	23/2/81	9/3/81	16/3/81	23/3/81	30/3/81	6/4/81	13/4/81	20/4/81	27/4/81	Totals		
															1970	1971	
Bembidion lampros											1	2	23	12	16	6	1
" tetracolum			6	9	17	6	9	9	24	56	48	53	15	13	5	1	
" aeneum								5	10	3	12	8	12	11	1	62	
" obtusum	10	11	6	21	33	46	25	22	9	5	15	16	13	4	1	271	
" guttula											1	5	2	4	6	3	
Trechus quadrifasciatus	59	28	29	37	24	29	28	15	10	22	23	14	15	6	3	21	
Harpalus rufipes														4	2	6	
Notiophilus biguttatus	1		1	2				2	1		1			1	1	11	
Amara plebeja														2	2	4	
" species											1			1	4	6	
Pterostichus nigrita												1		1	2		
" melanarius			1	1							2	5	1	7	2	4	
" madidus												2			3		
" stenulus													4		1	3	
Nebria brevicollis												1		2		3	
Calathus melanocephalus			1	1							2		4			8	
Carabis granulatus												1	5	6	9	26	
" nemordis											1	5	2	2	1	14	
Loricera pilicornis											14	9	44	78	43	38	13
Agonum muelleri											1	2	5	8	6	1	24
" dorsale											1			1		3	
Clivina fossor											1	2		1		1	
Calathus fuscipes												1				4	
Totals	69	39	36	66	70	95	61	46	32	62	134	101	193	146	123	97	27

Table 9: Weekly number of Carabids caught in pitfall traps 5/1/81 to 27/4/81. From 5/1/81 to 26/1/81 10 traps were used and thereafter 20

Species	5/1/81	12/1/81	19/1/81	26/1/81	9/2/81	2/3/81	16/3/81	30/3/81	6/4/81	13/4/81	20/4/81	27/4/81	Totals				
Aleocharinae				16	2	5	2	1	4	11	16	12	11	15	41	20	156
Stenus				1		1				1		2	1	4	3	13	
Staphylinus				2	1	1										4	
Othius	1			2	2	1	1			1						8	
Philonthus laminatus										2	9	21	17	22	10	81	
" decorus												1				1	
" fuscipennis	1	2	2	1	1				1	1		2				4	
Quedius									1	2	3	4	2	1		20	
Tachyporus hypnorum				1	1	1			2		2	14	5			26	
T. chrysomelinus						1						1				2	
T. species				4	1	1			1	1			1		1	9	
Tachinus rufipes											7	8	13	7		35	
Omalium									1	1						2	
Mycetoporus												1	1			2	
Bryocaris cinctiflata												1	1			2	
Oxytelus					1		1			1		3	4	2	4		16
Xantholinus linearis	3	28	1	9	4	6	2	1	10	2	1	6	4	1	2	81	
X. longiventris				1	1	1			1	3	2	1	2	1		13	
X. glabratus				1	1											2	
X. tricolor											1		1			2	
X. augustatus											1	3				4	
X. punctulatus													1			1	
Philonthus species																2	
Lesteva	3	1	1	3	7	4	2	3	2	8	6	2	1	1		44	
Totals	8	31	4	38	21	17	12	9	3	26	28	29	39	59	53	105	48

Table 9A: Weekly numbers of Staphylinids caught in pitfall traps 5/1/81 to 27/1/81. From 5/1/81 to 26/1/81 10 traps were used and thereafter 20

Species	Control
<i>Bembidion lampros</i>	9
<i>Bembidion tetricolum</i>	95
<i>Bembidion aeneum</i>	4
<i>Bembidion obtusum</i>	8
<i>Bembidion guttula</i>	27
<i>Trechus quadristriatus</i>	2700
<i>Harpus rufipes</i>	40
<i>Notiophilus biguttatus</i>	1
<i>Amara familiaris</i>	4
<i>Amara plebeja</i>	9
<i>Amara species</i>	4
<i>Pterostichus melanarius</i>	703
<i>Pterostichus madidus</i>	3
<i>Pterostichus stenius</i>	17
<i>Nebria brevicollis</i>	38
<i>Calathus fuscipes</i>	21
<i>Calathus melanocephalus</i>	23
<i>Carabus granulatus</i>	13
<i>Carabus nemoralis</i>	1
<i>Loricera pilicornis</i>	911
<i>Agonum muelleri</i>	14
<i>Agonum dorsale</i>	22
<i>Asaphidion flavipes</i>	18
<i>Synuchus nivalis</i>	18

Table 10: Total catches of various Carabid beetles from 4 control replicates (5 traps per plot) from period 6/5/81 - 12/8/81

Species	Control
Aleocharinae	3766
Stenus	16
Staphylinus	2
Othius	3
Philonthus laminatus	389
Philonthus marginatus	4
Philonthus atratus	2
Philonthus aeneus	2
Philonthus varius	9
Philonthus fuscipennis	8
Philonthus concinnus	7
Philonthus species	1
Quedius	10
Tachyporus hypnorum	611
Tachyporus chrysomelinus	81
Tachyporus obtusus	528
Tachyporus species	31
Tachyporus callow	105
Tachinus rufipes	2648
Omalium	9
Micropelus	13
Xantholinus linearis	9
Xantholinus longiventris	8
Xantholinus glabratus	41
Xantholinus punctulatus	3
Xantholinus augustatus	11
Oxytellus	57
Lesteva	3
Metopsia	1
Stilicus	1
Lathrobium	1

Table 10A: Total catches of various Staphylinid beetles from 4 control replicates (5 traps per replicate) for period 6/5/81 - 12/8/81

Species	Time of occurrence of various Carabidae from 4 control plots (5 traps per plot) for period 6/5/81 to 12/8/81.										Totals
	12/8/81	5/8/81	29/7/81	22/7/81	8/7/81	1/7/81	24/6/81	17/6/81	10/6/81	3/6/81	
<i>Bembidion lampros</i>	1	1									9
<i>B. tetracolum</i>	2	3									4
<i>B. aeneum</i>			1	1			2	3	1	7	11
<i>B. obtusum</i>			1	1	1			1	3	4	8
<i>B. guttula</i>	3	1	1	1	5	3	3	4	1	1	27
<i>Trechus quadristriatus</i>	6	4	2	6	5	25	112	232	525	563	640
<i>Harpalus rufipes</i>	2		2	1	2	2	3	5	13	5	1
<i>Notiophilus biguttatus</i>											40
<i>Amara familiaris</i>	1		1	1			1				1
<i>Amara plebeja</i>	1	3	3	2							4
Amara species	3	1									9
<i>Pterostichus marginatus</i>			1	1	3	49	80	56	84	130	97
<i>P. melanarius</i>					3						4
<i>P. madidus</i>											3
<i>P. stenius</i>	2	1	1	2		2	2	1	1	1	17
<i>Nebria brevicollis</i>	5	5	7	5	11	1	2				38
<i>Calthus fuscipes</i>						1	1	2			21
<i>Calthus melanocephalus</i>						1		1	1		23
<i>Carabus granulatus</i>						2	1				13
<i>Carabus nemoralis</i>	1							1	1	1	1
<i>Loricera pilicornis</i>	26	45	29	25	13	14	11	26	71	220	138
<i>Agonum muelleri</i>	1	1			1	1		1		2	4
<i>Agonum dorsale</i>	3	1	2	3	5	1	4	1	1		22
<i>Demetrias atricapillus</i>											1
<i>Asaphidion flavipes</i>	1	4	3	1	1	5	3				18
<i>Bradyceillus verbasci</i>											14
<i>Synuchus nivalis</i>											18
<i>Calathus picens</i>											18
	52	71	47	47	45	33	107	241	373	858	876
										918	490
										227	318
										4703	

Table 11: Time of occurrence of various Carabidae from 4 control plots (5 traps per plot) for period 6/5/81 to 12/8/81.

Species	Periods												Totals			
	6/5/81	13/5/81	20/5/81	27/5/81	3/6/81	10/6/81	17/6/81	24/6/81	1/7/81	8/7/81	15/7/81	22/7/81	29/7/81	5/8/81	12/8/81	
Aleocharinae	92	184	145	194	261	110	216	256	199	352	528	741	296	126	66	3766
Stenus	3	1	1	1			1	2		1	3	1	1	2		16
Staphylinus	1										1					2
Othius														1		3
Philonthus laminatus	54	70	25	35	32	33	21	12	5	13	4	14	28	20	23	389
P. marginatus	1	1			1	1										4
P. atratus													1	1		2
P. aeneus																2
P. varius																9
P. fuscipennis																8
P. coccinus																7
P. species																1
Quedius																
Tachyporus hypnorum	29	63	45	67	52	74	115	43	11	25	8	17	24	18	20	611
T. chrysomelinus	2	3	4	3	9	11	12	17	6	4	3	1	3	3	3	81
T. obtusus	1	6	8	17	50	41	106	82	44	57	39	50	26	1		528
T. species	1	1		5		4	1	4	1		2			12	31	
T. Callow						1					4		67	15	18	105
Tachinus Rufipes	20	150	197	205	388	289	333	192	43	405	117	145	117	25	22	2648
Omalium	1	5	2		1											9
Mycetoporus																
Micropeplus	1				3	4		3	2							13
Oxytelus	1	2	3	5		8	4	4	7	4	8	4	1	4	2	57
Xantholinus linearis	3				1	1	3						1		9	
X. longiventris	1							3	1	1	2		5	9	16	41
X. glabratus																
X. tricolor																
X. augustatus	1	3	2	1		2	1		1							
Lestera	1															3
Metopsia species				1												1
Xantholinus punctulatus						1	1	1								3
Stilicrus									1							1
Lathriolum											1					1
	208	494	436	538	810	575	821	622	317	872	710	991	580	228	178	8380

Table 11A: Time of occurrence of various Staphylinids from 4 control plots (5 traps per plot) for period 6/5/81 to 12/8/81

Treatments	1	2	3	4
Carabids	5132	5109	4894	4706
Staphylinids	8650	7317	7921	8394

Table 12: Effect of treatment on catches of Carabids and Staphylinids by pitfall trapping over the period 6/5/81 to 12/8/81

Species	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
Bembidion lampros	6	2	5	9
Bembidion tetracolum	110	135	83	95
Bembidion aeneum	7	13	8	4
Bembidion obtusum	4	8	3	8
Bembidion guttula	23	55	32	27
Trechus quadristriatus	2978	2736	2050	2700
Harpalus rufipes	31	40	30	40
Notiophillus biguttatus	2	1	—	1
Amara Familiaris	5	3	2	4
Amara Plebeja	15	16	17	9
Amara Species	5	2	7	4
Pterostichus marginatus	2	—	—	—
Pterostichus melanarius	582	865	712	703
Pterostichus madidus	7	11	1	3
Pterostichus stenuus	28	10	26	17
Nebria brevicollis	27	17	24	38
Calthus fuscipes	22	4	9	21
Calthus melanocephalus	32	30	27	23
Carabus granulatus	9	11	16	13
Carabus nemoralis	—	1	—	1
Loricera pilicornis	1170	1111	1134	911
Agonum muelleri	8	8	7	14
Agonum dorsale	30	14	29	22
Demetrias atricapillus	—	—	—	—
Asaphidion flavipes	22	13	10	18
Bradyceillus verbasci	—	—	—	—
Synachus nivalis	6	21	9	18
Calathus piecus	1	—	—	—

Table 13: Total effect of treatment on total Carabids from pitfall traps over the period of 6/5/81 to 12/8/81

Species	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
Aleocharinae	4633	3585	4119	3766
Stenus	23	15	13	16
Staphylinus	—	—	1	2
Othius	7	7	4	3
Philonthus laminatus	359	351	290	389
P. marginatus	3	4	1	4
P. atratus	—	—	1	2
P. aeneus	—	—	3	2
P. lepidus	—	—	2	—
P. varius	10	3	7	9
P. fuscipennis	10	13	15	8
P. concinnus	6	3	5	7
P. species	4	3	2	1
Quedius	11	12	13	10
Tachyporus hypnorum	668	444	393	611
T. chrysomelinus	63	70	53	81
T. obtusus	400	457	432	528
T. species	116	6	10	31
T. Callow	263	43	15	105
Tachinus rufipes	2325	2167	2399	2648
Omalium	15	9	9	9
Myceloporus	5	4	6	—
Micropeplus	6	7	7	13
Oxytelus	77	62	63	57
Xantholinus linearis	18	12	9	9
X. longiventris	6	9	6	8
X. Glabratus	11	17	28	41
X. tricolor	—	1	—	—
X. angustatus	6	7	7	11
Lesteva	2	2	7	3
X. punctulatos	—	1	—	3
Metopsia	1	1	—	1
Stilicus	—	—	1	1
Lathrobium	1	—	—	1

Table 13A: Total effect of treatment on total Staphylinids from pitfall traps over the period 6/5/81 to 12/8/81

Date	Trechus quadristratus				Loricera pilicornis				Pterostichus melanarius				Bembidion tetracolum				Harpalus rufipes				Nebria brevicollis			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6/5/81	5	5	5	6	24	25	22	26	1	1	1	1	2	3	4	2	1	1	1	1	2	1	4	5
13/5/81	5	2	3	4	53	27	47	45	1	—	1	1	2	5	3	3	—	1	1	2	4	2	2	5
20/5/81	6	2	2	—	43	35	43	29	—	—	1	1	—	1	1	—	—	—	—	—	4	4	5	7
27/5/81	3	2	4	2	45	26	23	25	—	1	2	—	1	2	1	—	1	1	1	2	1	1	—	5
3/6/81	3	6	6	6	28	12	19	13	1	3	—	—	—	5	2	—	3	—	1	1	4	2	1	11
10/6/81	1	4	5	5	8	17	21	14	2	1	5	3	—	5	7	3	2	1	2	2	—	3	1	
17/6/81	2	8	9	25	12	16	8	11	30	29	27	49	7	6	1	2	5	1	2	2	2	1	3	—
24/6/81	79	80	27	112	27	17	17	26	82	128	60	80	2	16	—	3	2	5	3	3	5	3	6	2
1/7/81	225	169	66	232	44	69	83	71	62	55	64	56	1	1	1	1	2	3	2	5	—	—	—	—
8/7/81	372	477	177	525	238	202	224	220	103	98	109	84	5	2	3	7	9	2	10	13	2	—	—	
15/7/81	942	637	390	568	223	236	207	156	92	122	135	130	9	11	3	11	2	5	3	5	—	1	—	1
22/7/81	565	675	555	640	212	161	199	138	57	116	104	97	11	8	15	17	1	1	1	1	—	—	—	
29/7/81	420	349	445	328	102	96	89	47	62	136	88	87	24	18	8	10	—	1	2	—	—	—	—	1
5/8/81	142	114	164	90	44	54	54	38	53	86	70	66	24	16	13	10	1	—	1	3	1	1	—	1
12/8/81	208	178	192	157	67	77	78	52	36	67	45	49	22	33	21	26	2	1	—	1	—	1	—	—

Table 14: Weekly effect of treatment on the most common Carabids over the period from 6/5/81 to 12/8/81

Date	Aleocharinae				Tachinus rufipes				Philonthus laminatus				Tachyporus hypnorum				Tachyporus obtusus				Tachyporus chrysomelinus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6/5/81	107	76	106	92	44	37	26	20	39	62	38	54	34	19	27	29	3	2	2	1	2	-	1	2
13/5/81	175	149	207	184	110	185	174	150	35	60	46	70	79	20	49	63	8	8	10	6	8	6	2	3
20/5/81	180	114	179	145	162	175	163	197	13	18	16	25	46	18	25	45	14	10	11	8	7	3	4	4
27/5/81	243	173	175	194	205	181	178	205	36	34	31	35	69	39	43	67	20	32	23	17	4	4	4	3
3/6/81	328	253	287	261	253	304	268	388	30	39	28	32	93	47	76	52	46	50	47	54	11	10	3	9
10/6/81	230	137	180	110	234	241	255	289	41	23	26	33	89	60	82	74	46	52	49	41	3	4	5	11
17/6/81	266	216	123	216	362	238	238	333	25	28	26	21	82	72	29	115	79	85	46	106	7	14	9	12
24/6/81	323	363	321	256	163	127	165	192	20	18	5	12	33	61	16	43	55	68	39	82	11	19	8	17
1/7/81	254	200	188	199	31	46	60	43	6	5	2	5	7	21	8	11	22	24	39	44	1	2	1	6
8/7/81	463	306	436	352	252	310	372	405	9	13	14	13	9	28	14	25	24	35	51	57	2	3	8	4
15/7/81	568	516	528	528	108	117	185	117	13	5	7	4	12	16	6	8	27	26	29	39	3	1	-	3
22/7/81	873	627	693	605	138	113	221	140	9	9	10	18	12	16	9	23	32	38	55	43	-	1	-	1
29/7/81	333	221	392	296	205	94	122	117	18	9	18	28	26	9	3	24	16	21	23	26	-	2	2	3
5/8/81	182	139	136	126	35	25	30	25	28	10	12	20	38	5	3	18	3	4	5	1	1	-	-	-
12/8/81	108	95	118	66	22	27	23	22	35	18	13	23	39	13	4	20	5	2	5	-	3	1	1	3

Table 14A: Weekly effect of treatment on the most common Staphylinids over the period from 6/5/81 to 12/8/81

Dates	Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
8/5/81	426.5	633.7	331.0	692.95
14/5/81	705.0	592.0	551.6	384.8
20/5/81	236.8	199.1	1377.8	188.4
28/5/81	91.5	102.3	115.7	137.2
5/6/81	10.76	8.07	5.38	8.07
10/6/81	1.28	12.5	2.5	—
17/6/81	—	1.28	—	—
24/6/81	8.75	1.28	1.28	15.0
1/7/81	13.75	—	—	7.5
8/7/81	2.5	—	—	3.75
22/7/81	1.28	—	1.28	—
29/7/81	—	—	—	—
5/8/81	—	—	—	—

Table 15: The effect of treatment on aphid numbers 8/5/81 - 12/8/81 Aphid numbers 8/5/81 to 5/6/81 are expressed/m². Aphid numbers 10/6/81 to 5/8/81 are given/100 tillers.

Benomyl	Pirimicarb	Dimethoate	Control
5543.34	4850.58	5301.12	5405.6
102.55	89.73	98.07	100%

Table 16: The effect of treatment on yields of winter wheat in kg/ha harvested 20/8/81 at 20% moisture

Sampling date	Aphids			Area samples in ft ²	No. of Aphids per m ²
	S. av.	R. padi	Others		
11/12/80	1	—	—	10	1.08
16/12/80	1	—	—	10	1.08
2/1/81	—	—	—	10	—
9/1/81	—	1	—	10	1.08
21/1/81	2	—	—	10	2.16
29/1/81	3	—	6	10	15.07
5/2/81	8	—	3	10	11.84
13/2/81	2	—	—	10	2.16
24/2/81	25	—	2	10	29.06
6/3/81	17	—	5	10	23.68
12/3/81	9	—	—	10	9.69
26/3/81	32	—	6	10	40.9
11/4/81	36	2	2	10	43.06
18/4/81	282	—	52	10	359.52
24/4/81	79	—	38	10	125.94
8/5/81	270	—	245	8	692.93
14/5/81	94	—	49	4	284.8
22/5/81	48	—	21	4	185.68
28/5/81	20	—	31	4	137.24
5/6/81	2	—	1	4	8.07
10/6/81	—	—	—	80 tillers	
17/6/81	—	—	—	80 tillers	
24/6/81	12	—	—	80 tillers	
1/7/81	6	—	—	80 tillers	
8/7/81	3	—	—	80 tillers	
22/7/81	—	—	—	80 tillers	
29/7/81	1	—	—	80 tillers	
5/8/81	—	—	—	40 tillers	

Table 17: Occurrence of aphids on winter wheat (sown 17/10/80) December 1980 to August 1981

Coordinated Activities

Part 4.a

Exchange of Scientists

EXCHANGE OF SCIENTISTS SPONSORED BY THE PROGRAMME COMMITTEE

NAME	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
<u>1980</u>				
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 footrot of wheat, <u>Cercospora</u> <u>La</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 Entomophthora in liquid 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	10-12 May 13-14 May	Use of suction traps
		Dr. L. TURL Dept. of Agriculture and Fisheries for Scotland UK - EDINBURGH	18 May	

NAME S	INSTITUTE	PERSON AND PLACE VISITED	DATES	SUBJECT
	Dr. T. LEWIS Rothamsted Experimental Station UK - HARPENDEN	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	14-17 and 25-26 June	Standardization of procedures using Phytoseids against orchard mites in pilot experiments
		Dr. D. GLEN Long Ashton Research Station UK - LONG ASHTON	18-19 June	
		Dr. A.L. WINFIELD ADAS UK - WYE	22-24 June	
7. A.M. FEENEY	An Foras Taluntais Oak Research Center IRL - CARLOW	Dr. T. BASEDOW Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft D - HEIKENDORF-KITZEBERG	29 June - 4 July	Study of pestpre- dators relations (toxicology, trap- ping methods)
		Dr. R. BRADNER Rothamsted Experimental Station UK - HARPENDEN	6-11 July	

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</u> granula- viruses
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 Instituut voor de Veredeling van Tuinbougewassen 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>

Part 4.b

Meetings of Experts

LIST OF THE MEETINGS HELD IN THE FRAMEWORK OF THE BIOLOGICAL AND INTEGRATED PEST CONTROL PROGRAMME OF THE CEC.

Lutte intégrée en culture de Brassicae - 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

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 - Mantfavet - 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.

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 - Athinai - 12-13 November 1981 - 14 Participants.

Production and application of baculoviruses against tortricids in orchards - Paris/La Minière-Guy-
ancourt - 26-27 November 1981 - 15 Participants.

Part 4c

Publications

TAYLOR R.L. (ed.) EURAPHID 1980: Aphid forecasting and pathogens & a handbook for aphid identification. Rothamsted Experimental Station, Harpenden (U.K.)

CAVALLORO R., PROTA R. (eds.) Standardization of biotechnical methods of integrated pest control in citrus orchards. EUR 7342. G. Gallizzi, Sassari (Italy)

ARAMBOURG Y. (ed.) Etat d'avancement des travaux et échange d'informations sur les problèmes posés par la lutte intégrée en oléiculture. Station de Zoologie et de Lutte Biologique I.N.R.A., Antibes (France)

European Communities — Commission

**EUR 8273 EN — Progress Report of the CEC "Integrated and Biological Control"
Programme 1979-1981**

R. Cavalloro, A. Piavaux

Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities

1983 — VI, 348 p. — 21.0 x 29.0 cm

Series Agriculture

DE EN FR IT NL

Since 1979 the Commission of the European Communities has been carrying out research programmes in the field of plant protection : this is a cooperative effort intended to achieve a more rational use of phytosanitary products to find an efficient means of integrating natural control factors which are less damaging to the environment and consume less energy.

It fulfils the objectives established by a Council decision of October 30, 1978 (78/902/CCE) following which joint actions on a contractual basis, and concerted actions involving meetings of experts, an exchange of researchers and study visits have been implemented.

The whole is termed the "Integrated and biological control" programme, the activities of which are expected to last for five years (1979-1983). This programme includes themes of common interest referring to fruit trees (apples, citrus fruits and olives), to vegetable crops (cabbages and carrots), and to cereals.

This report summarizes the results of the work carried out by contractors from 1979 to 1981, which in the opinion of the Commission merits publication in a context which permits an evaluation of its role and its efforts in this field, as well as of the value and importance of the aims to be reached.

This publication also gives information on concerted actions which have been developed over the three-year period. The combined actions include meetings of experts and exchanges of research scientists, as well as the publications on the EC programme "Integrated and Biological Control".