

*Union Internationale des Sciences Biologiques*

ORGANISATION INTERNATIONALE DE LUTTE  
BIOLOGIQUE ET INTEGREE CONTRE LES ANIMAUX  
ET LES PLANTES NUISIBLES

SECTION REGIONALE OUEST PALEARCTIQUE



ISBN 92-9067-004-5

VII<sup>th</sup> SYMPOSIUM INTEGRATED  
PLANT PROTECTION IN ORCHARDS

VII<sup>ième</sup> SYMPOSIUM LUTTE  
INTEGREE DANS LES VERGERS

EDITED BY : E. DICKLER

EDITÉE PAR : L.H.M. BLOMMERS

: A.K. MINKS

WAGENINGEN, 26-29 AUGUST, 1985

BULLETIN SRP  
WPRS BULLETIN

1986/IX/4

*International Union of Biological Sciences*

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR BIOLOGICAL  
AND INTEGRATED CONTROL OF NOXIOUS  
ANIMALS AND PLANTS

WEST PALEARCTIC REGIONAL SECTION





Union Internationale des Sciences Biologiques  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE LUTTE BIOLOGIQUE ET INTEGREE  
CONTRE LES ANIMAUX ET LES PLANTES NUISIBLES  
SECTION REGIONALE OUEST PALEARCTIQUE  
International Union of Biological Sciences  
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR BIOLOGICAL AND INTEGRATED  
CONTROL OF NOXIOUS ANIMALS AND PLANTS  
WEST PALAEARCTIC REGIONAL SECTION

VII<sup>th</sup> SYMPOSIUM INTEGRATED

PLANT PROTECTION IN ORCHARDS

VIII<sup>ème</sup> SYMPOSIUM LUTTE

INTEGREE DANS LES VERGERS

WAGENINGEN, 26-29 AUGUST, 1985

edited by: E: DICKLER

éditée par:

L.H.M. BLOMMERS

A.K. MINKS

BULLETIN SROP

WPRS BULLETIN





CONTENTS

	<u>Page</u>
<u>PREFACE</u>	3
<u>PRÉFACE</u>	4
<u>M. Baillo</u> d: Regulation naturelle des Tetranyques en vergers de pommiers et perspectives actuelles de lutte biologique, a l'aide d'acariens prédateurs phytoseiides,	5
<u>H. Oberhofer</u> and <u>W. Waldner</u> : Natural control of spider mites in the orchards of South Tyrol.	17
<u>E. Pasqualini</u> and <u>C. Malavolta</u> : Natural control of <i>Panonychus ulmi</i> (Koch) in Apple Orchards of Emilia-Romagna, Italy.	29
<u>S. Johnson</u> and <u>E.W. Hansen</u> : Control of the Red Spider Mite <i>Panonychus ulmi</i> by <i>Typhlodromus pyri</i> . Some details.	34
<u>E.W.Hansen</u> and <u>S. Johnson</u> : Considerations on and methods for genetic improvement of the predator mite <i>Typhlodromus pyri</i> (Aca. Phytoseiidae) by artificial selection with synthetic pyrethroids in the laboratory or greenhouse.	38
<u>M.G. Solomon</u> : Natural control of red spider mite in English apple orchards.	43
<u>L.H.M. Blommers</u> and <u>W.P.J. Overmeer</u> : On the fringes of natural spider mite control.	48
<u>M. Dicke</u> and <u>M. De Jong</u> : Prey preference of predatory mites: Electrophoretic analysis of the diet of <i>Typhlodromus pyri</i> Scheuten and <i>Amblyseius finlandicus</i> (Oudemans), collected in Dutch orchards.	62
<u>H. Audemard</u> : Les tordeuses nuisibles aux vergers de l'Europe de l'ouest.	68
<u>V. Rácz</u> : The role of predator bugs (Heteroptera) in decreasing the abundance of harmful lepidopterous larvae in apple plantations.	79
<u>K. Balázs</u> : Die Parasitierungsverhältnisse der Microlepidopteren-Arten in verschiedenen Apfelanlagen von Ungarn.	85
<u>E. Dickler</u> : Einfluß von Behandlungen mit Apfelwickler-Granulosevirus (CpGV) und breitenwirksamen chemischen Insektiziden auf Parasiten des Apfelwicklers und Parasiten von Schalenwickler-Arten.	90
<u>E. Dickler</u> : Stand der Entwicklung und Einführung mikrobiologischer Insektizide zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau.	98
<u>E. Dickler</u> und <u>J. Huber</u> : Modifizierte Strategie bei der Verwendung des Apfelwickler-Granulosevirus.	112
<u>G. Neuffer</u> : Zur Frage von Nebenwirkungen von Granulosevirus und Insegar auf die Arthropodenfauna in Apfelanlagen Südwestdeutschlands.	118

	<u>Page</u>
<u>D. Peters, J. Wiebenga, H.J. van Maanen and L.H.M. Blommers:</u> Control of the summer fruit tortrix moth, <i>Adoxophyes orana</i> , with a nuclear polyhedrosis virus in orchards.	124
<u>K. Undorf und J. Huber:</u> Empfindlichkeit verschiedener Tortriciden-Arten gegen <i>Bacillus thuringiensis</i> .	125
<u>P.J. Charmillot:</u> Lutte contre les tordeuses des vergers par la technique de confusion sexuelle et au moyen des regulateurs de croissance d'insectes (RCI).	133
<u>Ch. Fassotte, B. Frerot, J.-P. Chambon and C. Descoins:</u> Piegeage sexuel de seize especes de microlepidopteres nuisibles en vergers de pommiers belges.	145
<u>Ch. Fassotte, B. Frerot, J.-P. Chambon and C. Descoins:</u> Piegeage sexuel de <i>Pandemis heparana</i> D. & S. et de <i>Clepsis spectrana</i> Tr. (Lep. Tortricidae) en milieux proches de vergers de pommiers.	153
<u>P. Fischer-Colbrrie und O. Rupf:</u> Über den Einsatz von Feldkäfigen im Apfelwicklerwarndienst.	160
<u>I. Hrdý, K. Konečný and J. Vrkoč:</u> The effects of formulation on the effectiveness of codlemone in the monitoring of the codling moth, <i>Cydia pomonella</i> .	162
<u>E. Mani:</u> Field trials to control codling moth by mating disruption, 1979-85.	166
<u>P. Galli:</u> Integrated control of the tortricid <i>Adoxophyes reticulana</i> by Insegar, a new insect growth regulator.	170
<u>H. Audemard:</u> Essais de lutte contre <i>Pandemis heparana</i> avec le RCI Fenoxycarb.	176
<u>C. Yamvrias:</u> Recherches sur le problème du carpocapse des pommes et des autres ravageurs du pommier au sud de la grèce.	178
<u>R. Rieux:</u> Recherches sur les psylles du poirier et la lutte intégrée dans le sud de l'Europe.	181
<u>C.A.M. Campbell:</u> Pear psylla management in England.	190
<u>A. Stäubli:</u> Utilisation pratique du Fenoxycarb, un regulateur de croissance insects, dans la lutte contre le psylle du poirier.	194
<u>E. Woets and H. Beeke:</u> Pearsuckers in the Netherlands ( <i>Psylla pyri</i> and <i>P. pyricola</i> ).	200
<u>H.A. Th. van der Scheer:</u> Management programs for control of scab and powdery mildew on apple.	204
<u>D.J. Butt:</u> Management of apple powdery mildew in England.	219
<u>P. Galli:</u> Advising and practice of integrated pest control in apple orchards of Baden-Württemberg (South West Germany).	220
<u>G. Briolini:</u> Computer networks in integrated control.	225
<u>P.J.M. Mols:</u> Pest Forecasting in apple orchards.	234
LIST OF PARTICIPANTS	244

## Preface

Integrated pest control in orchards is one of the oldest activities in IOBC/WPRS and until the Jubilee Symposium of IOBC/WPRS in Vienna in 1979 the Working Group "Integrated Plant Protection in Orchards" had already organized 6 symposia. At these symposia all aspects of integrated control were treated: at first much time was devoted to discuss more fundamental aspects of the pests and their natural enemies as such, but gradually more attention could be given to fit these data into a new control system. It also became clear that much more should be done to obtain a range of selective control techniques, which are indispensable in a programme of integrated control.

Since the VIth and last Symposium of the complete Working Group at Bolzano in 1974, more than 20 smaller meetings of sub-groups have taken place, dealing with varying topics such as intrinsic fruit quality, biological control of mites and integrated plant protection in hops.

Recent developments went so fast and become so interesting that the need was felt to meet once again with the complete Working Group. Not all sub-fields should be treated but one should rather concentrate on the more actual developments in pest control, particularly as to the question how integrated control could be implemented in practice, now various methods become available to the fruit-grower.

So the VIIth Symposium on Integrated Plant Protection was held in Wageningen, the Netherlands, from 26-29th August 1985. There were .... participants from.... different countries. This Bulletin contains the complete set of contributions presented at this symposium.

Last but not least it should be mentioned that at this occasion dr. Hans Steiner acted for the last time as Convenor of the Working Group. Since 1967 he occupied this position and was the enthusiastic centre-point of the Group. We all owe him much gratitude for his never-failing stimulation during all these years. We think it is self-evident to dedicate this Bulletin to Hans Steiner as a tribute for all what he has done for IOBC/WPRS and in particular for the Working Group.

Dossenheim, March 1986

E.Dickler  
L.H.M.Blommers  
A.K.Minks

## Préface

La lutte intégrée en verger est l'une des activités les plus anciennes de l'OILB/SROP. Jusqu'au symposium du jubilé (25 ans) de l'OILB/SROP à Vienne en 1979, le groupe de travail "Protection intégrée en verger" avait déjà organisé 6 symposiums. Durant ceux-ci, tous les aspects relatifs à la lutte intégrée ont été abordés: au début, ce sont surtout les aspects plus fondamentaux, concernant les ravageurs et leurs ennemis naturels, qui ont alimenté une bonne part des discussions, mais progressivement on s'est appliqué à introduire ces données dans un nouveau système de protection des vergers. Il fallut se rendre à l'évidence qu'un effort accru devait être consenti afin de mettre sur pied toute une série de techniques de lutte sélectives, indispensables dans un programme de protection intégrée.

Depuis le VI<sup>ème</sup> et dernier symposium réunissant l'ensemble du groupe de travail à Bolzano en 1974, plus de 20 réunions restreintes des sous-groupes ont été organisées, traitant de problèmes aussi divers que la qualité intrinsèque des fruits, la lutte biologique contre les acariens ou la protection intégrée en culture de houblon.

Les récents développements ont été si rapides et si intéressants que le besoin d'une nouvelle réunion plénière du groupe de travail s'est à nouveau fait sentir. Il n'était pas question d'y traiter de l'ensemble des domaines d'activité du groupe, mais plutôt de se concentrer sur les développements les plus actuels en matière de protection phytosanitaire. Parmi ceux-ci, il semblait particulièrement important d'aborder les problèmes relatifs à la manière d'introduire la protection intégrée dans la pratique, au moment où diverses méthodes de lutte sélectives deviennent enfin accessibles aux arboriculteurs.

Ainsi s'est tenu à Wageningen en Hollande, du 26 au 29 août 1985, le VII<sup>ème</sup> Symposium sur la Protection intégrée en verger. Il a réuni .....participants en provenance de ..... pays différents. Ce bulletin regroupe l'ensemble des communications présentées lors de ce symposium.

Nous ne manquerons pas de mentionner enfin - last but not least - qu'à cette occasion le Dr. Hans Steiner a participé pour la dernière fois à une telle réunion en qualité de responsable du groupe. Depuis 1967 il occupait cette fonction au sein de ce groupe de travail dont il fut toujours un animateur enthousiaste. Nous lui exprimons tous ici notre vive gratitude pour son action stimulante et sans faille durant tant d'années.

Nous pensons qu'il est tout naturel que ce bulletin soit dédié à Hans STEINER en témoignage de reconnaissance pour tout ce qu'il a fait pour l'OILB/SROP, et plus particulièrement pour notre groupe de travail.

Dossenheim, mars 1986

E. Dickler  
L.H.M. Blommers  
A.K. Minks

REGULATION NATURELLE DES TETRANYQUES EN VERGERS DE POMMIERS  
ET PERSPECTIVES ACTUELLES DE LUTTE BIOLOGIQUE,  
A L'AIDE D'ACARIENS PREDATEURS PHYTOSEIIDES

M. BAILLOD

Station fédérale de recherches agronomiques  
de Changins, Ch-1260 Nyon

Summary

The biological characteristics, determined by numerous basic researches on predators of tetranychid mites, partly explain why a species is proving more efficient than another one. Other practical aspects of the behaviour of predators and of their preys are more difficult to estimate in orchards. The fact of using predator species, efficient at low, middle or high prey density, results in a modification of the control strategy and of the economic thresholds applied to phytophagous mites.

Among the 10 to 15 predator species belonging to Phytoseiidae reported in apple orchards, two of them seem to be especially efficient: Typhlodromus pyri Scheuten and Amblyseius andersoni Chant (or A. potentillae). The generalized appearance of these species and especially of resistant strains to insecticides of the phosphoric esters group represents a new fact in Western Europe in intensive crop systems. The use of resistant strains gives more security for the maintenance in the long run of a biological control against phytophagous mites.

Introduction

Depuis de nombreuses années, d'importants et multiples travaux ont été consacrés à l'étude des prédateurs des acariens phytophages Panonychus ulmi Koch, Tetranychus urticae Koch et Aculus schlechtendali Nal.

Depuis la revue publiée à ce sujet par HUFFAKER et al. (1970) des recherches fondamentales ont été entreprises pour déterminer les paramètres biologiques permettant de caractériser les qualités d'une espèce (prédateur ou proie) afin d'établir des comparaisons. En Europe, des travaux très complets sont à l'actif de RABBINGE (1976), SABELIS (1981) en Hollande et actuellement en cours de réalisation en Suisse (ZAHNER, 1985; KLAY, GENINI, thèses ETH, Zurich, en prép.). Ces recherches débouchent sur l'intention de modéliser, avec en particulier le sous-système acariens, le système cultural et d'en tirer des applications pratiques pour la gestion phytosanitaire de la culture. Ce passage dans la pratique est encore loin d'être réalisé. Par contre, une série de travaux d'application de la lutte biologique contre les acariens phytophages montrent un certain nombre de résultats encourageants notamment en Angleterre, en Hollande, en Italie et en Suisse.



Ces travaux soulignent aussi les difficultés rencontrées dans la réalisation concrète et à long terme de la lutte biologique sur une grande échelle.

Les travaux américains montrent depuis longtemps l'intérêt des prédateurs, notamment des Phytoseiidae, mais il s'agit d'espèces qui, pour la plupart, n'existent pas en Europe et dont l'acclimatation n'a pas été suivie de succès. Les trois revues importantes sur ce sujet sont celles de CROFT et HOYT(1983), HOY et al., (1983) et HOY (1982).

Tout en reconnaissant l'impact considérable de tous ces travaux, il semble actuellement utile de faire le point sur quelques questions pratiques qui se posent dans l'utilisation des prédateurs d'acariens phytophages en Europe. Ce propos sera limité aux espèces phytophages précitées et aux cultures de pommiers assorti d'une comparaison avec les cultures de vignes lorsque cela est utile.

### Ecosystèmes, insectes et acariens prédateurs

Beaucoup d'auteurs associent une proie à un prédateur à la suite d'observations de terrain ou d'essais de nutrition en laboratoire. Dans les écosystèmes complexes de vergers non traités, il est très difficile de préciser le régime exact d'un prédateur. Dans les écosystèmes simplifiés rencontrés dans les vergers intensifs, il est plus facile d'observer les prédateurs qui s'attaquent à un type de proie lorsque cette dernière est présente à haute densité. Mais la présence d'un prédateur et l'absence apparente de la proie peut aussi signifier que le prédateur en question est très efficace s'il fait rapidement et constamment disparaître cette proie.

Il est admis que les insectes prédateurs sont attirés par de hautes densités de proies et notamment d'acariens phytophages; ils sont qualifiés par RAMBIER (1952) de prédateurs de nettoyage. Leur voracité est très élevée. Des Coccinellidae (Stethorus punctillum Weise), certaines punaises (Anthocoris nemorum (L.), Orius minutus L., Campylomma verbasci (Meyr D.)), les Chrysopidae (Chrysopa carnea Stephens) ont été le sujet de diverses observations et quelquefois d'essais basés sur des lâchers avec des succès étonnants (HAUB et al., 1983). Même si quelques essais montrent que ces insectes peuvent déjà être attirés par de faibles densités de proies (HULL et al., 1977), leur efficacité finale est souvent mise en doute parce qu'ils interviennent souvent trop tard et n'empêchent pas des dégâts foliaires.

Parmi les acariens prédateurs, les Stigmaeidae (Zetzellia mali (Ewing)) sont considérés comme efficaces dans des vergers peu traités ou apparaissant seulement lorsqu'il y a haute densité de proies. L'action des Anystidae, des Bdellidae et à mon sens des Trombidiidae est très difficile à préciser probablement parce qu'ils agissent d'abord au niveau des écorces. Seuls les acariens prédateurs Phytoseiidae sont considérés comme réellement efficaces pour leur action déjà visible à faible densité de proies et leur présence quasi permanente sur le végétal. C'est la raison pour laquelle RAMBIER (1952) les a qualifiés de prédateurs de protection. Les remarques qui suivent concerneront donc uniquement des représentants de cette famille de prédateurs.

Les espèces de Phytoseiidae

En Europe, les espèces de Phytoseiidae découvertes en vergers de pommiers sont au nombre d'une quinzaine. Deux exemples de recensement sont cités au tableau 1: l'un effectué en Suisse (GENINI et al., 1983) l'autre en Espagne (GARCIA-MARI, comm. pers.) représentatifs respectivement de la faune de l'Europe centrale et de la faune méditerranéenne.

Seules huit espèces sont considérées comme "jouant un rôle" dans la lutte contre les acariens phytophages précités par les chercheurs de 8 pays d'Europe occidentale sollicités par une enquête en 1985.

Ces remarques ne concernent qu'un nombre limité de parcelles dans chaque pays sauf en Angleterre, en Italie du Nord et partiellement en Suisse où l'on constate, dans de nombreux vergers, une réapparition plus ou moins importante de ces prédateurs. Le Portugal et la Belgique ne signalent pas de travaux sur les Phytoseiidae, mais en Belgique on relève l'importance des Stigmaeidae.

Tableau 1. Espèces de Phytoseiidae recensées dans les vergers de pommiers en Europe selon GENINI et al. (1983)(A) et GARCIA-MARI (1984)(B) et considérées comme "jouant un rôle" dans la lutte contre les acariens phytophages dans huit pays d'Europe occidentale.

Espèce	Genre	Présence en Europe		Considéré comme "jouant un rôle" en lutte biologique							
		A	B	Allemagne	Angleterre	Autriche	Espagne	France	Hollande	Italie	Suisse
aberrans (OUDEMANS)	Kampimodromus	+	+			+		+		+	+
andersoni CHANT	Amblyseius	+				+				+	+
athenas SWIRSKI-RAGUSA	Anthoseius		+								
bakeri (GARMAN)	Typhlodromus	+									
californicus Mc GREGOR	Amblyseius		+					+			
cucumeris (OUDEMANS)	Amblyseius	+									
finlandicus (OUDEMANS)	Euseius	+	+					+	+		+
longipilus (NESBITT)	Galenodromus	+									
macropilis (BANKS)	Phytoseius	+									
potentillae GARMAN	Amblyseius		+					+			
pyri SCHEUTEN	Typhlodromus	+		o	+	+		o	+	+	+
rhenanus (OUDEMANS)	Typhlodromus	+									
soleiger (RTBAGA)	Paraseiulus	+				+					
subsoleiger (WAINSTEIN)	Paraseiulus	+							o		o
tiliarum (OUDEMANS)	Typhlodromus	+				+					

+ présence en vergers

o présence en vignobles

Les espèces les plus fréquentes sont T. pyri, A. andersoni et K. aberrans. McMURTRY (1977) considère A. potentillae et A. andersoni comme deux races d'une même espèce. Dans les vergers intensifs, il est rare de trouver plusieurs espèces en proportions importantes, l'une domine en général et sur elle repose le succès de la lutte biologique. T. pyri suivi de A. andersoni semblent les espèces les plus polyphages

et les plus adaptées aux trois acariens phytophages à combattre. T.pyri semble l'espèce la plus ubiquiste dans les vergers intensifs septentrionaux si l'on excepte T. tiliarum souvent signalée dans l'Europe de l'Est. La présence de ces espèces en vergers intensifs est aussi en liaison avec leur tolérance à l'égard de nombreux pesticides. Pour les climats méditerranéens l'importance respective de K. aberrans, E. finlandicus et A. californicus est encore peu connue. Enfin dans certains pays, certaines espèces sont répandues sur vignes mais pas sur pomiers: c'est le cas de T. pyri en Allemagne, pays dans lequel les mesures de lutte intégrée quand elles sont appliquées peuvent résoudre le problème des acariens phytophages sans le secours des Phytoseiidae (DICKLER, comm. pers.).

Paramètres biologiques caractérisant une espèce

De nombreux auteurs ont établi différents paramètres dont les plus connus sont les suivants: le seuil de développement, la durée du développement, la durée de la vie, la durée de la période d'oviposition, le taux de fécondité journalière par femelle. Dans les tables de survie spécifiques à l'âge, le taux intrinsèque d'accroissement naturel ( $r_m$ ) est souvent cité pour comparer des espèces: il représente le nombre de descendants de sexe féminin par femelle et par jour. Ces différentes valeurs dépendent de la température et de la nourriture. Le tableau 2 permet de comparer cinq de ces paramètres pour trois prédateurs et leurs proies. Les valeurs les plus proches de 20 °C ont été choisies dans les données citées dans la littérature.

Tableau 2. Valeurs de cinq "paramètres" biologiques caractérisant l'espèce pour trois prédateurs Phytoseiidae et trois acariens phytophages.

Paramètre	Acariens phytophages			Prédateurs		
	P.ulmi	T.urticae	A.schlechtendali	A.ander-soni A.potentillae*	T.pyri	K.aberrans
durée développement	14j. <sup>a</sup> (21)	8 j. <sup>a</sup> (21)	4,2j. <sup>b</sup> (22)	7,4j. <sup>c</sup> (23)	10j. <sup>d</sup> (18)	8,1 <sup>e</sup> (25)
durée vie/oviposition	19/16j. <sup>a</sup> (21)	30/26j. <sup>a</sup> (21)	?/23j. <sup>b</sup> (22)	99/35j. <sup>c</sup> (23)	?/43j. <sup>d</sup> (18)	?/14j. <sup>e</sup> (25)
fécondité femelle/jour	1,5 <sup>a</sup> (21)	1,9 <sup>a</sup> (21)	3,8 <sup>b</sup> (22)	1,3 <sup>c</sup> (23)	0,58 <sup>d</sup> (18)	1,1 <sup>e</sup> (25)
$r_m$ ou taux d'accroissement naturel	0,134 <sup>a</sup> (21)	0,372 <sup>a</sup> (21)	?	0,151 <sup>f</sup> (20)	0,103 <sup>f</sup> (20)	?

( ) température constante expérimentale. ? : donnée manquante  
a: d'après HERBERT (1981) a,b                      d: d'après HERBERT (1961)  
b: d'après EASTERBROOK (1979)                      e: d'après DOSSE (1956)  
c: d'après AMANO et CHANT (1977)                      f: d'après GENINI et KLAY(1985)  
\*pour A. potentillae voir RABBINGE (1976) et SABELIS (1981).

Compte tenu des différences de températures expérimentales et de

nutrition, il n'est pas toujours facile de comparer ces données. Pour les trois premiers critères, A. andersoni paraît plus avanta- gé par rapport à ses proies que T. pyri ou K. aberrans. T. pyri a un  $r_m$  plus bas que ses proies potentielles. Il ne faut pas en conclure pour au- tant que cette espèce est un mauvais prédateur, cette dernière valeur ne permettant pas à elle seule de juger l'efficacité d'un prédateur.

Il faut alors considérer des caractéristiques de comportement: la réponse totale d'un prédateur peut être considérée comme une com- binaison de sa réponse fonctionnelle et de sa réponse numérique. La réponse fonctionnelle représente le nombre de proies tuées en fonc- tion de la densité des proies. Pour les prédateurs considérés, il semble que la réponse fonctionnelle soit comparable à celle de type II définie par HOLLING (1959). La réponse numérique peut être partiel- lement exprimée par le nombre d'oeufs pondus en fonction de la den- sité de proies. D'après KLAY (comm. pers.), A. andersoni a une répon- se fonctionnelle et numérique plus élevée que T. pyri, mais T. pyri a déjà une bonne réponse à faible densité de proies. Il est dès lors visible que l'efficacité d'un prédateur peut déjà être définie parti- ellement par une réponse totale optimale correspondant à une cer- taine densité de proies, tout en étant capable d'adapter sa propre densité à celle de sa proie. D'autres critères du comportement sont toutefois à prendre en considération sur le terrain par des estima- tions, car ils sont difficilement mesurables en laboratoire; ce sont le régime nutritionnel, la spécificité, la voracité, la capacité de survie en l'absence de proies et le pouvoir de dispersion. A l'ins- tar de McMURTRY (1983), nous pouvons essayer de comparer par des es- timations quelques caractéristiques biologiques pour les trois espè- ces de Phytoseiidae les plus importantes et Phytoseiulus persimilis ATHIAS-HENRIOT depuis longtemps utilisé en serre (tableau 3).

Tableau 3. Comparaison entre quatre espèces de Phytoseiidae pour six caractéristiques biologiques (d'après McMURTRY, 1983, modifié).

Caractéristique	P. persi- milis	T. pyri	A.andersoni ou A. potentillae	K.aber- rans
Spécificité	+	-	-	- ?
$r_m$ (taux d'acc.nat.)	++	-	+	? -
Pouvoir de dispersion	+	± ?	± ?	± ?
Voracité	+	- ou ±?	±	- ?
Capacité de survie en l'absence de proies	-	+	+	+
"densité" de proies correspondant à une efficacité optimale	+	-	±	-
++ très élevé	+ élevé	± moyen	- bas	? estimation

T.pyri et K. aberrans possèdent des caractéristiques souvent opposées à celles de P. persimilis. Ces deux espèces semblent spécialement "efficaces" à basse densité de proies avec une grande

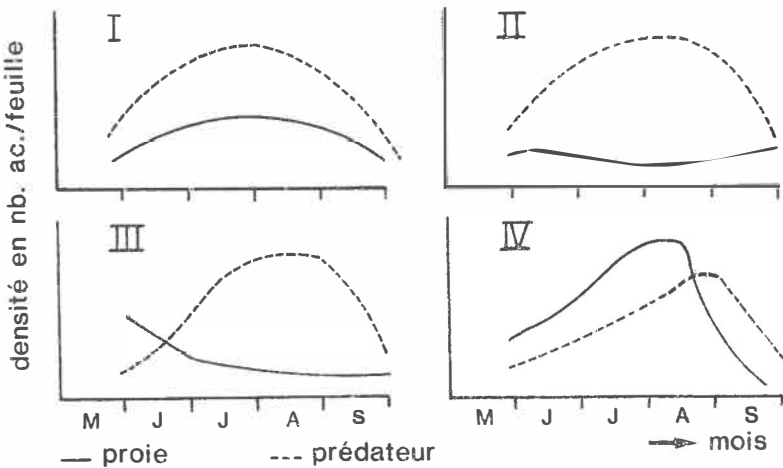
capacité de survie lorsque la proie est absente (possibilités de se nourrir de pollens ou de Tydéidés). *A. andersoni* a des qualités un peu supérieures à *T. pyri* dans la fécondité et montre une excellente efficacité à moyenne densité de proies.

Densité de prédateurs et de proies et dynamique des populations dans la saison

La densité des proies comme des prédateurs peut s'exprimer en nombre d'acariens par feuille ou en pourcentage de feuilles occupées (BASSINO et al., 1973, BAILLOD et al., 1985). L'échantillonnage dépend de la précision souhaitée en fonction des densités respectives à estimer (ZAHNER et BAUMGAERTNER, 1984) ou de l'estimation d'un risque correspondant à un seuil de tolérance déterminé.

Lorsque par des contrôles réguliers dans la saison, on détermine la dynamique des populations prédateur-proie(s), différents types de courbes apparaissent dans les publications (fig. 1). Le type I correspond à des densités de prédateurs toujours supérieures à celles des proies, typiques pour *T. pyri* (BAILLOD et al., 1985). Le type II montre une évolution identique mais avec des densités de proies presque nulles, cité pour *T. pyri* et *K. aberrans* (IVANCICH-GAMBARO, 1972). Le type III montre à partir de densités de proies plus élevées que celles du prédateur, un rapide retournement de situation en faveur du prédateur, notamment pour *T. pyri* (BAILLOD, non publié). Le type IV montre une augmentation parallèle des populations de la proie et du prédateur, ce dernier prenant tardivement le pas sur sa proie, type souvent cité pour *A. andersoni* (IVANCICH-GAMBARO, 1975 et d'autres auteurs). Ces divers types d'évolution dépendent des densités respectives prédateurs-proies au départ de la saison, de l'efficacité du prédateur en fonction de la densité des proies et de l'impact des pesticides appliqués.

Figure 1. Quatre types d'évolution des populations de prédateurs Phytoseiidae et de leurs proies (tétranyques) souvent cités dans la littérature.





Reprenons l'évolution des prédateurs au cours de la saison. Quoique la mortalité hivernante soit considérée comme importante, nous connaissons peu de chose sur ce point précis. Dans les bandes-pièges d'étoffe, cette mortalité paraît minime. Dès lors, on peut se demander si la première partie de la vie des Phytoseiidae qui se passe sur écorces n'est pas très difficile, soit par manque de nourriture, soit par exposition à des prédateurs plus rapides qu'eux-mêmes (Bdellidés, par ex.). La densité initiale des prédateurs dépend du nombre de feuilles à coloniser très faible sur vigne et très élevé sur pommier. Là encore sur vigne il y a toujours une nourriture d'appoint fréquente (Tydédés, glandes perlées) et moins fréquente sur pommiers (A. schlechtendali). T. pyri semble apparaître au printemps en densités légèrement plus élevées que A. andersoni. Autour de la floraison du pommier, des insecticides peuvent décimer les prédateurs qui n'auront pondu à ce moment que très peu d'oeufs. En été, les densités des prédateurs augmentent en général. Si une brusque apparition de proies (T. urticae en provenance des herbes) apparaît sur l'arbre, A. andersoni paraît mieux répondre que T. pyri ou K. aberrans. Si la réponse est trop tardive, des dégâts foliaires apparaissent. Enfin, en automne, si les prédateurs n'ont pas fait pratiquement disparaître leur proie, le risque d'une forte ponte hivernale de P. ulmi subsiste à un moment où les Phytoseiidae arrêtent de se reproduire.

#### Seuils de tolérance et prédateurs

Les seuils de tolérance actuels sont des seuils relativement bas et servent à obtenir une bonne régulation des populations d'acariens phytophages en l'absence de prédateurs. Ces seuils sont quelquefois contestés au Sud des Alpes où ils pourraient être plus élevés. Ces seuils s'expriment aussi en pourcentage de feuilles occupées.

La question d'admettre des seuils de tolérance plus élevés et en corollaire des dégâts foliaires éventuels se pose de nouveau, notamment si l'on veut laisser une population de prédateurs se développer. Des auteurs américains (CROFT et HOYT, 1983) définissent une unité l'acarien-jour qui représente un acarien se nourrissant pendant un jour sur la plante. En cumulant les acariens-jours, il est possible de définir un seuil de dégâts foliaires, de défoliation, de perte de qualité des fruits. Une recherche supplémentaire serait sans doute utile en Europe sur ce sujet.

En fait, la lutte biologique dépend des densités respectives de prédateurs et de proies, CROFT et McGROARTY (1977) proposent en présence du prédateur Amblyseius fallacis (GARMAN) un seuil de tolérance de 20 P. ulmi par feuille. Or, A. fallacis est un prédateur efficace à haute densité de proies. En nous basant sur cette donnée, il est possible de définir quels seraient les seuils à expérimenter lorsque T. pyri ou A. andersoni sont présents (tableau 4).

Les seuils de tolérance pour T. urticae sont en principe plus bas que ceux décrits pour P. ulmi. Pour A. schlechtendali, il ne faut pas admettre autour de la fleur plus de 50 individus par fruit selon EASTERBROOK: des seuils de tolérance basés sur des contrôles foliaires à cette époque pourraient être définis en présence de prédateurs.

Les rapports de densité prédateurs-proies minimum pour une évolution favorable de la lutte biologique doivent être mieux définis.

Tableau 4. Seuils de tolérance à expérimenter pour Panonychus ulmi KOCH en présence de trois prédateurs Phytoseiidae.

Prédateur	<u>T. pyri</u>	<u>A. andersoni</u>	<u>A. fallacis</u>
Type de prédateur	prédateur "basse densité"	prédateur "basse-moyen- ne densité"	prédateur "haute densi- té"
Seuil de tolérance <u>P. ulmi</u>	3-5/feuille	8-10/feuille	20/feuille
Dégâts foliaires	aucun ou très faibles	quelques dé- gâts possibles	dégâts foliai- res très prob- ables
Surveillance des populations	de <u>P. ulmi</u> suffisante	prédateur + proie	prédateur + proie

Pour T. pyri, un rapport de 1 prédateur pour 10 proies semble une limite acceptable. En pourcentage de feuilles occupées à partir de 20% de feuilles occupées par le prédateur, il serait possible d'admettre temporairement un pourcentage plus élevé de 20% pour la proie.

La stratégie de lutte à adopter dans chaque cas se résume à trois possibilités: aucune action-lutte biologique assurée, surveillance, intervention de soutien par un acaricide très sélectif. CROFT et MCGROARTY (1977) proposent des stratégies encore plus élaborées en présence de A. fallacis. Pour T. pyri, relevons les bons résultats obtenus en abaissant les densités des populations hivernantes de P. ulmi par un acaricide de printemps.

#### Réapparition des Phytoseiidae et résistance aux pesticides

Divers contrôles en arboriculture et en viticulture tant au niveau de la plante que de la strate herbacée, (BAILLOD *et al.*, 1980) laissent supposer que les Phytoseiidae n'ont jamais complètement disparu des cultures intensives. Le transport possible de ces prédateurs par le vent explique aussi en partie leur possibilité de se réinstaller naturellement dans certaines cultures. Cependant, l'utilisation actuelle de fongicides peu toxiques pour eux et la résistance acquise à certains insecticides sont probablement deux causes importantes d'une réapparition généralisée dans certaines régions de l'Italie (MORI, 1985), la Suisse, l'Allemagne et l'Angleterre. Le tableau 5 montre l'état actuel des résistances connues à certains insecticides et à certains fongicides (soufre et thiocarbamates) basé sur un sondage effectué auprès des chercheurs de 8 pays d'Europe occidentale.

T. pyri est l'espèce qui montre le plus de cas de résistances, suivie par A. andersoni et K. aberrans. La détermination de la résistance de K. aberrans au parathion en Italie est une donnée nouvelle pour l'Europe (CORINO et BAILLOD, travail en cours). Ce sont les résistances aux insecticides qui présentent actuellement un regain d'intérêt: si ces résistances sont dues à un gène dominant, leur stabilité semble assurée et leur utilisation d'autant facilitée sur le terrain car il ne serait plus alors obligatoirement nécessaire de la maintenir par des applications répétées d'insecticides dans la saison. D'autre part, une résistance croisée entre divers insecticides exis-

te pour plusieurs des souches étudiées (OVERMEER et VAN ZON, 1983; KAPETANAKIS et CRANHAM, 1983). Le niveau de la résistance est une caractéristique importante pour garantir l'utilisation de ces souches dans la pratique. Divers tests sont proposés et la mesure habituelle est la détermination de la LC 50 (concentration létale qui provoque le 50% de mortalité). Si la LC 50 est supérieure à la concentration normale d'utilisation en verger, c'est déjà une indication que la résistance est suffisante pour être utilisée. Pour déterminer la LC 50, le test le plus complet est sans doute celui mis au point par OVERMEER et VAN ZON (1982), car il concerne des nymphes, plus sensibles que les femelles. Les comparaisons avec des souches sensibles deviennent impossibles, car il est de plus en plus difficile dans certaines régions d'en trouver encore. Les souches résistantes tendent à se propager et à éliminer les souches ou espèces indigènes (CRANHAM et SOLOMON, 1981; CACCIA et al., 1985).

La lutte biologique contre les acariens phytophages est mieux assurée avec une souche de prédateurs résistante aux insecticides lorsque des ravageurs secondaires doivent être combattus avec des produits polyvalents en l'absence de méthodes biologique ou biotechnique (BAILLOD, 1984).

Tableau 5. Souches résistantes de trois espèces de Phytoseiidae dans 8 pays d'Europe occidentale en arboriculture (+) et en viticulture (o). P=résistance probable. R=résistance prouvée.

Pesticides	Espèces de Phytoseiidae	Allemagne	Angleterre	Autriche	Espagne	France (Sud)	Hollande	Italie (Nord)	Suisse
Insecticides (esters phosphoriques et carbaryl)	<u>K. aberrans</u>							o-P <sub>8</sub> o R <sub>8</sub> ?	
	<u>A. andersoni</u>							o+P <sub>7</sub> o+R <sub>4</sub>	o+P <sub>7</sub> o+R <sub>4</sub>
	<u>A. potentillae</u>				+P				
	<u>T. pyri</u>	oP oR <sub>8</sub> ?	+R <sub>6</sub>	+P		oP	+R <sub>9</sub>	o+P <sub>7</sub>	+R <sub>5</sub> o+P <sub>10</sub>
Fongicides (soufre et thiocarbamates)	<u>K. aberrans</u>					+P <sub>2</sub> (NB)		o+P <sub>3</sub>	
	<u>A. andersoni</u>							o+P <sub>3</sub>	
	<u>T. pyri</u>	oP <sub>1</sub>		+P				o+P <sub>3</sub>	

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. mancozèbe                   | 6. carbaryl, azinphos, déméthon, phosalone, chlorpyrifos, fénitrothion |
| 2. soufre                      | 7. azinphos, parathion, omethoat, dimethoat, phosalone, acéphate       |
| 3. thiocarbamates en gén.      | 8. parathion   |
| 4. azinphos, tetrachlorvinphos | 9. carbaryl, propoxur, azinphos, bromophos                             |
| 5. azinphos, phosmet           | 10. parathion, tetrachlorvinphos, phosalone. ? études en cours.        |
- NB.: résistance au soufre poudrage aussi pour E. finlandicus et A. californicus.

### Perspectives d'avenir et conclusions

Les perspectives d'avenir pour l'introduction d'une lutte biologique contre les acariens phytophages sur une grande échelle n'ont jamais été aussi favorables; la réapparition généralisée des espèces de prédateurs indigènes T. pyri, A. andersoni et K. aberrans dans certaines régions, la possibilité de procéder facilement à des transports et des lâchers sans recourir à des élevages de masse, une meilleure connaissance de la biologie et de l'efficacité de ces prédateurs, l'apparition de souches résistantes à plusieurs insecticides voire à quelques fongicides, sont autant de facteurs qui garantissent le succès des essais de lutte biologique.

Toutefois, des recherches restent nécessaires pour préciser l'estimation des rapports de densités prédateurs-proies, pour redéfinir les seuils de tolérance en fonction de prédateurs utilisés et pour aider l'action des prédateurs, en cas de besoin par des applications éventuelles d'acaricides très sélectifs. L'étude de la toxicité des pesticides en général reste une tâche permanente qui conditionne le succès de la lutte biologique contre les acariens phytophages. Les travaux exécutés dans les différents pays d'Europe apporteront sans nul doute déjà des réponses significatives à ces questions.

### Bibliographie

1. AMANO H., CHANT O.A., 1977. Life history and reproduction of two species of predacious mites, Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot and Amblyseius andersoni (Chant)(Acarina:Phytoseiidae). Can.Jour. Zool. 55, 1978-83.
2. BAILLOD M., ANTONIN Ph. WANTZ Cl., 1980. Evaluation du risque dû à l'acarien rouge (Panonychus ulmi Koch) et à l'acarien jaune commun (Tetranychus urticae Koch) en vergers de pommiers. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 12 (4), 183-188.
3. BAILLOD M. 1984. Lutte biologique contre les acariens phytophages. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 16 (3): 137-142.
4. BAILLOD M., GUIGNARD E., GENINI M., ANTONIN Ph., 1985. Essais de lutte biologique en 1984 contre les acariens phytophages en vergers de pommiers, sensibilité et résistance aux insecticides de Typhlodromus pyri Scheuten. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17 (2): 129-135.
5. BASSINO J.P., BLANC M., CHOPIN DE JANVRY E., CAMHAJI E., DESECURES J.P. et LECOURBE P.-H., 1973. Estimation rapide du risque que représente l'acarien rouge Panonychus ulmi Koch en vergers de pommiers dans une perspective de stratégie de lutte. La défense des végétaux 27 (163), 214-228.
6. CACCIA R., BAILLOD M., GUIGNARD E., KREITER S., 1985. Introduction d'une souche de Amblyseius andersoni Chant, résistante à l'azinfos, dans la lutte contre les acariens phytophages en viticulture. Rev. suisse Arboric. Vitic. Hortic., sous presse.
7. CROFT B.A. McGROARTY D.L., 1977. The Role of Amblyseius fallacis in Michigan Apple Orchards. Research Report 333, Michigan Agricultural Experiment Station.
8. CROFT B.A., HOYT S.C., 1983. Integrated Management of Insect Pests of Pome and Stone Fruits. Wiley-Interscience Publication, New-York, 448p.
9. DOSSE G., 1956. Über die Entwicklung einiger Raubmilben bei verschiedenen Nahrungstieren (Acar. Phytoseiidae). Pflanzenschutzberichte 16, pt. 7-9: 122-136.

10. EASTERBROOK M.A., 1979. The life-history of the eriophyid mite Aculus schlechtendali on apple in South-East England. Ann. appl. Biol. 91: 287-296.
11. GENINI M., KLAY A., DELUCCHI V., BAILLOD M., BAUMGARTNER J., 1983. Les espèces de Phytoséiides (Acarina:Phytoseiidae) dans les vergers de pommiers en Suisse. Bull. Soc. entomol. suisse, 56:45-46.
12. GENINI M., KLAY A., 1985. Biologie du développement de quatre espèces de Phytoséiides (Acarina:Phytoseiidae) à température constante (sous presse).
13. HAUB G., STELLWAY-KILTNER F., HASSAN S.A., 1983. Zum Auftreten der Florfliege Chrysopa carnea Steph. als Spinnmilbenräuber in Rebanlagen. Die Weinwissenschaft No 3, 38e J., 195-201.
14. HERBERT H.J., 1961. Influence of various numbers of prey on rate of development, oviposition and Longevity of Typhlodromus pyri Scheuten (Acarina-Phytoseiidae) in the laboratory. Can.entomol. 93: 380.384.
15. HERBERT H.J., 1981a. Biology, life tables and intrinsic rate of increase of the European Red Mite Panonychus ulmi (Acarina-Tetranychidae). Can. entomol. 113: 65-71.
16. HERBERT H.J., 1981b. Biology, life tables and innate capacity of increase of the twospotted mite, Tetranychus urticae (Acarina: Tetranychidae). Can. entomol. 113: 371-378.
17. HOY M.A., 1982. Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae. University of California, Publication 3284, 92 p.
18. HOY M.A., CUNNINGHAM G.L., KNUTSON L., 1983. Biological Control of Pests by Mites. University of California, Publication 3304, 175p.
19. HOLLING C.S., 1959. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. Can. Ent. 91: 293-320.
20. HUFFAKER C.B., VAN DE VRIE M., McMURTRY J.A., 1970. Ecology of Tetranychid Mites and Their Natural Enemies: A Review. Hilgardia, 40 (11), 331-458.
21. HULL L.A., ASQUITH D., MOWERY P.D., 1977. The functional response of Stethorus punctum to densities of the European red mite. Environ. Entomol. 6: 85-90.
22. IVANCICH-GAMBARO P., 1972. Il ruolo dei Typhlodromus aberrans Oudm. (Acarina Phytoseiidae) nel controllo biologico degli Acari fitofagi dei vigneti del Veronese. Bolletino di Zoologia agraria e di Bachicoltura. Serie II, 11: 151-165.
23. IVANCICH-GAMBARO P., 1975. Selezione di popolazioni di acari predatori resistenti ad alcuni insetticidi fosforati-organici. Informatore fitopatologico no 7, XXV: 21-25.
24. KAPETANAKIS E.G., CRANHAM J.E., 1983. Laboratory evaluation of resistance to pesticides in the phytoseiid predator Typhlodromus pyri from English apple orchards. Ann. appl. Biol. 103: 389-400.
25. McMURTRY J.A., 1977. Some predaceous mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean region. Entomophaga 22: 19-30.
26. McMURTRY J.A., 1983. The use of Phytoseiids for biological control: progress and future prospects. Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae, University of California, publication 3284:23-29.
27. MORI P., 1985. Influenza degli antiparassitari sulla fauna utile in frutticoltura. Atti del Convegno, Verona-Venezia, 29-31 Maggio 1985. Ed. Camera di commercio CCIAA, Verona, 155 p.



28. OVERMEER W.P.J., VAN ZON A.Q., 1982. A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite, Amblyseius potentillae (Acarina:Phytoseiidae). Entomophaga 27 (4): 357-364.
29. OVERMEER W.P.J., VAN ZON A.Q. 1983. Resistance to parathion in the predacious mite Typhlodromus pyri Scheuten (Acarina, Phytoseiidae). Med. Fac. Landbouw. Rijksunic. Gent. 48/2: 247-252.
30. RABBINGE R., 1976. Biological control of fruit tree red spider Mites, PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
31. RAMBIER A., 1952. Les acariens dans le vignoble. Le Progrès agricole et viticole, 89ea, No 16: 385-396.
32. SABELIS M.W., 1981. Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I. Agricultural research reports, Wageningen, 1981.
33. ZAHNER Ph., BAUMGAERTNER J., 1984. Sampling statistics for Panonychus ulmi Koch (Acarina, Tetranychidae) and Tetranychus urticae Koch (Acarina, Tetranychidae) Feeding on Apple Trees. Res. Popul. Ecol. 26: 97-112.
34. ZAHNER Ph., 1985. Ecosystème verger de pommier: Analyse du sous-système plante-hôte/acariens phytophages à l'aide de modèles de populations. Thèse EPFZ, Zürich, 133 p.

NATURAL CONTROL OF SPIDER MITES IN THE ORCHARDS OF SOUTH TYROL

H. OBERHOFER and W. WALDNER

South Tyrolean Advisory Service for Fruit- and Winegrowing  
Lana, Italy

The fruit growing area of South Tyrol, that means the Italian province of Bozen/Bolzano, covers about 16.000 ha of pome fruit orchards with an annual production of 700.000 t of apples and pears. That is about 30 % of the Italian and 10 % of the annual EEC apple production. Our quite traditional apple growing region stretches 100 km along the Etsch Valley on the southern slopes of the Alps.

The annual average temperature varies from 11,5°C at an altitude of 250 m to 9°C at 800 m above the sea level. The annual precipitations fluctuate according to the district between 500 mm and 750 mm. Overtree sprinkler irrigation is therefore quite common.

The average size of a fruit farm is about 3 ha. The majority of the growers are members of the cooperative Advisory Service.

Fruit pests and diseases

The main diseases in our fruit growing area are apple scab (*Venturia inaequalis*) and mildew (*Podosphaera leucotricha*). The main pests are red spider mites (*Panonychus ulmi* and *Tetranychus urticae*), different tortricids, codling moth, aphids, leaf miners, winter moth and noctuids.

Our fruit growers got acquainted with the spider mites for the first time about 35 years ago with the introduction of DDT. Since then this pest has been every year a more or less serious problem, which the growers have tried to solve with a rising number of chemical treatments. Some years they performed up to 4-5 applications of specific acaricides, plus mineral oil at bud burst. Nevertheless the success was not always satisfying. The main reason for these gaps was the growing resistance of the mites against acaricides, sometimes after just a few applications. Graph shows the mainly used products and the years of their almost complete failure in practice.

In 1982 also Plictran, a since then extraordinarily long lasting acaricide, and for the growers the last hope in mite control, failed to give satisfactory results. This ended with a complete fiasco of spider mite control in that year.

Consequences: high control costs per ha, severe damages to the

trees and bad prospects for a successful chemical control in the future.

#### Our new plant protection programme

In this materially and psychologically critical situation it was not difficult to convince the growers to introduce some changes in their pest control programme. The aim was: to spare the predators of mites (especially phytoseids, Stethorus and Orius) and not to enhance the development of the mite population by pesticides.

The main suggestions in our new programme were therefore:

1. Avoid strictly every unnecessary chemical treatment: Almost every chemical product used for pest and disease control is deleterious to phytoseids and some other mite predators. This suggestion was feasible through intensive monitoring by advisers and growers in the orchards and by observing the economic thresholds.
2. Exclude possibly all predator-killing products: Phytoseids are sensitive not only to acaricides and insecticides, but also to fungicides. Therefore we preconized according to the experiences of different IOBC-Working Groups:

##### Against mildew:

Triadimefon (Bayleton)	<u>but not</u>	Dinocap
Bupirimate (Nimrod)		Binapacryl
Fenarimol (Rubigan)		Chinomethionat
Sulphur (low doses, few treatments)		Dinobuton

##### Against insects:

Diflubenzuron (leaf miners, codling moth)  
Pirimicarb, Ethiofencarb, Oxidemeton-M (aphids)  
Endosulfan (winter moth, noctuids, Sesia)  
Chlorpyrifos-Methyl (Archips, Pandemis, Adoxophyes)

N.B.: None of the synthetic pyrethroids is recommended by our Advisory Service. Therefore there is almost no use of these mite favouring products in our fruit growing area.

##### Against mites:

Mineral oil (spider mites, San José scale)  
Benzomate (1/2 dose)  
Other acaricides, if indispensable, at reduced dosage, to avoid damages to the predator population.

3. Rise of the tolerance level: The generally accepted tolerance level of 3-5 mites per apple leaf is too low for us to get enough mite predators in the orchards. Research results and practical experiences show that these figures are also far away from a really economic threshold. At least for a short time (some weeks) we tolerate in the orchards much more mites per leaf without economic losses. The term accumulated mite days (number of mites per leaf x number of days to harvest) seems to us a useful index to estimate the general mite situation. 500-600 mite-days are tolerable in our area.

If we want to have a rather quick build-up of the predator population,

then in some cases we have to be quite generous with the tolerance level of mites per leaf especially during the first year of integrated mite control. During the following years we have had then constantly less than 2-3 mites per leaf without acaricide treatments.

#### Most frequent mite predators found in our area

The most frequent mite predators found in our orchards are:

\* Phytoseids: (determined by M. Baillod)

Amblyseius finlandicus

Amblyseius aberrans

Typhlodromus pyri

Paraseiulus soleiger

\* Stethorus punctillum

\* Orius minutus, O. vicinus

\* Anthocoris sp.

Probably also some other insects (e.g. Chyropids) have a certain impact on the red spider mites.

#### Some practical examples

Scattered over the whole fruit growing area we organised with young fruit growers 15 working groups (of 10-15 people each) for integrated plant protection. Every fortnight the local group comes together with an adviser for pest monitoring in 2-3 pilot orchards.

We will present here 6 examples of countings from these about 50 orchards supervised quite intensively during the seasons:

ORCHARD 1: (Eppan) Size 2.500 m<sup>2</sup>; variety: Red Delicious on M 9; age: 12 years; yields: 1983: 33 t/ha, 1984: 38 t/ha, 1985: about 35 t/ha.

Mites and typhs: During the month of May 1983 30 % of the leaves were occupied by mites and only 3 % by typhs. In June we got the opposite situation: much more typhs than mites. This remained so until the end of the season. The tolerance level of 3-5 mites per leaf was never attained. Therefore no acaricide treatment.

1984: Some percentages of mites and typhs until the end of June, then a strong increase of the typhs (up to 60 % occupied leaves) and a low level of mites (less than one mite per leaf) until the end of the season.

1985: With about 10 to 30 % of leaves occupied by phytoseids the mites increased from June to the middle of August until 50 % of the leaves were mite-infested. That corresponds to 2 mites per leaf. Thus the tolerance level was not yet attained. In the second half of August the motile forms of mites decreased again.

All these 3 years the mite population was quite low, although Red Delicious is generally one of the most mite-frequented apple varieties. No acaricide treatment was necessary. For the other pesticides applied, see table orchard 1.

N.B.: The whole exploitation has 10 ha of fruit orchards; the owner had

to spray in the last two years just 0,5 ha of it against mites.

ORCHARD 2: (Lana) Size 8.000 m<sup>2</sup>; variety: Red Delicious on seedling; age: 14 years; yields: 1983: 21 t/ha, 1984: 37 t/ha, 1985: estimated 40 t/ha.

Mites and typhs: In 1982 this orchard received 4 specific acaricide treatments; nevertheless heavy damages by mites.

In 1983 in consequence of a high presence of winter eggs the mite population arrived at 50 % occupied leaves in June. The first phytoseids were seen at the end of June. Whereas the population of the predators went up to 50 % occupied leaves, the spider mites diminished from the end of June on. No acaricide treatment that year.

In 1984 the mite population remained always very low, the phytoseids rose to an average of 40 % leaf occupation.

In 1985 the predators were always much more numerous than the tetranychids. Except mineral oil (mainly against San José scale) there were no acaricides applied during the last 3 years. See table orchard 2.

ORCHARD 3: (Terlan) Size 5.000 m<sup>2</sup>; variety: Golden Delicious spur on MM 111; age: 17 years, yields: 1983 45 t/ha, 1984: 35 t/ha, 1985: estimated 40 t/ha.

Mites and predators: This orchard had big problems with spider mites in 1981 (4 spec.treatments) and 1982 (3 spec.treatments).

1983 there were no phytoseids to be found. One acaricide was applied in July. Then we transplanted bundles of water shoots with phytoseids from another orchard to every second tree. Already in fall we were able to find a few thyps on the trees.

In 1984 we had a strong increase of the mite population in July (up to 15 mites per leaf). The thyps were still relatively low, with a maximum of 30 % occupied leaves. In the same period there were up to 70 motile forms of *Stethorus* and *Orius* per 3 minutes' counts.

Only by mid August the mite population collapsed. Inside the trees we had already some bronzing of the leaves, but on the fruits there was no visible damage to the quality or quantity of the crop.

In 1985 the mite population remained low for the first time and the phytoseids were quite numerous with a remarkable but short drop after a *Metasystox* application against aphids.

Conclusion: no acaricide treatments during the last two seasons. See table orchard 3.

ORCHARD 4: (Naturus) Size 4.000 m<sup>2</sup>; variety: Golden Delicious on seedling; age 20 years; yields: 1984: 25 t/ha, 1985: estimated 20 t/ha.

Mites and predators: Already the first generation of spider mites grew up in May quickly and we had a still much stronger increase in June, but in July also *Stethorus punctillum* and different species of *Orius* and *Anthocoris* came up. In the same period the mites reached their maximum with 7 mites per leaf. With increasing insect predator numbers (ca. 80 per 3 minutes' counts) the mites gradually disappeared.

Only in 1985 did a noteworthy population of phytoseids appear for the first time in this orchard: up to 40 % occupied leaves. The spider mites remained low during all the season. The orchard is situated on a hillside, therefore scab and insect pests were not very dangerous. For the treatments see table orchard 4.

ORCHARD 5: (Lana) Size 2.500 m<sup>2</sup>; variety: Red Delicious on seedling; age: 15 years; yields: 1984: 32 t/ha, 1985: estimated 40 t/ha.

Mites and predators: Toward the end of July we arrived at 15 mites per leaf, then the grower decided to apply an acaricide at a reduced dose to support the predators. Maybe it was not necessary because the predator population (Stethorus and anthocorids) increased continuously up to 90 motile forms per 3 minutes' counts, which should have been able to cope with at least 10-20 mites per leaf. The accumulated number of mite days per leaf arrived at about 350 toward the end of August 1985. There were very few phytoseids in this orchard, possibly, among other things, in consequence of the application of carbaryl for fruit thinning.

ORCHARD 6: (Marling) Size 9.000 m<sup>2</sup>; variety: Golden Delicious on seedling; age: 18 years; yields: 1984: 35 t/ha, 1985: estimated 30 t/ha.

Mites and predators: In 1983 and 1984 this orchard received each year 3 specific acaricides plus mineral oil. Nevertheless or perhaps therefore the owner continuously had problems with mites.

In 1985 the grower joined the local working group for integrated plant protection. The 7 mite counts during the season showed a rising mite population with a peak of 15 mites per leaf by the middle of July. In the same period we had an increasing number of Stethorus and anthocorids with 70 motile forms by July 23. Then the mites diminished to 3 mites per leaf on August 13. The insect predators went up to 150 per 3 minutes counts. These values are an average of 8-10 counts each.

The mite situation 1985 in this orchard was quite similar to that in the orchard No. 5, where an acaricide was applied. But orchard 5 had a heavier crop load, grew less vigorously and the predators came a little bit later. We think these are important parameters for the growers' decisions what to do against mites.

In orchard No. 6 until August 13 we arrived at 500 accumulated mite days and probably we will get to 550 until the end of the season.

### Discussion and Conclusion

From these data here presented and other practical experiences with integrated control of spider mites in the orchards of South Tyrol we drew the following conclusions:

\* The natural control of the spider mites *P. ulmi* and *T. urticae* by phytoseids and/or insect predators (*Stethorus*, *Orius*, *Anthocoris* etc.) is feasible in commercial fruit growing. This has been demonstrated in dozens of apple orchards in our area supervised and monitored regularly by the working groups for integrated plant protection since 1983.

Much more apple orchards, not exactly evaluated by their owners, got enough predators to suppress the mite population:

In 1984 about 28 % of the apple orchards in South Tyrol (ca. 3.500 ha) were not treated with specific acaricides. For 1985 (a difficult year for phytoseids because of many scab treatments) we estimate to reach at least the same result.

The corresponding savings in production costs are about L 450.000 (or 750 hfl)/ha and year or 40 % of the total costs for pest control (labour and material).

\* The main condition for natural mite control is a judicious use of insecticides and acaricides (to save Stethorus and anthocorids) and also fungicides (phytoseids). Stethorus appeared in the orchards only with a certain number of mites per leaf regardless of the fungicide programme. But in our examples they disappeared again after one season.

Phytoseids seem to be more sensitive to fungicides and have a slower build-up of their population. But in most of our orchards they came in by themselves after a due reduction of pesticide application. In some orchards we had to bring them in with occupied shoots taken in other orchards (Baillod). So this method was a full success in most cases. Phytoseids remained in the orchard for a certain time also with a very low mite population.

\* The tolerance level can and should be elevated in an integrated fruit orchard. A certain number of mites per leaf enhances the build-up of a strong predator population in the same or at the beginning of the next season. Until 500-600 accumulated mite days per season we had some bronzing of leaves inside the trees, but no economic losses in the orchards.

The growers - after many negative experiences with mites - agree to the new tolerance levels, also because mites are not direct fruit pests.

\* Growers dealing with natural control of spider mites, with phytoseids and other predators present in their orchards, are very sensitive to the fact of toxicity and the negative side effects of pesticides. They reflect very thoroughly upon each treatment, its advantages and disadvantages and handle pesticides in their orchards very carefully. Therefore a reasonable approach to mite suppression in fruit orchards has a positive effect not only economically for the grower, but also for the natural environment and for the apple consumer.

#### Phytoseids in South Tyrolean fruit orchards and vineyards.

Amblyseius andersoni  
Amblyseius finlandicus  
Amblyseius aberrans  
Typhlodromus pyri  
Paraseiulus soleiger

<u>Orchard 1:</u>		APPLIED PRODUCTS	
1 9 8 3 :	Mineral oil		
	Pirimicarb	2 x	
	Diflubenzuron		
1 9 8 4 :	Pirimicarb		
	Diflubenzuron		
1 9 8 5 :	Pirimicarb		

<u>Orchard 2:</u>		APPLIED PRODUCTS	
1 9 8 3 :	Mineral oil		
	Pirimicarb		
	Chlorpyriphos-M		
	Diflubenzuron		
1 9 8 4 :	Mineral oil		
	Pirimicarb		
	Chlorpyriphos-M		
1 9 8 5 :	Mineral oil		
	Ethiofencarb		
	Pirimicarb		
	Chlorpyriphos-M		

<u>Orchard 3:</u>		APPLIED PRODUCTS	
1 9 8 3 :	Mineral oil		
	Pirimicarb		
	C y h e x a t i n		
1 9 8 4 :	Mineral oil		
	Pirimicarb		
1 9 8 5 :	Mineral oil		
	Ethiofencarb		
	Oxydemeton-M		



**Orchard 4:** APPLIED PRODUCTS

1 9 8 4 :	Mineral oil	Bayleton	3 x
	Pirimicarb	Nimrod	
		W. Sulphur	3 x
		Captan	4 x
		Metiram	2 x
		Mancozeb	
1 9 8 5 :	Mineral oil	Bayleton	
		W. Sulphur	2 x
		Metiram	2 x
		Captan	
		Mancozeb	

**Orchard 5:** APPLIED PRODUCTS

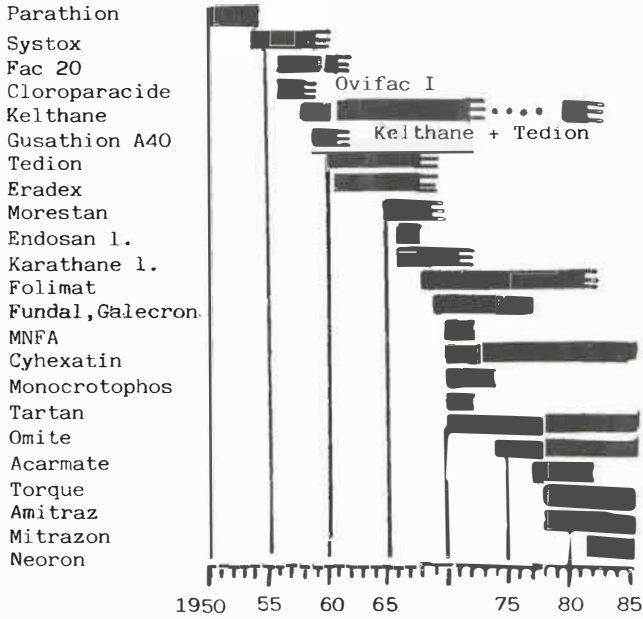
1 9 8 4 :	Mineral oil	Copperoxychlorid	
	Pirimicarb	Dodine	
	Diflubenzuron	Ziram	4 x
	Carbaryl 150 g	Mancozeb	2 x
	C y h e x a t i n		2 x
1 9 8 5 :	Mineral oil	Dodine	3 x
	Diflubenzuron	Mancozeb	
	Pirimicarb	Propineb	
	Carbaryl 50 g + NAA	Ziram	2 x
	e n z o m a t e	Captan	2 x

**Orchard 6:** APPLIED PRODUCTS

1 9 8 3 :	Mineral oil	Metiram	7 x
	Omethoat	2 x Ziram	6 x
	Azinphos	Captan	3 x
	C y h e x a t i n	Triadimefon	8 x
	A z o c y c l o t i n	W. Sulphur	4 x
	C y h e x a t i n - B e n z o m a t e		
1 9 8 4 :	Mineral oil	Metiram	6 x
	Omethoat	Ziram	6 x
	Diflubenzuron	Triadimefon	
	C y h e x a t i n	2 x W. Sulphur	6 x
	P r o p a r g y l		
1 9 8 5 :	Ethiofencarb	Metiram	3 x
	Oxydemeton-M	Ziram	2 x
	Diflubenzuron	Dodine	
		Dithianon	
		Triadimefon	
		Bupirimate	
	W. Sulphur	6 x	

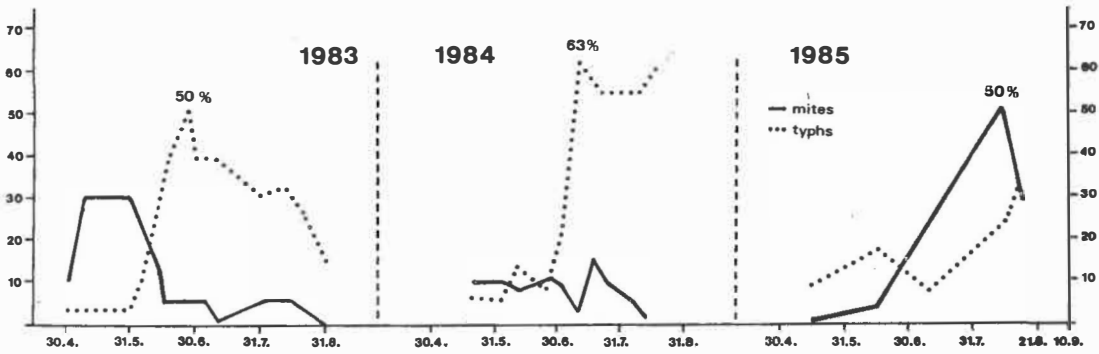
## REFERENCES

1. ACTA (1983). Les actions secondaires des produits phytosanitaires. ACTA (5<sup>e</sup> édition - December), Paris.
2. BAILLOD, M. & A. SCHMID et al. (1982). Lutte biologique contre l'acarien rouge en viticulture. II. Equilibres naturels, dynamique des populations et expériences de lâchers de typhlodromes. Revue suisse Vitic.Arboric.Hortic. Vol. 14 (6): 345-352.
3. BAILLOD, M. & R. SCHLAEFFER (1982). Simplification des contrôles par utilisation de l'échantillonnage séquentiel pour l'acarien rouge (viticulture et arboriculture). La Défense des Végétaux, n. 214, mars-avril, 1-15.
4. CROFT, B.A. & S.C. HOYT (1983). Integrated management of Insect Pests of Pome and Stone Fruits. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore.
5. FAUVEL, G. (1976). Die räuberischen Wanzen in Obstanlagen. In: Nützlinge in Apfelanlagen, IOBC/WPRS, 125-150.
6. HULL, Larry A., ASQUITH Dean, MOWERY Paul, D. (1977). The Functional Responses of *Stethorus punctum* to Densities of the European Red Mite. Environmental Entomology, Vol. 6, no. 1, 85-90.
7. OBERHOFER, H. & W. WALDNER (1985). Erfahrung mit Nützlingen gegen Spinnmilben im Obstbau. Erwerbsobstbau, 27, 160-163.
8. OBERHOFER, H. (1985). Umfragen über die Schädlingsbekämpfung im Obstbau. OBSTBAU\*WEINBAU, 22, 103-106.
9. PASQUALINI, E., BRIOLINI, G., MEMMI, M. (1982). Indagini preliminari sul danno da *Panonychus ulmi* Koch. (Acarina: Tetranychidae) su Melo in Emilia Romagna. Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna. Vol. XXXVI, 173-190.
10. STÄUBLI, A. (1980). Action secondaire de divers pesticides sur la faune utile en verger de poiriers. Stat. Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins, p. 6.
11. STEINER, H. (1979). Kulturmaßnahmen in der integrierten Pflanzenproduktion. In: Proceedings: International Symposium of IOBC/WPRS on Integrated Control in Agriculture and Forestry. Wien, 8.-12. Oktober 1979. 99-101.
12. VAN DE VRIE, M. (1979). Possibilities for integrated control of *Panonychus ulmi* Koch on apple trees. 4e symposium OILB sur la lutte intégrée en vergers - OILB, Zürich, 117-128.
13. ZWICK, R.W., G.J. FIELDS & W.M. MELLENTHIN (1976). Effects of Mite Population Density on "Newton" and "Golden Delicious" Apple Tree Performance<sup>1</sup>. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 101 (2): 123-125.

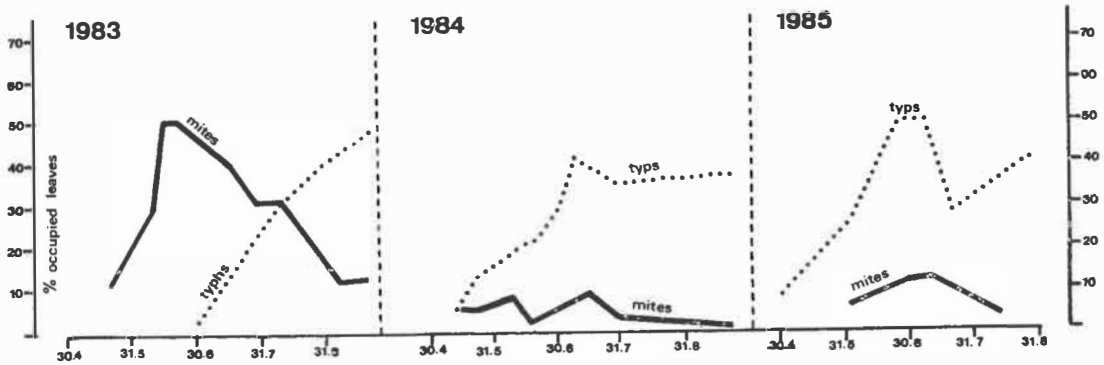


Graph 1: Acaricides 1950-1985

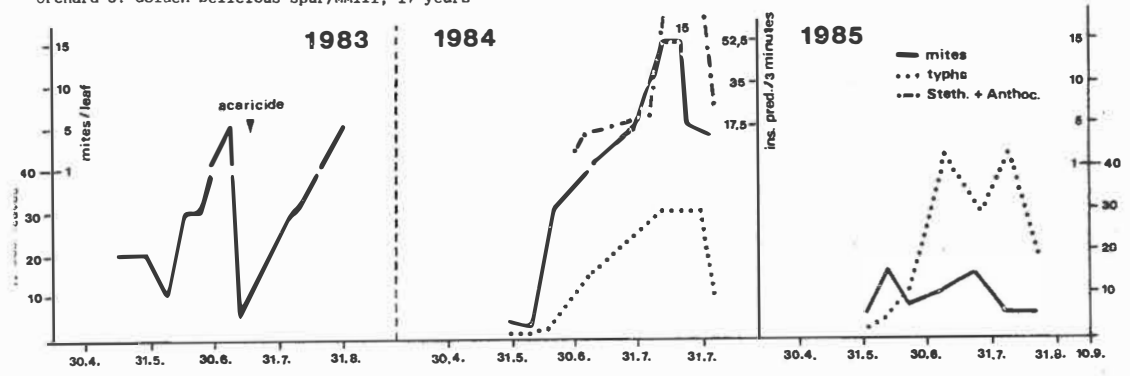
Orchard 1: Red Delicious/M 9, 10 years



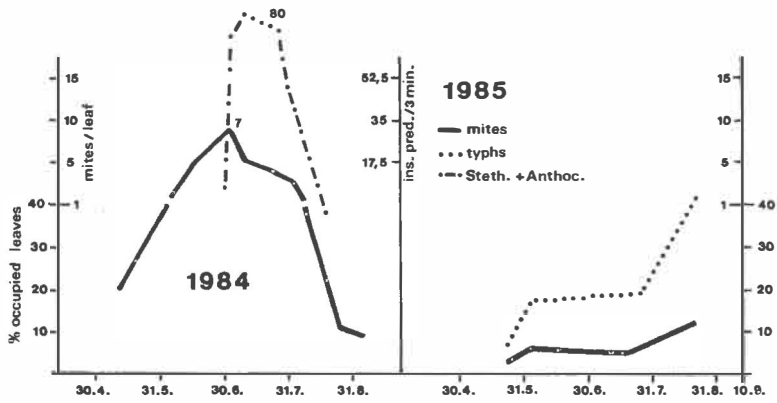
Orchard 2: Red Delicious/seedling, 14 years



Orchard 3: Golden Delicious spur/MM11, 17 years

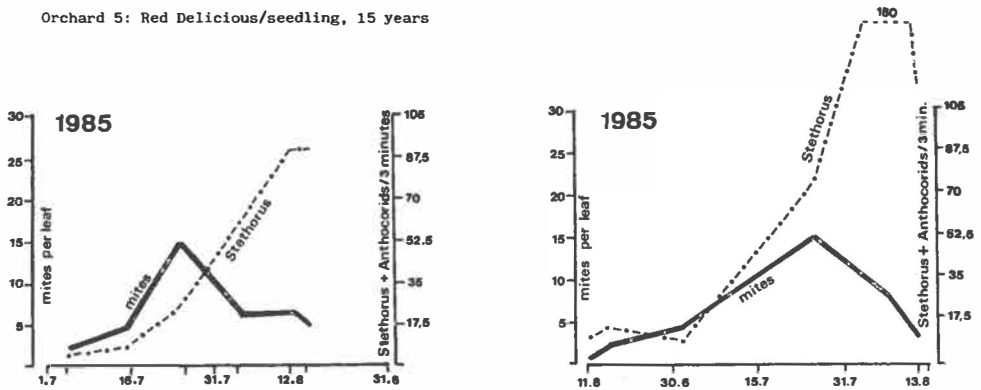


Orchard 4: Golden Delicious/seedling



Orchard 6: Golden Delicious/seedling, 18 years

Orchard 5: Red Delicious/seedling, 15 years



29

NATURAL CONTROL OF PANONYCHUS ULMI (KOCH) IN APPLE ORCHARDS  
OF EMILIA-ROMAGNA, ITALY

E. PASQUALINI and C. MALAVOLTA  
Institute of Entomology "Guido Grandi"  
University of Bologna, Italy

Summary

In the orchards of Emilia-Romagna, where traditional control techniques are used, an average of 2-4 treatments a year are applied against Panonychus ulmi (Koch), whereas using integrated control, an average of only 1-1.5 treatments are necessary. This improvement is partly due to the predatory activity of Stethorus punctillum Weise (Coleoptera: Coccinellidae) and partly, but occasionally, to that of other predators. This study was carried out in order to ascertain the density at which S. punctillum is able to control the outbreaks of P. ulmi, and to evaluate the side-effects on the predators of some of the active ingredients commonly used. The number of S. punctillum needed to control outbreaks of P. ulmi (up to and over 20-30 motile forms per leaf) was between 0.22 and 0.67 individuals (larvae and adults) per leaf. Pirimicarb, Diflubenzuron and Phosalone proved to be selective for the predator; Methomyl was shown to be harmful. The acaricides used (Cyhexatin and Fenbutatin) seemed to have no direct effect on either the larvae and the adults of S. punctillum. From recent studies Azinphos-methyl has also proved to be selective for the predator in farms where it has been in use for several years.

Résumé

Dans les vergers de l'Emilia-Romagna, où l'on applique les techniques de lutte traditionnelles 2-4 traitements contre Panonychus ulmi sont normalement nécessaires, tandis qu'en lutte intégrée on traite seulement 1-1.5 fois chaque année. La différence est due à l'action des prédateurs, surtout Stethorus punctillum Weise (Coleoptera: Coccinellidae); occasionnellement aussi d'autres espèces peuvent être importantes. Avec ce travail, nous nous sommes proposé aussi bien de définir la densité de population de S. punctillum, suffisante pour contenir les pullulations de P. ulmi, que d'évaluer les effets secondaires sur le prédateur de quelques matières actives communément employées. Le nombre de S. punctillum nécessaire pour réduire une pul-

lulation du ravageur (jusqu'à 20-30 formes mobiles par feuille) était 0.22-0.67 individus (larves et adultes) par feuille. Pirimicarb, Diflubenzuron et Phosalone ont été sélectifs vis-à-vis du prédateur ; Methomyl, au contraire, a été toxique. Les acaricides employés (Cyhexatin et Fenbutatin)n'ont donné aucun effet direct sur les larves, ni sur les adultes de S. punctillum. D'après des recherches récentes, Azinphos-methyl est aussi sélectif pour les prédateurs dans des vergers où ce produit a été employé pendant plusieurs années.

## 1. INTRODUCTION

In Emilia-Romagna, the most important predator of the European red spider mite (ERM) Panonychus ulmi (Koch) for the purpose of natural control on fruit trees, is Stethorus punctillum Weise (Coleoptera: Coccinellidae) (Pasqualini, 1978).

Our recent studies show that in apple orchards where traditional control techniques are used, an average of 2-4 treatments a year are necessary against ERM; in those using integrated control, an average of only 1-1.5 treatments are applied because of the activity of S. punctillum and, occasionally, to that of other predators, such as Orius sp. and Phytoseiid mites. Active ingredients which have proved to be selective are used in order to assist these predators. On the other hand ERM doesn't cause damage to the production even if it reaches peaks of more than 40 motile forms/leaf (Pasqualini et al., 1982).

Phytoseiid mites haven't proved to be of any great importance, as they have in other countries (Huffaker et al., 1970; McMurtry et al., 1970; Jeppson et al., 1975), at least during the spring and early summer. During this period these predators are severely affected by the chemical treatments carried out to control insects and fungus diseases.

The aim of recent studies has been to establish the population density of S. punctillum (critical density) that allows a good control of the pest. In this way, it would be possible to recommend acaricide treatments not only on the basis of the density of P. ulmi (as is the current practice in supervised control) but also on the basis of the prey/predator ratio.

During this study, the effectiveness of various acaricides and insecticides were thoroughly investigated, the result being based on their negative effects on S. punctillum (larvae and adults).

## 2. MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in three different apple orchards, situated in a typical fruit-growing region. The trials were carried out on plots of Stark Delicious apple trees of about 1 ha. The average age of the or-

chards, trained as palmette, was about 12 years. In each of the three test orchards, four treatment policies were compared, i.e.:

	Treatments	
	Insecticides	Acaricides
A	NO	NO
B	YES	NO
C*	YES	YES
D*	YES	YES

\* These treatment policies differ in the different insecticides used.

In practice, two phenomena could be observed in A and B plots: the population intensity of P. ulmi and S. punctillum in the absence of acaricides treatments, and the density at which the predator is able to control the pest. In the other plots, we were able to observe the side effects on S. punctillum of the active material used.

In each orchard, sampling was carried out weekly from April to September. Two hundred leaves per plot were collected, keeping count of the percentage of leaves occupied by one or more motile forms of ERM (Bassino et al., 1973), and the number of the larvae and adult individuals per leaf, for the predator (Putman and Herne, 1958; McMurtry and Johnson, 1966).

In order to establish the critical density of S. punctillum (i.e. at which the controlling action on the mites begins) the density on the leaves was noted at the moment in which the population was just beginning to decline, that is, after each maximum infestation value.

### 3. RESULTS

The number of S. punctillum (larvae and adults) needed to control ERM infestations of 20-30 motile forms/leaf ranged from a maximum of 67 to a minimum of 22 individuals per 100 leaves.

With a linear regression between the time (X) in days from June 1st to August 30th and the critical density (Y) of the predator, the equation

$$Y = 126.6 - 0.877X \quad (P = 0.045)$$

was obtained.

The acaricides used in this study were Cyhexatin and Fenbutatin. Neither of these had negative effects on S. punctillum. The predator, however, always remained at a reduced density because most of the prey was eliminated.

The insecticide products for which we can provide information are:



Pirimicarb, Diflubenzuron, Phosalone and Methomyl; it is impossible to draw any conclusion for Methidathion and Trichlorphon.

Pirimicarb had practically no effect on the predator, nor did Diflubenzuron or Phosalone. Methomyl did, on the other hand, prove to be harmful for S. punctillum as we have already seen in previous studies.

Besides, the a.i. Azinphos-methyl, has proved, in recent unpublished studies, to be partially selective towards the predator in orchards where it has been in use for several years.

#### 4. CONCLUSION

The critical density of S. punctillum (larvae and adults) able to control ERM decreases as the season advances, ranging from 67 to 22 individuals per 100 leaf. This value is higher at the beginning of the season and lower in summer. This is probably due to the fact that all the individuals of the first generation of the predator remain on the apple tree as the prey is abundant. Natural control of these primary infestations is therefore possible and is largely the result of first generation larval activity. However, it can be obtained only over a relatively long period (about 30 days after reaching the threshold: 60% of infested leaves). This is in relation to the biological cycle of the insect which is characterized by a late start and modest performances of overwintering adults and by a pause between their activity and that of the first generation larvae.

In the case of isolated summer attacks or of a second outbreak of the pest, the predator, probably already present in greater quantities than after overwintering, is able to control the infestation in a short time (10-15 days) with fewer individuals per leaf (about one third). In this case, the activity of the adult predators starts immediately and is more important than in spring.

As the population density of ERM in both treated and untreated plots was more or less the same, it is possible to conclude that acaricide treatments could, in many cases, be eliminated. This could probably be achieved by facilitating the development of S. punctillum, using selective insecticide and fewer acaricides, or by completely avoiding the use of the latter until well into the first half of June, or even later. This in order not to deprive the predator of its main food supply at a time in which the pest, in any case, causes no damage.

This research is being continued with the aim of establishing an economic threshold based on the prey/predator ratio and the real damage caused by ERM (that we think is over-estimated at present).

#### REFERENCES

BASSINO, J.P., BLANC, M., CHOPPIN DE JANVRY, E., CAMHAJI, E., DESERCURE, J. P. and LECOURBE, Ph. (1973). Estimation rapide du risque que représente l'acarien rouge Panonychus ulmi Koch en vergers de pommiers dans une per-

- spective de stratégie de lutte. *Defense des vegetaux*, 163: 215-218.
- HUFFAKER, C. B., VAN DE VRIE, M. and McMURTRY, J. A. (1970). Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies: a review. II. Tetranychid populations and their possible control by predators: an evaluation. *Hilgardia*, 40 (11): 391-458.
- JEPPSON, L. R., KEIFER, H. H. and BAKER, E. W. (1975). Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, 614 pp.
- McMURTRY, J. A. and JOHNSON, H. J. (1966). An ecological study of the spider mite Oligonychus urticae (Hirst) and its natural enemies. *Hilgardia*, 37: 363-402.
- McMURTRY, J. A., HUFFAKER, C. B. and VAN DE VRIE, M. (1970). Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40 (11): 331-390.
- PASQUALINI, E. (1978). Evoluzione delle popolazioni di Panonychus ulmi Koch e del suo predatore Stethorus punctillum (Weise) su Melo. *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 34: 1-14.
- PASQUALINI, E., BRIOLINI, G. and MEMMI, M. (1982). Indagini preliminari sul danno da Panonychus ulmi Koch sul Melo in Emilia-Romagna. *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 36: 173-190.
- PUTMAN, W. L. and HERNE, D. C. (1958). Natural control of phytophagous mites (Tetranychidae and Eriophidae) in Ontario peach orchards. *Proc. Int. Congr. Ent.*, Montreal, 4: 667-673.

CONTROL OF THE RED SPIDER MITE PANONYCHUS ULMI  
BY TYPHLODROMUS PYRI. SOME DETAILS.

S. JOHNSEN and E.W. HANSEN  
Department of Zoology  
Royal Veterinary and Agricultural University  
Copenhagen

Summary

Experiments in a Danish experimental orchard in Tåstrup, Zealand showed that the phytoseiid Typhlodromus pyri can control Panonychus ulmi on apple under danish climatic conditions. The experiments also demonstrated some unexpected details of the interactions between the two species. Control of the spider mite mainly was due to predation in the period where the wintereggs were hatching and shortly thereafter and to a lesser extent shortly before leaf-fall. In mid-summer, growth of the prey-population on the trees with predatory mites was as fast as on the trees without.

Introduction

In several countries around the world T. pyri and other phytoseiids have proven efficient in control of a great number of spider mite species on different crops. Some phytoseiids are highly specific spider mite predators (e.g. Phytoseiulus persimilis) while others, among them T. pyri, are known to feed on several other subjects such as other mites, pollens, honeydew, micro-fungi and even leaf-sap.

Kennet et al. (1979) have demonstrated that windborne pollen can be of great importance for the growth of a phytoseiid population. Mathys (1956) states that leaf-sap is a main food-source for T. pyri and predation on the red spider mite is most extensive before the leaves are unfolded because of the lack of leaf-sap as food!

Materials and methods

In June 1983 600 specimens of T. pyri were released on each of 5 trees. Other 5 trees were left without predatory mites. All 10 trees were of different Russian and Ukrainean varieties. The trees were sprayed with fungicides non-toxic to T. pyri when needed. Development of the populations of spider- and predatory mites was followed in the seasons 1983 and 1984. Every fourth-night 24 leaves were collected randomly from each tree and the mites were counted under dissection-microscope. For both species numbers of eggs, larvae/nymphs and adults were made up seperately. In the 1984-season active stages of the apple rust mite Aculus schlechtendali were counted too.

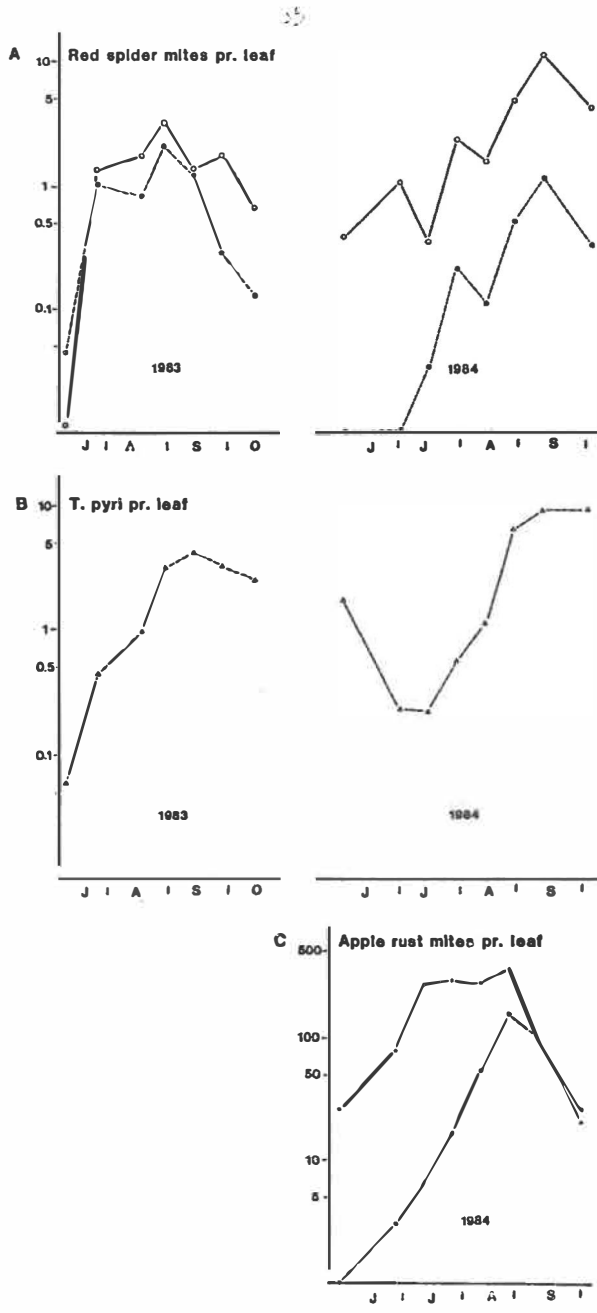


Figure 1. Densities of the prey species (*P. ulmi* and *A. schlechtendali*) and *Typhlodromus pyri* on non-release (—) and release- (-----) trees. Logarithmic scale.

## Results

In the experiments *P. ulmi* was controlled on very low levels (0.1-1 individual per leaf) and *T. pyri* reached extremely high densities of 10-12 individuals per leaf at the end of the 1984-season.

It was shown that from the end of September 1983 onwards the spider mite population on the trees on which *T. pyri* had been released (release-trees) was greatly (and significantly) reduced, compared to the non-release-trees (fig. 1A).

Weather-conditions in Denmark were highly different the two years. The summer 1983 being extremely hot and dry and the 1984-summer being very close to normal.

These different conditions are not reflected in the development of the *T. pyri*-population which was highly concordant in the two seasons (fig.1B). The population starts a rapid growth at the end of July and the shape of the growth-curve is very much alike in the two seasons.

From figure 1A it is also seen that the reduction of the spider mite population on the release-trees compared to the non-release-trees occurs in the autumn 1983 and even more distinctly between the end of the season 1983 and the 1984-season (the first sample in 1984 was taken 4.6. which was about a week after hatching of the spider mite winter eggs was ended). A sample of winter eggs in April demonstrated that this reduction was not caused by predation on the winter eggs.

Through June 1984 growth of the spider mite population on the release-trees was inhibited, but after this period until mid of September this population grew as (or even more) vigorously as its counterpart on the non-release-trees. This appears from the slightly more steeply growing tendency of the lower curve in figure 1A.

The apple rust mite also was controlled at quite low levels by *T. pyri* but through the entire 1984-season the growth rate of the population on the release-trees was greater as of the population on the non-release-trees. (fig. 1C).

## Discussion

From these observations the question arose: had *T. pyri* not at all been predated on the spider mites (and the apple rust mites) from about July until mid of September?

This question causes another: what have the predators fed on in this period, where the population was growing very rapidly and indeed did thrive excellently (the mites were well-fed and laid lots of eggs).

	<u>28.7.</u>	<u>19.8.</u>	<u>30.8.</u>	<u>14.9.</u>	<u>28.9.</u>	<u>13.10.</u>
1983						
a) non-release	43.2	38.5	22.8	35.9	58.9	65.1
b) release	<u>29.2</u>	<u>19.0</u>	<u>14.7</u>	<u>23.0</u>	<u>34.7</u>	<u>15.9</u>
b/a	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.2
	<u>30.7.</u>	<u>13.8.</u>	<u>27.8.</u>	<u>10.9.</u>	<u>2.10.</u>	
1984						
a) non-release	34.1	16.8	19.2	44.7	57.4	
b) release	<u>29.1</u>	<u>15.4</u>	<u>6.0</u> <sup>1)</sup>	<u>40.3</u>	<u>25.0</u>	
b/a	0.9	0.9	0.3	0.9	0.4	

Table 1. Percentages of the young spider mites out of the total spider mite population on the non-release and the release-trees. Figures have been calculated only for those dates where more than 15 individuals could be found in the samples from the release-trees.<sup>1)</sup> This low figure is caused by unusual high numbers of eggs in the sample.

In fact some predation on the spider mites could be demonstrated. It is well known that T. pyri prefers young stages of P. ulmi (Vrie, 1973). A calculation (tab. 1) of the percentages of young spider mites of the total spider mite population (eggs + youngs + adults) clearly showed that the portion of youngs was reduced on the release-trees compared to the non-release-trees. The calculation also confirmed that predation was especially extensive just before leaf-fall in October.

Though some predation on the spider mites could be demonstrated in this way, the other question, concerning what the predators have fed on in this period, could not be answered fully. From informations in the literature about T. pyri's demands for prey (spider and rust mites) (Chant, 1959), theoretical reproductive rates, "r", which the prey-populations should have had to be able to deliver a surplus big enough to feed the predator population, could be calculated. This was done by setting in numbers of prey and predators found in the same sample in the formula

$$r = \frac{\ln(\text{number predators} \times \text{demand for prey} + \text{number prey}) - \ln \text{number prey}}{1 \text{ day}}$$

These rates reached very unrealistic values of 0.3 - 0.5 individuals per individual per day.

This means that it can not be answered clearly what has been the main food-source for T. pyri in the period July - mid September 1984. As other prey animals than spider- and rust mites were virtually absent, it seems that the possible answer may be one of the following or a combination of some of them:

- a) Under field-conditions T. pyri has a much lower demand for prey than noted in the literature
- b) T. pyri is able to reproduce vigorously by feeding on leaf-sap and getting a small amount of prey
- c) In the mid-summer T. pyri has mainly been living from pollens (micro-fungi hardly were present because of fungicide-sprays)

The authors consider the possibilities b) and c) to be more likely of the three. The possibility that pollens causes the high predator-densities in August-September is being examined in the 1985-season.

A possible way to interpret the observed development of the spider mite- and the T. pyri-population and their interactions could be: the predators have an extended preference for young stages of P. ulmi. In the autumn these were relative numerous and in the spring they hatch in great numbers from the wintereggs. In these periods the prey was so numerous that it was "worth searching for it". Furthermore, in these extremes of the season, there is no augmentation of adults which can reproduce and thereby compensate for the predation. At the sometimes the predator-population was very big. In the mid-period of the season the prey was so scarce that the "predators" mainly took (searched for) other food, which may have been pollens and/or leaf-sap.

## Résumé

Des expériences faites dans une plantation expérimentale danoise ont montré la Phytoseiide Typhlodromus pyri qui contrôlait l'acarien rouge (Panonychus ulmi) à des densités très basses. En même temps les densités de Typhlodromes y étaient exceptionnellement élevées. Le contrôle résultait surtout de prédation pendant la période d'éclosion des oeufs d'hiver des acariens rouges et avant la chute des feuilles. En été la densité d'échange était si basse qu'il était impossible que les Typhlodromes avaient pu en vivre exclusivement. On suppose que, au lieu de cela, ils ont vécu de pollens et/ou de séve de feuilles.

CONSIDERATIONS ON AND METHODS FOR GENETIC IMPROVEMENT OF THE PREDATOR MITE TYPHLODROMUS PYRI (ACARINA:PHYTOSEIIDAE) BY ARTIFICIAL SELECTION WITH SYNTHETIC PYRETHROIDS IN THE LABORATORY OR GREENHOUSE.

E.W. HANSEN and S. JOHNSEN  
Department of Zoology  
Royal Veterinary and Agricultural University  
Copenhagen, Denmark.

Summary.

The future use of the predator mite, *Typhlodromus pyri*, to control the fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi*, in Danish commercial apple orchards, most likely depends on the development of a strain resistant to the synthetic pyrethroids. The reason for this is that cheap selective insecticides, nontoxic to *T. pyri*, in the nearest future probably will not be accessible to the growers and furthermore the growers use of synthetic pyrethroids, toxic to *T. pyri*, is increased.

In this paper two methods to develop a resistant strain of *T. pyri* is discussed. Under lab. conditions culture-arenas with *T. pyri* could be sprayed in a Potter Precision Laboratory Spray Tower. In a greenhouse *T. pyri* could be kept and sprayed on *Prunus* seedlings where *P. ulmi* and *Aculus fockeui* is food.

1.1 Introduction.

The predator mite, *Typhlodromus pyri*, is very important in commercial apple orchards in great parts of Europe, because it can control the fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi*.

*T. pyri* can also control *P. ulmi* in Danish apple orchards, as trials in 1983-84 has shown (Johnsen & Hansen, this bulletin).

In Denmark and many European countries, the use of synthetic pyrethroids (SPs) to control insect pests has increased, and SPs probably will replace the traditionally used OP compounds in the orchards.

The use of SPs will be antagonistic to the biological control of *P. ulmi* by *T. pyri*, as all the common used SPs are very toxic to the predator mite (Gruys, 1979, Cranham, 1982).

No strain of *T. pyri* resistant to the SPs has until now been found or developed in Europe, but in New Zealand work is in progress to develop a SP-resistant strain (Hoy, 1985, Markwick, pers. comm.).

A SP-resistant strain of *T. pyri* can either be developed artificially or imported from New Zealand. This could be a way to ensure effective predator mites for control of *P. ulmi* in commercial apple orchards.

Artificial development of a resistant *T. pyri* strain in the laboratory or greenhouse demand easy and effective culture methods and selection-methods. The authors have developed a culture-arena which probably can be

used in a program to develop resistance in *T. pyri* to synthetic pyrethroids. Furthermore some considerations have been done on artificial selection for resistance in a greenhouse.

### 1.2 Genetic improvement of *T. pyri*.

Figure 1 show the steps which could be involved in the genetic improvement of *T. pyri*. In the following these steps will be discussed.

- I Collection *T. pyri* for stock cultures.
- II Rearing in lab.-cultures or greenhouse.
- III Determination of base-line.
- IV Selection program in lab. or greenhouse.
- V Analysis of genetic basis of resistance.
- VI Evaluation of fitness.
- VII Evaluation of pesticide field tolerance and predator ability.
- VIII Mass-rearing and distribution.

Figure 1. A sequence for development of a strain of *Typhlodromus pyri* resistant to synthetic pyrethroids.

#### Step I. Collecting *T. pyri* for stock cultures.

It is necessary to collect many specimens of *T. pyri* for a stock culture as the initial frequency of resistance-genes is very low. If *T. pyri* is collected from many different plant species, we assume that it is possible to find genes for a broader spectrum of detoxifying enzymes, and genes for other resistance mechanisms as well. The reason is that *T. pyri* consume both plant juices and many different prey species (Chant, 1959), and probably this varied diet contains many substances that the predator mite must detoxify (Strickler & Croft, 1985). Furthermore, collection of predator mites close to SP-sprayed areas may increase the probability of getting genes for resistance.

*T. pyri* has in Denmark been found on 25 different plant species (Hansen & Johnsen, 1985, in press.).

The predator mites are transferred from leaves to the culture-arena (fig. 2.). The culture-arena developed by the authors is very handy and

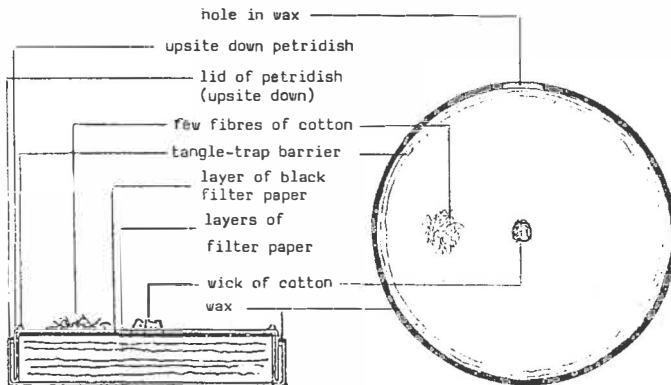


Fig. 2. The culture-arena in side view and seen from above.



it can accommodate many specimens (at least 250). Furthermore, treatment in a Potter Precision Laboratory Spray Tower can be done by spraying the culture-arena directly. The culture-arena consists of a petridish placed upside down ( $\emptyset = 10$  centimeter) with a lid. Between petridish and lid is placed many layers of filter paper. The uppermost layer should be black so that the mites are distinct on the glass. Evaporation is reduced by a sealing of wax between the petridish and the edge of the lid. Water is added to the culture-arena through the hole in the wax. A hole in the middle of the upper glass filled up with cotton in contact with the wet filter paper provides continually supply of drinking water for the mites. Cannibalism is reduced with a shelter made from a few fibres of cotton adhered to the glass. Pollen from *Vicia faba* is given as food twice a week. The culture-arena should be held at about 75 % relative humidity and temperatures between 20-25°C. Diapause is prevented with a 16-18 hour light: 6-8 hour dark cyclus.

The predator mites showed very high rate of increase (0.07 individuals per individual per day) in the culture-arenas. This is approximately twice as high as previously found (Overmeer, 1981). An explanation for these high increase rates is probably that very little cannibalism occur. This is because eggs and larvae reside in the cotton-fibre above the arena surface. In the cotton they are not predated by adults and nymphs that walk around on the arena surface. Obviously the high rates of increase will be an advantage in the selection program, because the numbers of selections per year can be increased.

Very often other phytoseiid species (e.g. *Amblyseius finlandicus*) are introduced to the cultures in the collection phase. These other species cause serious losses of *T. pyri*. Therefore these are removed by use of a fine brush.

#### Step II. Rearing *T. pyri*.

Step II involves rearing of *T. pyri* in the culture-arena described or in a greenhouse to get genetic variability. The greenhouse culture can be established by release of *T. pyri* from the culture-arenas to *Prunus* seedlings (e.g. *P. cerasifera* or *P. insititia*) infested by *P. ulmi* and *Aculus fockeui*. Collyer (1958, 1964) found that this system provided good conditions for greenhouse rearing of *T. pyri*. Both prey species have a natural high tolerance to SPs (Easterbrook, 1982, Lienk et al., 1978, Cranham & Easterbrook, 1984), so prey should not become scarce because of spraying. The greenhouse should be heated and illuminated in winter to prevent diapause of mites and plants. In this way selection can continue during winter.

#### Step III. Base-line determination.

Before start of selection a base-line (dose-response curve) should be determined. The slide-spray method described by Cranham & Easterbrook (1984) can be used for adults, but probably not for larvae and nymphs, because their sheet and skin are too fragile. Other methods must be used for selecting of nymphs and larvae e.g. the culture-arena.

Preliminary test with the culture-arena has shown, that the  $LC_{50}$  for permethrin is approximately 80 ppm. for adult mites and somewhat lower for immature stages.

#### Step IV. The selection program.

This step involves alternately spraying the animals with a SP and rearing. The optimal selection pressure for development of resistance in the phytoseiids is not known. Therefore, different selection pressures e.g. 1, 5, 10, 25 % survival should be tried. We suggest that all

life stages should be selected both separately and together. This will provide knowledge about selection procedures and processes in the phyto-seids. Maybe treatment of different life stages will give quicker resistance. This is because different life stages may have different resistance mechanisms.

Preliminary test with the culture-arena has shown some drawbacks. Due to repellency of pyrethroids (here permethrin) some of the mites (especially the adults) were caught in the tangle-trap just after spraying. The loss of predator mites in the tangle-trap was never more than 25 %. In this way selection will be against ability of the predator mites to detect synthetic pyrethroids, but the selection pressure is low, so that it is assumed, that it will not have any impact to the behavior of selected mites.

In the Potter Tower it was found, that the normally used volume of 2 ml emulsion resulted in a arena too wet for the mites (some drowned). In order to avoid drowning mites, this arena type is only treated with a volume of 1 ml emulsion.

As the base-line is based on susceptibility within 48 hours (or less) the selected mites should after spraying be removed to non sprayed culture-arenas.

In the greenhouse an electric spray gun can be used for treatment with the insecticide (SP). This produces a uniform pesticide cover on the Prunus leaves which ensures homogeneous individual dose.

To minimize the effect of genetic drift, not less than 100 specimens in each selection line should survive each application (Hoy, 1983). To maintain genetic variability and fitness in the cultures between selections, the cultures can be held at cyclic temperatures and the predators can be stressed by giving pollen at varying availability (Hoy, 1983). Also, to maintain the association of the predators to their natural prey, *P. ulmi* and *Aculus schlechtendali* should be given occasionally.

A discriminatory dose test before each selection will show whether the same dose can be used as for the previous selection. When survival raises, a dose-response curve should be determined.

#### Step V. Analysis of the genetic basis of resistance.

When sufficient resistance to an SP is obtained, the genetic basis of the resistance should be analysed. This is important when a release strategy is planned (Hoy, 1985).

If polygenetically determined resistance is found, it will at time of release be important to eradicate natural present or incoming susceptible *T. pyri*. This is done with one to several applications of the SP in question. This is because the resistance induced is lost when interbreeding occur (Hoy, 1985).

#### Step VI. Evaluation of fitness.

Laboratory and small field trials on apple should be carried out to evaluate the fitness of the improved strain. Survival, reproduction, sex ratio and diapause should be evaluated (Hoy, 1985).

#### Step VII. Evaluation of pesticide field tolerance and predator ability.

If fitness is good, large scale field trials on apple should be made. This means evaluation of the influence of a complete commercial spray programme to the resistant strain and evaluation of efficiency of the predator mites to control *P. ulmi*. The release strategy planned (step V) should be followed.

#### Step VIII. Mass-rearing and distribution.

If the resistant strain developed fulfill the mentioned prerequisites mass-rearing and distribution to growers can follow. Probably inunda-

tive release will meet the growers demand for an effective spider mite antagonist. Of course this demand an effective mass-rearing where large numbers of the improved strain are produced. Mass-rearing on Prunus seedlings in greenhouse may be possible.

Before start of a program as the described, it should be looked for if SP-resistance in *T. pyri* could be found in other areas of the world. Import from New Zealand, where selection for cypermethrin-resistance in *T. pyri* is in progress (Hoy, 1985) could be a way to get SP-resistant *T. pyri* in Danish apple orchards. Import and establishment in England of resistant (to OP compounds) *T. pyri* from New Zealand has been achieved (Cranham, 1982).

#### References.

- Chant, D.A. (1959). Can. Entomol. Suppl. 12.  
Collyer, E. (1958). Ent. Exp. Appl. 1:138-146.  
Collyer, E. (1964). Ent. Exp. Appl. 7:120-124.  
Cranham, J.E. (1982). Bulletin SROP/WPRS V/2: 48-50.  
Cranham, J.E. & M.A. Easterbrook. (1984). Bulletin SROP/WPRS VII/3: 43-46.  
Easterbrook, M.A. (1982). Bulletin SROP/WPRS V/2:51-53.  
Gruys, P. (1979). In: Proc. Int. Symposium of IOBC/WPRS, Wien 8.-12. 10, 1979:107-112.  
Hansen, E.W. & S. Johnsen. (1985) Ent. Medd. (in press.).  
Hoy, M.A. (1985). Ann. Rev. Entomol. 30: 345-370.  
Johnsen, S. & E.W. Hansen. (1985) This bulletin.  
Lienk, S.E. & J. Minns & B.H. Labanowska. (1978) New York food and Life Science Bulletin. 71:15.  
Overmeer, W.J.P. (1981). Meded. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 46(2):503-509.  
Strickler, K & B.A. Croft. (1985). Environ. Entomol. 14:243-246.

#### Resumé.

L'emploi de l'acarien prédateur *Typhlodromus pyri* dans la lutte contre l'acarien rouge *Panonychus ulmi* dans les vergers de pommiers danois ne parait envisageable à l'avenir qu'avec la sélection d'une souche résistante aux pyréthroides de synthèse. En effet, les producteurs ne disposeront bientôt plus d'un acaricide bon marché non-toxique pour *T. pyri* et ils emploient de plus en plus les pyréthroides de synthèse très toxique pour *T. pyri*. Deux méthodes permettant de sélectionner des souches de *T. pyri* résistantes sont présentées dans cet article. Au laboratoire, les cultures de *T. pyri* sont aspergées à l'aide d'une tour d'aspersion de Potter. En serre, *T. pyri* est maintenu et aspergé sur des pousses de Prunus où il se nourrit de *P. ulmi* et *Aculus fockeui*.

NATURAL CONTROL OF RED SPIDER MITE IN ENGLISH APPLE ORCHARDS

M.G. SOLOMON  
East Malling Research Station,  
Kent, England.

Summary

A key component of IPM on apple in England is the regulation of Panonychus ulmi by predators. It is possible to use a programme of selective pesticides that allows predatory insects and phytoseiids to survive. However, an OP-based programme, in which the only predators to survive are OP-resistant Typhlodromus pyri, is more attractive to commercial growers. In areas where resistant T. pyri do not colonise naturally they can be introduced artificially. A treatment decision-making index is proposed, based on numbers of P. ulmi and T. pyri.

Selective pesticide programme

As in many apple growing regions of the world, a key component of IPM in England is the regulation of the red spider mite Panonychus ulmi by predators. On unsprayed apple trees many predatory insects and mites attack P. ulmi, and a selective insecticide programme will allow the survival of some of these. A programme based on pirimicarb for aphid control and diflubenzuron against lepidopterous larvae, applied when treatment thresholds are exceeded (fig 1) is generally compatible with the survival of sufficient mirids, anthocorids, and phytoseiids to maintain effective control of P. ulmi in most years. (Easterbrook et al 1985)

	Selective Programme	OP-based Programme
Red spider mite, <u>Panonychus ulmi</u>	Predatory insects (mirids, anthocorids) + <u>Typhlodromus pyri</u>	OP-resistant <u>T. pyri</u>
Aphids	Pirimicarb	OP
Lepidopterous larvae	Diflubenzuron	OP (or carbaryl)
Mildew, scab	Non-acaricidal fungicides	Non-acaricidal fungicides

Fig. 1. The means of controlling the major pests and diseases under two different IPM programmes.

If a programme of this kind is introduced in an orchard, these predators have generally colonised the orchard within the first season (Solomon 1982). Anthocoris nemorum and A. nemoralis are the anthocorids most commonly found in such orchards, and the mirids usually found are Blepharidopterus angulatus, Atractotomus mali, Phytocoris spp., and Pilophorus perplexus. Alder (Alnus spp.) windbreaks represent a source of some of these predators close to most apple orchards. Anthocorids and B. angulatus are often abundant on alder, where they feed mainly on aphids and leafhoppers. In August the aphid numbers decline, and the predators then tend to leave the alder and colonise nearby apple orchards (Solomon 1981). A disadvantage of these predatory insects as a regulating mechanism for P. ulmi is that their numbers are reduced to a very low level when prey numbers are low. P. ulmi, with four or five generations per year, can then increase rapidly, whereas the univoltine mirids cannot respond numerically to this increased food supply until the following season.

The other important predator to colonise orchards when a selective pesticide programme is introduced is the phytoseiid mite Typhlodromus pyri. This predator can survive when P. ulmi numbers are low by feeding on other phytophagous mites such as eriophyids and tydeids. In addition, T. pyri is able to respond rapidly to increasing P. ulmi because it passes through about four generations per year, and is thus better able than the predatory insects to maintain a stable relationship with P. ulmi.

#### OP resistant phytoseiids

Within the past seven years T. pyri has been found to be surviving in some orchards in South East England in which organophosphate (OP)-based programmes were being applied (Solomon and Fitzgerald 1984). Laboratory tests on the T. pyri from some of these sites have shown that they have a high level of resistance to some OPs and to carbaryl (Cranham *et al* 1984, Kapetanakis and Cranham 1983). This resistance does not extend to all OPs; dimethoate in particular remains toxic (Cranham and Solomon 1981). The major groups of pesticides that are toxic to these OP resistant predators are the synthetic pyrethroids and some fungicides.

This development of OP resistance has made possible a different, less selective, approach to IPM in orchards, in which OPs can be used for the treatment of most of the insect pests, leaving resistant T. pyri to survive and regulate P. ulmi (fig 1). The only significant restriction of choice of pesticides is the avoidance of synthetic pyrethroids and acaricidal fungicides.

This approach to the management of orchard mites is generally more attractive to growers than is the very selective pesticide approach, because it uses insecticides with which they are familiar, which are relatively inexpensive, and which are broad spectrum in their activity and so involve no extra risk of the build-up of minor pests. Thus this approach is being adopted by an increasing number of growers, and has usually been followed by the build-up of OP-resistant T. pyri, with the consequent removal of the need to apply acaricides in most years.

Fig. 2 illustrates the results of mite samples taken in 1984 in two typical commercial orchards where the pesticide programmes are based on OPs, carbaryl, and non-acaricidal fungicides. In orchard 1 this programme had been introduced in 1983; one acaricide application was required to reduce P. ulmi in 1984, after which the predator : prey ratio was satisfactory. In orchard 2, where the programme had been introduced in 1982, T. pyri regulated P. ulmi at a satisfactory level during 1984 without the need for an acaricide application.

In a survey of 43 orchards in South East England, T. pyri was found to

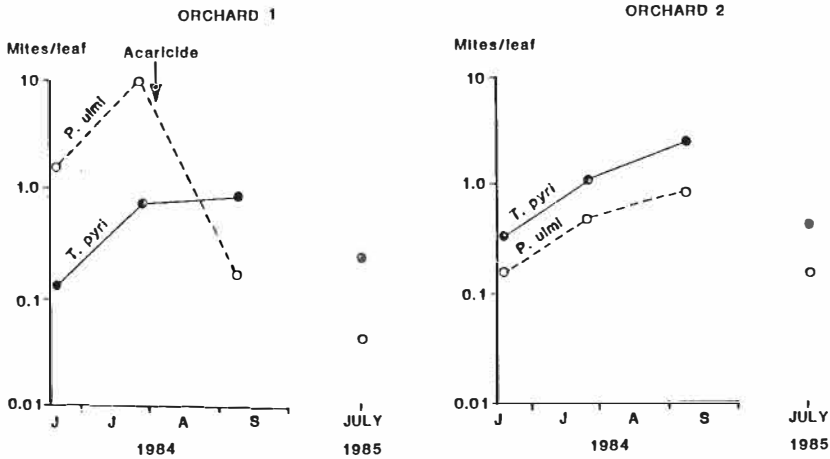


Fig. 2. Mite numbers in two commercial orchards where OP-resistant *T. pyri* are present.

be distributed according to the insecticide programme used (Solomon and Fitzgerald 1984). A non-acaricidal fungicide programme was used in all cases. In 90% of the orchards where an OP (excluding dimethoate) programme was used, *T. pyri* was present, averaging 41 mites/100 leaves. In the orchards where synthetic pyrethroids were used, *T. pyri* averaged less than one/100 leaves, and were probably present only because of incomplete spray coverage. Orchards where the programme included dimethoate occupied an intermediate position, with an average of 4 *T. pyri*/100 leaves.

#### Artificial introduction of phytoseiids

In the areas where OP resistant *T. pyri* do not colonise naturally when a suitable pesticide programme is introduced, they can be established artificially. *T. pyri* have been mass-cultured at East Malling Research Station on apple rootstock plants grown in rows as hedgerows. (Solomon and Fitzgerald 1984). Shoots cut from these plants can be transported to an orchard and distributed into every tree, or in a pattern of trees through the orchard. Once established in an orchard in this way, it is likely that the predators will spread to other orchards in the area. The procedure is not envisaged as being necessary in all the orchards in a particular area, but rather as a means of artificially enhancing the natural spread by providing new foci from which colonisation of further orchards can take place.

#### Monitoring and thresholds for mites

It is necessary to monitor *P. ulmi* in an orchard where IPM is being applied, and decisions on acaricide application can be made on this basis alone. It is, however, preferable to base decisions on a knowledge of the abundance of *T. pyri* also, in which case some kind of model or decision making index is required. Because of the difficulties of obtaining an accurate estimate of mite numbers, and the patchy distribution of mites often found in orchards, a simple and robust model is required. Fig. 3 illustrates a proposed decision making index.

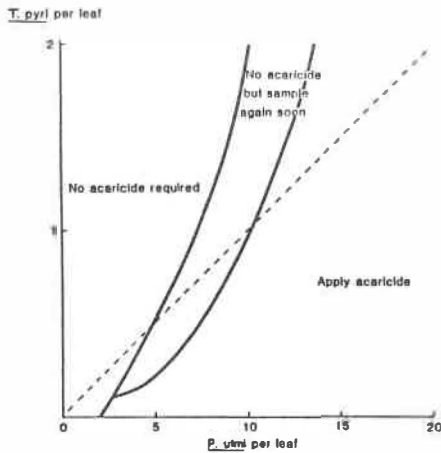


Fig. 3. Decision-making index based on relative numbers of P. ulmi and T. pyri.

The "likelihood of control" line in a relationship of this kind is, within limits, likely to be straight, depending only on the predator : prey ratio. It is possible to use this line as the treatment threshold (e.g. Croft 1975). In the model proposed here however, (fig 3) the gradient of the treatment threshold line is increased with increasing P. ulmi density. This is partly because when P. ulmi numbers are high, more damage per day is being done to the leaves during the time that the spider mites are being reduced by the predator, but also because of the increasing seriousness of making a wrong decision, or the decreasing chance of trimming the system, i.e. applying further treatment. This is to say, with higher P. ulmi numbers, the likelihood of damage occurring before further treatment can be applied is greater. The model takes account of this by increasing the threshold predator : prey ratio at higher prey numbers.

#### REFERENCES

- CRANHAM, J.E. and SOLOMON, M.G. (1981). Mite management in commercial apple orchards. Rep. E. Malling Res. Stn for 1980, 171-172
- CRANHAM, J.E., TARDIVEL, G.M. and KAPETANAKIS, E.G. (1984). Orchard trials to assess the effects of pesticides on Typhlodromus pyri and its prey, Panonychus ulmi. Acarology VI (2), 680-685
- CROFT, B.A. (1975). Integrated control of apple mites. Ext. Bull. E-823. Mich. St. Univ., 12 pp
- EASTERBROOK, M.A., SOLOMON, M.G., CRANHAM, J.E. and SOUTER, E.F. (1985). Trials of an integrated pest management programme based on selective pesticides in English apple orchards. Crop Protection 4 (2), 215-230
- KAPETANAKIS, E.G. and CRANHAM, J.E. (1983). Laboratory evaluation of resistance to pesticides in the phytoseiid predator Typhlodromus pyri from English apple orchards. Ann. appl. Biol., 103, 389-400
- SOLOMON, M.G. (1981). Windbreaks as a source of orchard pests and predators. In Pests, Pathogens and Vegetation, (Ed. J.M. Thresh), Pitman, London, 273-283

- SOLOMON, M.G. (1982). Phytophagous mites and their predators in apple orchards. *Ann. appl. Biol.*, 101, 201-203
- SOLOMON, M.G. and FITZGERALD, J.D. (1984). The role of resistant Typhlodromus pyri in apple orchards. *Proc. 1984 Brit. Crop Prot. Conf. - Pests and Diseases*, 1113-1116.



## ON THE FRINGES OF NATURAL SPIDER MITE CONTROL

L.H.M. Blommers & W.P.J. Overmeer

*Experimental Orchard De Schuilenburg (Research Institute for Plant Protection), Kesteren & Laboratory for Experimental Entomology, University of Amsterdam The Netherlands*

### Summary

Natural control of the red spider mite and apple rust mite by *Typhlodromus pyri* has become a practical possibility in apple orchards in Western Europe. The general conditions for successful implementation are rather well established. Here some observations are presented which touch on the margins of the system; the interference of other phytoseiid mites, and the limits of pesticide tolerance.

When *Typhlodromus pyri* is not released deliberately, there is little chance that this species will become numerous in an apple orchard. A dominance of such species as *Amblyseius potentillae* or *A. finlandicus* is more likely to occur, and results in inferior, or even insufficient, natural control of the phytophagous mites. However, a greater tolerance of *T. pyri* to some pesticides permits the selective elimination of the other species and may promote *T. pyri*.

Occasional observations have shown that the tolerance of *T. pyri* to pesticides may be different on various apple varieties. Hairiness of leaves is probably one factor, which also would explain why natural spider mite control is more vulnerable on pear than on apple.

Finally, the toxicological responses of *T. pyri* to three concentrations of various pesticides in a standard residue test are presented. The comparison made with field data stresses the importance to establish dosage-mortality lines for *T. pyri*.

### Introduction

The predacious mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acarina: Phytoseiidae) is the major factor held responsible for the natural control of fruit tree red spider mite (*Panonychus ulmi* (Koch), Tetranychidae) and the apple rust mite (*Vasates schlechtendali* (Nal.), Eriophyidae) in apple IPM throughout western Europe (Gruys, 1980; Cranham & Solomon 1981, Baillod, 1984). This species occurs naturally on a wide variety of woody plants, including pear and grapevine. It is not particularly abundant in neglected orchards, but when it

is well established in commercial plantings, phytophagous mites cease to be a pest (Gruys, 1982). Understandably, the feasibilities of deliberate (initial) release of this predator and subsequent avoiding of spraying materials noxious to it, are major practical issues (Baillod and Oberhofer, this Symposium). In this paper, we present some less usual experiences with phytoseiids in Dutch orchards.

- What happens if an orchard is not supplied deliberately with *T. pyri* at the start of IPM? Is one dependent on this species, as other phytoseiid species find also a suitable habitat in Dutch orchards?

- Usually, simple field tests are used to establish the selectivity (*i.e.* safety towards *T. pyri*) of pesticides under orchard conditions. Accidental observations indicate, however, that results are influenced by varietal differences of the apple tree.

- Finally, differences in susceptibility levels between target pest and beneficial arthropod define the selectivity of a compound. Some data are shown, illustrating the importance of determining susceptibility levels instead of the response to one fixed concentration.

### Predator fauna

Apple trees provide a suitable habitat for several phytoseiid species (a.o. Karg 1982). *Amblyseius finlandicus* (Oudemans), *A. potentillae* Garman and *Typhlodromus tiliarum* (Oudemans) are often more common than *T. pyri* in neglected Dutch orchards (Van Tienhoven, Den Houter & Cramer, intern. report). Here, two examples are presented of well-kept IPM orchards, where no effort was made to introduce *T. pyri* at the start of IPM (cf. Trapman & Blommers, 1985).

#### Case 1

Figures 1-5 shows the composition of the phytoseiid populations in five tiny (0.2 ha) experimental orchards in Oostelijk Flevoland, where IPM was started in 1977. (The results presented are restricted to those on the most common species of predacious mites.) These orchards, each surrounded by thick hedgerows, were separated from each other by stretches arable land of approx. 0.5 km. Phytoseiid reestablishment originated probably from the surrounding hedgerow trees, a.o. *Salix*, *Ainus* and *Populus*. (Only orchard Y 90 was located in a strip of young woodland.)

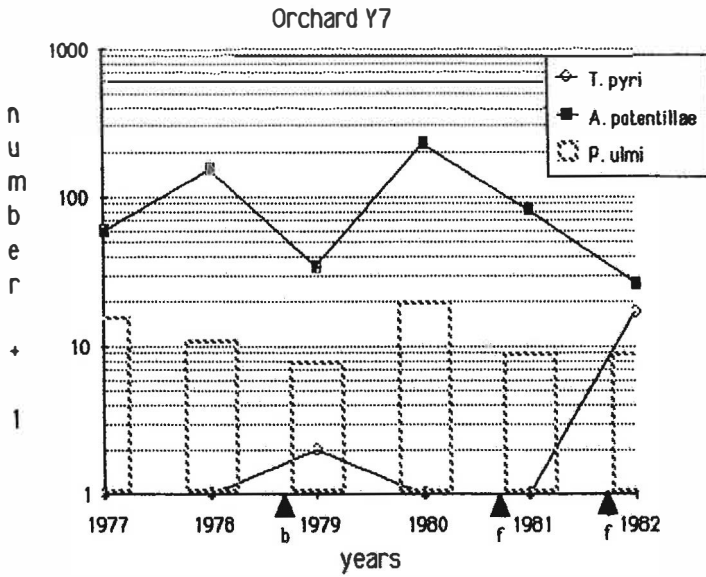


Figure 1. Species composition of phytoseiid mites and densities of winter eggs of *P. ulmi*, pertaining to the end of the season, in orchard Y7 during 1978 - 1982. Phytoseiid densities as numbers + 1/100 leaves in August and densities of winter eggs according to a scale (control threshold = 10). Acaricide applications in early summer: b = benzoximate, f = fenbutatinoxide.

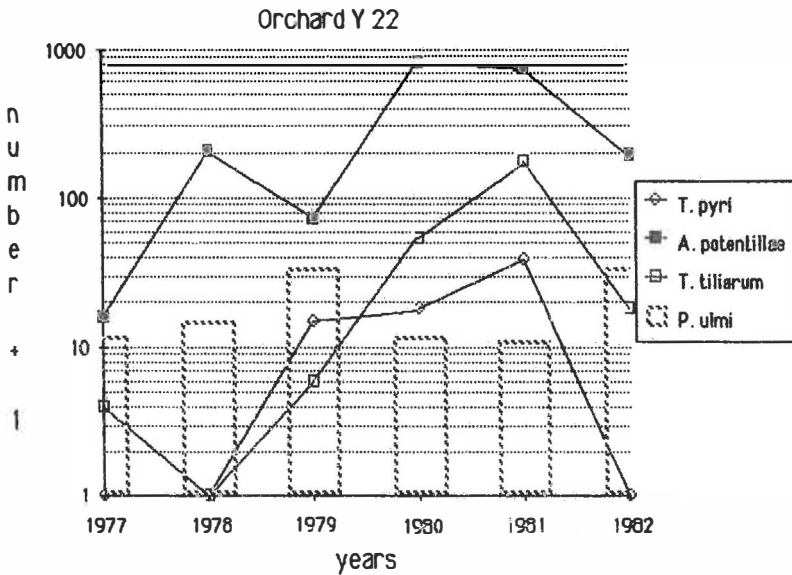


Figure 2. Species composition of phytoseiid mites and densities of winter eggs of *P. ulmi*, pertaining to the end of the season, in orchard Y 22 during 1978 - 1982. See also figure 1.

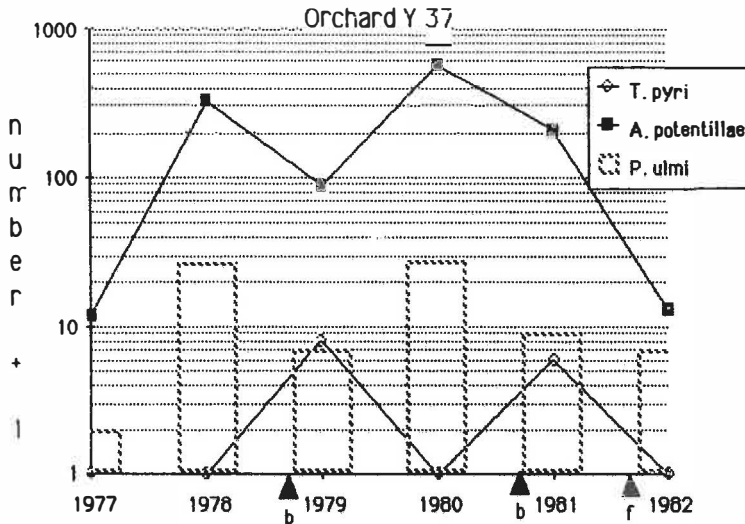


Figure 3. Species composition of phytoseiid mites and densities of winter eggs of *P. ulmi*, pertaining to the end of the season, in orchard Y37 during 1978 - 1982. See also figure 1.

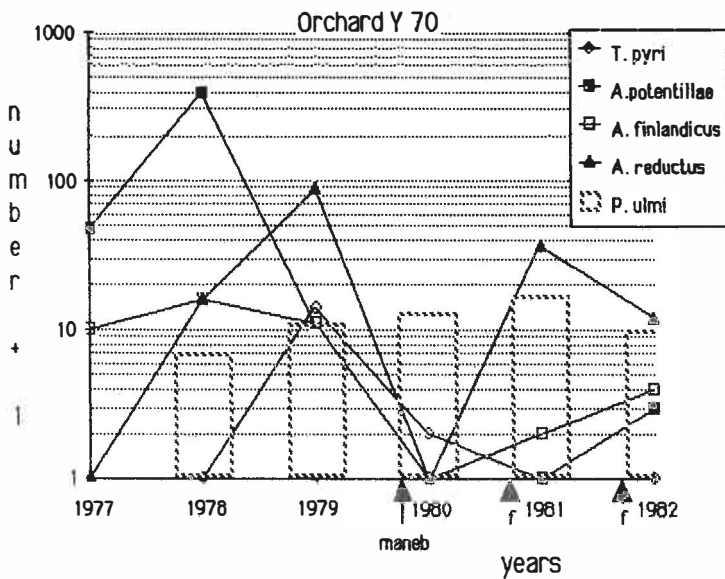


Figure 4. Species composition of phytoseiid mites and densities of winter eggs of *P. ulmi*, pertaining to the end of the season, in orchard Y70 during 1978 - 1982. See also figure 1.

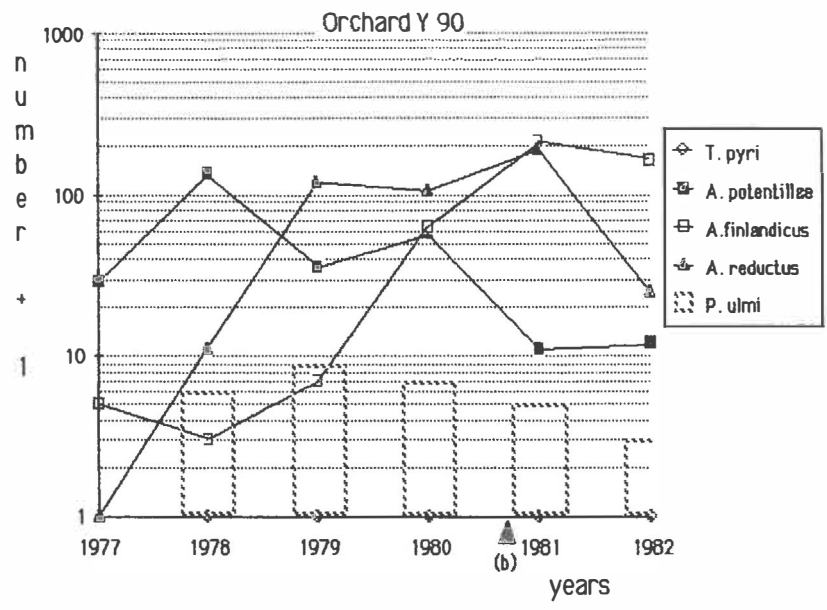


Figure 5. Species composition of phytoseiid mites and densities of winter eggs of *P. ulmi*, pertaining to the end of the season, in orchard Y90 during 1978 - 1982. See also figure 1.

Table 1 shows the maximum numbers of phytoseiid mites scored in the summers of 1978-82. It is also indicated when according to established thresholds (Van Frankenhuyzen & Gruys, 1984) the fruit tree red spider mite needed chemical control, either right after the winter (+) or during the growing season (f or b. See also below). This has happened almost every year in each orchard, with the exception of Y 90.

Table 1. Maximum number of predacious mites collected in the summer from 100 leaves, by means of a Berlese-funnel.

Year	Orchard				
	Y 7	Y 22	Y 37	Y 70	Y 90
1978	178 <sup>+</sup>	209 <sup>+</sup>	326 <sup>+</sup>	416	149
1979	156 <sup>b</sup>	288 <sup>+</sup>	272 <sup>b</sup>	456 <sup>+</sup>	376
1980	236 <sup>+</sup>	890 <sup>+</sup>	560 <sup>+</sup>	5 <sup>*+</sup>	290
1981	51 <sup>f</sup>	846 <sup>+</sup>	206 <sup>b</sup>	39 <sup>f+</sup>	337 <sup>(b)</sup>
1982	42 <sup>f</sup>	221 <sup>+</sup>	22 <sup>f</sup>	16 <sup>f</sup>	211

<sup>+</sup>) density winter eggs at the end of season above control threshold, and mineral oil (45 ltr./ha) applied.

<sup>f</sup>) application of <sup>f</sup>) fenbutatinoxide, <sup>b</sup>) benzoximate

<sup>\*</sup>) accidental splash of maneb by aircraft, meant for nearby potato field

Table 2 shows the dominating species for each year in each orchard. *Amblyseius potentillae* was apparently the first to invade everywhere, but in some orchards *A. reductus* Wainstein and *A. finlandicus* reached majority later.

Table 2. Dominating species during 1978-82, with (between brackets) the percentage presence in summer (samples table 1). pot = *A. potentillae*, red = *A. reductus*, fin = *A. finlandicus*.

Year	Orchard				
	Y 7	Y 22	Y 37	Y 70	Y 90
1978	pot (100)	pot (100)	pot (100)	pot (92)	pot (90)
1979	pot (97)	pot (78)	pot (91)	pot (70)	red (73)
1980	pot (100)	pot (92)	pot (100)	red (80)	red (36)
1981	pot (82)	pot (86)	pot (94)	red (90)	red (58)
1982	pot (61)	pot (86)	pot (58)	red (75)	fin (77)

Fruit tree red spider mite remained at a rather low level initially. Mineral oil was sprayed in spring 1978 in Y 7 and Y 22 because winter egg densities surpassed the threshold.

The same treatment was given again on all five plots in spring 1979, although winter egg densities were too high only in Y 7, Y 22 and Y 37. An additional acaricide application was needed in three orchards; 2.25 l/ha Aazomate (= benzoximate 20% EC) was sprayed in Y7 and Y 37, and should have been applied also in Y 22 where spider mite densities became too high later in the season.

Mineral oil was applied again in all orchards in 1980. The disappearance of phytoseids in orchard Y 70 was due to an accidental splash of maneb from an aircraft spraying nearby potato-fields.

The only remarkable fact during these first three years was the replacement of *A. potentillae* by *A. reductus* in the two plots where natural control of the spider mite was relatively best.

Mineral oil was not applied in 1981, but the first generation of nymphs of *P. ulmi* were treated. Orchards Y7 and Y70 received 0.75 l/ha Torque (= fenbutatinoxide 50% FC), and Y37 2.25 l/ha Aazomate. Although not necessary, Y90 was also treated with the latter compound, because we wanted to compare both acaricides. Y22, where the winter egg density was about equal to the action threshold, was not treated. Whereas fenbutatinoxide killed the predacious mites to a large extent, benzoximate was apparently harmless. In neither case, species composition was affected greatly. (Remarkably, an early application of 0.1-0.2% Nexion (= bromophos 23% WP) in all orchards had no appreciable effect, although it is unlikely that any species was OP-resistant.)

The detrimental effect of fenbutatinoxide was manifest also the next year

(1982), when it had to be sprayed on Y7, Y37 and Y70, benzoximate being no longer available. *A. finlandicus* replaced *A. reductus* as the dominant species in Y 90 for unknown reasons. By that time, we had taken action to introduce *T. pyri* from elsewhere.

*T. pyri* had been present, although rare, in all five orchards, at least since 1979 (see Figures 1-5). To promote its further development, the trees at one side of each orchard (covering one fifth of the entire surface) were provided with bunches of apple shoots harbouring carbaryl-resistant *T. pyri* (cf. Overmeer & van Zon, 1983) from De Schuilenburg in the summer of 1981. The first results became visible in the second half of 1982. (Data for 1982 in tables 1 and 2 concern the other four fifths of the plantings.) Table 3 shows the differences in species composition between release and non-release areas of each orchard in August 1982.

Table 3. Species composition (in percentages) of phytoseiid mites in summer 1982 after release of *T. pyri* in the summer of 1981. Release area (+) and remaining area(-).

Release <i>T. pyri</i>	Y 7		Y 22		Y 37		Y 70		Y 90	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
fenbutatinoxid	yes		no		yes		no		no	
Number/100 leaves	63	42	184	221	30	22	14	16	254	211
<b>Percentage</b>										
<i>T. pyri</i>	96	36	-	-	64	-	93	-	-	-
<i>A. potentillae</i>	-	61	-	86	24	58	-	-	10	-
<i>A. finlandicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	25	71	77
<i>A. reductus</i>	-	-	-	-	-	42	-	75	18	10
<i>T. tiliarum</i>	-	-	92	8	-	-	-	-	-	-
Winter 82/83 control threshold P. ulmi surpassed	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-

Apparently, *T. pyri* could gain dominance only in release plots where the indigenous fauna had partly been eliminated by the application of fenbutatinoxide. Apparently, this species is less susceptible than others to this compound. This would mean, moreover, that the dominance by the other species could be overcome by *T. pyri* only where other species were scarce. It seems that other phytoseiids, once they are dominating numerically, prevent *T. pyri* from becoming numerous, and that this does not happen because of direct

competition for food (as this was plenty available).

The increasing numbers of *T. pyri* had a favourable effect on the regulation of *P. ulmi*. The control threshold for winter eggs at the end of the summer was not surpassed in the release areas in Y7 and Y70, in contrast to the non-release areas. The density was only a bit lower (0.6 vs 0.8) in Y37, where the take-over by *T. pyri* was also less spectacular.

(In this year too, an early application of Nexion 0.1 - 0.2%, in every orchard had apparently little effect, apart from exterminating (at 0.2% and not at 0.1%) *A. tiliarum*, notably in Y 22).

This example shows that the natural invasion of various phytoseiid species does not provide automatically natural control of the fruit tree red spider mite. *A. potentillae* appeared not able to give adequate control, although its density was often very high. The same seems to apply for *A. reductus*. Only the mixed population of Y 90 was better, but here the shifts in species composition indicate that the situation was rather unstable, and hence unreliable.

As *A. finlandicus* apparently is effective elsewhere (Sechser *et al*, 1984), the relatively better regulation of spider mites in Y90, and Y70, as compared to the three other plots, may have been related with the presence of this species. But even in Y 90, natural spider mite control was not as good as when *T. pyri* dominates in IPM orchards and the densities of red spider mite are one tenth or less of the control threshold (Gruys, 1980).

The results in table 3 indicate the possibility to replace such "wild" phytoseiid populations by more efficient *T. pyri*. Probably, the use of some compound(s) - as fenbutatinoxide in this case - which is better tolerated by *T. pyri* than by *A. finlandicus*, should explain also that, whereas the latter species suppresses the former in an undisturbed situation (Chant, 1959), the former may acquire dominance under an IPM regime (Gruys, 1982; P. Alkema and M. Trapman, pers. comm.)

#### Case 2

This concerns three plots in an orchard in St. Oedenrode (prov. North Brabant), where the release of *T. pyri* in 1981 was effective only in plots 2 and 3 of the plantings. Predacious mites were hardly released in plot 1, as the low numbers introduced in the nursery, which provided the young trees planted in 1982, did not establish themselves.

Table 4 shows some counts in these three plots over 1983 and 1984. No acaricides were applied during this period.

The similar densities of phytoseiids were found on varieties in the different plots in both summers, with the exception of cv. Discovery. Species composition was, however, more variable (Table 5).



Table 4. Numbers of predacious mites per 100 leaves (Berlese samples) in summers of 1983 and 1984 in orchard "St. Oedenrode", plus the densities of red spider mites indicated. Sample series of one date.  
(--) < 10 spider mites/ 100 leaves, (-) 10 - 50, (+) 50-100, (++) > 100.

VARIETY	1983		1984	
	August	September	August	September
<u>Plot 1</u>				
mixed young*	19 (-)	10 (++)	133 (-)	177 (++)
Elstar	16 (-)	24 (++)	284 (+)	
Boskoop	13 (--)		253 (--)	156 (-)
<u>Plot 2</u>				
J. Grieve	16 (--)	46 (--)	207 (--)	
<u>Plot 3</u>				
Lombarts Calv.	1 (--)	73 (-)	148 (--)	
Discovery	24 (-)	22 (+)	42 (-)	
Karmijn de S.	1 (--)	69 (-)		
Boskoop	8 (--)	113 (--)	295 (--)	

\* young (1981) planting of various varieties: mixed stands in 1983 and only from J. Grieve in 1984.

Table 5. Numbers of *T. pyri*: *A. finlandicus* found in all samples (as in table 4) in 1983 and 1984. Not more than 50 specimens per sample were identified.

	1983	1984
Plot 1	40 : 37	105 : 129
Plot 2	41 : 12	43 : 6
Plot 3	210 : 2	258 : 0

Table 6. Average number of apple rust mites per leaf. (Fifty leaves washed with methylated spirit) St. Oedenrode, 1984.

	<u>May</u>	<u>July</u>
<u>Plot 1</u>		
J. Grieve	28.8	160
Boskoop	26.9	210
<u>Plot 3</u>		
Boskoop	13.6	1.7
G. Delicious	1.0	1.5

*T. pyri* was virtually the only species in plot 3, and very dominant in plot 2. In contrast, *A. finlandicus* was equally abundant in plot 1, presumably because of natural immigration. Although the difference in varieties between plantings hinders the comparison, the natural control of *P. ulmi* seems on the

average better in plots 2 and 3 than in plot 1. A more clear picture emerges from the counts of apple rust mites (*V. schlechtendali*) in Table 6.

Whereas natural control of these mites was adequate in plot 1 (and on sight also in plot 2), a definite increase of numbers was observed in plot 3. These results indicate that the efficacy of *A. finlandicus* against the phytophagous mites is inferior to that of *T. pyri*.

Since similar observations were made in a few other orchards we are quite confident that natural invasion of (carbaryl-resistant) *T. pyri* is not to be expected at the installation of IPM.

## Varietal impact

### Case 1

Varietal impact on predator susceptibility was first observed in 1980, as it was found that *T. pyri* was rather numerous on a few trees cv. Boskoop standing inside a block of cv. G. Delicious at Andijk (prov. North Holland) treated with 6 kg/ha Goldion (60% wettable sulphur + 20 % mancozeb) four times during the early summer (Table 7).

Table 7. Numbers of *T. pyri* per 100 leaves on two apple varieties in one plot treated with 6 kg/ha Goldion on 7 June and 1, 14 and 23 July 1980.

Sampling date	Number of <i>Typhlodromus pyri</i> per 100 leaves			
	5 - 19/6	1-10/7	1/8	1/9
Boskoop	50	105	30	138
G. Delicious	1	0	0	0

*T. pyri* was apparently able to survive the treatments on c.v. Boskoop, which it did not tolerate on c.v. G. Delicious, although the rather low number on the former variety in August suggested also a negative effect there. This situation continued in 1981.

### Case 2

By mistake, maneb was applied routinely in a too high concentration at De Schuilenburg in 1982. One application of 0.63 kg a.i./ha and six of 0.42 kg a.i./ha were applied instead of 0.20 kg a.i./ha, the maximum quantity tolerated by *T. pyri*. As a result, biological control of *P. ulmi* was affected negatively, but not equally on all five varieties present in the orchard (Table 8).

Unfortunately, predacious mites were sampled only in two varieties, but counts on cv. G. Delicious in three other plots similarly treated with maneb (and no other suspected compounds), indicated very low densities (resp. 3, 4 and 5 mites per 100 leaves) on this variety.

Table 8. Numbers of winter eggs of *P. ulmi* per 20 cm shoot (N = 40) in January 1983, and corresponding numbers of predacious mites (*viz.* *T. pyri*) per 100 leaves in the summer of 1982 on apple varieties in three plots at De Schuilenburg.

Plots	IIIa		IIIb		Vb	
	<i>P. ulmi</i>	<i>T. pyri</i>	<i>P. ulmi</i>	<i>T. pyri</i>	<i>P. ulmi</i>	<i>T. pyri</i>
J. Grieve	231	9	980	14	854	3
Cox's O.P.	53	-	114	-	310	-
Jonathan	45	-	80	-	82	-
Boskoop	33	342	58	129	72	91
G. Delicious	16	-	21	-	19	-

50 eggs/20 cm are considered to be the action treshold.

These results agree with case 1 in showing the different pesticide tolerance of *T. pyri* on various varieties. Apparently, cv. J. Grieve is similar in this respect to cv. G. Delicious. However, the natural control of *P. ulmi* was much more reduced on the first one. Predacious mites seem best protected on cv. Boskoop.

### Pesticide tolerance

It is a prerequisite for IPM that the materials needed against other pests and diseases leave the predator unharmed, *i.e.* are selective. However, as nearly every pesticide may be used against more than one pest, the effective concentration depends on the choice of target. And, for the same reason, selectivity should be defined in relation to a more specified range of concentrations.

The standard IOBC laboratory tests (cf. Hassan *et al.*, 1983) consider only one, usually the highest, concentration advised for use in the field. For the present experiments, we have tested 1/4 and 4 times the field rate as well. Glass plates were sprayed with the pesticides (see Overmeer & Van Zon, 1982) and the specimens of the predacious mites *T. pyri* were placed on the residue at the protonymph stage. Mortality was assessed after one week.

As in many orchards the *T. pyri* encountered is resistant to carbaryl (Overmeer & Van Zon, 1983), we have tested the pesticides on both a susceptible and a carbaryl-resistant strain. The results are presented in Table 9

These laboratory tests do not precisely predict the effects in the field, but they will give some idea what can be expected. Moreover, all pesticides tested here are dangerous to non-resistant *T. pyri* in the field, with the exception of benzoximate and (probably) pirimicarb.

Whereas the first two compounds (maneb and zineb) are not tolerated at the chosen field rate by the predacious mite in the laboratory, the lower dosage

appears more acceptable. In comparison, a concentration of 0.20 % (= 2.4 kg a.i. per ha) maneb is certainly not tolerated in the field. The safety limit is approximately 200 gr. a.i. maneb per ha (if applied four times), or less than 10% of the field rate. This dosage is sufficient to abate manganese deficiency, but too low for a good fungicidal action. In fact, concentrations of more than approximately 0.7 kg a.i. are applied rarely in (Dutch) orchards nowadays.

Table 9. Toxicological responses of two strains of *T. pyri* to 3 concentrations of various pesticides in a standard laboratory residue-test. (f= field rate of formulated product)

compound act.ingred.	%field rate ppm a.i.	susceptible strain			carbaryl resist. strain		
		0.25f	1f	4f	0.25f	1f	4f
Luxan Maneb 80% maneb	0.20 1600	40	100	100	40	100	100
Luxan zineb 70% zineb	0.35 2400	30	90	100	40	90	100
Pomarsol forte 80% thiram	0.20 1600	0	0	-	0	18	-
Benlate 50% benomyl	0.12 600	0	0	-	0	20	-
Aazomate 200g/l. benzoximate	0.15 300	0	0	-	0	0	-
Prosevor 85% carbaryl	0.125 1000	99	100	100	0	0	0
Undeen 50% propoxur	0.15 750	100	100	100	0	0	40
Pirimor 50% pirimicarb	0.10 500	75	100	100	10	70	100
Nexion 23% bromophos	0.20 460	100	100	100	100	100	100
Gusathion 25% azinthos methyl	0.20 500	100	100	100	100	100	100
Kilval 400g/l. vamidothion	0.125 500	100	100	100	100	100	100

Repeated field applications of thiram 0.16% a.i., and zineb 0.11% a.i. are also not tolerated by *T. pyri*; while benomyl 0.025% is partially detrimental (Gruys, 1979). In this case, lowering field concentrations does not make any sense, but,

here too, large differences between laboratory and field responses are manifest.

As to the pesticides, 0.1% (= 1.5 kg/ha) of carbaryl 50% W.P., Undeen or Nexion can be used in orchards with carbaryl-resistant predacious mites, although the latter compound may cause a slight decrease in population numbers. Moreover, field experience under similar conditions indicates that the usually recommended concentration of Nexion 0.2% is fairly toxic and Pirimor 0.05% is well tolerated.

Apparently, the susceptibility of *T. pyri* to (single applications of) pesticides in the field is in these cases also lower than in the laboratory test. These few observations should stress the importance to know dosage-mortality lines for *T. pyri*, for a better estimation of the practical possibilities of selective control.

### Discussion and conclusion

In Holland, the disuse of broad-spectrum compounds in apple orchards results in the reestablishment of a predacious mite fauna, which is unpredictable as to species composition. Insufficient natural control of fruit tree spider mite and/or apple rust mite is often the result. A single mass release of carbaryl-resistant *T. pyri*, together with the application of a pesticide (fenbutatinoxide, or perhaps carbaryl) which is less tolerated by other species and strains of predators, may be tried to establish a permanent regulation of both phytophagous mites as is usual in the IPM system.

Therefore, at the start of IPM, deliberate release of such resistant *T. pyri* is the method of preference. Then, as long as other phytoseilids do not develop similar increased tolerance levels, permanent dominance of *T. pyri* seems to be assured and acaricides are no longer needed.

Some experiences indicate that side effects of compounds may be influenced by varietal differences of apple trees. The consequence is that one has to choose one or two apple varieties as a standard reference for future field tests and to reconsider some earlier tests.

It has been reported (Gruys, 1982; Trapman & Blommers, 1985) that population numbers of predacious mites show more or less fixed differences between various apple varieties. Both the initial increase in number and the eventual population levels are higher on - for example - cv. Belle de Boskoop than on cv. Golden Delicious or cv. Cox's O.P..

Two explanations seem most obvious:

- As the sample size has a fixed number of 100 leaves, the difference of leaf size is not accounted for.
- As substrate properties like hairiness impede searching of the predacious mite, densities of prey and predator go down to a lower level on more glabrous leaves before a control equilibrium is attained.

In addition, it is suggested that pesticide tolerance of the predator also depends on the host plant variety. Greater tolerance may be caused by more protection (between leaf hairs, thicker foliage) provided by these varieties, and/or a lower long-term effect of the same mortality if initial predator densities are higher. Such a density dependent effect might be operating on various levels, such as finding of a mate or prey.

Perhaps difficulties to establish natural spider mite control in pear orchards may be explained also in this way. Most pear varieties have very smooth leaves. *T. pyri* numbers are often not higher than 5 or 10 per 100 leaves in summer. It might be expected that added mortality at such low densities creates the afore-mentioned negative effects on the survival of the surviving mites. The single notable exception is the only commercial pear variety with hairy leaves, *viz.* cv. Gieser Wildeman, on which the same IPM programme is applicable as on apple (M. Trapman, person. commun.)

#### Acknowledgements

The observations in other orchards than De Schuilenburg, were done by P. Alkema (till 1983) and M. Trapman. A.Q. van Zon was equally responsible for the laboratory tests in Amsterdam. Their efforts and inspiration have been essential for the successful application of the present IPM system.

#### References

- Baillod, M., 1984. Lutte biologique contre les acarïens phytophages. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. **16**(3): 137-142.
- Chant, D.A., 1959. Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part I. Bionomics of seven species in Southeastern England. Can. Ent. **91** Suppl. **12**: 5-44.
- Cranham, J.E. & M.O. Solomon, 1981. Mite management in commercial apple orchards. Rep. E. Malling Res. Stn. for 1980: 171-172.
- Frankenhuyzen, A. van & P. Gruys, 1984. Verantwoorde bestrijding van ziekten en plagen op appel en peer (4th edition). Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen, 128pp.
- Gruys, P., 1980. Solved and unsolved problems of integrated control in apple orchards, illustrated by examples from the Netherlands. Intern. Symp. IOBC/WPRS "Integrated Control in Agriculture and Forestry." Vienna, 8-12 October 1979: 359-364.
- Gruys, P., 1982. Hits and misses. The ecological approach to pest control in orchards. Ent. exp. appl. **31**: 70-87.
- Hessan, S.A., Bigler, F., Bogenschütz, H., Brown, J.U., Firth, S.I., Huang, P., Ledieu, M.S., Naton, E., Oomen, P.A., Overmeer, W.P.J., Rieckmann, W., Samsøe-Petersen, L., Viggiani, G. & van Zon, A.Q., 1983. Results of the second joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". Zeitschr. angew. Entomol. **95**: 151-158.
- Karg, W., 1982. Diagnostik und Systematik der Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae Berlese in Obstanlagen. Zool. Jb. Syst. **109**: 188-210.
- Oberhofer, H. & Waldner, W., 1985. Erfahrungen mit Nützlinge bei der Bekämpfung der Spinnmilben im Obstbau. Obst- Weinbau **22**: 8-10.
- Overmeer, W.P.J. & van Zon, A.Q., 1982. A standardized method for testing the side effects of pesticides on the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga **27**: 357-364.
- Overmeer, W.P.J. & van Zon, A.Q., 1983. Resistance to parathion in the predacious mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acarina: Phytoseiidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent **48/2**: 247-251.
- Sechser, B., Thueler, P. & Bachmann, A., 1984. Observations on population levels of the European red mite (Acarina: Tetranychidae) and associated arthropod predator complexes in different spray programs over a 5-year period. Environ. Entomol. **13**: 1577-1582.
- Trapman, M. & Blommers, L. (1985). The introduction of IPM in apple orchards. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent **50** (in press).

Prey preference of predatory mites: Electrophoretic analysis of the diet of *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius finlandicus* (Oudemans), collected in Dutch orchards.

Marcel DICKE and Marijke DE JONG

Department of Entomology  
Agricultural University  
Binnenhaven 7  
P.O.Box 8031  
6700 EH Wageningen  
The Netherlands

SUMMARY

Polyacrylamide gel electrophoresis was used to analyse the diet of the phytoseiid predators *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) with respect to the prey species *Panonychus ulmi* (Koch) (the European red spider mite), *Aculus schlechtendali* (Nalepa) (the apple rust mite) and *A.fockeui* (Nalepa et Trouessart) (the plum rust mite). Predators were collected in an apple (*T.pyri*) and a sour cherry (*A.finlandicus*) orchard during August and September 1983.

Spider-mite and rust mite esterases were detected in both predator species, but discovery frequencies differed between the two phytoseiid species. *Panonychus ulmi* was detected as the sole prey species in the gut of 65% of *T.pyri* and *A.schlechtendali* in 2%. In the latter case all predators were present in the sample of 15 September when densities of both prey species were low. For *A.finlandicus* the discovery percentages were 26 and 29 for *P.ulmi* and *A.fockeui*, respectively.

The data show that *T.pyri* hardly feeds on *A.schlechtendali* over a range of prey density combinations. More data are needed for *A.finlandicus* at high prey densities, and therefore no firm conclusions can be drawn on prey preference of this predator.

INTRODUCTION

The European red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch), is a major pest in Dutch orchards under conventional chemical control. The mites feed on parenchymous cells, causing bronzing of the leaves. In recent years a much smaller phytophagous mite, the apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Nalepa) has reached pest status as well (Van Epenhuijsen, 1981), sometimes attaining densities of more than 5000 per leaf.

Populations of *P.ulmi* are documented to be effectively controlled by the predatory mites *Typhlodromus pyri* Scheuten (Gruys, 1982) and *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) (Gruys, 1979). The former predator species is presently used in integrated pest management programs to control populations of *P.ulmi*. As both predator species can also feed on *A.schlechtendali*, one may wonder in what way high rust mite densities influence the interactions between predators and *P.ulmi*. Will high rust mite numbers impair the control of the spider mite? May apple rust mite populations be controlled as well? In an insectary both *T.pyri* and *A.finlandicus* were better able to control *P.ulmi* on plum seedlings when the plum rust mite, *A.fockeui* (Nalepa et Trouessart), that is closely related to *A.schlechtendali*, is present than in absence of this rust mite species (Collyer, 1964). Unfortunately it is not known how many rust mites were present in that study. Collyer (1964) concludes that

A.fockeui is a favourable prey species for the predators, although they still feed on P.ulmi as is indicated indirectly by the low spider mite densities. The predators reach higher densities in presence than in absence of A.fockeui and this effect is most marked in A.finlandicus. From Collyer's data Overmeer (in press) suggests that for T.pyri rust mites are an alternative prey species that may be important for the predator early in the season. From correlations between prey and predator numbers on a leaf basis in an orchard Karg (1972) suggested that A.schlechtendali is the primary prey species for A.finlandicus.

Knowledge on prey preference of the predators is important to conclude on the effect of high rust mite numbers on the interaction between the predators and P.ulmi. To analyse prey preference, laboratory studies on predation (Dicke et al. in prep.) or prey location (Dicke and Groeneveld, in press) may be carried out. But prey preference can be elucidated under field conditions as well by studying the gut content of field collected predators with polyacrylamide gel electrophoresis (Murray and Solomon, 1978). Such a study is an independent test of data obtained in laboratory studies. Foraging predators may choose which species to feed on, especially as P.ulmi and A.schlechtendali can occur on the same leaf. At the present time no data are available for actual feeding in the field of T.pyri or A.finlandicus on P.ulmi and A.schlechtendali in situations where both prey species are present. Since the introduction of polyacrylamide gel electrophoresis for diet analysis of predatory mites (Murray and Solomon, 1978) only one study has been published in which extensive diet analysis has been performed in a predatory mite under field conditions (Lister, 1984). In the present study we will present data on diet analysis of field collected T.pyri and A.finlandicus.

## MATERIAL AND METHODS

### Mites.

Predators were sampled weekly in an apple orchard near Biddinghuizen and in a sour cherry orchard in Wessem, The Netherlands, during August and September 1983. In both orchards insecticides were rarely applied. Branches were selected with leaves on which P.ulmi, rust mites and predatory mites were present. From these branches 10 successive leaves were taken and stored individually in marked petri dishes. Per sampling day about 4-5 series of 10 leaves were collected. In the laboratory, 2-3 h after sampling the leaves, we collected the predators and stored them individually in marked plastic tubes at -20°C. They were used in electrophoresis the next day. Some of the predators were mounted in Berlese's medium for identification. The leaves were stored at 4°C for 1 or 2 days after which prey numbers were counted. The number of different P.ulmi stages were counted separately and all visible rust mite stages in one category. At rust mite densities exceeding about 600 per leaf we counted these mites on one quarter of a leaf and multiplied this number by 4 to obtain the density per leaf, as rust mites are evenly distributed over the leaf at high densities. Other prey species rarely occurred. In this paper we will take into account all spider mite stages except eggs as the latter are not consumed by phytoseiid predators.

For determination of the detection retention time in T.pyri, female predators were used from a culture that had been maintained in the laboratory on broad bean pollen for about 6 years.

### Electrophoresis.

Polyacrylamide gel electrophoresis was used according to the description of Murray and Solomon (1978). After electrophoresis we stained the gels overnight at ca. 20°C, using both 1- and 2-naphthylacetate as substrate for the mite esterases.



Female predators and spider mites were squashed individually in a drop of maceration buffer in a hole in a perspex plate, using a glass rod. The rust mites were squashed 20-30 at a time in a drop of buffer using a needle. The squashed mites were applied on top of the gel. Electrophoresis occurred immediately after application of the last sample, which was about 1-2 h after application of the first sample.

Detection retention time analysis.

To ascertain how long prey enzymes could still be detected in T.pyri, female predators were starved for 24 h in absence of water. Then they were offered an ample supply of A.schlechtendali for 24 h on apple leaf discs. After this pretreatment the predators were deprived of food but not of water for a period of 0 to 40 h. After these treatments at 25°C the predators were stored at -20°C and used in electrophoresis after one day.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Typhlodromus pyri.

The data of the detection retention time analysis demonstrate that apple rust mites show only one esterase band, that can be detected in the gut of T.pyri (Figure 1). After feeding for 24 h on A.schlechtendali this prey can be visualized in the predator for at least 40 h (at 25°C). Murray and Solomon (1978) showed that after feeding on one individual P.ulmi, the esterase can be detected for at least 31 h (temperature not mentioned) in the gut of T.pyri. If we assume that the predators spent the last 24 h before sampling on the leaf they were collected from (based on personal observations), electrophoresis can be used to analyse diet composition of T.pyri with regard to P.ulmi and A.schlechtendali at different prey densities.

Using the key of Chant (1959) a sample of predators from the orchard near Biddinghuizen was observed to consist only of T.pyri. As we did not observe marked differences in the esterase pattern between sampled predators we assume that all predators that we analysed were T.pyri. Usually one or two esterase bands of T.pyri can be found (Tp 1 and Tp 2, Figure 1).

Esterases of both prey species have been discovered in T.pyri sampled in the orchard. However, as indicated in Table 1, the frequencies of discovery differed largely between the two prey species. Hardly any predators were found with only apple rust mite esterase, whereas the majority of the predators were found to contain P.ulmi esterase. In 29% of the predators analysed we did not discover esterases of any of the two prey species.

The prey densities in the orchard varied from 1-220 P.ulmi stages (excluding eggs) and 1-2000 rust mites per leaf. Many combinations of prey densities existed on the leaves from which the predators were collected. Figure 2 shows the electrophoresis results grouped per density category combination. Each diagram in Figure 2 represents a minimum of 5 predators. This figure shows that only in the situation where 1-50 rust mites and 1-5 spider mite stages were present per leaf, predators were found that had only rust mite esterases in the gut. However, predators with esterases of both prey species were found even when 121-220 spider mites and more than 2000 rust mites were present per leaf, although the majority of predators contained only P.ulmi esterase.

Predators with exclusively rust mite esterase in their gut were only found on the last sampling day (September 15), when densities of both prey species were low. A combination of the two prey species in the gut was found throughout the sampling data.

Table 1: Discovery percentages of esterases in the guts of field collected T.pyri and A.finlandicus.

Predator	Esterase of				N
	Spider mite	Rust mite	Spider mite and Rust mite	Neither prey	
<u>T.pyri</u>	65	2	4	29	189
<u>A.finlandicus</u>	26	29	11	34	107

#### Amblyseius finlandicus.

A sample of predators from the sour cherry orchard in Wessem was observed to consist of A.finlandicus exclusively and no marked differences were found in electrophoretic patterns of the predators of this orchard. The rust mite that was present in this orchard was A.fockeui and shows only one esterase band, that differs from that of A.schlechtendali. This esterase band as well as two esterase bands of P.ulmi can be detected in A.finlandicus (Figure 3). Four characteristic esterase bands of A.finlandicus were observed (Afi 1,2,3 and 4, Figure 3).

The data in Table 1 show that rust mite esterase was detected more often in A.finlandicus than in T.pyri: 29% of A.finlandicus had rust-mite esterase in the gut and 26% spider-mite esterase. As in T.pyri about one third of the predators contained traces of neither of these two prey species. These data seem to correspond to Karg's (1972) suggestion that rust mites are a primary prey species for A.finlandicus.

However, as prey densities on the leaves sampled in the sour cherry orchard were much lower (1-40 active spider mite stages and 1-400 rust mites per leaf) than in the apple orchard the data in Table 1 cannot be compared for the two predator species. Figure 4 shows the results for A.finlandicus grouped into different prey density class combinations. Due to limited overlap the data of Figure 4 are difficult to compare with those obtained for T.pyri (Figure 2). However, when all data obtained in density classes 11-40 spider mites and 101-400 rust mites (data not shown in Figure 4 as less than 5 predators were present per category combination) are combined, of 7 A.finlandicus 3 individuals (43%) were found with only rust mite esterase and only 1 (14%) with only spider mite esterase, whereas 3 predators (43%) had both prey esterases in the gut. At these densities of 19 T.pyri analysed, not a single individual was found with rust mite esterase in the gut (Figure 2). As no data are present for A.finlandicus at higher prey densities no firm conclusions can be made on prey preference of this predator.

The results presented in this study show that electrophoresis can be a valuable tool in analysing diet composition of predatory mites in the field. However, in about one third of the predators analysed no prey traces could be visualized. The reason for this is unknown. Even under very high prey densities predators were found without detectable prey esterases in the gut. The chance that a predator did not encounter any prey item in 24 h before sampling under these high densities is negligible. Therefore other causes must be responsible for this.

The results of this study are in agreement with recent laboratory studies on prey preference in T.pyri in qualitative aspect (Dicke, Sabelis and Van de Berg, in prep.). The results obtained for A.finlandicus do not

contradict with suggestions in the literature that rust mites may be a primary prey species for A.finlandicus (Karg, 1972), but more work is needed on this predator to conclude on its prey preference. At present we are studying prey-location behaviour and reproductive success of T.pyri and A.finlandicus. It will be interesting to see whether electrophoresis data on prey preference obtained from field collected predators correspond to the data of laboratory studies.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank M.W.Sabelis for enthusiastic and stimulating discussions and both him and J.C. van Lenteren for critically reading the manuscript. A.Groeneveld is thanked for technical assistance and L.P.S. van der Geest for introduction in practical aspects of the electrophoretic method.

#### REFERENCES

- CHANT,D.A. (1959). Phytoseiid mites (Acarina:Phytoseiidae). Part II. A Taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of 38 new species. Can. Ent. 91, Suppl.12: 45-166.
- COLLYER,E. (1964). The effect of an alternative food supply on the relationship between two Typhlodromus species and Panonychus ulmi (Koch) (Acarina). Entomol. Exp. Appl. 7:120-124.
- DICKE,M. & GROENEVELD,A. (in press). Hierarchical structure in kairomone preference of the predatory mite Amblyseius potentillae: dietary component indispensable for diapause induction affects prey location behaviour. Ecol.Entomol. 11(1)
- EPENHUIJSEN,C.W. van (1981). Vruchtboomgalmijt, een niet te onderschatten plaag in de appelbomen. De Fruitteelt 71:238-241.
- GRUYS,P. (1979). Solved and unsolved problems of integrated control in apple orchards illustrated by examples from the Netherlands. In: Proc.Int.Symp.IOBC/WPRS on integrated control in agriculture and forestry. Vienna:359-364.
- GRUYS,P. (1982). Hits and misses, the ecological approach to pest control in orchards. Entomol. Exp. Appl. 31:70-87.
- KARG,W. (1972). Untersuchungen ueber die Korrelation zwischen dominierenden Raubmilbenarten und ihr moeglichen Beute in Apfelanlagen. Archiv fuer Pflanzenschutz 8:29-52.
- LISTER,A. (1984). Predation in an antarctic micro-arthropod community. Acarology VI Vol.2: 886-892.
- MURRAY,R.A. & SOLOMON,M.G. (1978). A rapid technique for analysing diets of invertebrate predators by electrophoresis. Ann. appl. Biol. 90: 7-10.
- OVERMEER,W.P.J. (in press). Alternative prey and other food resources. In: W.Helle and M.W.Sabelis (eds.): Spider mites and their control. Elseviers Amsterdam.

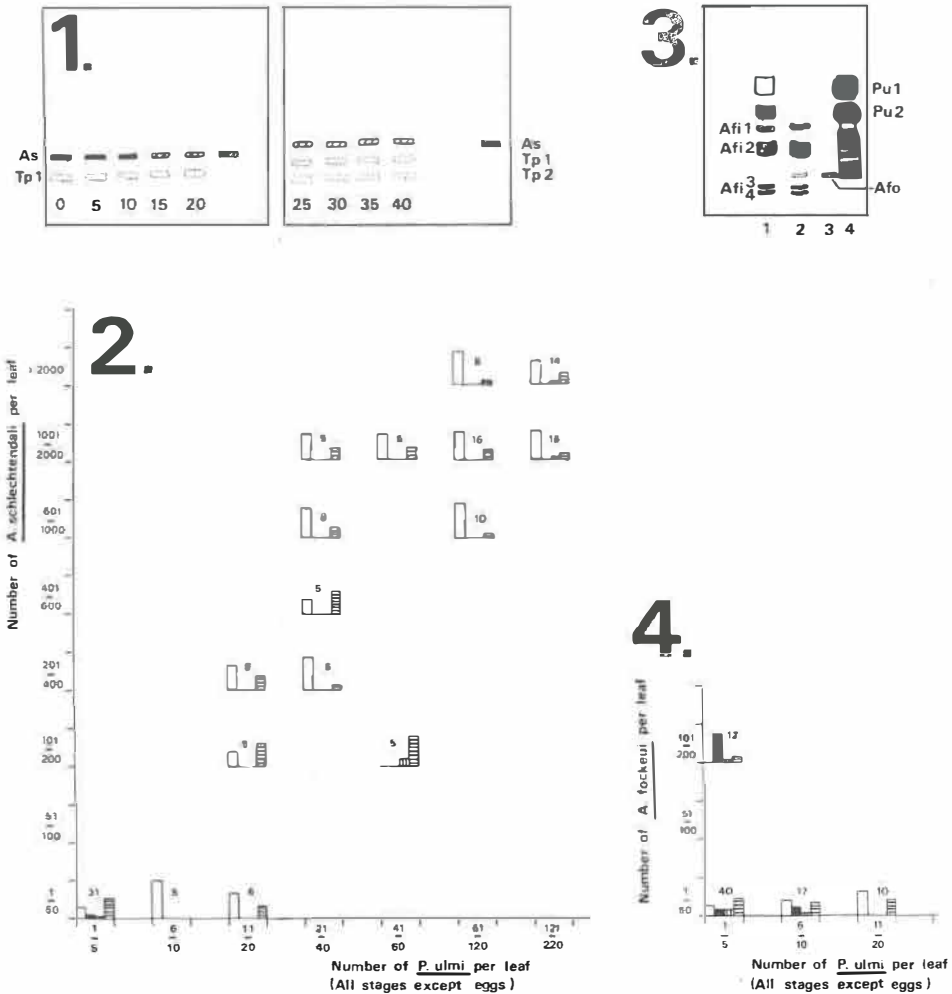


Figure 1: Electrophoretic patterns of *T.pyri* that were deprived of food after feeding on *A.schlechtendali* for 24 h. The numbers indicate the period of food deprivation in h. On each gel the right lane shows the electrophoretic pattern of 20-30 *A.schlechtendali*.  *Tp1* and  *Tp2* are esterases of *T.pyri*;  *As* is the esterase of *A.schlechtendali*.

Increasing intensity of esterase staining.

Figure 2: Diet analysis of *T.pyri*, classified per prey density combination. Percentage of predators with *P.ulmi* esterase ( ), *A.schlechtendali* esterase ( ), esterases of both prey species ( ) or no esterases of either prey species ( ) in the gut. Numbers indicate the number of predators analysed per prey density combination.

Figure 3: Electrophoretic pattern of *A.finlandicus* with *P.ulmi* esterase in the gut (lane 1), *A.finlandicus* with *A.fockeui* esterase in the gut (lane 2) or 20-30 *A.fockeui* (lane 3), one female *P.ulmi* (lane 4).  *Pu1* and  *Pu2*: characteristic esterases of *P.ulmi*.  *Afo*: esterase of *A.fockeui*.  *Afi1,2,3,4*: esterases of *A.finlandicus*.

Increasing intensity of esterase staining.

Figure 4: Diet analysis of *A.finlandicus*, classified per prey density combination. Percentage of predators with *P.ulmi* esterase ( ), *A.fockeui* esterase ( ), esterases of both prey species ( ) or no esterases of either prey species ( ) in the gut. Numbers indicate the number of predators analysed per prey density combination.

## LES TORDEUSES NUISIBLES AUX VERGERS DE L'EUROPE DE L'OUEST

H. AUDEMARD

INRA - Centre de Recherches agronomiques d'Avignon  
Station de Zoologie et d'Apidologie - F 84140 MONTFAVET

### Résumé

Notre récente enquête a montré que 10 espèces de Tortricidae sont des déprédateurs-clés pour la conduite d'une lute intégrée (Cydia pomonella, C. molesta, C. funebrana, C. pyrivora, Adoxophyes orana, Archips podana, Pandemis heparana, P. cerasana, Argyrotaenia pulchellana, Enormonia formosana) et que des changements de dominance peuvent se produire. Mais au niveau d'un verger, 1 à 3 espèces seulement ont cette position.

La biologie de ces Tortricidae et les méthodes de surveillance et de prévision des dégâts sont examinées : piégeage sexuel et contrôle visuel sont les plus répandues. Les prévisions semblent améliorables par des études sur le piégeage sexuel, des brochures de détermination, l'utilisation de matériel informatique.

Les seuils de tolérance économique évoluent avec les méthodes de lutte et de prévision. On a schématiquement 3 cas : pas de seuil et lutte obligatoire (confusion), seuils pour correction de la densité de population selon risque prévu à terme (R.C.I. pour Tordeuses de la pelure) ou risque immédiat classique.

### Summary

#### TORTRICID PESTS OF ORCHARDS IN WESTERN EUROPE

According to our recent inquiry 10 key-pests Tortricid species must be considered in integrated pest control programs in orchards (Cydia pomonella, C. molesta, C. funebrana, C. pyrivora, Adoxophyes orana, Archips podana, Pandemis heparana, P. cerasana, Argyrotaenia pulchellana, Enormonia formosana). But at the orchard level 1 to 3 species only answer this status.

Tortricid biology, sampling and forecasting methods are reviewed : trapping with sex pheromones and visual sampling are the most used. It seems that forecasting methods should be improved by : studies on sex-trapping with pheromone, identification booklets, utilization of data processing equipment.

Economic thresholds change with forecasting and control methods. Schematically we have 3 cases : no threshold with obligatory control (mating disruption method), threshold for a limitation of the population density in keeping with a middle-term forecasting of risk (I.G.R. for the summer tortrix moth) or classical short term forecasting of risk.

### Introduction

Les Tortricidae occupent souvent une place prépondérante dans l'organisation des systèmes de Protection intégrée des vergers. Mais si on recense beaucoup d'espèces nuisibles et potentiellement nuisibles leur importance relative, considérée par espèce fruitière varie régionalement, voir localement et peut évoluer dans le temps.

A partir des résultats d'une récente enquête, nous allons résumer la situation en Europe de l'Ouest et examiner les données biologiques et méthodologiques essentielles pour la conduite d'une lutte intégrée en verger.

### Classification et importance des principales espèces de Tortricidae

Nous avons classé (AUDEMARD, 1981) les Tortricidae nuisibles aux vergers (Pommier, Poirier, Pêcher, Prunier, Cerisier, Abricotier) en 5 groupes selon : la typologie caractéristique des attaques ou le régime alimentaire, le nombre annuel de périodes d'activité larvaire et le stade d'hivernation. En ce qui concerne le nom des espèces, nous nous sommes référés à la récente mise à jour de LERAUT (1980).

Nous avons, avec le précieux concours d'une trentaine de collègues, dont la liste figure in fine, établi l'importance relative des espèces dans plusieurs pays ou régions de l'Europe de l'Ouest en nous basant dans la mesure du possible sur la situation des vergers bénéficiant d'une "protection raisonnée". Selon la fréquence et l'intensité de la lutte chimique nécessaire pour maîtriser les Tordeuses nuisibles, en tenant compte des seuils de tolérance économique, nous avons schématiquement considéré 4 cas :

- a) déprédateur-clé = plusieurs traitements par an
- b) déprédateur-clé = 1 traitement obligatoire par an
- c) déprédateur occasionnel = 1 traitement tous les 2-3 ans ou plus
- d) déprédateur potentiel = pas de traitement nécessaire mais présence dans les vergers.

Les 27 espèces citées au Tableau I ont été observées dans au moins une des régions énumérées aux Tableaux II et III et parmi elles, 10 peuvent être des déprédateurs-clés. Ce sont : Cydia pomonella, C. molesta, C. funebrana, C. pyrivora, Adoxophyes orana, Archips podana, Pandemis heparana, P. cerasana, Argyrotaenia pulchellana, Enarmonia formosana. Il nous a paru utile d'y ajouter pour cette étude, une Gelechiidae : la Petite mineuse du pêcher (Anarsia lineatella) qui vit en complexe avec C. molesta.

Par ailleurs, les 8 espèces suivantes peuvent être des déprédateurs occasionnels : Archips rosana, A. xylosteana, A. crataegana, Spilonota ocellana, Hedya nubiferana, Choristoneura hebenstreitella, Cydia janthinana, Pammene rhediella.

D'autres espèces non citées au Tableau I (et non reprises dans les Tableaux II et III faute de place), ont causé des dégâts localisés : Choristoneura diversana sur cerisier en Autriche, Cacaecimorpha pronubana sur pommier en France (en Loire Atlantique), Syndemis musculana sur pommier aux Pays-Bas. Des attaques du type Tordeuses, dues à une Blastobasidae (Blastobasis decolorella) se sont localement développées sur pommier en Angleterre.

Au niveau de chaque espèce fruitière, les données numérique sont heureusement plus modestes, le pommier étant l'espèce la plus fréquentée, ce qui est conforme aux données antérieurement connues. Nous avons relevé : Pommier 17 espèces nuisibles (dont 6 déprédateurs-clés), Poirier 13 (8), Pêcher 7 (4), Prunier 11 (4) Cerisier 7 (2), Abricotier 4 (2).

Mais, dans un verger déterminé, il n'y a pratiquement que 1 à 3 espèces de Tordeuse qui occupent une position clé pour l'organisation d'une Protection intégrée. Il convient cependant d'être particulièrement vigilants car : des introductions malencontreuses d'espèces provenant d'autres continents ou pays sont toujours possibles, des Tortricidae comme C. molesta et C. pyrivora ont une aire en voie d'extension, des changements de faune ou de dominance entre espèces indigènes peuvent intervenir. C'est ainsi que dans le Haut Adige, en verger de pommiers, au cours des 20 dernières années, on a connu la dominance

Tableau I : CLASSIFICATION DES PRINCIPALES ESPECES DE  
TORTRICIDAE NUISIBLES AUX VERGERS (AUDEMARD, 1981) (1)

1 - TORDEUSES DES BOURGEONS

- une seule période d'activité larvaire
- hibernation à l'état d'oeuf

11 = *Archips rosana*\*, 12 = *A. xylosteana*\*, 13, *A. crataegana*,  
14 = *Acleris variegana*, 15 = *A. rhombana*\*, 16 = *Rhopobota unipunctata*

2 - TORDEUSES DE LA PELURE

- plusieurs périodes d'activité larvaire
- hibernation à l'état de larve

21 = *Archips podana*\*, 22 = *Adoxophyes orana*\*, 23 = *Pandemis heparana*\*,  
24 = *P. cerasana*\*, 25 = *P. dumetana*, 27 = *Spilonota ocellana*\*,  
28 = *Hedya nubiferana*\*, 29 = *Choristoneura hebenstreitella*\*,  
210 = *Clepsis unifasciana*\*, 211 = *Batodes angustiorana*,  
212 = *Epiphyas posvittana*, 213 = *Pandemis corylana*, 214 = *Ptychotoma lecheana*\*

- hibernation à l'état de nymphe
- 26 = *Argyrotaenia pulchellana*\*

3 - TORDEUSES EXCLUSIVEMENT CARPOPHAGES

- une à plusieurs périodes d'activité larvaire
- hibernation à l'état de larve du dernier stade

31 = *Cydia pomonella*\*, 32 = *C. funebrana*\*  
33 = *C. janthinana*\*, 34 = *Pammene rhediella*\*  
35 = *C. pyrivora*

4 - TORDEUSES DES POUSSES ET DES FRUITS

- plusieurs périodes d'activité larvaire
- hibernation à l'état de larve du dernier stade

41 = *Cydia molesta*\* (2)

5 - TORDEUSE XYLOPHAGE

- une ou deux périodes d'activité larvaire
- hibernation à l'état de larves de divers stades

51 = *Enarmonia formosana*\*

---

(1) Les chiffres références des espèces sont repris dans les Tableaux II, III

(2) 42 = *Anarsia lineatella* (Gelechiidae) vit en complexe avec *C. molesta*

\* Espèces pour lesquelles la phéromone sexuelle est connue

Tableau II : IMPORTANCE DES TORTRICIDAE DANS LES VERGERS DE L'EUROPE DE L'OUEST

PAYS	POMMIER		POIRIER	
	DEPREDATEUR (1) (2)		DEPREDATEUR (1) (2)	
	Clé	Occasionnel	Clé	Occasionnel
<b>Allemagne Fédérale</b>	● ■ ▼ N.Baden	11,12,13,22, 23,27,28,29, 51,21 (Lac Constance)	● Vallée Rhin surtout	
<b>Angleterre</b>	● ◆ ■ Kent	11,23,24,27, 28,34	● ◆ ■ Kent	11,22,27, 28,51
<b>Autriche</b>	●	22,27,28,21 Styrie Oberostern	35 est,sud	27,31
<b>Belgique</b>	● ■	11,51	● ■	11
<b>Espagne</b>				
Aragon, Catalogne	● ▼	11	●	11,23 Catalogne
Estramadure	●	11	●	11
Autres régions	●	11,22	●	11,22
<b>France</b>				
Nord-Paris Est	● ■	11,21,22, 23,27	●	
Pays-Loire,- Centre	● ■	21,22,27,33	● ■	22,214
Vallée Garonne	● ■	21,23,26	● ■ ★	41
Rhône-Alpes	● ■	11,27,28	●	11,22
Provence- Languedoc	● ▼ ▲	11,21,27,28	● ▼	41
<b>Grèce</b>	●			
<b>Italie</b>				
Piemont	●	21,23,26	●	
Lombardie	●	11,21,22,23, 24,26		
Haut- Adige	■ ◆ ● ▼			
Veneto	● ■ ◆ ▲		● ◆ ▲	
Emilie Romagne	● * ◆	26	● * ◆	26
<b>Pays-Bas</b>	● ■ ◆ 11 Polder NW nouveau	11,21,23,24, 27,28,34,51	■ ●	11,21,23,24, 27,28,34
<b>Portugal</b>	●		●	
<b>Suisse</b>				
Alemanique Romande	● ■	11,23,34	●	11,22,23
	● ■	11	● ■	

(1) ● C. pomonella, ■ A. orana, ▲ A. pulchellana, ▼ P. heparana,  
\* P. cerasana, ★ C. molesta, ◆ A. podana, 35 = Cydia pyrivora.

(2) Chiffres correspondant aux espèces du Tableau I.



Tableau III : IMPORTANCE DES TORTRICIDAE DANS LES VERGERS DE L'EUROPE DE L'OUEST

PAYS	PECHER		PRUNIER		CERISIER		ABRICOTIER	
	DEPREDATEUR (1) (2)							
	Clé	Occas.	Clé	Occas.	Clé	Occas.	Clé	Occas.
<b>Allemagne</b> <b>Fédérale</b>			●	27,28 51	▼	11,27 N.Baden		
<b>Angleterre</b>			◆	22,51	◆	22,51		
<b>Autriche</b>		41,42 est,sud	●	27,31 42		C.diver- sana		
<b>Belgique</b>			● local			27,51		
<b>Espagne</b> Aragon	* ★		●	22			*	
Catalogne								
Levante								
Estramadure	*		*					
Autres régions	*		●	22			*	
<b>France</b> Nord	*		●			22,27		
Sud	★ *	21,22 27	● ■ SW	22,27		12,27	*	31,41
<b>Grèce</b>	★ *			11		11	★ *	11
<b>Italie</b> Piemont	★ *	23	●					
Veneto	★ ■ ▲						★	
Emilie	★ *		●				★ *	
Romagne								
<b>Pays Bas</b>			●	32 Zeeland				
<b>Portugal</b> Centre sud		42						
Açores	★							
<b>Suisse</b> Alemannique			●					
Romande			●					42

(1) ★ *C. molesta*, ● *C. funebrana*, \* *Anarsia lineatella*, ◆ *A. podana*, ▲ *A. pulchellana*, ▼ *Enarmonia formosana*, ■ *A. orana*.

(2) Chiffres correspondant aux espèces du Tableau I.

Tableau IV : BIOLOGIE DES TORDEUSES NUISIBLES AUX VERGERS - SURVEILLANCE ET PREVISION DU RISQUE

Espèce	Nombre de <sup>(1)</sup> génération en Europe-ouest		Période de vol <sup>(2)</sup> 1ère 2ème/3ème		Nombre période activité <sup>(2)</sup> larvaire		Méthodes de surveillance - Prévision du risque <sup>(4)</sup>					
	nord	sud	nord	sud	nord	sud	Piégeage sexuel	Contrôle visuel	Battage frappage	Bandes pièges	Estimation récolte	Somme degrés jours
Archips rosana	1	1	VIIb-VII	Vb-VIa	1	1	+	0	0			
Archips podana	1/2	2	VI-VII/ VIIIb-IX	Vc-VIIb VIII-IX	2/3	2	0	0	0			+
Adoxophyes orana	2	2/3	Vb-VIIa VIII-Xa	Vb-XI VIIc-IX/Xa	3	3/4	0	0	0			+
Pandemis heparana	2	2/3	VI-VII VIII-IX	Vb-VIa VIIc-IX/Xa	3	3/4	0	0	0			+
Pandemis cerfasana	2	2	VIb-VII VIII-IXb	V-IX VIIb-IXb	3	3	0	0	0			
Spilonota ocellana	1	1	VIb-VIIIb	Vb-VII	2	2	+	0	0			
Argyrotaenia pulchellana	2	3	IV-Vb VIc-VIII	III-IV VI-VII VIII-Xa	2	3	0	0				
Cydia pomonella	1/2	2/3	Vb-VII VIII-IXb	IVc-VIIa VIIb-IXb/ VIIIb-IXc	1/2	2/3	0	0		0	0	+
Cydia funebrana	2	2/3	V-VI VII-VIII	IVc-VIb VIc-VIII VIIc-IXb	2	2/3	+	0			0	
Cydia molesta	2/4	4/5	IVc-Xa continu	IIIc-Xb continu	2/4	4/5	0	0				
Anarsia lineatella (3)	2	2/3	VI-VII VIII-IX	V-VI VII-VIII IX-Xa	3	3/4	0	0				
Enormonia formosana	1	1	Vb-VII		2	1/2	+	+				

(1) Limite approximative 46ème parallèle ; (2) Mois = en chiffres romains, a,b,c, = décades ; (3) Gelechidae vit en complexe avec Cydia molesta ;

(4) Seuil de tolérance : 0 = 1 pays 0 = plusieurs pays + = pas de seuil

de Cydia pomonella puis celle de Adoxophyes orana et Archips podana et maintenant Pandemis heparana dans certains vergers et par ailleurs C. pomonella reprend localement de l'importance (OBERHOFER, communication personnelle). A cela, il faut ajouter l'influence de l'évolution des méthodes de lutte.

### Biologie et dynamique des populations

Les possibilités de multiplication des Tortricidae en verger sont plus importantes dans le sud que dans le nord pour d'évidentes raisons climatiques. Toutefois, le voltinisme doit être examiné en tenant compte : d'une part du caractère facultatif ou partiel de certaines générations, d'autre part du cycle évolutif, car le nombre de périodes d'activité larvaire et le stade d'hivernation conditionnent largement la nuisibilité (Tableaux I et IV).

Les périodes de vol des adultes sont mieux connues (Tableau IV) surtout grâce au piégeage sexuel, possible pour 19 espèces (Tableau I). Elles varient pour chacune d'entre elles selon les régions et les densités de population du verger surveillé. Lorsque la population est faible, par exemple à la suite d'une lutte chimique, le vol tend à être plus court, cependant les premiers papillons des différentes espèces de Tortricidae apparaissent presque toujours dans le même ordre chronologique. Les décalages entre le développement phénologique des arbres et celui des espèces de Tortricidae peuvent introduire de grandes variations interannuelles et interrégionales dans les périodes de nuisibilité larvaire.

D'une manière générale, les Tortricidae présentent une certaine polyphagie qui traduit leurs facultés d'adaptation. De ce point de vue, l'environnement végétal du verger peut jouer un rôle multiple et insuffisamment connu ; positif (compétiteur, zone refuge pour la faune utile) ou négatif (réservoir de l'espèce).

La dynamique des populations de Tortricidae est influencée par des facteurs interdépendants, que nous avons classés dans le cas du groupe des Tordeuses de la pelure en 7 catégories : climat, comportement des adultes, potentialité de l'espèce, qualité nutritive du végétal hôte, environnement au verger, biocénose, interventions humaines. Les études dans ce domaine doivent s'efforcer de mettre en évidence les facteurs-clés qui conditionnent le devenir des populations.

### Méthodes de surveillance et de prévision des risques - Seuils de tolérance économique

On dispose de 4 méthodes de surveillance des Tortricidae : le piégeage avec des phéromones sexuelles de synthèse, le contrôle visuel, le frappage (ou le battage) et les bandes-pièges. Nous avons résumé dans le tableau IV leur utilisation pour les 11 espèces de déprédateurs clés et occasionnels les plus répandus ainsi que pour Anarsia lineatella.

Toutes ces méthodes ont leurs avantages et leurs limites :

- Le piégeage sexuel est une méthode de surveillance des adultes mâles, d'une sensibilité remarquable qui peut permettre de mieux situer dans le temps des observations complémentaires. Pour toutes les espèces, la prévision négative (pas de capture = pas de risque) est évidemment utilisable. Des interprétations quantitatives sont possibles, généralement sur la base des captures cumulées de 1 à 2 semaines et utilisées pour prévoir le risque dans plusieurs pays avec des seuils différents pour Adoxophyes orana et Cydia pomonella en verger de pommiers. Pour cette dernière espèce, la lutte peut même être raisonnée à partir des captures et des données climatiques et dans le cas du poirier en tenant compte de l'évolution de la sensibilité variétale des fruits aux attaques dans le sud de la France. On a pu mettre au point des seuils pour Archips podana (30 captures/semaine) en Angleterre, Pandemis heparana (50 captures cumulées) jusqu'aux premières éclosions larvaires dans le sud de la France, Pandemis cerasana

Tableau IV : BIOLOGIE DES TORDEUSES NUISIBLES AUX VERGERS - SURVEILLANCE ET PREVISION DU RISQUE

Espèce	Nombre de (1) générations en Europe-ouest		Période de vol (2) 1ère 2ème/3ème		Nombre période activité (2) larvaire		Méthodes de surveillance - Prévision du risque (4)					
	nord	sud	nord	sud	nord	sud	Piégeage sexuel	Contrôle visuel	Battage frappage	Bandes pièges	Estimation récolte	Somme degrés jours
<i>Archips rosana</i>	1	1	VIIb-VII	Vb-VIa	1	1	+	●	0			
<i>Archips podana</i>	1/2	2	VI-VII/ VIIIb-IX	Vc-VIIb VIII-IX	2/3	2	0	●	0			+
<i>Adoxophyes orana</i>	2	2/3	Vb-VIIa VIII-Xa	Vb-XI VIIc-IX/Xa	3	3/4	●	●	0			+
<i>Pandemis heparana</i>	2	2/3	VI-VII VIII-IX	Vb-VIa VIIc-IX/Xa	3	3/4	0	●	0			+
<i>Pandemis cerasana</i>	2	2	VIb-VII VIII-IXb	V-IX VIIb-IXb	3	3	0	●	0			
<i>Spilonota ocellana</i>	1	1	VIb-VIIIb	Vb-VII	2	2	+	●	0			
<i>Argyrotaenia pulchellana</i>	2	3	IV-Vb VIc-VIII	III-I' <sup>1</sup> VI-VII VIII-Xa	2	3	0	●				
<i>Cydia pomonella</i>	1/2	2/3	Vb-VII VIII-IXb	IVc-VIIa VIIb-IXb/ VIIIb-IXc	1/2	2/3	●	●		●	●	+
<i>Cydia funebrana</i>	2	2/3	V-VI VII-VIII	IVc-VIb VIc-VIII VIIc-IXb	2	2/3	+	●			●	
<i>Cydia molesta</i>	2/4	4/5	IVc-Xa continu	IIIc-Xb continu	2/4	4/5	0	●				
<i>Anarsia lineatella</i> (3)	2	2/3	VI-VII VIII-IX	V-VI VII-VIII IX-Xa	3	3/4	0	●				
<i>Enormonia formosana</i>	1	1	Vb-VII		2	1/2	+	+				

(1) Limite approximative 46ème parallèle ; (2) Mois = en chiffres romains, a,b,c, = décades ; (3) Gelechidae vit en complexe avec *Cydia molesta* ;  
 (4) Seuil de tolérance : 0 = 1 pays ● = plusieurs pays + = pas de seuil

(10 captures piège/semaine) en Italie, Emilie-Romagne, Argyrotaenia pulchellana (15 captures/semaine) en Italie, Veneto, Cydia molesta (20 captures/semaine) et Anarsia lineatella (10 captures/semaine) en Italie, Piemont.

Malgré l'influence de tous les facteurs susceptibles de faire varier le rendement des pièges et des difficultés pour relier captures et dégâts, il semble qu'un effort devrait être fait pour mieux valoriser cet outil.

Le piège sexuel peut capturer des adultes de Tordeuses provenant d'autres plantes-hôtes des vergers ou d'autres biotopes, il ne réflète donc pas obligatoirement la situation du verger. Cela est très net dans le cas d'Argyrotaenia pulchellana dans le sud de la France et en Emilie Romagne. Les phéromones sexuelles de synthèse ne sont pas toujours suffisamment spécifiques d'où un risque de confusion d'espèces ou un travail excessif de nettoyage des pièges.

- Le contrôle visuel est la méthode de base la plus répandue et depuis son origine (BAGGIOLINI, 1965), son application a fait de grands progrès (BAGGIOLINI et al, 1980 ; FRANKENHUIZEN et GRUYS, 1983), notamment grâce aux études biométriques des plans de sondage, qui devraient être poursuivies. Des seuils de tolérance ont été établis pour la plupart des espèces de Tortricidae. Ils varient selon l'espèce fruitière considérée, l'époque de l'année et la région et, bien sur, les conditions économiques.

L'échantillonnage des oeufs, souvent difficile, est pratiqué en hiver pour Archips rosana et en saison pour Cydia funebrana, C. pyrivora dont les oeufs rouges sont facilement repérables sur les poires et parfois Adoxophyes orana.

L'échantillonnage des larves est direct ou indirect lorsqu'on observe seulement les dommages, ce qui est le cas pour les espèces endophytes des groupes 3, 4, 5 (Tableau I). Les difficultés viennent surtout des problèmes d'identification particulièrement des larves jeunes. C'est à cause de cela que dans la période qui précède la floraison, les décisions d'interventions et le choix des produits ne sont pas toujours judicieux.

Des brochures récentes et bien illustrées devraient être d'un précieux secours pour les observateurs (DE JONG et BEEKE, 1982 ; FRANKENHUIZEN et GRUYS, op. cité ; CHAMBON et al, 1985).

Lorsque le seuil de tolérance est très bas, on doit augmenter la dimension des échantillons de manière souvent excessive, tel est le cas pour Pandemis heparana et pour Adoxophyes orana. Des solutions peuvent être apportées ; soit en se basant pour estimer le risque au printemps, sur le niveau des attaques apprécié à la récolte l'année précédente, soit en pratiquant un échantillonnage séquentiel.

- Le frappeage, étudié par STEINER (1962), ou le battage (FAUVEL, RAMBIER, BALDŪQUE, 1981) sont des méthodes d'une mise en oeuvre rapide en verger, mais plus longue au niveau du tri et nécessitant de bonnes connaissances faunistiques. La reconnaissance des larves des Tortricidae se heurte aux difficultés précédemment évoquées. La pratique de ces méthodes est entravée par la pluie et le vent violent. Dans le cas du verger de poirier, les chutes de fruit limitent leur utilisation.

Des seuils de tolérance ont cependant été définis en Allemagne fédérale pour le battage. Ils concernent 6 espèces du Tableau IV en verger de pommiers (NATON et STEINER, 1980).

- Les bandes-pièges ne sont vraiment efficaces que pour Cydia pomonella et des seuils de tolérance basés sur les captures de larves et de nymphes sont utilisées en Suisse romande et en France. La prévision du risque doit aussi tenir compte de la charge des arbres en fruits.

- Les méthodes de sommation thermique (dites des degrés/jours) peuvent contribuer à la prévision du risque. Elles sont à la base des modèles de simulation et de prévision de la phénologie et de la dynamique des populations de certaines Tordeuses qui sont étudiés aux U.S.A. et en Europe. Les progrès dans le domaine de l'informatique devraient conduire à une plus grande utilisation de ces méthodes comme aide à la décision, grâce également aux appareils de saisie portables.

Il y a un étroite interdépendance entre les méthodes de surveillance et de prévision du risque, les méthodes de lutte et les seuils de tolérance économique, qui ont un caractère essentiellement évolutif. On peut considérer schématiquement 3 cas :

- pas de seuil et lutte obligatoire. Tel est le cas pour la lutte par confusion sexuelle des mâles de Cydia pomonella, de C. molesta et d'Adoxophyes orana, de la régulation de base des populations de Cydia pomonella.

- seuil pour la correction de la densité de la population pour un risque prévu à moyen terme. Par exemple, lorsqu'on utilise le R.C.I. fenoxycarb contre les Tordeuses de la pelure, Adoxophyes orana et Pandemis heparana ou une lutte chimique précoce contre Cydia molesta. On parle souvent improprement de seuil d'intervention alors que la définition de STERN (1966) ne stipule pas de délai pour l'accroissement de la population entre le seuil de tolérance et le seuil de dommage économique.

- seuil pour un risque immédiat classique dans le cadre d'une lutte chimique raisonnée.

Si on applique des méthodes de lutte biologiques, comme les lâchers de Trichogrammes, il faudra étudier des seuils spécifiques.

## Conclusions

Les connaissances sur les Tortricidae nuisibles aux vergers ont fait de grands progrès ces dernières années de même que les méthodes de surveillance et de prévision du risque de dégâts.

Mais les situations étant très variables d'une région à l'autre et parfois entre les vergers d'une même région, il est essentiel que les expériences acquises soient largement divulguées.

L'évolution des systèmes de Protection intégrée, notamment l'utilisation de méthodes de lutte sélectives ou spécifiques contre les Tortricidae, risque d'entraîner une évolution du complexe des espèces et des changements de dominance qu'il convient de déceler précocement par une surveillance vigilante des vergers.

## Références

1. AUDEMARD H., 1981. - Les Tordeuses des arbres fruitiers. Arboric. fruit., 325, 33-42.
2. BAGGIOLINI M., 1965. - Méthode de contrôle visuel des infestations d'arthropodes ravageurs du pommier. Entomophaga, 10, 221-229
3. BAGGIOLINI M., KELLER E., MILAIRE H.G., STEINER M., 1980. - Contrôle visuel en verger de pommiers. OILB/SROP Broch. n° 2, 3ème ed., 100 p.
4. CHAMBon J.P., AUDEMARD H., COUTIN R., FREROT B., GUILBOT R., MILAIRE H.G., 1985. - Les Tordeuses nuisibles en arboriculture fruitière. Pub. I.N.R.A. "sous presse".
5. DE JONG D.J., BEEKE H., 1982. - Bladrollers in appel en pere boomgaarden. Ed. Proefstation voor de fruittleet - Wilheminandorp (GOES), 218 p.

6. FAUVEL G., RAMBIER A., BALDUQUE-MARTIN A., 1981. - La technique du battage pour la surveillance des ravageurs en culture fruitière et florale. Agronomie, 1 (2) : 105-113.
7. FRANKENHUIZEN Van A., GRUYS P., 1983. - Verantwoorde De Strijding van ziekten en plagen op appel en peer (Supervised control of diseases and pests on apple and pear). Plantenziektenkundige Dienst. Wageningen 4e duik., 128 p.
8. LERAUT P., 1980. - Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique et Corse. Supplément Alexanor et Bull. Soc. Entomol. France, Paris, 334 p.
9. NATON F., STEINER H., 1980. - Die Klopfmethode in Apfleienlagen OILB/SROP. Helt n° 4 - 2 Auflage, 1980.
10. STEINER H., 1962. - Methoden zur untersuchung der population dynamik in Obstenlagen. Entomophaga, 7, 207-214.
11. STERN V.M., 1966. - Significance of the economic threshold in integrated pest control. Proceed. FAO Symp. on Integrated pest control (11-15 october 1985 - Rome), 2, 41-56.

#### Liste des participants à l'enquête

Allemagne Fédérale	DICKLER, GALLI
Angleterre	CROSS, SOLOMON
Autriche	FISHER-COLBRIE
Belgique	VANWESTWINCKEL
Espagne	ARIAS, ESTEBAN-DURAN, NIETO, SAMPAYO
France	BLAISINGER, GENDRIER, GEOFFRION, FAUDRIN
Grèce	YAMRIAS
Italie	BAIOCCHI, BRIOLINI, CAPORALE, LOZZIA, MORI, OBERHOFER, SUSS, UGOLINI
Pays-Bas	BLOMMERS, BEEKE, WOETS
Portugal	MAGALHES SILVA
Suisse	CHARMILLOT, MANI, WILDBOLZ.

Nous leur exprimons notre vive gratitude.

THE ROLE OF PREDATOR BUGS /HETEROPTERA/ IN DECREASING THE  
ABUNDANCE OF HARMFUL LEPIDOPTEROUS LARVAE IN APPLE PLANTATIONS\*

VERA RÁCZ

Plant Protection Institute of Hungarian  
Academy of Sciences

Summary

Since the begin in 1976 of the agro-ecosystem research project there have been 186 bug species established in apple plantations of various types. In orchards, regularly receiving insecticidal treatments, both the phytophagous and predatory heteropterous populations were absent, therefore their beneficial activity was not experienced. For this reason, a survey for the occurrence of species, as well as for their activity has been carried out in orchards where insecticide treatments have not been applied. It was established that the following species were present:

*Deraeocoris ruber* L., *D. olivaceus* F., *D. trifasciatus* L., *Phytocoris* sp., *Himacerus apterus* F., *Aptus mirmicoides* Costa, and that they might play a significant role by preying upon harmful geometrid and tortricid larvae, as well as other caterpillars. *Deraeocoris* and *Himacerus* species proved to be especially important, as they occurred in the highest densities among the predatory bugs. In laboratory rearings, during their approximately one month developmental period *Himacerus apterus* consumed, on an average, 20 lepidopterous larvae and by *Deraeocoris* species a similar number of larvae /15/ was destroyed.

1.1 Introduction

The agro-ecological studies aimed to establish the place and role of beneficial and harmful arthropod populations in Hungarian apple plantations were commenced in 1976 in the Plant Protection Institute of the Hung. Acad. of Sciences /Jermy, 1977, 1979/.

Within the framework of this study we investigated the role of Heteroptera, especially that of the predatory species, because the phytophagous ones do not seemed to have a predominant role in Hungary.

Six types of orchards were regularly surveyed:

1. scattered, abandoned orchard, 2. house orchard, 3. traditional farming scale orchard, 4. intensively treated large-scale orchard, 5-6. farming scale orchard near to an oak forest, half of the plantation untreated.

\* Apple Ecosystem Research No. 54



The surveys were carried out with different methods:  
1. beating, 2. shoots investigation, 3. light trapping, 4. sweeping of weed underbrush, 5. pitfall trapping, 6. use of sticky belts on tree trunks.

## 1.2 Results

In the apple orchard types listed above the occurrence of 186 Heteroptera species was demonstrated in the period 1976-1980 /Mészáros et al., 1984/.

The species number and individual density of predatory bugs /Tables 1 and 2/ was the highest in the orchard bordering on an oak forest. The results support the data of Solomon /1983/.

It was found rather regrettable that in orchards intensively /Tables 1 and 2, columns 2, 3, 4/ or moderately treated with insecticides /Tables 1 and 2, columns 6/ the number of predatory bugs markedly decreased /Rász, in press/.

In spite of the polyphagous habits of most species concerned, the individual species usually show some preference for certain prey animals /Niemczyk, 1965; Korcz, 1970; Solomon 1975; Niemczyk and Olszak, 1975/. So the larger *Deraeocoris* species, *Phytocoris* spp., *Himacerus apterus*, *Aptus mirmicoides* feed in the spring predominantly on larvae of Lepidoptera, later on aphids and other arthropods. The individual number of these species showed in 1981-1984 direct relationships with those of caterpillars /Table 3/. The latter were mostly larvae of geometrids and tortricids, however also other species occurred to 1-5% /Balázs, in press; Mészáros and Balázs, 1980; Mészáros, personal communication/. The curves of numbers of lepidopteran larva and of predatory bugs in 1981-1984 are shown in Fig. 1.

The feeding studies in laboratory rearings are of preliminary nature /Table 4/. The *Deraeocoris* species consumed 15 larvae, *Himacerus apterus* about 20 larvae in the average in course of 29 days, although the larval developmental time of these bugs is longer.

## REFERENCES

1. BALAZS, K. /in press/(1983). Rol parazitov razlicnih vidov mikrolepidoptera v jablonjevih nasazsgyenyijah. /Symp. IOBC/EPS, Moszkva, dec. 5-9/.
2. JERMY, I. (1977). A szárazföldi ökoszisztémák hazai kutatásának néhány kérdése. MTA Biol. Oszt. Közl. 20. p. 447-458.
3. JERMY, I. (1979). Some questions of research on agro-ecosystems. Allattani Közl., 66. p. 87-92.
4. KORCZ, A. (1970). Pluskwiakidrapieżne z rzedu różnokrzydłych /Heteroptera/ w sadach i ich rola w zwalczaniu przedziorków /Tetranychidae Donn./. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin Poznan 12/2. p. 3-77.
5. MESZAROS, Z. /redigit/ et al. (1984). Results of Faunistical and Floristical Studies in Hungarian. Apple Orchards /Apple Ecosystem Research No. 26/. Acta Phytopath. Acad. Scient. Hung. 19/1-2/. p. 91-176.
6. MESZAROS, Z. and BALAZS, K. (1980). Einfluss des Waldes als Umwelt auf die Macrolepidopterenfauna einer Apfelanlage /Ökosystemforschungen des Apfels, No. 7/. Acta Musei Reginaehradecensis S.A. supplementum, p. 226-228.
7. NIEMCZYK, E. (1965). Predators of aphids, associated with apple orchards. In: Ecology of Aphidophagous Insects. Symp. CSAV. Akademia, Praha.

8. NIEMCZIK, E. and OLSZAK, R. (1975). Występowanie owadów drapieżnych w sadach jabłoniowych w wyrzyskim in sandomierskim rejonie sadownieczym. Prace Instytutu Sadownictwa Seria A, 19 /6/, p. 129-135.
9. RACZ, V. /in press/ (1982). Vlijányie peszticidov na populjacii poluzseszthokrilih vidov, obitajuscich v razlicsnih tyipah jablonyevih naszazsgyenyij Vengrii. Symp. SZEVI, KOC, Poznan.
10. SOLOMON, M.G. (1975). The colonization of an apple orchard by predators of the fruit tree red spider mite. Ann. appl. Biol. 80, p. 119-122.
11. SOLOMON, M.G. (1983). Windbreaks as a source of orchard pests and predators. In: Pests, Pathogens and Vegetation /Edited by J.M. Thresh/.

Fig. 1  
Number of Heteroptera and lepidopterous larvae found by surveys on individual apple trees in an untreated orchard during 1981-84 /County Pest, Hungary/

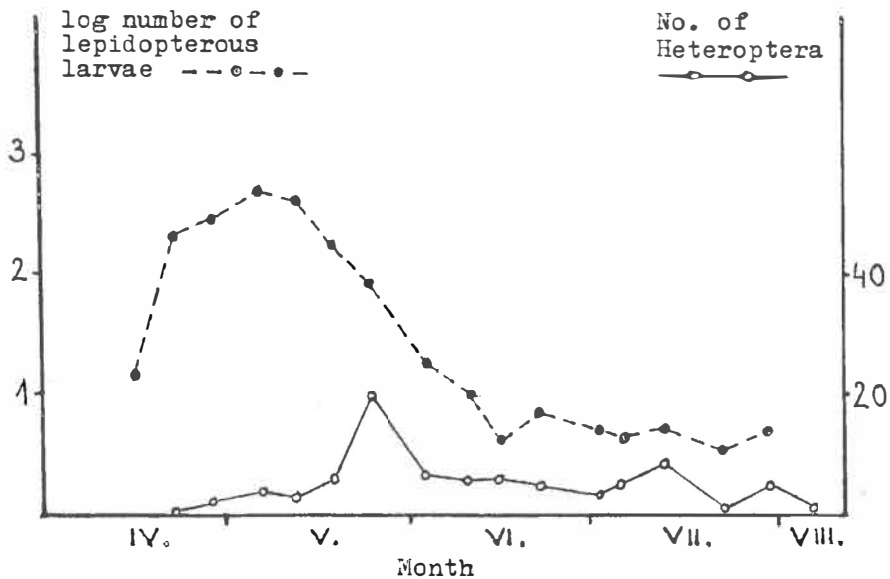


Table 1. Distribution of Heteroptera collected by beating in apple orchards of different management type in 1976-81/Hungary/

Species	County Szabolcs-Szatmár				County rest		Total No.	%
	1	2	3	4	5	6		
Atractotomus mali					177	23	200	29,0
Himacerus apterus					159	29	188	27,2
Deraeocoris spp.			1		76	36	113	16,3
Orius spp.					46	35	81	11,7
Phytocoris spp.	1				38	11	50	7,1
Pilophorus perplexus					25	3	28	4,1
Nabis spp.	1	1	2		5	10	19	2,7
Anthocoris spp.					5	3	8	1,2
Aptus mirmicoides					4		4	0,6
Picromerus bidens	1						1	0,1
Total No.	3	1	3		535	150	692	
%	0,4	0,1	0,4		77,4	21,7		100,0

Table 2. Distribution of Heteroptera collected by surveys on individual apple trees in orchards of different management type in 1976-81 /Hungary/

Species	County Szabolcs-Szatmár				County rest		Total No.	%
	1	2	3	4	5	6		
Atractotomus mali					211	10	221	42,0
Orius spp.	4	6	1	1	114	57	183	34,8
Deraeocoris spp.	5	1			48	19	73	13,9
Himacerus apterus					29	6	35	6,6
Anthocoris spp.					6		6	1,1
Phytocoris spp.					3		3	0,6
Pilophorus perplexus					2		2	0,4
Nabis spp.			1		1		2	0,4
Aptus mirmicoides					1		1	0,2
Total No.	9	7	2	1	415	92	526	
%	1,7	1,3	0,4	0,2	78,9	17,5		100,0

1= Bóskút - Scattered

2= Füzesbokor - mouse orchard

3= Újfehértó - traditional orchard

4= Ilona tanya - Scale intensive

5= Nagykovácsi, Julia major  
- untreated6= Nagykovácsi, Julia major  
- treated

Table 3. Number of heteroptera species and lepidopterous larvae found by surveys on individual apple trees in an untreated orchard during 1981-84 /County Pest, Hungary/

Predatory species	Year	Total number of	
		Heteroptera	Lepidopterous larvae
<i>Deraeocoris ruber</i> /L./	1981	38	1050
<i>D.olivaceus</i> /F./			
<i>D.trifasciatus</i> /L./			
<i>Himacerus apterus</i> /F./	1982	19	400
<i>Phytocoris reuteri</i> Saund	1985	18	266
<i>Ph. ulmi</i> /L./			
<i>Aptus mimicoides</i> Costa	1984	8	97
<i>Pilophorus perplexus</i> /D.Sc./			

Table 4. Mean number of lepidopterous larvae consumed by predatory heteropterous developmental stages in laboratory /no S.D or S.E. are given as the data are preliminary only/

Species	No. of heteropterous larvae	Days	No. of lepidopterous larvae consumed
<i>Deraeocoris</i> sp.	5	28,8	14,90
<i>Himacerus apterus</i> /F./	6	28,8	19,98

LE ROLE DES HETEROPTERES PREDATEURS DANS LA DECIMATION DES  
GEOMETRES ET TORTRICIDES HABITANT DANS LES POMMERATES  
HONGROIS

VERA RACZ

Institut de Recherche de Protection des Plantes de l'Académie  
des Sciences Hongrois

RESUME

Au cours des investigations agro-écologiques commencées a 1976 en Hongrie, 186 espèces des punaises ont été démontrées dans les pommeraies appartenant des types différents. Dans les vergers systématiquement traités des insecticides les espèces prédateurs et phytophages sont pratiquement disparues; c'est pourquoi l'activité zoophagique des espèces *Deraeocoris ruber* L., *D. olivaceus* F., *D. trifasciatus* sp., *Himacerus apterus* F. et *Aptus mirmicoides* Coste a été étudié dans les vergers non traités. A la base des résultats les hétéroptères prédateurs peuvent avoir un rôle considérable dans la décimation des chenilles des géomètres, tortricides et autres lépidoptères ravageurs en particulier les espèces *Deraeocoris* et *Himacerus* occurrant dans les densités de la population les plus élevées. Parmi des hétéroptères prédateurs se développant pendant un mois environ dans les élevages, les individus de *Himacerus apterus* ont consommé 20 chenilles, les espèces *Deraeocoris* ont détruit 15 chenilles en moyenne.

# DIE PARASITIERUNGSVERHÄLTNISSSE DER MICROLEPIDOPTEREN-ARTEN

## IN VERSCHIEDENEN APFELANLAGEN VON UNGARN\*

KLÁRA BALÁZS

Forschungsinstitut für Pflanzenschutz  
der Ungarischen Akademie der Wissenschaften

### Zusammenfassung

Im Rahmen der Agroökosystemforschungen, die in unserem Institut fortgesetzt werden, wurde die Fauna der verschiedenen Apfelanlagen untersucht. Im Laufe der Aufklärung der Microlepidopterenfauna wurde geprüft, wie die Gradations- und Schädigungsverhältnisse der Microlepidopteren-Arten die Aktivität ihrer Parasiten beeinflussen. Die Populationsdynamik der Arten wurde nicht nur in den unbehandelten, sondern auch in den intensiv behandelten Apfelanlagen durch die Parasiten in bedeutendem Masse beeinflusst. Die Kenntnis der dominanten Parasiten der einzelnen Arten ermöglicht die Ausarbeitung einer parasitenschonenden Schädlingsbekämpfungstechnologie.

### Einleitung

Ein grundlegendes Ziel der Agroökosystemforschungen, die schon seit 1976 in Ungarn fortgesetzt wurden, ist die Aufklärung der faunistischen- und populationsdynamischen Verhältnisse der Apfelanlagen von verschiedenem Typ und Intensität, und die Prüfung der Wirkung des menschlichen Eingriffes auf die Faunaelemente.

Die Untersuchungen erfolgten in 6 Apfelanlagen /Mészáros et al., 1984/. Im Laufe unserer Arbeit wurden die Verhältnisse der intensiv behandelten Apfelanlagen mit einem Obstgarten, der schon seit 20 Jahren frei von menschlichem Einfluss ist, und mit einer waldbegrenzten, unbehandelten Anlage verglichen.

Im Laufe der Arbeit wurde eingehend geprüft, wie die Gradations- und Schädigungsverhältnisse der Kleinschmetterlinge durch die Aktivität der Parasiten beeinflusst werden.

Es wurden 8 verschiedene Aufnahmemethoden verwendet, von welchen die ständige Pflanzenprüfung und die diese ergänzenden Laboruntersuchungen die wichtigsten sind /Balázs et al., 1983/.

### Ergebnisse

In den Jahren 1976-1984 wurden in den geprüften Apfelanlagen 37 der in der Laubschicht der Bäume lebenden Microlepidopteren-Arten gezüchtet. Von diesen leben 22-36 Arten in unbehandelten Obstgärten, in behandelten Apfelanlagen dagegen, die jährlich durch 8-10 Insektizid-Spritzungen charakterisiert sind, nur 8-11 /Balázs, 1984 b/.

\* Agroökosystemforschungen des Apfels, No 53.

In allen Anlagen konnte die voranschreitende Dominanz der Miniermotten beobachtet werden. Ihre Vermehrung war in den intensiv behandelten Apfelanlagen am stärksten, wo zeitweise bedeutende Ertragsverluste aufgetreten sind. Lithocolletis blancardella F. überragte in ihrer Dominanz überall die anderen Arten. Ausser ihr konnten wir am Anfang der Achtzigerjahre das Auftreten von Leucoptera scitella Z., in einigen Anlagen von Lithocolletis corylifoliella Haw., Parornix petiolella Frey., Nepticula malella Stt., und in unbehandelten Gärten von Callisto denticulella Thnbg. und Coleophora serratella L. beobachten.

Die anderen Arten /Wickler, Laub- und Obstschädlinge mit 1 bzw. 2 Generationen/ sind nur in unbehandelten Obstgärten ständige Faunaelemente. In behandelten Apfelanlagen hängt ihr Vorkommen und Schaden in erster Linie von der angewandten Bekämpfungstechnologie ab. Da sie im Luftraum der Anlagen ständig vorkommen, ist die Möglichkeit ihrer Vermehrung immer gegeben. In den geprüften Jahren waren von diesen Arten das Auftreten von Pandemis ribeana Hbn., P. heparana Schiff. und Archips podana Sc. bedeutend.

In der Tabelle sind die wichtigsten Microlepidopteren-Arten und ihre Parasitierungsverhältnisse dargestellt. Die summierten Daten veranschaulichen, dass die Parasiten überall dort leben, wo ihre Wirtstiere sind. Von den Arten, die in den intensiv behandelten Apfelanlagen schädlich sind, hebt sich die Parasitierung von L. blancardella F. ab. Die Durchschnittsparasitierung von 18,6%, welche sich in den einzelnen Orten bis 50% nähert, zeigt deutlich, dass diese Art viele bedeutende, ihre Populationsdynamik tatsächlich beeinflussende Parasiten hat. Erwähnenswert ist von den übrigen, in den intensiv behandelten Pflanzungen vorkommenden Arten die Parasitierungen von L. scitella Z. /8,8%, P. heparana Schiff. /17,8% und von Adoxophyes reticulana Hbn. /11,1%.

Wie es zu erwarten war, bezieht sich der Artenreichtum der unbehandelten Pflanzungen nicht nur auf die Wirtstiere, sondern auch auf ihre Parasiten, besonders in der Nähe von Waldungen. Das bewiesen gut die Parasitierungsverhältnisse, der hier am häufigsten vorkommenden 3 Wicklerarten /H. nubiferana Haw., S. ocellana F. und R. leucatella Cl./.

Auf der Abb. 1 sind die wichtigsten Parasiten der 3 häufigsten Miniermotten dargestellt und gleichzeitig die verschiedenen Zusammenhänge der Wirt-Parasitverhältnisse veranschaulicht. Von den 30 Chalcidoidea-Parasiten von L. blancardella F. ist Holcothorax testaceipes Ratz. der wichtigste. Er kommt in allen Biotopen seines Wirtstieres vor und ist in allen Apfelanlagen mit dem Vorkommen des Wirtstieres zum dominanten Parasiten geworden /Balázs, 1983/. Weitere bedeutende Parasiten sind noch Sympiesis sericeicornis Nees, S. gordius Walk., Pnigalio pectinicornis L., P. soemius Walk. und Calpoclypeus florus Walk. Von den Braconiden-Arten wurden Apanteles bicolor Nees und A. arisba Nixon zu den wichtigsten Parasiten. Sie haben ihre Wirkung in unbehandelten Obstgärten schon im Jahre des stärkeren Auftretens des Wirtes gezeigt, in behandelten Pflanzungen aber erst später, erst im zweiten Jahr.

Die Parasiten anderer Miniermotten spielen eine untergeordnete Rolle, auch wenn sie gelegentlich in unbehandelten Obstgärten in grosser Arten- und Individuenzahl auftreten können. Da sie Parasiten von L. blancardella sind, wird ihre Bedeutung von der Dichte dieses Wirtes beeinflusst.

In der Tab. 2 sind die wichtigsten Parasiten der 4 häufigsten Tortriciden-Arten dargestellt. Von ihnen sind in unbehandelten Pflanzungen nur die Pandemis-Arten vorgekommen. Es ist auffallend, dass die bedeutenden Parasiten dieser Arten die auf Chemikalien empfindlichen Braconidae sind. Das ist der Grund, warum die Parasiten der Wickler-Arten in behan-

delten Anlagen eine geringere Rolle spielen als unter natürlichen Umständen. In diesem Falle ist es auch möglich, dass die polyphagen Macrocentrus- und Apanteles-Arten und einige Chalcidoidea-Arten als Elemente der Lebensgemeinschaft zum Wirtswechsel fähig sind, einerseits innerhalb der Anlage, andererseits zwischen der Pflanzung und der Umgebung.

### Folgerungen

Die Aufschliessung der Wirt-Parasitverhältnisse zeigt wohl, dass es im Laufe des integrierten Pflanzenschutzes im Apfelanbau berechtigt ist, die Anwesenheit, Rolle und Einbürgerungsfähigkeit der Parasiten der Microlepidopteren in Betracht zu nehmen.

Die Kenntnis der dominanten Parasiten der einzelnen Arten ermöglicht die Anwendung einer parasitenschonenden Bekämpfungstechnologie. Im Laufe dieser muss man die Möglichkeit der polyphagen Parasiten ausnützen.

Durch die parasitenschonende Bekämpfungstechnologie kann erreicht werden, dass die unter natürlichen Verhältnissen zu erwartende Gradation des Schädlings in den Apfelanlagen ausbleiben wird /Balázs, 1984 a/.

So kann die notwendige, auf die Parasiten auch Rücksicht nehmende, bewusste, menschliche Tätigkeit gleichzeitig zu einem umgebungsschonenden System werden.

### LITERATUR

1. BALÁZS, K. (1983). The Role of Leaf Miners in the Integrated Control System for Apple. P.Int.Conf.Plant.Prot.Budapest, 4-9 July, 2: 26-33.
2. BALÁZS, K. (1984 a). Parasitization of *Lithocolletis blancardella* F. in Apple Stands of Different Management Types. /A *L.blancardella* F. parazitáltsága különböző típusu almaültetvényekben/ Növényvédelem, Budapest, 20 /1/: 9-16.
3. BALÁZS, K. (1984 b). Vlijanie intenzifikacii populjacii Microlepidoptera v jáblonevüh naszazszenijáh. Symp. IOBC/EPS, Bucarest, 15-20. 10., 1984 /in press/.
4. BALÁZS, K., PAPP, J. und SZELÉNYI, G. (1983). Über die Parasiten der Microlepidopterenfauna des Apfels in Ungarn. Verh. SIEEC X. Budapest, 146-149.
5. MÉSZÁROS, Z. /red./, ÁDÁM, L., BALÁZS, K., BENEDEK, I., CSIKAI, Cs., DRÁSKOVITS, Á.D., KOZÁR, F., LOVEI, G., MAHUNKA, S., MESZLENY, A., MIHÁLYI, F., MIHÁLYI, K., NAGY, L., OLAH, B., PAPP, J., PAPP, L., POLGÁR, L., RADWAN, Z., RÁCZ, V., RONKAY, L., SOLYMOSI, P., SOÓS, A., SZABÓ, S., SZABÓKY, Cs., SZALAY-MARZSÓ, L., SZARUKÁN, I., SZELÉNYI, G., SZENTKIRÁLYI, F., SZIRÁKI, Gy., SZÓKE, L. and TÜRÖK, J. (1984). Results of Faunistical and Floristical Studies in Hungarian Apple Orchards. Acta Phytopath. Ac. Sci.Hung. 19 /1-2/, 91-176.



HOST-PARASITE RELATIONSHIP OF MICROLEPIDOPTERA IN DIFFERENT  
APPLE PLANTATIONS IN HUNGARY

KLÁRA BALÁZS

Plant Protection Institute of the Hungarian  
Academy of Sciences

Summary

The fauna of apple plantations differing in their management system/from intensively treated to untreated orchards/ is studied within the framework of a long-range ecosystem research in different locations of Hungary.

By studying the population dynamics of different Microlepidoptera also the role of their parasites was investigated. It was established that the parasites may considerably influence the individual densities of their hosts not only in untreated, scattered orchards but also in farming-scale plantations receiving regular insecticidal treatments. The knowledge of both of the dominant parasites and their biology makes it possible to work out a spraying schedule effective against the pests but saving their natural enemies.

Tabelle

Die Parasitierungsverhältnisse der wichtigsten Microlepidopteren-Arten  
/1976-1984/

Art	gesammelte parasi- tierte		Parasi- tierung
	Raupen		%
Lithocolletis blancardella F.	22 510	4 201	18,6
Lithocolletis corylifoliella Haw.	3 936	199	5,0
Leucoptera scitella Z.	5 016	444	8,8
Parornix petiolella Frey.	5 375	147	2,7
Nepticula malella Stt.	5 457	70	1,3
Callisto denticulella Thnbg.*	636	26	4,0
Pandemis ribeana Hbn.	1 546	57	3,6
Pandemis heparana Schiff.	486	87	17,9
Archips podana Sc.	348	14	4,0
Adoxophyes reticulana Hbn.	81	9	11,1
Hedya nubiferana Haw.*	564	123	21,8
Spilonota ocellana F.*	466	64	13,7

Recurvaria leucatella Cl. *	525	105	19,8
Diurnea fagella F.*	241	19	7,9
Coleophora serratella L.*	339	8	2,3

---

\* = nur in unbehandelten Obstgärten

90

EINFLUSS VON BEHANDLUNGEN MIT APFELWICKLER-GRANULOSEVIRUS  
(CPGV) UND BREITENWIRKSAMEN CHEMISCHEN INSEKTIZIDEN AUF  
PARASITEN DES APFELWICKLERS UND PARASITEN VON SCHALEN-  
WICKLER-ARTEN

E. Dickler

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim

Summary

In long-term field trials set up to study the influence of the codling moth granulosus virus (CpGV) on the apple fauna, the parasitisation of the codling moth and of apple leafrollers were also kept under observation on experimental fields, each treated differently with the virus or Gusathion MS (Azinphos-methyl + Demeton-S-methylsulfon). An apple orchard of approx. 0,6 hectare was used for these trials.

Twelve different species of entomophagous Hymenoptera were proved to be parasites of *Cydia pomonella*. The most important species are *Trichomma enecator*, *Ascogaster quadridentatus*, *Pimpla turionellae* and *Eurytoma* sp. The broad-spectrum Gusathion MS also eliminated the codling moth parasites. By means of decimating the host population, the CpGV-treatments were seen to have a notable affect on the population of the codling moth parasites.

Fourteen species of entomophagous Hymenoptera and one of Diptera were identified as parasites of leafrollers. The most frequent hosts encountered were the *Pandemis heparana* and *Adoxophyes orana*. Whilst *Macrocentrus linearis* is considered to be the most important parasite of the *P. heparana*, *Meteorus ictericus* is seen as the most significant of the *A. orana* parasites. Whilst on the one hand Gusathion MS either directly or indirectly eliminates the parasite complex of the leafroller species, treatment with CpGV does not affect this complex.

Einleitung

In mehrjährigen Freilanduntersuchungen über den Einfluß des Apfelwickler-Granulosevirus (CpGV) auf die Apfelfauna wurde auch der Frage nachgegangen, welchen Einfluß das selektive CpGV im Vergleich mit dem breitenwirksamen Gusathion MS auf die Parasiten von Apfelwickler und Apfelschalengewicklerarten ausübt. Die Untersuchungen fanden auf dem Versuchsfeld des Instituts für Pflanzenschutz im Obstbau in einer ca. 0,6 ha großen Apfelanlage statt.

Material und Methoden

In der an anderer Stelle ausführlich beschriebenen Versuchsanlage (Dickler und Huber, 1978; Dickler und Gehr 1981) wurden je 80 Bäume mit Gusathion MS (Azinphos-methyl + Demeton-S-methylsulfon) und Granulosevirus (CpGV) gegen den Apfelwickler behandelt. Zwischen beiden Parzellen befand sich ein ebenso großer Block von unbehandelten Trennbäumen. Weitere 80 Bäume dienten als unbehandelte Kontrolle. Zeitpunkt und Zahl der Obstmadensspritzungen wurden mit Hilfe von Pheromonfallen, Eiablagebeobachtungen und anderen visuellen Verfahren sowie unter Berücksichtigung des Witterungsverlaufs (Temperatursumme)

ermittelt. Die Zahl der insektiziden Maßnahmen gegen den Apfelwickler schwankte jährlich zwischen 2 und 5. Darüber hinaus war jedes Jahr eine Insektizidspritzung gegen die mehligke Apfelblattlaus *Dysaphis plantaginea* mit Metasystox (Oxydemeton-methyl) erforderlich. Auf den Einsatz von Akariziden wurde verzichtet. Spritzungen gegen Schorf und Mehltau erfolgten praxisüblich. Zur Ermittlung der Apfelwicklerparasiten wurden während der Vegetationsperiode Wellpappe-Fangstreifen angebracht. Nach der Entnahme der Diapauselarven im Frühjahr wurden die Parasiten im Labor gezogen. Die Schalenwicklerparasiten wurden aus juvenilen Stadien gezogen, die nach verschiedenen Verfahren, wie Astproben-Methode, Triebspitzen-, Blatt- und Fruchtabsammlungen, aus o.g. Parzellen entnommen worden waren. Die Determination des umfangreichen Materials wäre ohne die hilfreiche Unterstützung zahlreicher Experten nicht möglich gewesen. \*

## Ergebnisse und Diskussion

### Apfelwickler-Parasiten

In Dossenheim konnten bisher 12 Arten als Parasiten des Apfelwicklers und 15 Arten als Schalenwicklerparasiten nachgewiesen werden.

Die in Übersicht 1 aufgelisteten Apfelwicklerparasiten gehören ausnahmslos der Ordnung Hymenoptera an. *Trichomma enecator* und *Ascogaster quadridentatus* rangierten in der Dominanz meist an erster Stelle. Die Puppenparasiten *Pimpla turionellae* und *Eurytoma* sp. sind wegen ihrer Häufigkeit besonders hervorzuheben. Die Chalcidide *Dibrachys cavus* trat in Dossenheim sowohl als Primärparasit von *C. pomonella* als auch als Hyperparasit aus *C. pomonella* via einer nicht zu determinierenden Ichneumonide auf. Alle anderen festgestellten Arten wurden vereinzelt gefunden. Durch die genannte Versuchsanstellung mit Wellpappe-Fangstreifen konnte festgestellt werden, daß *T. enecator* und *A. quadridentatus* in ihren Wirten überwintern. *T. enecator* belegt die junge Wirtslarve, während *A. quadridentatus* ihre Eier in die Wirtseier ablegt.

Der Einfluß der Apfelwicklerbehandlungen mit chemischen und biologischen Insektiziden auf die Parasiten des Apfelwicklers soll am Beispiel der Fangstreifenauswertung 1983 aufgezeigt werden (Tab. 1). Die niedrigste Wirtslarvendichte wurde in der CpGV-Parzelle angetroffen, was die gute Wirkung des Virus gegen den Zielorganismus erneut unterstreicht. Die Parasitierung in der unbehandelten Kontrollparzelle lag - wie in den Vorjahren - 1983 mit 1,6% sehr niedrig, so daß die Unterschiede - das günstige Abschneiden des CpGV - statistisch nicht signifikant sind. Aus Fangstreifen von mit Gusathion MS behandelten Bäumen konnte 1983 und den Vorjahren kein Apfelwicklerparasit gezogen werden. Aus den langjährigen Untersuchungen über die an anderer Stelle ausführlich berichtet werden soll (Dickler und Hasselbach in Vorbereitung) lassen sich bezüglich der Apfelwicklerparasiten folgende Schlußfolgerungen ableiten:

1. Während der gesamten Versuchsdauer war die Parasitierung der Apfelwicklerlarven sehr gering und schwankte zwischen 1 und 3% an solchen Bäumen, die nicht mit chemischen Apfelwicklerinsektiziden behandelt worden waren.
2. Aus den wenigen Apfelwicklerlarven, die in Fangstreifen an Gusathion MS-behandelten Bäumen entnommen wurden, schlüpfen keine Parasiten.

\* Den Herren F. Bachmeier, München; H.H. Evenhuis, Wageningen; E. Haeselbarth, München; W. Hasselbach, Albig, B. Herting, Ludwigsburg und K. Horstmann, Würzburg sei an dieser Stelle für ihre freundliche Hilfe bei der Bestimmung der Parasiten gedankt.

3. Die Unterschiede in der Parasitierung der Apfelwicklerlarven zwischen CpGV behandelten und unbehandelten Bäumen war infolge der geringen Parasitierung statistisch nicht gesichert.

4. Die starke Unterdrückung der Wirtspopulation durch das Granulosevirus führt zwangsläufig zu einem Rückgang der Parasitendichte.

#### Schalenwickler - Parasiten

Bei der Betrachtung der Schalenwicklerparasiten ist zu berücksichtigen, daß am Standort Dossenheim etwa 12 Schalenwicklerarten vorkommen, von denen die wichtigsten *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana*, *Hedya nubiferana* und *Archips rosana* sind. Von den bisher nachgewiesenen 15 Arten des Parasitenkomplexes (Übersicht 2) gehören 14 der Ordnung Hymenoptera an, 2 Chalcididen, 4 Braconiden und 8 Ichneumoniden. Als einziger Vertreter der Diptera konnte die Tachinide *Pseudoperichaeta insidiosa* gefunden werden. Bei einer Betrachtung der Dominanz der Parasiten ist zu beachten, daß die Wirtspopulationen innerhalb einer Vegetationsperiode starken Dominanzveränderungen unterliegen (Dickler, 1986). Die aus Larvenabsammlungen aus der Kontrollparzelle ermittelten Werte für *A. orana* und *P. heparana* sind in der Tabelle 2 wiedergegeben. Im Februar bei der Astprobenkontrolle ist *A. orana* die häufigste Art. Bei Blattabsammlungen im Mai geht der Anteil von *A. orana* zurück und im Juli dominiert eindeutig *P. heparana*. Bei Blatt- und Fruchtentnahmen im September ist *A. orana* dann mit Abstand wieder die häufigste Art. Die wichtigsten Parasiten von *P. heparana* und *A. orana* sind *Macrocentrus linearis* und *Meteorus ictericus*, beides Vertreter der Familie Braconidae. Bisher wurde *M. linearis* nur aus *P. heparana* Larven gezogen, *M. ictericus* nur aus *A. orana* Wirtstieren. Am Standort Dossenheim scheinen diese Arten also sehr stark an ihren Wirt angepaßt zu sein. Auch bei den Schalenwicklerparasiten soll eine ausführliche Diskussion an anderer Stelle erfolgen (Hasselbach und Dickler in Vorbereitung).

Die jahreszeitliche Änderung der Parasitierungsrate bei Larvenabsammlungen in Dossenheim ist in Tabelle 3 für das Jahr 1981 angegeben. Betrachten wir zunächst die Ergebnisse der Gusathion MS-Parzelle. Hier konnten bei Astproben im Januar/Februar aus wenigen Wirtstieren keine Parasiten gezogen werden. Um so überraschender sind auf den ersten Blick die Resultate der Mai-Absammlungen bei Gusathion MS mit 44 Parasiten und einer Parasitierungsrate von fast 50%. Eine Analyse der Einzeldaten führt zu einer einfachen Erklärung. Die Parasiten entfallen zu über 90% auf eine einzige Art, nämlich *Lissonota errabunda*, ein gregärer Endoparasit. *L. errabunda* wurde aus *Archips*-Arten gezogen, die im Eistadium überwintern. Die Eiablage dieser Arten erfolgt lange nach der letzten Insektizidspritzung an Astverzweigungen und am Stamm. Sie werden somit von Gusathion MS nicht getroffen und sind geeignete Wirte für die zugeflogenen *L. errabunda*. Im Juli und September wurde bei den quantitativen Absammlungen lediglich ein Wirtstier und keine Parasiten gefunden. In den mehrjährigen Untersuchungen konnten insgesamt nur 2 Parasiten von *A. orana* in Einzelexemplaren aus der chemischen Insektizidparzelle gezogen werden. Sie entstammen der Mai-Entnahme. Zu diesem Zeitpunkt ist eine Verbreitung der Wirtslarven durch Windverwehung häufig.

Die absoluten Werte, also auch die Prozentangaben für die Parasitierungsrate unterliegen bei CpGV und unbehandelten Kontrollen starken Schwankungen, die für solche Absammlungen charakteristisch und auch nicht statistisch zu sichern sind. Sie sind teilweise erklärbar durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Schalenwickler-Arten von Baum zu Baum und das damit verbundene Angebot an Wirtstieren.

Die höchste Dichte von Schalenwicklerlarven wird in den Monaten Juni/ Juli angetroffen. Hier ist, wie aus Tabelle 4 deutlich wird, die Obstmadenbekämpfung mit Gusathion MS auf Wirt- und Parasitenpopulationen voll wirksam. Die teilweise niedrigere Parasitierung bei CpGV im Vergleich zu unbehandelter Kontrolle ist schwierig zu erklären. Eine Interpretation ist nur anhand einer Betrachtung der Einzeldaten möglich und würde hier den Rahmen dieses Referates sprengen.

#### Zusammenfassung

In mehrjährigen Freilandversuchen wurde der Einfluß von chemischen (Gusathion MS) und biologischen Apfelwicklerinsektiziden auf die Parasiten des Apfelwicklers und auf Schalenwicklerarten untersucht. 12 entomophage Hymenopteren konnten als Apfelwicklerparasiten nachgewiesen werden. *Trichomma enecator*, *Ascogaster quadridentatus*, *Pimpla turionellae* und *Eurytoma* sp. waren am häufigsten. Das breitenwirksame Gusathion MS eliminierte die Apfelwicklerparasiten völlig. Diese werden durch das nützlingsschonende CpGV nur indirekt durch Unterdrückung der Wirtspopulation beeinflusst.

14 Arten entomophager Hymenopteren und eine Diptere wurden als Parasiten der Schalenwickler nachgewiesen. *Macrocentrus linearis* als Parasit von *Pandemis heparana* und *Meteorus ictericus* bei *Adoxophyes orana* Larven erlangten die größte Bedeutung. Auch hier war ein direkter und indirekter Einfluß des chemischen Insektizides auf die Schalenwicklerparasiten feststellbar. In CpGV behandelten Parzellen lag die Parasitierung im Bereich der unbehandelten Kontrolle.

#### Literatur

1. DICKLER, E. (1986). Stand der Entwicklung und Einführung mikrobiologischer Insektizide zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau. Bulletin Wageningen (in press).
2. DICKLER, E. und GEHR, V. (1981). Untersuchungen über den Einfluß von Apfelwickler-Granuloseviren auf die Biozönose in Apfelanlagen: Analyse des Schalenwicklerkomplexes. Mitt. deut. Ges. allg. angew. Entomol. 3. 146-150.
3. DICKLER, E. und HUBER, J. (1978). Über den Einfluß einer Bekämpfung des Apfelwicklers mit Granulosevirus auf Apfelschalenwickler und andere Schadarthropoden. Mitt. deut. Ges. allg. angew. Entomol. 1, 136-139 und Mod. Method. Bekämpfung Schadinsekten, H. 2, 65-70.

Übersicht 1

Übersicht über die in Dossenheim aus Apfelwicklerlarven und -puppen  
gezogenen Parasitenarten

Chalcididae

- Colpoclypeus florus
- Eurytoma sp.
- Dibrachys cavus

Braconidae

- Ascogaster quadridentatus
- Apanteles ater
- Apanteles longicauda

Ichneumonidae

- Trichomma enecator
- Pimpla (Cocc.) turionellae
- Campoplex rufinator
- Theroscopus hemipterus
- Liotryphon crassiseta
- Phaeogenini gen. sp.

Übersicht 2

Übersicht über die in Dossenheim aus Schalenwicklerlarven und -puppen  
gezogenen Parasitenarten

Hymenoptera:

Chalcididae

- Colpoclypeus florus
- Eulophus larvarum

Braconidae

- Ascogaster rufidens
- Apanteles ater
- Meteorus ictericus
- Macrocentrus linearis

Ichneumonidae

- Itoplectis maculator
- Teleutaea striata
- Apophua bipunctoriua
- Lissonota errabunda
- Campoplex restrictor
- Tranosemella praerogator
- Trichomma enecator
- Habronyx nigricorne

Diptera:

Tachinidae

- Pseudoperichaeta insidiosa

Tabelle 1

Apfelwickler Parasitierung in  
Fangstreifen, Dossenheim 1983

Behandlung	Larven	Parasitierung	
		Larven	%
Gusathion MS	16	0	0
Trennreihen	189	5	2,7
CpGV	15	1	6,7
Kontrolle	321	5	1,6
$\Sigma$	541	11	2,0

Tabelle 2

Dominanz von *Adoxophyes orana* (A.o.) und  
*Pandemis heparana* (P.h.) in Larvenabsammlungen  
Dossenheim, 1981

Zeit	Anzahl Larven	A.o. %	P.h. %	Andere %
Februar	57	72	24	4
Mai	641	65	41	28
Juli	263	19	79	2
September	407	92	8	0



Tabelle 3

Jahreszeitliche Änderung der Parasitierungsrate  
bei Larvenabsammlungen in Dossenheim, 1981

Behandlung/Zeit	untersuchte		Parasitierung Larven	%
	Larven			
Gusathion MS/Jan.	1	0	0	0
CpGV /Jan.	12	3	25,0	
Kontrolle /Jan.	34	2	5,9	
Gusathion MS/Febr.	2	0	0	0
CpGV /Febr.	57	5	8,8	
Kontrolle /Febr.	102	7	6,9	
Gusathion MS/Mai	93	44	47,3	
CpGV /Mai	104	19	18,3	
Kontrolle /Mai	174	33	19,0	
Gusathion MS/Juli	0	0	0	0
CpGV /Juli	29	0	0	
Kontrolle /Juli	124	21	16,9	
Gusathion MS/Sept.	1	0	0	0
CpGV /Sept.	83	5	6,0	
Kontrolle /Sept.	110	1	0,9	

Tabelle 4

Parasitierung von Schalenwicklerlarven der  
Juliabsammlung in Dossenheim, 1979 und 1980

Behandlung/Jahr		untersuchte Larven	Parasitierung	
			Larven	%
Gusathion MS	79	0	0	0
CpGV	79	185	14	7,6
Kontrolle	79	547	65	11,9
Gusathion MS	80	0	0	0
CpGV	80	656	40	6,1
Kontrolle	80	585	83	14,1

STAND DER ENTWICKLUNG UND EINFÜHRUNG MIKROBIOLOGISCHER  
INSEKTIZIDE ZUR WICKLERBEKÄMPFUNG  
IM APFELANBAU

Erich Dickler

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim

Summary

In the main fruit growing regions of Europe, several tortricids can cause severe damage to apples. The codling moth *Cydia pomonella* is the key pest, necessitating repeated applications of insecticides. Among the numerous leafroller species, *Adoxophyes orana*, *Archips podana*, *Pandemis heparana*, *Spilonota ocellana* are the most important ones. In commercial orchards broad spectrum insecticides are used for tortricid control. These compounds have undesirable effects on beneficial arthropods and their use often leads to an increase of secondary pests such as *Panonychus ulmi*. A report is given about field trials using selective microbial agents such as baculoviruses and *Bacillus thuringiensis* for tortricid control. The experiments were carried out in several European countries within the framework of IOBC and CEC working groups. Most progress has been made with the codling moth granulosis virus (CpGV). CpGV was successfully fieldtested in 10 European countries at 29 different locations. Fruit damage could be kept under the economic threshold.

Investigations for leafroller control with baculoviruses carried out in Europe were essentially restricted to the economically most significant species *Adoxophyes orana* (A.o.). An A.o. specific nuclear polyhedrosis virus (AoNPV) was also effective against the target pest, but the total leafroller damage to fruits could only be reduced by 50 - 70%. Damage by other species especially *Pandemis heparana* could not be prevented with AoNPV. The field trials with *Bacillus thuringiensis* carried out in several locations against leaf rollers showed a low efficacy of Bt. formulations.

Einleitung

In den meisten Obstbaugebieten Europas treten in Apfelkulturen verschiedene Tortrizidenarten auf, die erhebliche Ertragsausfälle verursachen können. Wegen ihres besonderen Schadverhaltens - rasches Einbohren in die Frucht beim Apfelwickler oder versteckte Lebensweise in einem Gespinnst zwischen Blatt und Frucht bei den verschiedenen Schalenwicklerarten - sind integrierte Bekämpfungsmaßnahmen oft schwierig. Deshalb werden zum Schutz der Ernte gegen Wicklerschäden in der Praxis allgemein breitenwirksame Insektizide eingesetzt. Als Kontakt-, Atem- und Fraßgift in einem Produkt erfassen sie

nicht nur beißende Insekten sondern auch saugende, und hier insbesondere die Blattlausarten. Diese Breitenwirksamkeit ist für den Apfelproduzenten nur bei oberflächlicher Betrachtung von Vorteil. Sie stellt einen unnötig starken Eingriff in ein komplexes Agroökosystem dar, das wie kaum eine andere Kultur durch einen außerordentlichen Arten- und Individuenreichtum gekennzeichnet ist. Von Ökologen, von im Pflanzenschutz tätigen Wissenschaftlern, von Obstbauern und nicht zuletzt von Verbrauchern wird immer häufiger die Frage gestellt, ob es sinnvoll und unvermeidbar ist, in solchen komplexen Systemen wie dem Apfel Präparate einzusetzen, die auch für die Mehrzahl der Nichtzielorganismen fatal sind.

Neben den berechtigten ökologischen Bedenken kommen in jüngster Zeit auch ökonomische Nachteile beim Einsatz breitenwirksamer Präparate zum Tragen. Dies gilt in zunehmendem Maße für die synthetischen Pyrethroide, die erst vor wenigen Jahren in den Obstbau eingeführt, wegen ihrer spinmilbenfördernden Wirkung und anderer Nachteile von der Praxis mehr und mehr abgelehnt werden. Die vermeintlichen Vorteile für den Erwerbsobstbauern, mehrere Schaderreger mit einem Präparat zu erfassen, werden durch das Ausschalten der natürlichen Feinde von Ziel- und Nichtzielorganismen durch Resistenzbildung und Förderung der Fruchtbarkeit von Schaderregern rasch ins Gegenteil umgekehrt.

Wissenschaftler der IOBC - Arbeitsgruppe "Integrierter Pflanzenschutz im Obstbau" haben bereits vor mehr als 2 Jahrzehnten diese Problematik erkannt und sich die Aufgabe gestellt, zur Niederhaltung schädlicher Insektenpopulationen selektive nützlingsschonende Methoden zu entwickeln.

Bei der Entwicklung solcher Verfahren zur Bekämpfung von Wicklern, die im Obstbau einen Schlüsselfaktor darstellen, kommt heute der Verwendung mikrobieller Krankheitserreger eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere Insektizide auf der Basis von insektenpathogenen Viren erfüllen die Forderungen nach Selektivität und Ökosystemschonung in idealer Weise. Sie sind hochspezifisch, und aufgrund ihrer allgemeinen Verbreitung bei Insekten und Spinnentieren hat ihre Anwendung in der Schädlingsbekämpfung keine zusätzliche Belastung der Umwelt zur Folge. Die Einsatzmöglichkeiten von Viren zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau stellen daher den Schwerpunkt meiner Ausführungen dar. Bekämpfungsversuche mit *Bacillus thuringiensis* werde ich in einem Schlußkapitel kurz abhandeln.

### Insektenpathogene Viren

Nach Martignoni (1981) wurden in 826 Arthropodenarten pathogene Viren nachgewiesen. Diese Zahl dürfte in der Zwischenzeit weiter angestiegen sein. Martignoni berichtet von Viruskrankheiten in 9 Insektenordnungen und einer Spinnenordnung. Am weitesten verbreitet sind sie bei der Ordnung Lepidoptera, wo bereits mehr als 300 Baculoviren bei 200 Schmetterlingsarten nachgewiesen werden konnten (Benz, 1981). Leider hat die Kommerzialisierung von Insektenviren zur Schädlingsbekämpfung mit der rasanten Entwicklung des Kenntnisstandes über ihre Anwendungsmöglichkeit bisher nicht Schritt halten können. Kaum mehr als 50 Viruspräparate wurden weltweit in bescheidenen Mengen für kleine Freilandversuche verwendet. Vier Viruspräparate sind von der EPA in USA amtlich zugelassen. Drei Präparate werden in Nordamerika im Forst eingesetzt und ein Produkt findet in Baumwolle Anwendung (Huber, 1984).

### Das Apfelwicklergranulosevirus (CpGV)

Unter den Baculoviren, die im Obstbau bei verschiedenen Tortriciden nachgewiesen wurden, wird dem Apfelwicklergranulosevirus für eine Praxisanwendung die größte Bedeutung beigemessen. Zum einen ist der Zielorganismus ein weltweit verbreiteter landwirtschaftlicher Großschädling, der in vielen Anbaugebieten einen begrenzenden Faktor im integrierten Pflanzenschutz darstellt, zum anderen weist das CpGV eine Reihe positiver Eigenschaften auf, die seine Verwendung im Erwerbsobstbau prädestinieren.

### Wirksamkeit des CpGV gegen den Zielorganismus

Das CpGV wurde im Jahre 1963 in Mexico in toten Apfelwicklerlarven gefunden und von Tanada 1964 an der University of Berkeley/California identifiziert (Falcon et al., 1968). In ersten Untersuchungen von Falcon erwies sich das Virus als außerordentlich virulent und hochspezifisch. Von zahlreichen inzwischen getesteten Arten waren nur wenig nahe Verwandte anfällig, wie *Cydia nigricana* (Payne, 1981), *Rhyacionia buoliana* (Huber, 1978), *Grapholitha molesta* (Falcon et al., 1968), *G. funebrana* und *Lathronympha strigana* (Huber, 1982). Am Apfel konnte neben dem Zielorganismus Apfelwickler bisher kein anderer anfälliger Wirt gefunden werden. Bereits in ersten Freilandversuchen, die von Falcon und Mitarbeitern von 1966 bis 1968 durchgeführt wurden, erwies sich das Granulosevirus als hochwirksam gegen den Apfelwickler. Gleichlautende Ergebnisse wurden in Australien, Canada und Neuseeland erzielt (Huber, 1982). In Europa wurden die Arbeiten mit dem CpGV 1970 in der Schweiz aufgenommen (Keller, 1973) und seit 1974 wird das CpGV in einem nunmehr 12-jährigen Freilandexperiment auf dem Versuchsgelände der Biologischen Bundesanstalt, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, in Dossenheim in Zusammenarbeit mit dem BBA-Institut für biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt auf seine Wirksamkeit im Vergleich mit chemischen Insektiziden geprüft (Dickler, 1983; Dickler und Huber, 1984; Huber and Dickler, 1977). In Jahren mit unterschiedlichen Witterungsbedingungen zeigte das Virus eine gute Wirkung und wie an anderen Stellen bereits mehrfach berichtet wurde, konnten in 8 von 11 Jahren dieses Langzeitversuches die Fruchtschäden wie bei den chemischen Vergleichsinsektiziden unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle bei 1% Befall am Erntegut gehalten werden, s. Abb. 1 (Dickler und Huber, 1984). Die nicht voll ausreichende Wirkung des CpGV in 3 Vegetationsperioden war auf Störungen und Mängel bei der Versuchsdurchführung in den Jahren 1976 und 1983 oder auf eine herstellungsbedingte zu niedrige Viruskonzentration des Präparates im Jahre 1981 zurückzuführen.

Aufgrund der gesammelten Erfahrungen wird seit 1984 für die CpGV-Anwendung eine neue Strategie erprobt. Ausgehend von der Überlegung, daß sich aus den ersten Eirauen, die bereits Anfang Juni auftreten, eine starke zweite Generation aufbauen kann, und ausgehend von Ergebnissen aus Inaktivierungsversuchen (Fritsch und Huber, 1985) wird CpGV prophylaktisch in ca. wöchentlichen Abständen in 1/10 der Normalkonzentration gespritzt. Die Behandlungstermine entsprechen im Juni den praxisüblichen Fungizidspritzungen. Diese Ergebnisse werden als Poster im Rahmen dieses Symposiums präsentiert (Dickler und Huber, 1986). Die beschriebenen Eigenschaften des CpGV veranlaßten Wissenschaftler in zahlreichen Forschungsanstalten in Europa sich mit dem Virus intensiver zu befassen. Diese Aktivitäten wurden zunächst von der OILB - Untergruppe "Apfelwickler" koordiniert (Tab. 1), (Huber, 1982; Dickler, 1978, IOBC-WPRS, 1980). In der Bundesrepublik Deutschland wurden die Untersuchungen mit Baculoviren vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert (Dickler und Huber, 1978).

Ab 1979 unterstützte die Kommission der Europäischen Gemeinschaft Versuche mit dem Virus und bis 1983 konnte das CpGV in 10 europäischen Ländern an 29 Standorten geprüft werden (Cavalloro and Piavaux, 1983; Cavalloro and Piavaux, 1984). Während im gemäßigten Klima Mitteleuropas 2 bis 5 Applikationen zur Unterdrückung des Schadens ausreichten, waren unter extremen Befallsbedingungen in Spanien bis zu 10 Spritzungen vorgenommen worden (Esteban, 1986). In Griechenland konnte Yamvrias, 1984, unter extremen Bedingungen mit CpGV apfelwicklerbedingte Schäden vermeiden. Allerdings betrug die Zahl der Behandlungen, die in 8 bis 10tägigen Intervallen ausgebracht worden war, bei Virus 13, bei dem chemischen Vergleichsinsektizid 6. Der Einsatz des CpGV setzt die genaue Kenntnis der Phänologie und Biologie des Zielorganismus voraus. Audemard konnte an 5 verschiedenen Standorten im unteren Rhonetal den Apfelwickler, der hier 3 Generationen durchläuft, mit 3 bis 6 CpGV (Carpovirusine) - Behandlungen sehr wirkungsvoll bekämpfen (Audemard et al., 1983; Audemard et Burgerjon, 1984). Es hieße den Rahmen dieses Referates sprengen, wollte ich auf alle Standorte und deren Besonderheiten näher eingehen, die bei den in Tab. 1 genannten Versuchsanstellern auftraten. Die Ergebnisse dieser internationalen Zusammenarbeit können wie folgt zusammengefaßt werden: Mit dem CpGV steht erstmals für den Obstbau ein biologisches Präparat zur Verfügung, das gegen einen Schlüsselschädling (Apfelwickler) eine sehr gute Wirkung zeigt und aufgrund seiner Selektivität beste Voraussetzungen für den integrierten Pflanzenschutz mitbringt. Nicht zuletzt wegen der großen wirtschaftlichen Bedeutung und der weltweiten Verbreitung des Apfelwicklers werden derzeit in der Bundesrepublik Deutschland, in Frankreich und in den USA Anstrengungen unternommen, das CpGV industriell zu produzieren. Gleichzeitig wurden Verfahren zur amtlichen Zulassung in die Wege geleitet.

#### Einfluß des CpGV auf die Fauna

In Langzeituntersuchungen, die vor allem in der Bundesrepublik Deutschland \* (Dickler, 1986; Dickler und Gehr, 1981; Neuffer, 1983; Neuffer, 1984) und in England (Glen and Cranham, 1983; Glen and Payne, 1984; Glen et al., 1984; Payne et al., 1983; Payne et al., 1984) durchgeführt wurden, sollte der Einfluß einer CpGV-Behandlung auf die Apfelfauna untersucht werden. Dabei konnte der Nachweis erbracht werden, daß die zu erwartenden positiven Eigenschaften eines selektiven Insektizides in der praktischen Anwendung zum Tragen kommen. Durch die nützlingsschonende Wirkung des CpGV und den Wegfall breitenwirksamer chemischer Apfelwicklerinsektizide blieb bei allen Versuchsanstellern die Obstbauspinnmilbe ohne direkte Bekämpfungsmaßnahmen unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle, während es bei dem Vergleichsinsektizid Gusathion MS zur Massenvermehrung der roten Spinne kam (Dickler, 1984; Payne et al., 1984). Bei einem weiteren Schädling, der Blutlaus *Eriosoma lanigerum*, die in den letzten Jahren im Apfelanbau erheblich an Bedeutung zugenommen hat, waren in CpGV-behandelten Parzellen keine Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich (Dickler und Huber, 1984). In vergleichenden Untersuchungen fand Glen eine Zunahme der Blutlauspopulation durch Ausschalten des Ohrwurms *Forficula auricularia* in Diflubenzuron-behandelten Parzellen (Payne et al., 1984). An verschiedenen Standorten konnte gezeigt werden, daß durch den Wegfall breitenwirksamer Apfelwicklerinsektizide und die Verwendung des selektiven CpGV eine Reihe von sonst notwendigen Pflanzenschutzmaßnahmen überflüssig werden können und, daß diese positiven Nebenwirkungen des Virus bei Kostenberechnungen unbedingt zu berücksichtigen sind. Bei ersten Freilandversuchen mit CpGV wurde eine Erscheinung beobachtet, die selektiven Präparaten

\* Die Untersuchungen wurden vom BMFT gefördert.

naturgemäß anhaftet. Schaderreger, die bei der Verwendung breitenwirksamer Insektizide miterfaßt werden, können dann Schäden verursachen, wenn deren Antagonisten nicht ausreichend wirksam sind. Dies gilt in besonderem Maße für Schalenwickler, die erhebliche Fraßschäden verursachen können. Dieses Ergebnis wurde häufig fehlinterpretiert, und es soll deshalb hier noch einmal mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß weder Schalenwickler noch andere Schaderreger von dem Granulosevirus gefördert werden. Der Wegfall des chemischen Insektizids ist die eigentliche Ursache für das Auftreten der Schalenwicklerschäden. Es ist auch auszuschließen, daß die durch die selektive Eliminierung des Apfelwicklers freiwerdende Nische nun von Schalenwicklern besetzt wird. Apfelwickler und Schalenwicklerarten sind in ihrer Biologie grundlegend verschieden. Sie besetzen verschiedene Nischen und eine interspezifische Konkurrenz ist auszuschließen. Auf eine interessante Erscheinung möchte ich hinweisen, die in Dossenheim in einigen Jahren beobachtet werden konnte. Es trat bei CpGV häufig ein höherer Befall durch Schalenwickler auf als in der unbehandelten Kontrollparzelle (Dickler, 1984). Dieses Phänomen ist, wie Glen in Laborversuchen mit *Archips podana* nachweisen konnte, auf eine trophische Wirkung des Magermilchpulvers zurückzuführen, das dem Virus als Haftmittel beigelegt wurde (Glen and Cranham, 1983; Glen et al., 1984). Auf die Nebenwirkungen des Magermilchpulvers, mit denen sich Peters (persönliche Mitteilung) eingehend beschäftigt hat, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Die Eigenschaften des Apfelwickler-Granulosevirus sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Auf der Positivseite ist an erster Stelle als wichtigstes Element die weltweit ermittelte gute Wirkung gegen den Zielorganismus aufgeführt. CpGV-Präparate sind lange lagerfähig. Ihre Ausbringung erfolgt mit praxisüblichen Geräten. Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse sind Baculoviren aufgrund der außerordentlichen Wirtsspezifität für Mensch und Tier ungefährlich. Somit entstehen keine Abtriftprobleme und keine schädlichen Rückstände am Erntegut. Die nützlicherschonende Wirkung führt zur Einsparung von Kosten für entfallende Pflanzenschutzmaßnahmen, insbesondere für Acarizide.

Die Negativseite wird geprägt durch Selektivität des CpGV und die damit verbundene Unwirksamkeit gegen schädliche Schalenwicklerarten. Infolge Inaktivierung durch das Sonnenlicht ist die Wirkungsdauer kürzer als bei chemischen Apfelwicklerinsektiziden. Bei der Produktion, die bisher *in vivo* erfolgt, ist weitere Entwicklungsarbeit erforderlich, um die Produktionskosten zu senken. Schließlich ist durch die auf den Apfelwickler begrenzte Anwendung der Markt des CpGV im Vergleich mit chemischen Insektiziden eingeschränkt.

#### Mikrobiologische Bekämpfung von Schalenwicklerarten

Da ein hochwirksames selektives Präparat wie das Apfelwicklergranulosevirus nur dann in der Praxis eingesetzt werden kann, wenn gegen andere Schaderreger kompatible selektive Verfahren zur Verfügung stehen, war es Ziel der genannten CEC-Arbeitsgruppe, Möglichkeiten einer mikrobiologischen Bekämpfung der am Apfel vorkommenden Schalenwickler zu erarbeiten. Dies setzte zunächst grundlegende Untersuchungen zur Ökologie und Populationsdynamik der Tortriziden voraus. Hier sind an erster Stelle die umfangreichen Untersuchungen zu nennen, die hier in Holland durchgeführt wurden und die in zahlreichen Publikationen ihren Niederschlag gefunden haben. Die verfügbare Zeit erlaubt es mir nicht, im Rahmen dieses Vortrages auf diese Arbeiten näher einzugehen. Blommers, Gruys, de Jong, Minks, de Reede,

de Wilde und andere haben sich in den vergangenen Jahren mit diesem Schaderregerkomplex intensiv beschäftigt. Eine Zusammenfassung der neueren Arbeiten wurde kürzlich von de Reede, 1985, unter dem Titel "Integrated pests management in apple orchards in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids" in Buchform veröffentlicht.

Intensive Untersuchungen zur Ökologie und Populationsdynamik von Apfeltortriciden, die als Grundlage für die Erarbeitung selektiver Bekämpfungsverfahren dienten, wurden durchgeführt in Belgien, der Bundesrepublik Deutschland, England, Frankreich, Holland, Italien, Österreich und der Schweiz. Auch diese Untersuchungen wurden von der IOBC - "Arbeitsgruppe Integrierter Pflanzenschutz im Obstbau" koordiniert. Bei den Schalenwicklern haben wir es mit einem Komplex zu tun, der an einem Standort nicht selten bis zu 10 Arten umfassen kann. Diese Vielfalt und der Wechsel der Dominanz der Einzelglieder erschweren häufig eine selektive Bekämpfung.

De Reede et al. 1985 und andere untersuchten die Artenzusammensetzung der Schalenwickler in IPM-Anlagen von 1978 bis 1983 an Tortricidenlarven aus Mai-Absammlungen. Während des Untersuchungszeitraumes waren an allen Standorten Verschiebungen in der Dominanz der Arten zu beobachten. Darüber hinaus sind die Artensukzessionen innerhalb eines Jahres zu beachten. Wie aus Tab. 3 ersichtlich, ist die Dominanz der beiden wichtigsten Arten, *Adoxophyes orana* und *Pandemis heparana* am Standort Dossenheim während der Vegetationsperiode deutlichen Schwankungen unterworfen.

#### Schalenwicklerbekämpfung mit Baculoviren

Huber (1982) gibt in Tab. 4 eine Übersicht über Baculoviren, die im Feldversuch gegen Schalenwickler getestet wurden. Die in Europa durchgeführten Untersuchungen blieben dabei im wesentlichen auf die wirtschaftlich bedeutendste Art *Adoxophyes orana* beschränkt und wurden durchgeführt von Dickler und Huber (1983) in der Bundesrepublik Deutschland; Peters und Blommers in Holland; Vanvetwinkel in Belgien (Peters et al., 1984) sowie Flückiger, 1982; Schmid et al., 1983 in der Schweiz. In Laborexperimenten hatte ein *Adoxophyes orana* spezifisches Kernpolyedervirus (AoNPV) sich als hochvirulent erwiesen und im Biotest zu einer nahezu 100%igen Mortalität geführt (Dickler und Huber, 1983; Peters et al., 1983). Das von Peters hergestellte AoNPV war auch in Freilanduntersuchungen in Belgien, in Deutschland, in Holland und in der Schweiz wirksam gegen *A. orana*. So konnte Peters bei Larvenabsammlungen aus Triebspitzen eine 96 bis 98%ige Mortalität ermitteln. Gleichlautende Ergebnisse werden von Autoren in Belgien, der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz berichtet. Der Ausgawert dieses positiven Resultats ist jedoch wieder einzuschränken durch die Tatsache, daß durch AoNPV - Behandlungen Schalenwicklerschäden an Früchten nur im Bereich 50 bis 70% reduziert werden konnten. In Experimenten mit Freilandkäfigen konnten Dickler und Huber (1983) aufzeigen, daß am Standort Dossenheim diese Fruchtschäden von *Pandemis heparana* verursacht werden. *P. heparana* Larven werden durch AoNPV nicht infiziert. An Bäumen, die nach 2 AoNPV - Behandlungen eingekäfigt worden waren, schlüpfen keine *Adoxophyes orana* Falter, während sich pro Baum 65 *P. heparana* Larven bis zur Imago entwickelten. Das Schlupfergebnis an unbehandelten Kontrollbäumen betrug 10,5 Falter von *A. orana* und 30,5 Falter von *P. heparana*. Flückiger (1982) bearbeitete neben AoNPV zwei Granulosevirus-Herkünfte von *A. orana*, die jedoch aufgrund ihrer langsamen Wirkungsweise nicht geeignet erscheinen, Schäden durch die viruserkrankten Raupen zu verhindern.



Sie können zur Populationsdepression und prophylaktisch eingesetzt werden.

#### Bekämpfung von Schalenwicklern mit *Bacillus thuringiensis*

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Anstrengungen unternommen, Schalenwicklerarten mit *Bacillus thuringiensis*-Präparaten zu bekämpfen. Dabei konnte nur in wenigen Einzelfällen unter Freilandbedingungen eine zufriedenstellende Wirkung erzielt werden. Auch durch Zusätze von Fraßstimulantien war es nicht möglich, in Versuchen in Dossenheim (Dickler, 1984) die Schäden unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu halten (s. Tab. 5). Auf eine Wiedergabe des sehr umfangreichen Schriftums zu diesem Thema soll hier verzichtet werden. Ich darf stellvertretend holländische Arbeiten neueren Datums anführen. Nach de Reede et al. (1985) konnte mit einer Frühjahrsbehandlung mit Dipel der Schaden durch die Sommergeneration nicht reduziert werden und mit einer zusätzlichen Dipel-Behandlung im Juli war lediglich eine Reduktion von 32 bis 50% zu erzielen. Aufgrund der relativ guten Wirkung von Dipel gegen *Pandemis heparana* und *Splonota ocellana* erscheint bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer Arten eine Kombination von BT- und Viruspräparaten erfolgversprechend. Undorf und Huber (1986) werden in ihrem Beitrag über die "Empfindlichkeit verschiedener Tortriziden-Arten gegen *Bacillus thuringiensis*" auf mögliche Ursachen der unzureichenden Wirkung der auf dem Markt befindlichen BT-Präparate näher eingehen.

#### Zusammenfassung

Es wird eine Übersicht gegeben zum Stand der Entwicklung und Einführung mikrobiologischer Insektizide zur Wicklerbekämpfung im Apfelanbau. Die Untersuchungen wurden im Rahmen von IOBC/WPRS - und CEC - Arbeitsgruppen durchgeführt. Am weitesten fortgeschritten sind die Entwicklungen zur Bekämpfung des Apfelwicklers mit einem Granulosevirus (CpGV). In umfangreichen Freilandversuchen, die in 10 europäischen Ländern an 29 Standorten durchgeführt wurden, konnte die sehr gute Eignung des CpGV zur Apfelwicklerbekämpfung nachgewiesen werden. Die Bemühungen zur Entwicklung von Bekämpfungsverfahren gegen Schalenwickler mit Baculoviren blieben bisher im wesentlichen auf die wirtschaftlich bedeutendste Art, *Adoxophyes orana*, beschränkt. Auch hier konnte mit dem wirtsspezifischen Kernpolyedervirus (AoNPV) in Labor- und Freilandversuchen ein sehr guter Wirkungsgrad erzielt werden. Die Gesamtschalenwicklerschäden konnten jedoch nur um 50-70% reduziert werden. Fruchtschäden durch die Art *Pandemis heparana* konnten durch AoNPV nicht verhindert werden. Versuche mit verschiedenen *Bacillus thuringiensis* - Präparaten zur Unterdrückung von Schalenwicklerschäden, die in mehreren europäischen Ländern durchgeführt wurden, führten zu unbefriedigenden Resultaten.

## Literatur

1. AUDEMARD, H. et BURGERJON, A. (1984). Granulosis virus production and experimentation on the codling moth (*Cydia pomonella* C.) in France. Integrated control against orchard tortricids. Final report 1979-1983, C.E.C., EUR 8689, 5-16
2. AUDEMARD, H., BURGERJON, A. and MARTOURET, D. (1983). Virus production and utilization in integrated control against orchard tortricids: results of 1979-1981. Progress report 1979-1981, C.E.C., EUR 8273, 5-13
3. BENZ, G. (1981). Use of viruses for insect suppression. "Biological control in crop production" (BARC Symposium no.5-C.PAPAVIZAS. ed.). Allanheld, Osmun Publ. pp. 259-272
4. CAVALLORO, R. and PIAVAUX, A. (1983). Agriculture, CEC, Programme on integrated and biological control. Progress report 1979-1981. C.E.C./EUR 8273, Luxembourg, 344 p.
5. CAVALLORO, R. and PIAVAUX, A. (1984). Agriculture, C.E.C., Programme on integrated and biological control. Final report 1979-1983, C.E.C./EUR 8689, 471 p.
6. DICKLER, E. (1978). (editor) The use of integrated control and the sterile insect technique for control of the codling moth. Mitt.Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, H. 180
7. DICKLER, E. (1983). Mehrjährige Erfahrungen bei der Verwendung des spezifischen Apfelwickler-Granulosevirus: Einfluß auf den Zielorganismus und andere Schadarthropoden. Mitt. deut. Ges. allg. angew. Entomol. 4, 59-64
8. DICKLER, E. (1984). Microbiological control of *Adoxophyes orana* and *Laspeyresia pomonella* with baculovirus in the framework of integrated plant protection. Final report, 1979-1983, C.E.C./EUR 8689, 23-36
9. DICKLER, E. (1986). Einfluß von Behandlungen mit Apfelwickler-Granulosevirus (CpGV) und breitenwirksamen chemischen Insektiziden auf Parasiten des Apfelwicklers und Parasiten von Schalenwickler-Arten. (in press)
10. DICKLER, E. und GEHR, V. (1981). Untersuchungen über den Einfluß von Apfelwickler-Granuloseviren auf die Biozönose in Apfelanlagen: Analyse des Schalenwicklerkomplexes. Mitt. deut. Ges. allg. angew. Entomol. 3, 146-150
11. DICKLER, E. und HUBER, J. (1978). Über den Einfluß einer Bekämpfung des Apfelwicklers mit Granulosevirus auf Apfelschalenwickler und andere Schadarthropoden. Mitt. deut. Ges. allg. angew. Entomol. 1, 136-139 und Mod. Method. Bekämpfung Schadinsekten, H. 2, 65-70
12. DICKLER, E. und HUBER, J. (1983). Microbial control of *Adoxophyes orana* in combination with granulosis virus control of codling moth. Progress report 1979/81. EUR 8273, 14-21
13. DICKLER, E. und HUBER, J. (1984). Das Apfelwickler-Granulosevirus: Stand der Forschung und Möglichkeiten seiner Einführung in die Obstbaupraxis. Gesunde Pflanzen 36, 285-289
14. DICKLER, E. und HUBER, J. (1986). Modifizierte Strategie bei der Verwendung des Apfelwickler-Granulosevirus. (in press)
15. ESTEBAN, J. et BALDUQUE, R. (1986). Résultats d'utilisation de CpGV dans une parcelle de pommier et poirier à Zaragoza (Espagne) pendant 1985. (in press)
16. FALCON, L.A., KANE, W.R. and BETHELL, R.S. (1968). Preliminary evaluation of a granulosis virus for control of the codling moth. J. Econ. Entomol. 61, 1208-1213
17. FRITSCH, E. und HUBER, J. (1985). Inaktivierung von Apfelwickler-Granuloseviren durch UV-Strahlung und Temperatur. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 37, (6) 84-88

18. FLÜCKIGER, C.R. (1982). Untersuchungen über drei Baculovirus-Isolate des Schalenwicklers, *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lep., Tortricidae), dessen Phänologie und erste Feldversuche, als Grundlagen zur mikrobiologischen Bekämpfung dieses Obstschädlings. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Bulletin de la Société Entomologique Suisse, 55, 241-288
19. GLEN, D.M. and CRANHAM, J.E. (1983). L.A.R.S. and E.M.R.S.: Field trials of codling moth granulosis virus in the United Kingdom (1979-1981). Progress report 1979-1981, C.E.C./EUR 8273, 41-46
20. GLEN, D.M. and PAYNE, C.C. (1984). Production and field evaluation of codling moth granulosis virus for control of *Cydia pomonella* in the United Kingdom. *Annals of Applied Biology* 104, 87-98
21. GLEN, D.M., WILTSHIRE, C.W., MILSOM, N.F. and BRAIN, P. (1984). Codling moth granulosis virus: effects of its use on some other orchard arthropods. *Annals of Applied Biology*, 104, 99-106
22. HUBER, J. (1982). The baculoviruses of *Cydia pomonella* and other tortricids. IIIrd International Colloquium on Invertebrate Pathology 6.-10. Sept. 1982, Brighton, UK, 119-124
23. HUBER, J. (1984). Use of baculoviruses in pest management programs. In: Granados R.R. and Federici B.A. (editors). *The biology of baculoviruses*. Vol. II, CRC Press. Inc. (in print)
24. HUBER, J. and DICKLER, E. (1977). Codling moth granulosis virus: its efficiency in the field in comparison with organophosphorus insecticides. *J. Econ. Entomol.* 70, (5) 557-561
25. IOBC-WPRS-Bulletin. (1980): Biological control in orchards, biology and control of codling moth. Wye. (U.K.) 25.-29.3.1980, IOBC-WPRS Bulletin, III/6
26. KELLER, S. (1973). Mikrobiologische Bekämpfung des Apfelwicklers mit spezifischem Granulosevirus. *Z. angew. Entomol.* 73, 137-181
27. MARTIGNONI, M.E. (1981). A catalogue of viral diseases of insects, mites and ticks. Appendix 2. In *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*, pp. 897-911. London: Academic Press
28. NEUFFER, G. (1983). The influence of granulosis virus (LpGV) on the apple tree fauna in orchards where an integrated pest control programme is carried out. Progress report 1979-1981, C.E.C./EUR 8273, 22-33
29. NEUFFER, G. (1984). Biological methods for the control and prognosis of tortricids in orchards where an integrated pest control programme is carried out. Final report, 1979-1983, C.E.C./EUR 8689, 37-52
30. PAYNE, C.C. (1981). Susceptibility of the pea moth, *Cydia nigricana* to infection by the granulosis virus of the codling moth, *Cydia pomonella*. *J. Invertebr. Pathol.* 38, 71-77
31. PAYNE, C., GLEN, D.M. and CRANHAM, J.E. (1983). Research (1978-81) in the United Kingdom on production and application of the granulosis virus of codling moth, *Cydia pomonella*. Progress report 1979-1981, C.E.C./EUR 8273, 34-41
32. PAYNE, C.C., RICHARDS, M.G., CROOK, N.E., GLEN, D.M. and CRANHAM, J.E. (1984). Research on the production and application of the granulosis virus of codling moth, *Cydia pomonella*, in the United Kingdom (1979-1983). Final report, 1979-1983, C.E.C./EUR 8689, 53-68
33. PETERS, D., WIEBENGA, J., VAN MAANEN, J.H., TIMMERMANS, P.D., DE HAAN, J. and VANWETSWINKEL, G. (1983). Studies on the control of *Adoxophyes orana* larvae with a nuclear polyhedrosis virus. Progress report 1979-1981, C.E.C./EUR 8273, 47-64

34. PETERS, D., WIEBENGA, J., VAN MAANEN, H.J., VANWETSWINKEL, G. and BLOMMERS, L.H.M. (1984). The control of the summer fruit tortrix moth (*Adoxophyes orana*) with a nuclear polyhedrosis virus in orchards. Final report 1979/1983, C.E.C./EUR 8689, 69-80
35. de REEDE, R.H. (1985). (editor) Integrated pest management in apple orchards in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids. Pudoc, Wageningen, Netherlands, 1985
36. de REEDE, R.H., ALKEMA, P. and BLOMMERS, L.H.M. (1985). The use of the insect growth regulators fenoxycarb and epofenonane against leafrollers in: integrated pest management in apple orchards. Entomol. exp. appl. in press, in de Reede 1985, p. 55-70
37. SCHMID, A., CAZELLES, O. and BENZ, G. (1983). A granulosis virus of the fruit tortrix, *Adoxophyes orana* F.v.R. (Lep., Tortricidae). Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Bulletin de la Societe Entomologique Suisse, 56, 225-235
38. UNDOERF, K. und HUBER, J. (1986). Empfindlichkeit verschiedener Tortriciden-Arten gegen *Bacillus thuringiensis*, Bulletin Wageningen (in press)
39. YAMVRIAS, C. (1984). Research on the application of biological control methods against *Carpocapsa* (*Laspeyresia pomonella* L.). Final report 1979/1983, C.E.C./EUR 8689, 17-22

### CpGV-Apfelwicklerbefall

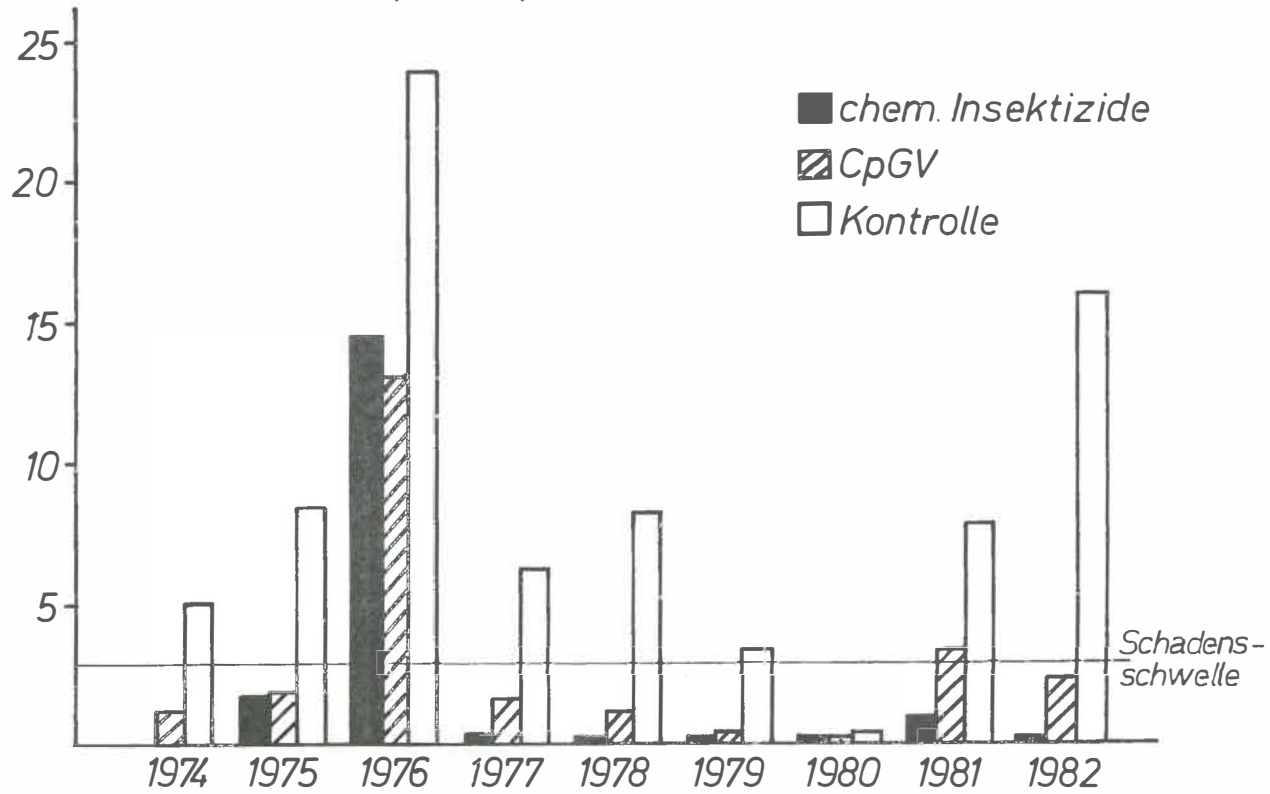


Tabelle 1: Freilandversuche mit dem Apfelwickler-Granulosevirus in Europa (n.Huber, 1982)

Jahr	Land	Zahl Apfel- anlagen	Behandelte Fläche (ha)	Ausgebrachte Virusmenge (Virus Granula)	Beteiligte Wissenschaftler
1970	CH	2	0,04	$0.2 \times 10^{13}$	Benz, Keller
1971	CH	1	0,60	$10.0 \times 10^{13}$	
1973	D	1	0,02	$0.3 \times 10^{13}$	Dickler, Huber, Szalay-Marzsó,
1974	D,H	3	0,14	$7.0 \times 10^{13}$	
1975	D,H	4	0,45	$11.0 \times 10^{13}$	
1976	A,H,D	10	2,05	$35.5 \times 10^{13}$	Benz, Brassel, Charmillot, Dickler,
1977	A,CH,D, H,NL	13	4,30	$49.5 \times 10^{13}$	Fischer-Colbrie, Huber, Mercier, Neuffer, Peters, Robert, Russ, Szalay-Marzsó, Wundermann
1978	D,GB,NL	6	0,80	$30.5 \times 10^{13}$	Dickler, Glen, Huber, Payne,
1979	D,GB,NL	9	0,85	$53.0 \times 10^{13}$	Peters, Wundermann
1980	D,F,GB,NL	10	4,35	$59.0 \times 10^{13}$	Audemard, Briolini, Burgerjon, Charmillot, Cranham, Dickler,
1981	A,CH,D,E, F,GB,H,I, NL,PL	26	8,15	$77.3 \times 10^{13}$	Domenichini, Estéban-Duran, Fischer- Colbrie, Glen, Huber, Martouret, Mayr, Neuffer, Niemczyk, Peters, Schmid, Szalay-Marzsó, Wildbolz, Wundermann, Payne

1) A=Österreich, CH=Schweiz, D=Bundesrepublik Deutschland, E=Spanien, F=Frankreich,  
GB=Großbritannien, H=Ungarn, I=Italien, NL=Niederlande, PL=Polen

Tabelle 2 : Eigenschaften des Apfelwickler-Granulosevirus

positive:	negative:
gute Wirkung gegen den Apfelwickler	keine Wirkung gegen Schalenwickler
lange Lagerfähigkeit	
Spritzen mit üblichen Geräten	kurze Wirkungsdauer
keine Abtriftprobleme	in vivo Produktion
keine schädlichen Rückstände	begrenzte Anwendung
ungefährlich	
umwelt- und nützlingschonend	
Einsparung von Kosten für Akarizide	

Tabelle 3 : Dominanz von *Adoxophyes orana* (A.o.)  
und *Pandemis heparana* (P.h.)  
Dossenheim, 1981

Zeit	Anzahl Larven	A.o. %	P.h. %	Andere %
Februar	57	72	24	4
Mai	641	65	41	28
Juli	263	19	79	2
September	407	92	8	0

Tabelle 4 : Freilandversuch mit Baculoviren zur Bekämpfung von Schalenwicklern (n. Huber, 1982)

Art	Virus	Literatur
<u>Adoxophyes orana</u>	GV	Shiga et al. (1973)
(-reticulana)	NPV	Ponsen (1966)
<u>Archips argyrospila</u>	GV	Pinnock and Milstead (1978)
<u>Argyrotaenia velutinana</u>	GV	Glass (1958)
<u>Epiphyas postvittana</u>	NPV	Geier and Oswald (1977)
<u>Spilonota</u> sp.	NPV	Bode (1980)

Tabelle 5 : Schalenwicklerbekämpfung mit *Bacillus thuringiensis* (Dipel), Dipel + Fraßstimulantien (Zucker = Z, Milchpulver = Mp) und chemischen Insektiziden (Gusathion MS), Sorte Golden Delicious, Dossenheim, 1980

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

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



MODIFIZIERTE STRATEGIE BEI DER VERWENDUNG DES  
APFELWICKLER-GRANULOSEVIRUS

Erich Dickler und Jürg Huber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim und  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

Summary

Modified strategy for the use of the codling moth granulosus virus.

The granulosus virus of the codling moth (*Cydia pomonella*) is a highly selective agent for control of codling moth in integrated pest management programmes in orchards. Due to inactivation by sunlight its persistence is rather short and accurate timing of the virus applications is mandatory. Catches of pheromone traps used for monitoring of the codling moth flight are not always easy to interpret. In order to avoid the problem of proper timing of the sprays it is suggested, instead of a regular dose, to use frequent routine sprays with reduced concentrations, which could be combined with regular fungicide treatments in order to reduce application costs. In an experimental orchard in Dossenheim, nine virus applications with 1/10 regular dose were with 91% damage reduction as effective as 4 virus treatments using the regular dose of  $5 \cdot 10^{13}$  G/ha. The compatibility of the LpGV with several fungicides could be verified in bioassays.

Einleitung

Über die Bedeutung des Apfelwicklers (*Cydia pomonella*) als Schlüssel-schädling im Obstbau und über die Problematik seiner Bekämpfung liegt ein umfangreiches Schrifttum vor (BUTT, 1975). Die zur Unterdrückung von Schäden eingesetzten breitenwirksamen Insektizide haben eine Reihe von bekannten Nachteilen zur Folge, wie Abtötung der meisten Nützlinge und indifferenteren Arten und direkte und indirekte Förderung von Schädlingen. Am bekanntesten ist das Beispiel der Roten Spinne (*Panonychus ulmi*), die erst durch den Einsatz der genannten Insektizide zum Schädling wurde (OBERHOFER, 1983). Daher ist die Entwicklung von Präparaten mit selektiver Wirkung heute zu einer zentralen Forderung geworden.

Das am weitesten entwickelte Präparat zur selektiven Bekämpfung des Apfelwicklers ist ohne Zweifel das Granulosevirus. Es hat im Freilandversuch weltweit seine gute Wirksamkeit unter Beweis gestellt und seine industrielle Produktion wird zur Zeit von verschiedenen Firmen in Erwägung gezogen. (DICKLER und HUBER, 1984).

### Problemstellung

Die Verwendung des CpGV bringt eine Reihe von Vorteilen, wie Nützlingsschonung, ökologische Unbedenklichkeit etc. Gleichzeitig stellt es aber auch höhere Ansprüche an den Anwender. So ist es notwendig, die Spritztermine genauer auf die Phänologie des Apfelwicklers abzustimmen als dies bisher der Fall war.

Als Hilfsmittel zur Prognose werden zunehmend Pheromonfallen eingesetzt. Die Deutung der Fallenfänge ist nicht immer einfach, da sich witterungsabhängig die beiden Generationen überlappen können und aus der Zahl der gefangenen Falter keine genauen Rückschlüsse auf die Höhe der Schädlingspopulation möglich sind (GLEN und BRAIN, 1982). Der Flug kann sich über mehrere Wochen erstrecken, ohne deutliche Maxima anzuzeigen. Besonders problematisch ist die Beurteilung der Fänge zu Flugbeginn. Wie aus den Fangkurven vom Standort Dossenheim (Abb. 1) ersichtlich ist, kann der Flug des Apfelwicklers bereits Anfang Mai massiv einsetzen und den Obstbauern verunsichern, da Bekämpfungsmaßnahmen frühestens 5 Wochen später sinnvoll sind. Die Wirkung des CpGV ist auf fressende Larvenstadien begrenzt, wohingegen die meisten chemischen Insektizide als Fraß-, Atem- und Kontaktgift alle Stadien erfassen und sich durch eine lange Wirkungsdauer auszeichnen.

### Theoretische Lösung

Da das CpGV durch den UV-Anteil des Sonnenlichtes relativ rasch inaktiviert wird, hat man bisher versucht, dies durch hohe Anfangskonzentrationen zu kompensieren. Bei der Aufwandmenge von  $5 \cdot 10^{13}$  Virusgranula je ha ist unmittelbar nach der Spritzung mit einer Abtötung der Larven von 98% zu rechnen (Abb. 2). Im Laufe von 14 Tagen reduziert sich die Wirkung bei sonnigem Wetter auf etwa 70%. Mit einer 10 mal geringeren Konzentration wird zwar direkt nach der Ausbringung auch noch eine Mortalität von 94% erreicht. Die Mortalitätskurve sinkt aber in zwei Wochen auf den nicht tolerierbaren Wert von etwa 40% ab. Erfolgt dagegen nach einer Woche eine Wiederholungsbehandlung ebenfalls mit 1/10 Konzentration, dann entspricht die Schutzwirkung annähernd der einer Behandlung mit der bisher üblichen Virusmenge.

Aufgrund dieser Überlegungen sollte es möglich sein, einige wenige gezielte Spritzungen, deren Terminierung, wie oben ausgeführt, schwierig ist, durch eine dichtere Folge prophylaktischer Maßnahmen mit niedriger Konzentration zu ersetzen.

### Überprüfung im Freilandversuch

Dieses Konzept wurde 1984 erstmals auf dem Versuchsfeld der BBA in Dossenheim getestet. Es stand eine 0,3 ha große Fläche aus einer 5 jährigen Pflanzanlage mit den Sorten Golden Delicious und Cox Orange auf M9 zur Verfügung. Folgende Behandlungen wurden durchgeführt:

- 4 mal mit CpGV,  $5 \cdot 10^{13}$  Virusgranula/ha
- 9 mal mit 1/10 Konzentration CpGV d.h.  $5 \cdot 10^{12}$  G/ha
- 3 Dimilin-Behandlungen, die ersten beiden mit 0,05% die letzte mit 0,03%.

40 unbehandelte Bäume dienten als Kontrolle. Die Auswertung auf Apfelwicklerbefall erfolgte nach den Richtlinien der BBA. Die Resultate sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Der hohe Befallsdruck in dieser Anlage, der in den Werten in der unbehandelten Kontrolle zum Ausdruck kommt, bot beste Voraussetzungen für diese Prüfung. Das Vergleichsinsektizid Dimilin unterstreicht mit 91 und 97% Befallsreduktion seine Eignung als Apfelwicklerinsektizid. Granulosevirus in Normalkonzentration ausgebracht, zeigte den gewohnten guten Wirkungsgrad aus früheren Versuchen. Mit 9 Behandlungen der 1/10 Konzentration - 5 gegen die erste und 4 gegen die zweite Generation - konnte sogar ein noch etwas besserer Wirkungsgrad erzielt werden.

Die einjährigen Ergebnisse des Freilandversuches bestätigen im vollen Umfang die Arbeitshypothese, daß mit einer engen Applikationsfolge der 10 mal geringeren CpGV-Konzentration Schäden durch den Apfelwickler verhindert werden können. Durch dieses Verfahren lassen sich die Mittelmengen um 4/5 senken und die Präparatkosten entsprechend reduzieren.

### Durchführung in der Praxis

Auf den ersten Blick scheint dieser Kostenvorteil wieder häufig zu werden und diese Strategie für den Praktiker nicht akzeptabel zu sein, da sie mit einer Verdoppelung der Zahl der Behandlungen verbunden ist. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß in Erwerbsapfelanlagen zur Zeit des Schadauftrittens der ersten Apfelwicklergeneration mehr oder weniger routinemäßige Spritzungen gegen Schorf und Mehltau erfolgen. Im Durchschnitt der letzten 5 Jahre wurden in erwerbsmäßig geführten Apfelanlagen auf dem Versuchsfeld in Dossenheim während dieses Zeitraums (5.6. bis 10.7.) im Durchschnitt 4,2 Fungizid-Behandlungen in ca. wöchentlichen Abständen vorgenommen. Falls das CpGV als Tankmischung mit Fungiziden ausgebracht werden könnte, würden zusätzliche Kosten für Rüstzeit und Ausbringung entfallen.

In Labortests wurde untersucht, inwieweit CpGV sich mit Fungiziden mischen läßt. Die Auswertung von Biotests mit Apfelwickler L<sub>1</sub> (HUBER, 1981) zeigte, daß durch die im Obstbau üblichen Fungizide die Virulenz des CpGV nicht beeinträchtigt wird (Tabelle 2).

Diese Strategie beinhaltet noch einen weiteren wesentlichen Vorteil. Wegen der ohnehin erforderlichen Fungizid-Maßnahmen kann das CpGV ohne Mehraufwand 1 bis 2 Wochen früher eingesetzt werden als normalerweise üblich. Dadurch werden auch die allerersten Larven erfaßt, die vor dem Junifall zwar keinen wirtschaftlichen Schaden verursachen, aber die Eltern einer möglichen 2. Generation stellen können. Auf diese Weise kann der Befallsdruck durch eine 2. Generation erheblich reduziert werden. Da letztere besonders schweren Schaden verursachen kann, ist eine Überwachung mit Pheromonfallen aber dringend geboten.

Prophylaktische Pflanzenschutzmaßnahmen stehen eigentlich in diametralem Gegensatz zu den Prinzipien des IPS. Im vorliegenden Fall wird jedoch ein biologisches Insektizid ausgebracht, das hochselektiv ist und außer dem Apfelwickler das gesamte Ökosystem unbeeinflusst läßt.

Literatur

- RUTT, B.A., 1975: Bibliography of the codling moth. USDA Res. Paper ARS W-31, 221 S.
- DICKLER, E. und J. HUBER, 1984: Das Apfelwickler Granulosevirus: Stand der Forschung und Möglichkeiten seiner Einführung in die Obstbaupraxis. Gesunde Pflanzen, 36, 285-289.
- GLEN, D.M. and P. BRAIN, 1982: Pheromone-trap catch in relation to the phenology of codling moth (*Cydia pomonella*). Ann. appl. Biol. 101, 429-440.
- HUBER, J., 1981: Apfelwickler-Granulosevirus: Produktion und Biotests. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 2, 141-145.
- OBBERHOFER, H., 1983: Spinnmilben - ein Folgeschädling unserer Pflegemaßnahmen. Obstbau Weinbau, Mitt. Südtiroler Beratungsring, 20 (4), 15-21.

Behandlung	Golden Delicious		Cox Orange	
	Befall [%]	Wirkungsgrad [%]	Befall [%]	Wirkungsgrad [%]
CpGV normale Konz. 4x	2.6	82	3.2	90
CpGV 1/10 Konz. 9x	1.2	92	2.9	91
Dimilin 3x	0.4	97	2.9	91
Kontrolle unbehandelt	14.3	-	33.0	-

Tabelle 1: Auswertung des Freilandversuchs in Dossenheim zur Bekämpfung des Apfelwicklers mit CpGV und Dimilin.

Kombination	LC50 [G/ml]	Vertrauensgrenzen	Steigung
CpGV + Orthocid 0.25 %	13.2	-	1.7
CpGV + Pomuran 0.40 %	11.9	(3.3 - 18.7)	2.3
CpGV + Rubigan 0.06 %	10.3	(2.8 - 16.1)	2.4
CpGV + Baycor 0.10 %	14.4	-	1.6
CpGV + alle Fungizide	10.0	(4.0 - 14.8)	2.1
CpGV + Wasser	13.4	(8.1 - 18.6)	2.4

Tabelle 2: Resultate der Biotests an Eilarven des Apfelwicklers mit Mischungen von CpGV und verschiedenen Fungiziden.

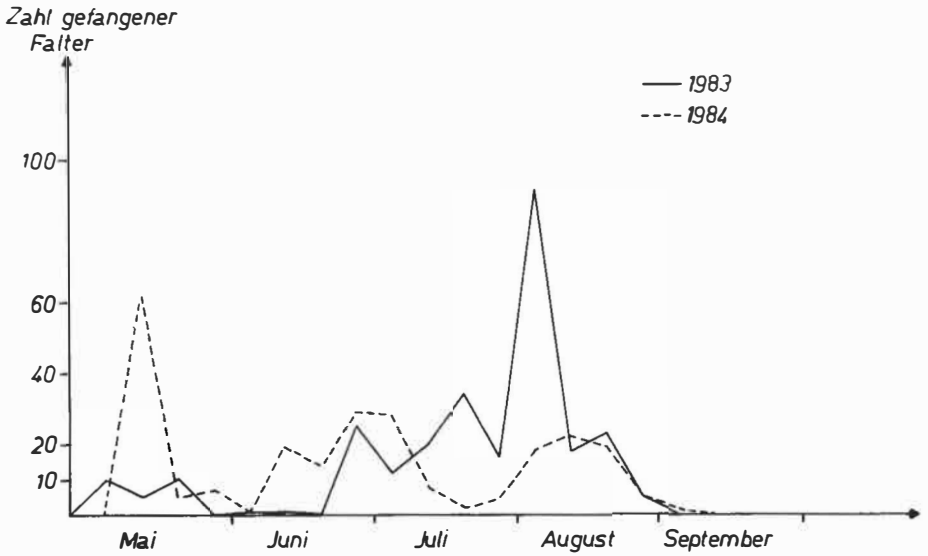


Abbildung 1: Apfelwickler-Fänge in Pheromon-Fallen auf dem Versuchsgelände in Dossenheim in zwei aufeinanderfolgenden Jahren.

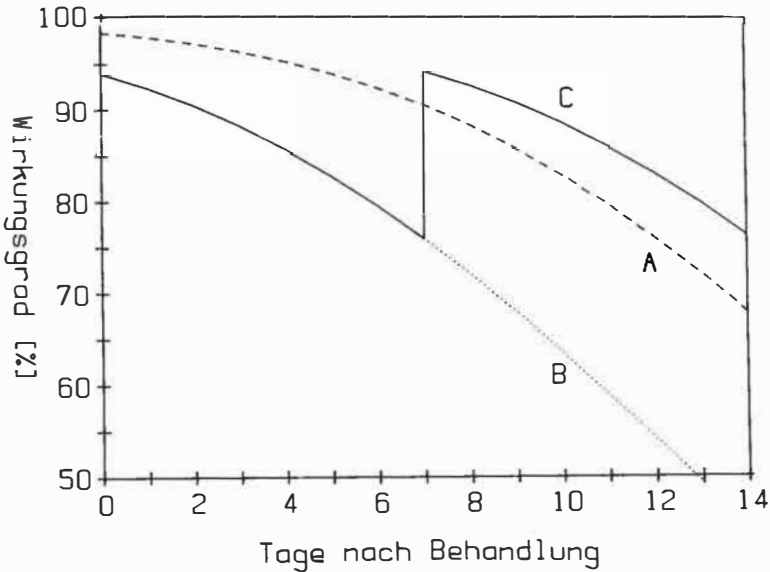


Abbildung 2: Berechnete Inaktivierungskurven der Spritzbeläge für verschiedene Einsatzstrategien des Apfelwickler-Granulosevirus:  
 A. eine Behandlung mit  $5 \cdot 10^{13}$  Virusgranula pro ha in 14 Tagen.  
 B. eine Behandlung mit  $5 \cdot 10^{12}$  G/ha  
 C. zwei Behandlungen mit  $5 \cdot 10^{12}$  G/ha

ZUR FRAGE VON NEBENWIRKUNGEN VON GRANULOSE-VIRUS UND  
INSEGAR AUF DIE ARTHROPODENFAUNA IN APFELANLAGEN  
SÜDWESTDEUTSCHLANDS

G. NEUFFER

Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart

Summary

Studies of side effects of Granulosis-virus and Insegar on the arthropod fauna in orchards of South West Germany have been carried out from 1979 to 1983. - Granulosis-virus (CpGV) is a specific biological agent for the control of the codling moth Laspeyresia (Cydia) pomonella. Insegar on the other hand is an insecticide, which is non neurotic but effective as an juvenilhormon analoga to control the summer fruit tree leaf roller Adoxophyes orana. - The results achieved by beating and modified funnel methods and the fruit damage caused by arthropods evaluated at harvest time have shown that CpGV and Insegar brought good results in the control of mentioned insects, but have no significant influence on the other members of the apple tree fauna.

1. Fragestellung

Haben die selektiven Schädlingsbekämpfungsmittel Granulose-Virus (CpGV) gegen Laspeyresia pomonella (Apfelwickler) bzw. Insegar (Ro 13-5223) gegen Adoxophyes orana (Apfelschalenwickler) unerwünschte Nebenwirkungen auf die Apfelbaumfauna?

2. Methodik

Freilandprüfungen mit der Klopf- bzw. Trichtermethode nach Steiner in Apfelanlagen Baden-Württembergs:

- a) Entnahme von Klopfproben mit dem Klopftrichter (0,25 m<sup>2</sup> Fangfläche), 26 oder 33 Schläge (=Äste) je Parzelle vor und nach der Versuchsspritzung,
- b) Aufhängen von Plastikfolientrichtern mit je 0,5 m<sup>2</sup> Fangfläche sofort nach der Spritzung (3-5 Trichter je Baum = 6-12 je Parzelle). Kontrollen bis 10 Tage nach Versuchsbeginn

Wegen häufig instabiler Wetterlage wurde die Methode wie folgt abgewandelt (siehe auch Abb. 1):

- Ersetzen des Sammelglases durch ein Plastikgefäß mit durchlöcherter Boden. Regenwasser kann ablaufen,
- Einlegen eines Kaffeefilters, in dem sich die herunterfallenden Arthropoden sammeln. Filter und Fang können nach Trocknung bis zur Auswertung eingefroren werden.

c) Erntebonitierung auf Fruchtschäden (visuell).

### 3.1. Granulose-Virus: Versuchsbeschreibungen

1980: Versuch in Malmsheim, div. Apfelsorten (Tab. 1, Abb. 2), Vergleich der Arthropodenfänge

	Mittelanwendung	Kontrolle
Parz. G* (1,5 Ha)	30.7. u. 9.8. CpGV (BBA) 0,67 l/ha = 10 <sup>11</sup> Kaps./ml in 800 l Wasser/ha + Milchpulver (MP) 1% bzw. 0,5 %	Klopfproben: 25.7. u. 7.8.
Parz. D* (1,5 ha)	30.7. Basudin 40, 300 g in 400 l Wasser/ha 9.8. CpGV (wie oben) + MP 0,5 %	
Parz. U	Unbehandelt	

1981: Versuch in Malmsheim und Murr, Golden Delicious (Abb. 3), Vergleich der Arthropodenfänge

	Mittelanwendung	Kontrolle
Parz. G* 12 Bäume	7.7. CpGV (wie oben) + Milchp. 0,5%	Klopfproben: 29.6., 7.7., 8.7., 10.7., 14.7.
Parz. N* 12 Bäume	7.7. Nexion stark 0,2 %	
Parz. U 12 Bäume	Unbehandelt	Trichter: 8.7. 9.7., 11.7.

\* G = Granulose CpGV      N = Bromophos (Nexion)  
D = Diazinon              U = Unbehandelt

1982: Versuch in Malmsheim, Golden Delicious (Abb. 4 u. 5), Vergleich der Arthropodenfänge verschiedener Granulose-Formulierungen sowie Erntebonitierung

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1) Wasser   | 5) CpGV (Sandoz) 500 g/ha      |
| 2) CpGV (BBA) 0,67 l/ha + MP 0,5 %                                    | 6) Milchpulver 0,5 %           |
| 3) CpGV (Sandoz) 500 g/ha = 2,5 x 10 <sup>11</sup> Kaps./g + MP 0,5 % | 7) Dimilin 25 W 60 g/ha, 3fach |
| 4) CpGV (BBA 0,67 l/ha  | 8) Nexion stark 0,3 %          |



Mittelanwendung: 30.6., Klopfproben: 9.7., Trichterfänge: 30.6., 1.7., 9.7., Erntebonituren: 19. u. 21.10.

### 3.2. Insegar: Versuchsbeschreibung

1983: Versuch in Murr, James Grieve (Abb. 6, Tab. II)  
Vergleich der Arthropodenfänge

	Mittelanwendung am 16.5.	Kontrolle
Parz. U	Wasser (unbehandelt)	Klopfproben: 30.5.
Parz. Ro	Insegar 0,12 %	
Parz. M	Metasystox R 0,1 % bzw. Metasystox 0,01 %	Trichter: 16./17.5., 20.5., (30.5.)

### 4.1. Diskussion der Ergebnisse der Versuche mit Granulose-Virus

CpGV, Herkunft BBA (Huber) und Sandoz, mit Zusatz von 0,5 % Magermilchpulver zeigt kaum Nebenwirkungen auf die Arthropodenfauna des Apfelbaumes. Ob die 1981 und 1982 festgestellte schwache Dämpfung bei den Thysanopteren (Klopf- und Trichterproben) und bei Eriosoma (Trichterproben) in Malsheim allein auf CpGV zurückgeführt werden kann, ist noch zu klären. Die Wirkung auf *L. pomonella* ist gut.

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 lassen sich damit wesentlich besser erfassen als mit der Klopfmethode, besonders bei unstabiler Wetterlage.

### 4.2. Diskussion des Insegar-Versuches

Insegar zeigte eine gute Wirkung gegen Adoxophyes orana. Die Auswertungen der Klopf- und Trichterfänge ließen keine besonderen Nebenwirkungen auf Nutzarthropoden und Indifferente der Apfelbaumfauna erkennen. Selbst Hymenopteren wurden nicht geschädigt, obwohl das Mittel zur Bekämpfung der Feuerameise Solenopsis (Hym., Formicidae) empfohlen wird. Als Ergänzung zu Granulose-Virus gegen den Apfelwickler hat sich Insegar als ein gutes selektives Mittel gegen den Apfelschalenwickler erwiesen, dessen Verwendung in Apfelanlagen mit integriertem Pflanzenschutz gewiss Anklang finden wird.

Literatur (Auswahl)

- Dickler, E. 1980: Control of codling moth with granulosis virus in the field. - Biological control in orchards, biology and control of codling moth. WYE (U.K.) 25-28,3, IOBC/WPRS Bull. 1980/III/6
- Dickler, E. u. J. Huber 1978: Über den Einfluß einer Bekämpfung des Apfelwicklers mit Granulosevirus auf Apfelschalenwickler und andere Schadarthropoden. - Moderne Methoden in der Bekämpfung von Schadinsekten, H.2,65-70
- Fischer-Colbrie, P. 1982: Verwendung insektenpathogener Viren im Obstbau. - Der Pflanzenarzt 35,56-58
- Galli, P. u. H. Steiner 1983: Die Prüfung der Wirkung von Insektiziden auf Nützlinge. Bedeutung für den integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau. - Erwerbsobstbau 25,302-305
- Huber, J. u. E. Dickler 1977: Codling moth granulosis virus: its efficiency in the field in comparison with organophosphorous insecticides. - J.econ.Ent. 70,557-561
- Jaques, R.P., J.E. Laing, C.R. MacLellan, M.D. Proverbs, K.H. Sanford and R. Trottier 1981: Apple orchard test on the efficacy of the granulosis virus of the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (Lep. Olethreutidae). - Entomophaga 26,111-118
- Neuffer, G. 1984: Biologischer Pflanzenschutz in Baden-Württemberg. - Agrar- u. Umweltforschung in Bad.-Württ. 7,84 S.
- Steiner, H. 1962: Methoden zur Untersuchung der Populationsdynamik in Obstanlagen. - Entomophaga 7,207-214

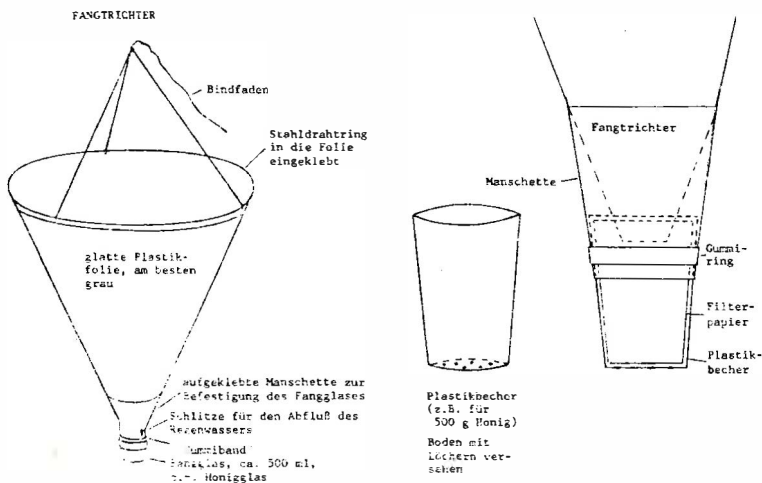


Abb. 1: Abgeänderter Klopftrichter

Malmshelm	1980						1981						1982					
	25.7. bis 7.4.80						8.7. bis 14.7.81						9.7.82					
	33 Aste Je Probe/3 Proben/Parz. 33 branches/trial						26 Aste Je Probe/3 Prob./Parz. 26 branches/trial						33 Aste Je Probe/1 Probe/Parz. 33 branches/trial					
Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	unbeh. untreated		Granulose BS+MP		Diazinon		unbeh. untreated		Granulose BS+MP		Nexion		unbeh. untreated		Granulose BS+MP		Diazinon	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
<b>schädliche/nexious</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Boyllina	156	65	100	53	6	26	7	21	6	26	3	11	68	9	10	7	16	14
Kleinzikaden (small Cicadina) (Erythronera, Typhlocyba, Empoasca) psyllidae	12	19	4	27	6	21	5	1	6	2	7	11	4	5	0	4	2	0
Erinosca																		
<b>Summe /sum</b>	<b>252</b>	<b>50,9</b>	<b>184</b>	<b>37,2</b>	<b>59</b>	<b>11,9</b>	<b>34</b>	<b>35,4</b>	<b>40</b>	<b>41,7</b>	<b>22</b>	<b>22,9</b>	<b>84</b>	<b>61,3</b>	<b>21</b>	<b>15,3</b>	<b>32</b>	<b>23,4</b>
<b>nützliche/useful</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Anthecoridae	23		30		31		40		40		19		10		28		10	
Hiridae	14		5		2		0		0		0		7		2		2	
Hymenoptera	170		80		37		18		25		24		9		6		0	
<b>Summe/sum</b>	<b>207</b>	<b>52,8</b>	<b>115</b>	<b>29,3</b>	<b>70</b>	<b>17,9</b>	<b>58</b>	<b>34,9</b>	<b>65</b>	<b>39,2</b>	<b>43</b>	<b>25,9</b>	<b>26</b>	<b>35,1</b>	<b>36</b>	<b>48,7</b>	<b>12</b>	<b>16,2</b>
<b>Indifferente/indifferent</b>																		
<b>Arthropoda</b>																		
Moderkäfer ("Rottefleckenkäfer") (Atomaria, Cryptophagus)	9		4		5		6		2		5		1		1		0	
Phaneroptera	496		656		247		171		88		106		42		14		0	
Liptera	275		254		167		44		25		49		16		7		18	
Aranea	30		17		0		14		6		4		6		4		2	
<b>Summe/sum</b>	<b>810</b>	<b>37,5</b>	<b>931</b>	<b>43,1</b>	<b>419</b>	<b>19,4</b>	<b>235</b>	<b>45,2</b>	<b>121</b>	<b>23,3</b>	<b>164</b>	<b>31,5</b>	<b>65</b>	<b>58,6</b>	<b>26</b>	<b>23,4</b>	<b>20</b>	<b>18,0</b>
<b>Total</b>	<b>1269</b>	<b>41,6</b>	<b>1230</b>	<b>40,4</b>	<b>548</b>	<b>18,0</b>	<b>327</b>	<b>41,8</b>	<b>226</b>	<b>28,9</b>	<b>229</b>	<b>29,3</b>	<b>175</b>	<b>54,3</b>	<b>83</b>	<b>25,8</b>	<b>64</b>	<b>15,9</b>

Tab. 1: CpGV-Versuche in Malmshelm 1980 bis 1982, Klopfprobenfänge ausgewählte Arthropoden absolut und in %

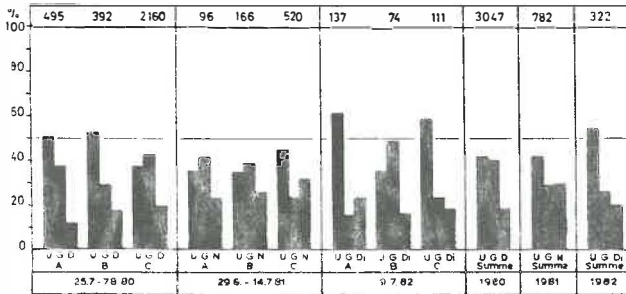


Abb. 2: CpGV-Versuche in Malmshelm 1980 bis 1982, Klopfprobenfänge Anteil in %  
 U = unbehandelt  
 C = Granulose (CpGV) + MP  
 D = Diazinon (Basudin 40)  
 Di = Diflubenzuron (Dimilin)  
 N = Bromophos (Nexion stark)

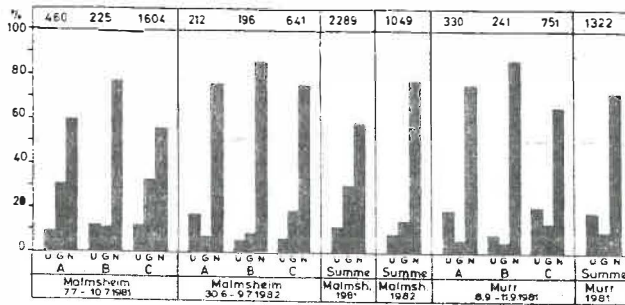


Abb. 3: CpGV-Versuche in Malmshelm 1981 und 1982 und in Murr 1981, Trichterprobenfänge, Anteile in %  
 U = unbehandelt  
 G = Granulose (CpGV)  
 N = Bromophos (Nexion stark)  
 A = schädliche Arthropoden  
 B = nützliche Arthropoden  
 C = indifferente Arthropoden

Trichter - Proben 1983 Murr					
Ausgewählte Arthropoden/ selected arthropods	Wasser	Insegar	Metasystox	Metasystox	Total
	abs. %	0,12 %	0,1 %	0,05 %	abs. %
	abs. %	abs. %	abs. %	abs. %	abs. %
<b>Schädliche Arthropoda</b>					
Psyllina	339	24	38A	156	
Kleinsäcken (Erythroneura, Typhlocyba, Naposca)	9	19	175	172	
Aphididae	30	6	469	430	
Eriosoma	-	-	-	1	
Tortricidae	0	1	9	8	
Tetranychidae	39	41	493	626	
Summe	425	12,3	1534	1393	3442 100
<b>Nützliche Arthropoda</b>					
Staphylinidae	26	14	18	24	
Anthocoridae	7	7	40	40	
Niridae	47	18	221	451	
Chrysopidae (Larven)	4	2	43	24	
Syrphidae (Larven)	5	4	4	1	
Hymenoptera	5	6	44	28	
Summe	94	8,7	370	568	1083 100
<b>Indifferente Arthropoda</b>					
Moderkäfer (Atomaria, Corti- caria, Cryptophagus)	49	10	60	53	
Thysanoptera	42	27	228	255	
Diptera	216	113	288	262	
Aranea	12	8	47	41	
Acari	17	24	72	55	
Summe	336	17,9	182	666	1879 100
Total	855	13,4	323	2599	41,0 6404 100

Tab. 11: Insegar-Versuch in Murr 1983, Trichterfänge, ausgewählte Arthropoden.  
Summen von 4 Versuchsgliedern à 3 Bäume (James Grieve) mit je 5 Trichtern  
(Summe = 15 Trichter/Parzelle). 16.5.-20.5.1983

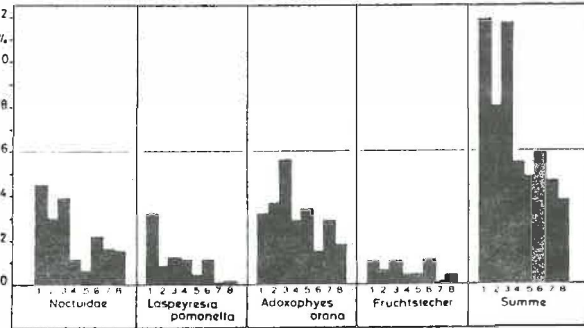


Abb. 5: Ernteschäden an Äpfeln durch Insekten in %  
CpGV-Versuch in Malsheim 1982, weitere Erläuterungen s. Abb. 4

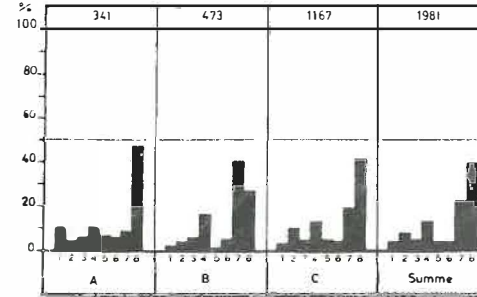


Abb. 4: CpGV-Versuch in Malsheim 1982, Trichterprobenfänge  
30.6. - 9.7.1982, Anteile in %  
1 = Wasser 2 = CpGV BBA + MP 3 = CpGV Sandoz + MP  
4 = CpGV BBA 5 = CpGV Sandoz 6 = 0,5 % MP  
7 = Diflubenzuron (Dimilin) 8 = Bromophos (Nexion stark)  
A = Schädlinge B = Nützlinge C = Indifferente

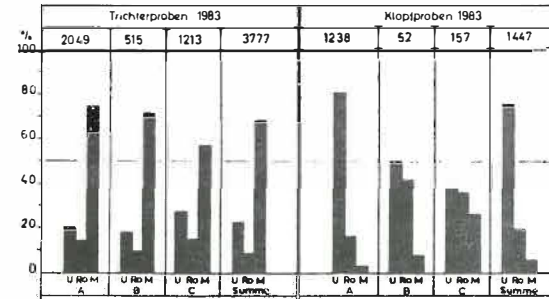


Abb. 6: Insegar-Versuch in Murr 1983, Trichter- und Kloppprobenfänge  
U = unbehandelt A = schädliche Arthropoden  
Ro = Insegar B = nützliche Arthropoden  
M = Metasystox 0,1 % C = indifferente Arthropoden

CONTROL OF THE SUMMER FRUIT TORTRIX MOTH,  
ADOXOPHYES ORANA, WITH A NUCLEAR POLYHEDROSIS VIRUS IN ORCHARDS

D. PETERS, J. WIEBENGA, H.J. VAN MAANEN and L.H.M. BLOMMERS  
Department of Virology, Agricultural University,  
Wageningen, the Netherlands

The control of the summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*, was studied with sprays of a nuclear polyhedrosis virus (AoNPV). The sprays reduced the number of larvae and the damage on the fruits. The number of larvae occurring in the shoot tips at the end of July was reduced with 95-98%, whereas the damage on apples by approximately 60-70%. The damage still occurring can be caused either by *A. orana* larvae before they die from an AoNPV infection, or by larvae of other leafrollers which invade the niche left by *A. orana*. The type of damage on fruits from plots treated with azinphos-methyl and virus did not differ from that in the control.

The prospect to use baculoviruses as biological agents in the control of orchard pests with special reference to leafrollers will be discussed.

EMPFINDLICHKEIT VERSCHIEDENER TORTRICIDEN-ARTEN  
GEGEN *Bacillus thuringiensis*

K. UNDRORF und J. HUBER

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt

Summary

Comparative study on the susceptibility of tortricid larvae to *Bacillus thuringiensis* preparations.

In the view of the ambiguous results reported so far for the use of *Bacillus thuringiensis* preparations for control of tortricids in orchards, the susceptibility of these insects to several commercial B.t. products was examined. In bioassays using a diet-incorporation technique, the LC<sub>50</sub> for first instar larvae was found to be similar in size for *Cydia pomonella*, *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana*, and *Cryptophlebia leucotreta*. Differences in activity of commercial B.t. preparations presently available were minimal, but new products in development, based on strains other than HD-1, performed remarkably better. By using a  $\gamma$ -irradiated preparation it could be verified that the endotoxin alone, without viable spores, is capable of inflicting mortality upon tortricid larvae. In a comparative bioassay with B.t. and the codling moth granulosis virus, the virus was found to be about 17000 times more virulent than B.t..

1. Einleitung

Beim integrierten Pflanzenschutz im Obstbau stellen verschiedene Wicklerarten regional ein großes Problem dar, da für ihre Bekämpfung noch keine selektiven Insektizide zur Verfügung stehen und somit breit wirksame Präparate eingesetzt werden müssen. Zwar lassen sich einige wie z.B. der Apfelwickler, *Cydia pomonella*, oder der Fruchtschalenwickler, *Adoxophyes orana*, gezielt mit Hilfe von Insektenviren unter der Schadensschwelle halten, für die meisten übrigen Schadtortriciden fehlt aber ein solches Präparat. Das Problem wird noch dadurch erschwert, daß es sich häufig auch nicht nur um eine einzige Art handelt, die als Schädling auftritt, sondern um einen ganzen Arten-Komplex mit von Jahr zu Jahr verschiedener Zusammensetzung. Deshalb ist in manchen Fällen auch ein etwas breiteres Wirkungsspektrum wünschenswert, als es die Virus-Präparate aufweisen. Dafür bieten sich Präparate auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* an, deren Wirkungsbreite mehr als 200 Lepidopteren-Arten umfaßt.

Über die Verwendung von *B.thuringiensis* zur Bekämpfung von Wicklerarten im Obstbau liegen schon eine Reihe von Untersuchungen vor (DOLPHIN, 1967; JAQUES, 1961 und 1965; MORRIS und MOORE, 1983; NIEMCZYK, 1980; DE REEDE et al., 1985; ROEHRICH, 1964; SMIRNOFF, 1972; VAN DER GEEST, 1971). Die erhaltenen Resultate waren recht unterschiedlich; in einigen Fällen wurde von Wirkungsgraden zwischen 70 und 90 % berichtet, wogegen andere Untersuchungen nur eine Wirksamkeit von 9 - 60 % ergaben. Ziel der vorliegenden Arbeit war es darum, in Laborversuchen die Wirksamkeit von *B.t.* auf eine Reihe von verschiedenen Wickler-Arten zu untersuchen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Präparate und Versuchstiere

Für die Untersuchungen wurden ausschließlich Eilarven verwendet, die aus Laborzuchten stammten. Folgende Tortriciden-Arten standen zur Verfügung: Der Apfelwickler, *Cydia pomonella*, der falsche Apfelwickler, *Cryptophlebia leucotreta*, und die Fruchtschalenwickler, *Adoxophyes orana* und *Pandemis heparana*. Die geprüften *B.t.* Präparate sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Titerangaben wurden durch mehrmaliges Auszählen der Sporen in der Thomakammer mit Hilfe des Mikroskops ermittelt. Zusätzlich wurde durch Ausplattieren der Präparate ihre Keimzahl bestimmt, die nur gering unter der ermittelten Sporenzahl lag. Die Präparate Thuricide HP und Dipel enthalten beide den HD-1 Stamm und sind weltweit gegen Lepidopteren-Larven zugelassen. Dagegen sind die Präparate San 413 und San 415, die für die Bekämpfung von Spodoptera in Baumwolle entwickelt wurden, im Handel noch nicht erhältlich. Certan findet für die Bekämpfung von Wachsmotten in Bienenstöcken Verwendung.

Die Untersuchungen zur reinen Toxinwirkung von *B.t.* wurden mit einer Probe des Präparates Dipel durchgeführt, deren Sporen durch  $\gamma$ -Bestrahlung (10 kGy; Kobalt 60) inaktiviert worden waren. Außer den Präparaten in Tabelle 1 wurde die Infektiosität von drei Bakterien-Stämmen aus der nicht-kristallbildenden *Bacillus cereus* Gruppe untersucht, die aus erkrankten Apfelwicklerlarven isoliert worden waren (STEPHENS, 1957). Die Bestimmung der biologischen Aktivität der Präparate erfolgte mit Hilfe von Biotests. Dabei wurden entsprechend der Problemstellung zwei verschiedene Biotest-Methoden verwendet:

### 2.2 Biotest mit künstlichem Medium

Bei dieser Methode wurden die Pathogene wie bei HUBER (1981) beschrieben, bei einer Temperatur von 40°C unter das Nährmedium gemischt. Auf das erkaltete Medium wurden die Testtiere, frisch geschlüpfte Eilarven, angesetzt und bei 26°C bis zum Zeitpunkt der Auswertung belassen. Pro Präparat wurden im allgemeinen 5 Dosen mit je 50 Larven getestet. Während sich dieses Verfahren aufgrund seiner Einfachheit gut für den Vergleich verschiedener *B.t.* Präparate eignete, mußte für den Vergleich mit dem Apfelwickler-Granulosevirus eine andere Biotest-Methode gewählt werden, bei der die Verweildauer der Larven auf dem kontaminierten Substrat zeitlich begrenzt war.

### 2.3 Biotest mit Blättern

Kurze Blatttriebe wurden in verschiedenen konzentrierte Virus- bzw. B.t. Suspensionen getaucht und anschließend an der Luft getrocknet. Zur besseren Benetzung der Blätter war der Suspension ein Netzmittel (0.025 % Citowett) zugesetzt worden. Um eine mögliche Repellentwirkung zu vermeiden, wurden in den Suspensionen 1 % Zucker gelöst. Zusätzlich lagerten die behandelten Blätter 48 Std. im Kühlraum, ehe sie im Biotest verwendet wurden. Wie bei KRIEG et al. (1980) beschrieben, wurden aus den Blättern Blattrondelle ausgestanzt und mit Eilarven besetzt.

In Abhängigkeit von der aufgenommenen Dosis kann es bei B.t. bereits nach 24 Std. zu einem Endotoxin- bedingten Fraßstop kommen. Beim Virus dagegen hält die Fraßaktivität über mehrere Tage an. Um dennoch sicherzustellen, daß in beiden Fällen die aufgenommene Menge an kontaminiertem Futter vergleichbar war, wurden die Larven nach 24 Std. auf nichtkontaminiertes Nährmedium umgesetzt. Die Larvenmortalitäten wurden nach 12 Tagen bestimmt. Die statistische Auswertung aller Biotests erfolgte mit Hilfe der Probit-Analyse (FINNEY, 1971).

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Vergleich verschiedener Tortriciden-Arten

In Tabelle 3 sind die gemittelten  $LC_{50}$ -Werte der Biotests mit Certan und den Präparaten, die den B.t. Stamm HD-1 enthalten, für die vier untersuchten Wickler-Arten zusammengestellt. Gegenüber dem HD-1 Stamm wurde kein Unterschied gefunden in der Empfindlichkeit der in Mitteleuropa verbreiteten Arten *C.pomonella*, *A.orana* und *P.heparana*. Dagegen erwies sich die afrikanische Art *Cryptophlebia leucotreta* als etwa halb so empfindlich. Das Präparat Certan schien gegenüber *C.pomonella* etwas besser zu wirken als bei *A.orana* und *P.heparana*. Aufgrund der geringen Unterschiede innerhalb der einheimischen Wickler-Arten wurden die weiteren Untersuchungen nur noch an einer oder zwei Wickler-Arten weitergeführt.

### 3.2 Vergleich verschiedener *B.thuringiensis* Präparate

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Biotests mit verschiedenen B.t. Präparaten gegen *C.pomonella* aufgeführt. Wie ein Vergleich der Resultate bei Thuricide HP zeigt, waren die Streuungen zwischen den Wiederholungen im allgemeinen relativ klein, so daß die Unterschiede zwischen den Präparaten gut sichtbar wurden. Insgesamt wirkte Dipel etwas besser als Thuricide HP. Das Präparat Certan zeigte eine geringe Wirkung gegenüber dem Apfelwickler. Am wirksamsten erwiesen sich die noch in Entwicklung befindlichen Präparate San 413 und San 415. Diese Resultate ändern sich auch nicht wesentlich, wenn die  $LC_{50}$ -Werte statt in mg Präparat pro ml Medium in Sporen/ml angegeben werden (Abb. 1).

Die drei Stämme von *B.cereus* waren so schwach pathogen, daß innerhalb des getesteten Dosisbereiches ( $1,3 \cdot 10^5$  -  $6 \cdot 10^7$  Sp/ml) keine Wirkung bei *C.pomonella* nachgewiesen werden konnte.



### 3.3 Vergleich der Wirkung von Sporen-Toxin-Komplex und Toxin allein

Sowohl bei *C.pomonella* als auch bei *A.orana* zeigte sich, daß die Wahl des Auswertungszeitpunktes für die Resultate von maßgebender Bedeutung war (Tab. 4). Bei einer frühen Auswertung, schon nach 5 Tagen, erwies sich das bestrahlte Dipei als wesentlich weniger wirksam als das unbestrahlte Präparat mit den aktiven Sporen. Nach 12 und 20 Tagen dagegen, war die Wirkung beider Präparate gleich. Dies könnte eine Erklärung für die zum Teil widersprüchlichen Angaben in der Literatur sein. So berichtete VAN DER GEEST (1981), daß die Raupen von *A.orana* durch die Endotoxin-Kristalle allein in vollem Umfang abgetötet werden konnten. MAYAS (1969) und VERVELLE (1975) fanden dagegen, daß für eine gute Wirkung bei *C.pomonella* sowohl Sporen als auch Endotoxin nötig sind.

### 3.4 Vergleich der Virulenz von *B.thuringiensis* und Apfelwickler-Granulosevirus

Da eine Bestimmung der  $LD_{50}$ , daß heißt der absoluten Dosis, die zu 50 % Mortalität führt, für Eilarven sehr schwierig ist, wurde versucht über den Vergleich mit dem Apfelwickler-Granulosevirus, dessen  $LD_{50}$  bekannt ist, nähere Angaben zur absoluten Empfindlichkeit der Larven zu erhalten. Neben den deutlich verschiedenen  $LC_{50}$ -Werten beider Präparate, sind die unterschiedlichen Steigungen der Dosis-Mortalitätskurven besonders auffällig (Abb. 2). Während die Gerade für *B.t.* mit einer Steigung von 2,3 relativ steil war, wies die Kurve für das Virus einen für Pathogene ohne Toxinwirkung typischen flachen Verlauf auf (HUBER und HUGHES, 1984). Dies hat zur Folge, daß sich die beiden Kurven im oberen Bereich annähern und der Unterschied zwischen den  $LC$ -Werten geringer wird (Tab. 3). Während für *B.t.* die  $LC_{50}$  etwa 17000 Mal größer ist als die des Apfelwickler-Granulosevirus, unterscheiden sich die  $LC_{90}$ -Werte nur noch um einen Faktor von etwa 1000.

Für die Freilandanwendung des Viruspräparates benötigt man  $5 \cdot 10^{13}$  Granula pro Hektar, um einen Wirkungsgrad von 90 % zu erzielen. Um nun einen vergleichbaren Wirkungsgrad mit *B.t.* Präparaten zu erreichen, müßten tausendmal mehr, also etwa  $5 \cdot 10^{16}$  Sporen pro Hektar gespritzt werden. Für das Präparat Thuricide, das  $1,6 \cdot 10^{11}$  Sp/g enthält, würde dies den Einsatz von ca. 300 kg je Hektar fordern. Dies zeigt, daß *B.t.* Präparate in der heutigen Form für eine Bekämpfung des Apfelwicklers wenig geeignet sind. Etwas anders stellt sich die Situation bei den Schalenwicklern dar, da diese sich in erster Linie von Blättern oder Fruchtschalenoberflächen ernähren und somit eine wesentlich höhere Dosis aufnehmen. Die verbesserte Aktivität neuer Präparate wie San 413 und San 415 läßt hoffen, daß in Zukunft auch die Schalenwickler einer zuverlässigen Bekämpfung mit *B.t.* zugänglich sein werden.

Literatur

- DE REEDE, R.H., GRUYS, P. und VAAL, F., 1985: Leafrollers in apple IPM regimes, based on *Bacillus thuringiensis*, on diflubenzuron or on epofenonane in the Netherlands. Entomol. exp. appl., in press.
- DOLPHIN, R.E., 1967: Field tests with *Bacillus thuringiensis* B. in apple orchard. Proc. Indian Acad.Sci., Brookville, 76, 265 - 269.
- FINNEY, D.J., 1971: Probit Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 3rd ed., 333 S.
- HUBER, J., 1981: Apfelwickler-Granulosevirus: Produktion und Biotests. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 2, 141 - 145.
- HUBER, J. und HUGHES, P.R., 1984: Quantitative bioassay in insect pathology. Bull.Entomol.Soc.Amer. 30 (3), 31 - 34.
- JAQUES, R.P., 1961: Control of some Lepidopterous pests of apple with commercial preparations of *Bacillus thuringiensis* Berliner. J.Insect Pathol. 3, 167 - 182.
- JAQUES, R.P., 1965: The effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner on the fauna of an apple orchard. Can.Entomol. 97, 795 - 802.
- KRIEG, A., GRÖNER, A., HUBER, J. und MATTER, M., 1980: Über die Wirkung von mittel- und langwelligen ultravioletten Strahlen (UV B und UV A) auf insektenpathogene Bakterien und Viren und deren Beeinflussung durch UV-Schutzstoffe. Nachrichtenbl.Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 32, 100 - 105.
- MAYAS, I., 1969: Contribution à l'étude du mode d'action de *Bacillus thuringiensis* Berliner sur *Laspeyresia pomonella* L. Thèse Fac. Sc. Paris.
- MORRIS, O.N. und MOORE, A., 1983: Relative potencies of 50 isolates of *Bacillus thuringiensis* for larvae of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can.Entomol. 115, 815 - 822.
- NIEMCZYK, E., 1980: Applying bacterial preparations against orchard pests. Proc. Intern. Symp. IOBC/WPRS "Integrierter Pflanzenschutz in der Land-und Forstwirtschaft". (Wien, 1979), 416 - 419.
- ROEHRICH, R., 1964: A comparative study of sensitivity of three Lepidoptera (Tortricoidea) to commercial preparations of *Bacillus thuringiensis* Berliner. J.Insect Pathol. 6, 168 - 167.
- SMIRNOFF, W.A., 1972: Sensibilité de *Archips cerasivoranus* (Lepidoptera-Tortricidae) à l'infection par *Bacillus thuringiensis*. Can. Ent. 104, 1153 - 1159.
- STEPHENS, J.M., 1957: Spore coverage and persistence of *Bacillus cereus* Frankland and Frankland sprayed on apple trees against the codling moth. Can.Entomol. 2, 94 - 96.
- VAN DER GEEST, T.P.S., 1971: Use of *Bacillus thuringiensis* for control of orchard pests. Z.Angew.Entomol. 69, 263 - 266.
- VAN DER GEEST, T.P.S., 1981: Mode of action of *Bacillus thuringiensis* on the summer fruit tree leafroller *Adoxophyes orana*. Z.Angew.Entomol. 91, 84 - 86.
- VERVELLE, C., 1975: Role des spores et des cristaux de *Bacillus thuringiensis* Berliner dans l'infection de *Laspeyresia pomonella* L. (Tortricidae). Ann.Parasitol. (Paris), 50, 655 - 668.

LC50

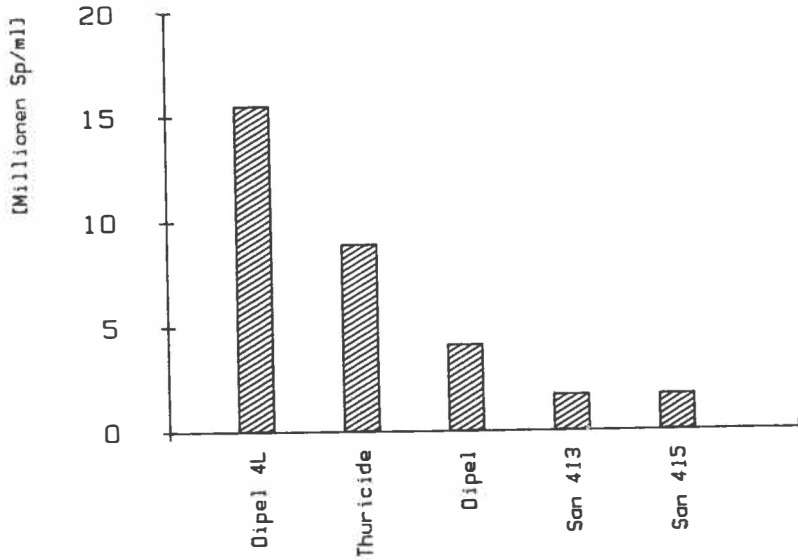


Abb. 1 Vergleich der Wirkung von *Bacillus thuringiensis* Präparaten bezogen auf deren Sporengehalt. (Mittelwerte aus Nährmedium-Bio-tests mit *Cydia pomonella* Filarven).

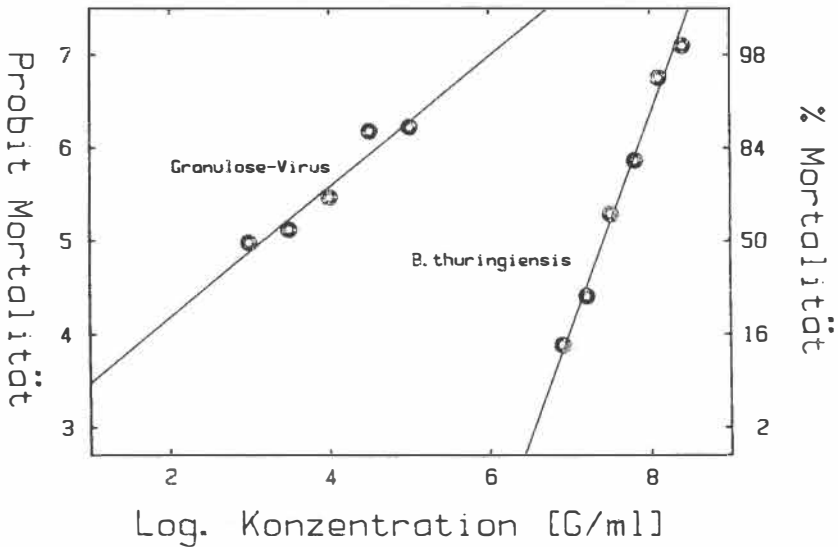


Abb. 2 Dosis-Mortalitätskurven für *Bacillus thuringiensis* (Präparat: Thuricide) und Granulose-Virus mit Apfelwickler-Eilarven auf Blatttrondellen. (Auswertung nach 12 Tagen).

Präparat (Lieferant)	Varietät	HD-Nr.	Titer [Sp/g]	Formulierung
Dipel (Stähler)	kurstaki	1	$1.6 \times 10^{11}$	WP
Dipel 4L (Abbott)	kurstaki	1	$1.6 \times 10^{11}$	SC
Thuricide (Neudorff)	kurstaki	1	$1.6 \times 10^{11}$	WP
San 415 (Sandoz)	kurstaki	-	$2.5 \times 10^{11}$	WG
San 413 (Sandoz)	aizawai	137	$2.5 \times 10^{11}$	WP
Certan (Sandoz)	aizawai	133	$2.5 \times 10^{10}$	SC

Tab. 1 Aufstellung der getesteten kommerziellen Sporen-Toxin Präparate von *Bacillus thuringiensis*.

Präparat	LC50 (mg/ml)	95% Vertrauens- grenzen	Steigung
Thuricide HP	3.6	2.6 - 47.0	2.2
	8.5	5.6 - 35.1	1.9
	5.9	3.9 - 12.6	1.4
	6.0	4.1 - 12.0	1.5
	5.3	3.9 - 8.2	2.2
	3.8	2.6 - 6.1	1.5
Dipel	1.5	0.9 - 2.1	1.3
	5.9	2.7 - 9.1	1.6
	1.3	0.4 - 2.2	1.0
Dipel 4L	8.1	5.6 - 23.0	2.0
San 415	0.9	0.7 - 1.2	3.3
San 413	0.7	0.4 - 1.0	1.7
Certan	205	74 - 332	1.7

Tab. 2 Vergleich verschiedener *Bacillus thuringiensis* Präparate getestet an *Cydia pomonella* Eilarven. Biotest auf kontaminiertem Nährmedium (Auswertung nach 5 Tagen).

Tortriciden- Arten	HD-1 Stamm (Thuricide, Dipel, Dipel 4L)			HD-133 Stamm (Certan)		
	LC50 (Mill. Sp/ml)	95% Vertrauens- grenzen	Steigung	LC50 (Mill. Sp/ml)	95% Vertrauens- grenzen	Steigung
<i>Cydia pomonella</i>	6.8	3.9 - 12.0	1.6	51.0	18.4 - 82.9	1.7
<i>Adoxophyes orana</i>	7.9	5.2 - 12.0	2.2	96.0	21.6 - 164	2.2
<i>Pandemis heparana</i>	5.2	4.7 - 5.7	2.1	119	79.8 - 165	1.8
<i>Cryptophlebia leucotreta</i>	11.0	5.7 - 21.0	1.2	-	-	-

Tab. 3 Vergleich der Empfindlichkeit verschiedener Tortriciden-Arten gegenüber *Bacillus thuringiensis* Präparaten. Biotest mit Eilarven auf kontaminiertem Nährmedium. (Auswertung nach 5 Tagen).

Präparat	<i>Cydia pomonella</i>			<i>Adoxophyes orana</i>		
	LC50 (Millionen Sporen/ml)			LC50 (Millionen Sporen/ml)		
	Dipel	5 Tage	12 Tage	20 Tage	5 Tage	12 Tage
unbestrahlt	7.1	2.1	0.8	8.1	1.5	1.0
bestrahlt	120.0	2.6	0.8	18.0	1.2	1.1

Tab. 4 Vergleich der Wirkung von *Bacillus thuringiensis* Toxin allein und Sporen-Toxin-Komplex in Abhängigkeit von der Inkubationszeit auf kontaminiertem Medium.

Präparat	LC50 (G/ml)	95% Vertrauens- grenzen	LC99 (G/ml)	95% Vertrauens- grenzen	Steigung
Thuricide	$2.6 \times 10^7$	$2.1 \times 10^7 - 3.2 \times 10^7$	$2.6 \times 10^8$	$1.8 \times 10^8 - 4.8 \times 10^8$	2.3
Granulose Virus	$1.5 \times 10^3$	$0.4 \times 10^3 - 3.0 \times 10^3$	$3.1 \times 10^6$	$0.5 \times 10^6 - 17.3 \times 10^7$	0.7

Tab. 5 Vergleich der Virulenz von *Bacillus thuringiensis* (Präparat: Thuricide) und Granulose-Virus. Biotest mit *Cydia pomonella* Eilarven auf behandelten Blattrollen. (Auswertung nach 12 Tagen).

LUTTE CONTRE LES TORDEUSES DES VERGERS PAR LA TECHNIQUE DE  
CONFUSION SEXUELLE ET AU MOYEN DES REGULATEURS  
DE CROISSANCE D'INSECTES (RCI)

P.J. CHARMILLOT

Station fédérale de recherches agronomiques  
de Changins, CH-1260 Nyon

Summary

The introduction of integrated control in orchards requires the suppression of the use of broad spectrum insecticides which are generally incompatible with biological control against mites. The first practical experimentation of mating disruption technique against tortricid moths have been conducted for about 10 years. The application of this new specific method requires intense investigations on isolation and synthesis of sex attractants, on their formulation for dispensing them in orchards, on moth's behaviour and on the minimal isolation required for an efficient control. The progress of these researches let us hope that mating disruption technique could be soon introduced in the practice at least for a few key-pests as the codling moth Cydia pomonella, the oriental fruit moth, Cydia molesta and the summerfruit tortrix moth A. orana. Concerning the insect growth regulators (IGR), the registration of fenoxycarb to control the summerfruit tortrix moth A. orana means an unquestionable progress towards integrated control in orchards.

1. INTRODUCTION

Contrairement aux insecticides classiques qui agissent en tant que bio-cides sur les adultes, les oeufs ou les larves, les moyens de lutte biotechniques comme la confusion sexuelle et les régulateurs de croissance d'insectes (RCI) perturbent des processus vitaux pour le développement, tels que la reproduction, la maturation embryonnaire, la métamorphose ou la diapause. Cette propriété confère à ces deux nouveaux moyens de lutte des caractéristiques bien particulières, apportant non seulement des avantages indéniables mais également des contraintes limitant souvent les possibilités d'application.

2. LES ATTRACTIFS SEXUELS ET LEURS UTILISATIONS EN VERGERS

2.1 IDENTIFICATION ET PIEGEAGE

Il y a environ 25 ans que BUTENANDT et al. (1959) identifiaient pour la première fois une composante phéromonale chez le ver à soie Bombyx mori. Il a fallu attendre encore 10 ans pour assister aux premières identifications des attractifs de quelques tordeuses des vergers qui, par la suite, se sont succédées à un rythme accru. Actuellement, les composantes phéromonales principales sont connues pour plusieurs dizaines de ravageurs arboricoles et de nombreux chercheurs s'activent à décrire des composantes mineures susceptibles d'accroître le rendement des pièges et l'efficacité de la

lutte par confusion. Si le piégeage sexuel a permis d'améliorer sensiblement l'avertissement et la prévision, il n'a cependant pas toujours répondu aux espoirs que l'on fondait sur lui. Pour la plupart des espèces piégées, l'interprétation quantitative des captures reste problématique en raison de la diversité et multiplicité des facteurs qui interviennent.

## 2.2. PIEGEAGE INTENSIF (Mass trapping)

Le piégeage intensif au moyen des attractifs sexuels ne permet généralement pas de réduire significativement les populations de ravageurs, une partie importante des mâles s'accouplant avant d'être capturés.

## 2.3. TECHNIQUE DE CONFUSION (MATING DISRUPTION TECHNIQUE)

La technique de confusion consiste à diffuser en permanence l'attractif sexuel synthétique d'un ravageur dans la culture à protéger de sorte que les mâles n'arrivent plus à retrouver les femelles pour l'accouplement.

### 2.3.1. Caractéristiques et avantages de la technique de confusion

La lutte par confusion est une technique préventive; elle s'exerce sur le comportement de reproduction des adultes qui précède de beaucoup l'apparition des dégâts. Elle est en principe spécifique ou du moins sélective lorsque plusieurs espèces ont en commun une ou plusieurs composantes dans leur bouquet phéromonal. De ce fait, elle n'exerce aucun effet néfaste sur la biocénose. En raison de la très faible toxicité, de la volatilité et de l'instabilité chimique des attractifs sexuels, la protection de l'utilisateur, du consommateur et de l'environnement est assurée. Dans le cadre de la lutte intégrée, le remplacement des insecticides classiques par une méthode spécifique permet de favoriser ou d'introduire des ennemis naturels d'autres ravageurs. La lutte par confusion ouvre, par conséquent, des voies nouvelles à l'application de méthodes biologiques.

### 2.3.2. Problèmes à résoudre pour appliquer la technique de confusion

L'acquisition d'une foule de données d'ordre chimique, technique, biologique, éthologique et météorologique entre autres, est indispensable pour l'application de la lutte par confusion, ce qui explique que les réalisations pratiques progressent relativement lentement dans ce domaine.

Pour éviter les accouplements, il faut assurer en permanence une concentration minimale d'attractif dans l'air pendant toute la période de vol de l'insecte et cela non seulement dans la culture à protéger mais dans toute la zone où se déplacent et s'accouplent les adultes susceptibles de pondre dans cette culture. Les attractifs étant instables et volatiles, il est nécessaire de les protéger de la dégradation et de ralentir l'émission au moyen d'un support de diffusion adéquat, de façon à éviter un gaspillage trop important de produit généralement assez coûteux.

La concentration de l'attractif dans l'atmosphère est la résultante de la diffusion, de la dégradation du produit et de la convection ou évacuation par le vent. La diffusion est fonction de la structure chimique du produit, du support choisi et de sa concentration en matière active, de la température, du vent... La dégradation dépend en partie des mêmes facteurs. L'évacuation de l'attractif par convection dépend non seulement de la vitesse du vent mais également de la densité de végétation qui fait écran, de la hauteur des arbres et de la forme et des dimensions de la parcelle.

La durée de vol des lépidoptères ravageurs des vergers varie de 3 semaines environ pour Adoxophyes orana, à 4 mois pour le carpocapse Cydia pomonella ou la sésie Synanthedon myopaeformis et les molécules à diffuser

dans chaque cas ont des propriétés physiques très différentes. Il faut évidemment tenir compte de tous ces facteurs lors du choix du support de diffusion si l'on veut éviter de répéter trop fréquemment les applications.

D'autre part, il est absolument indispensable d'étudier les déplacements des adultes et leurs sites d'accouplement qui sont propres à chaque espèce. Indépendamment de la technique de diffusion adoptée, la lutte par confusion est inapplicable aux espèces migratrices ou très mobiles.

Enfin, du point de vue méthodologique, l'évaluation de la technique de confusion pose également des problèmes. Le piégeage sexuel, par exemple, est susceptible de fournir des indications sur l'efficacité "éthologique" de la diffusion mais il est un critère inapproprié pour estimer l'efficacité agronomique. Seuls des blocs de surface égale ou supérieure à l'aire de déplacement des insectes peuvent conduire à une estimation de l'efficacité agronomique. Or, comme il n'est pas possible d'effectuer des répétitions et de laisser des zones témoins dans les essais, le succès de la lutte doit être estimé en comparant à long terme l'évolution des populations dans des parcelles différentes.

#### 2.4. LUTTE PAR CONFUSION CONTRE LE CARPOCAPSE CYDIA POMONELLA BILAN DE 10 ANS D'EXPERIMENTATION EN SUISSE ROMANDE

De 1976 à 1985, la technique de confusion a été expérimentée contre le carpopapse sur environ 240 ha de pommiers et poiriers de Suisse romande. Les diffuseurs testés sont des tubes en caoutchouc remplis ou imprégnés de codlémone (E,E-8,10-12:OH) et des diffuseurs en plastique stratifié HERCON. Ils sont appliqués une à trois fois par saison, la charge totale de codlémone variant entre 8,7 et 100 g/ha selon les essais.

##### 2.4.1. Disposition des diffuseurs

En bordure de parcelles, un diffuseur est agrafé sur chaque arbre (4-5 m) dans la partie extérieure de la couronne à 1,5-2 m du sol. A l'intérieur des parcelles, des diffuseurs plus grands sont agrafés à raison de 50 m<sup>2</sup> par diffuseur si la parcelle a moins de 1 ha, à 100 m<sup>2</sup> par diffuseur pour les parcelles de 1 à 3 ha et à 225 m<sup>2</sup> (15 x 15 m) dans les parcelles de plus de 3 ha. L'attractif déposé en bordure représente 15 à 25% du total selon la forme et la surface de la culture.

##### 2.4.2. Diffusion de l'attractif

La diffusion de l'attractif est estimée d'une part par la pesée périodique de diffuseurs placés en vergers et d'autre part en extrayant et analysant par chromatographie en phase gazeuse (CG) la codlémone qui reste dans des diffuseurs exposés plus ou moins longtemps. La confrontation des deux courbes obtenues permet de juger de l'aptitude du diffuseur à protéger l'attractif de la dégradation. (Figure 1).

##### 2.4.3. Résultats pratiques

Dans les parcelles d'essai, l'inhibition des captures aux pièges sexuels est pratiquement toujours supérieure à 90% même lorsque la diffusion d'attractif est très faible. Ce critère n'est pas suffisant pour juger de l'efficacité de la confusion.

Au cours des dix ans d'expérimentation, nous avons fait varier le nombre d'applications par saison et la charge de codlémone par ha et cela avec les deux types de diffuseurs testés. La figure 2 résume les résultats obtenus. Avec les tubes en caoutchouc, les essais effectués de 1976 à 1985 portent sur 42 parcelles totalisant 145 ha. Sur 68% de cette surface, aucun



insecticide n'est appliqué en été. Sur 19,6%, un traitement curatif est décidé à cause d'un dépassement du seuil de tolérance par A. orana et sur 12,4% en raison du carpocapse. Dès 1983, l'application dans les essais du RCI fenoxycarb a permis de régler les problèmes posés par A. orana. Rappelons que dans les conditions de Suisse romande, la lutte dirigée combinée contre ces deux ravageurs exige en moyenne un peu plus de 2 insecticides par saison et la lutte classique 3 à 5. Avec les diffuseurs HERCON, les essais sont effectués de 1982 à 1985 sur 92 ha dans 11 parcelles. Le recours aux insecticides est évité sur 69,5% de cette surface. Sur 16,2%, un traitement curatif est nécessité par A. orana et sur 14,2% par carpocapse.

Au cours des années, nous avons diminué la charge de codlémone jusqu'à environ 10 g/ha.saison. Si une si faible quantité d'attractif peut suffire lors d'années froides peu favorables au carpocapse, les densités de population ont malgré tout tendance à augmenter. Les meilleurs résultats sont enregistrés lorsque la diffusion horaire moyenne, déterminée par la pesée, reste toujours supérieure à environ 5 mg/ha.h pendant le premier vol annuel du carpocapse. Or, pour satisfaire à cette exigence dans les conditions de Suisse romande, il est nécessaire d'effectuer 2 applications de 20 g de codlémone par ha avec les diffuseurs en caoutchouc, la première au début du vol et la seconde environ un mois plus tard. Avec les diffuseurs HERCON, il est préférable de faire 3 applications de 25 g chacune à 3 semaines d'intervalle. Les deux types de diffuseurs émettent de façon presque identique mais l'attractif est mieux protégé dans les supports en caoutchouc.

En présence de fortes densités de population, il n'est cependant pas toujours possible de descendre en-dessous du seuil de tolérance au cours de la première année de lutte; il est donc préférable de débiter avec cette technique avec des populations faibles à moyennes. Une isolation de 200 m de toute source de migrations semble indispensable. La lutte par confusion ne devrait pas être appliquée dans des parcelles de trop faible taille car la proportion relative des bordures y est très importante et les risques d'accouplement y sont plus élevés.

Signalons encore que des diffuseurs déposés sur le sol au lieu d'être agrafés dans les arbres ont provoqué une bonne inhibition des captures, mais que l'attaque sur fruits et les populations du carpocapse se sont nettement accrues. De même, une poudre mouillable composée d'un complexe de codlémone et de  $\beta$ -Cyclodextrine, appliquée en 7 pulvérisations en dose massive durant la saison n'a pas donné satisfaction.

Plusieurs essais de lutte par confusion effectués contre le carpocapse en Europe et dans le monde ont conduit à des résultats variables, souvent comparables à ceux présentés ci-dessus. Il est toutefois impossible de les commenter ici ni d'en dresser une liste exhaustive (AUDEMARD et al., 1977; ROTHSCCHILD, 1982; SACCO & PELLIZZARI SCALTRITI, 1983; MANI et al., 1984).

## 2.5. LUTTE PAR CONFUSION CONTRE D'AUTRES RAVAGEURS DES VERGERS EN EUROPE OCCIDENTALE

Les premiers essais de lutte par confusion en vergers datent d'un peu plus de 10 ans. Il n'est pas possible ici de faire un rapport exhaustif de ce qui a été réalisé mais simplement de donner un aperçu très grossier de ces recherches effectuées en Europe occidentale.

### 2.5.1. Tordeuse de la pelure A. orana

Les deux composantes principales de l'attractif d'A. orana sont le Z9-14:Ac et le Z11-14:Ac dans la proportion de 9:1 (MEIJER et al., 1972). Cependant, les premiers essais de lutte par confusion contre ce ravageur ont été réalisés avec une formulation en microcapsules contenant les isomères E de ces deux composantes (9:1). En traitant trois fois durant le second vol annuel de l'insecte avec l'équivalent de 40 g de m.a. par ha par fois, les captures aux pièges sexuels ont été fortement inhibées et la population hivernante a été diminuée par rapport aux parcelles témoins (MINKS et al., 1976). Par la suite, d'autres essais ont été effectués principalement en Hollande, en Belgique et en Suisse, mais cette fois avec une ou les deux composantes principales de l'attractif, diffusées au moyen de supports en plastique ou en caoutchouc (VAN DER KRAAN et al., 1980; CHARMILLOT, 1981; VANWETSWINKEL, comm. pers.). Si l'inhibition des captures aux pièges sexuels est toujours très élevée, l'efficacité obtenue dans la réduction des attaques et des populations varie selon les cas entre l'échec total et le succès. Les fortes densités de population présentes dans les vergers, les concentrations élevées d'attractif nécessaire dans l'atmosphère et le manque de diffuseurs efficaces sont responsables d'une part importante des échecs enregistrés.

### 2.5.2. Tordeuse orientale du pêcher Cydia molesta

Suite aux résultats spectaculaires obtenus en Australie par ROTHSCHILD (1975), la lutte par confusion a été expérimentée en cultures de pêchers en France et en Espagne au moyen de diffuseurs laminaires en plastique stratifié (HERCON). Avec 3 apports de diffuseurs par saison, correspondant à 42 g d'attractif par ha et par application, des essais réalisés en 1983 et 1984 dans la région d'Avignon ont conduit à d'excellents résultats (AUDEMARD, 1984). Signalons qu'en Australie la lutte par confusion contre C. molesta est actuellement effectuée sur près de la moitié des vergers de pêchers (G. ROTHSCHILD, comm. pers.).

### 2.5.3. Petite mineuse du pêcher Anarsia lineatella

Les essais de lutte par confusion ont été entrepris dès 1983 en verger de pêchers de la région d'Avignon. Avec 4 apports de diffuseurs par saison à raison de 42 g d'attractif par application, des résultats préliminaires positifs ont été enregistrés (AUDEMARD, comm. pers.).

### 2.5.4. Carpocapse des prunes Grapholita funebrana

Des essais de lutte ont été réalisés dans plus de 20 parcelles en Suisse et en Allemagne au moyen de diffuseurs en plastique ou en caoutchouc appliqués en 1 à 5 fois par saison avec des charges annuelles d'attractif variant de 10 à 260 g/ha. Les résultats obtenus sont très variables allant de l'échec total au succès selon les parcelles et les années (ARN et al., 1976; MANI et al., 1978; NEUFFER, 1978; CHARMILLOT et al., 1982; CHARMILLOT & BLASER, 1982). La grande mobilité des adultes, favorisée par la présence d'arbres et d'arbustes même non-hôte du carpocapse des prunes, semble jouer un rôle très important dans les échecs enregistrés.

### 2.5.5. Autres ravageurs des vergers

Des essais effectués contre la sésie Synanthedon myopaeformis ont permis d'inhiber fortement les captures aux pièges sexuels sans toutefois réduire significativement les accouplements et l'attaque (VOERMAN et al., 1983; H. AUDEMARD, comm. pers.). En Italie, la diffusion de l'attractif

de Prays oleae a conduit à une réduction importante de l'attaque sur olives durant la première génération annuelle du ravageur mais jamais en seconde génération malgré une forte augmentation de la charge d'attractif par ha (CAFFARELLI et al., 1982).

### 3. LES REGULATEURS DE CROISSANCE D'INSECTES (RCI) ET LEUR UTILISATION EN VERGERS

Il y a environ 10 ans que les premiers RCI analogues de l'hormone juvénile ont été testés dans des essais pratiques en vergers pour lutter contre des tordeuses et les psylles (DE JONG & BEEKE, 1977; SCHMID et al., 1978; BAGGIOLINI et al., 1979). Un premier RCI vient d'être homologué contre la tordeuse de la pelure A. orana; il s'agit du fenoxycarb. Les quelques insecticides et acaricides sélectifs homologués jusqu'à maintenant permettent de lutter contre les principaux ravageurs des vergers de pommiers, excepté précisément contre A. orana. L'arrivée sur le marché de ce nouveau produit biotechnique marque par conséquent un tournant, car il permet enfin l'introduction dans la pratique d'un programme de protection intégrée.

#### 3.1. CARACTERISTIQUES, AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES RCI

##### 3.1.1. Mode d'action et caractéristiques des RCI analogues de l'hormone juvénile

Appliqués sur des larves au dernier stade de développement, les RCI provoquent une mue nymphale anormale conduisant à des formes intermédiaires entre la larve et l'adulte: larves avec organes rudimentaires d'adultes, stades surnuméraires, nymphes avec caractères larvaires, adultes malformés et stériles (ABDALLAH, 1972). En raison de leur activité hormonale, les RCI exercent une action lente. La mortalité succède à la phase nutritionnelle. Il faut, par conséquent, intervenir sur la génération qui précède celle qui provoque des dégâts économiques. Les RCI sont donc des produits exclusivement préventifs agissant sur la dynamique des populations.

##### 3.1.2. Avantages des RCI

En raison de leur très faible toxicité, les RCI sont pratiquement sans risque pour l'utilisateur et le consommateur. Les RCI sont en principe efficaces contre les souches d'insectes résistant aux insecticides classiques. L'apparition de phénomènes de résistance aux RCI est moins probable qu'avec les insecticides classiques puisqu'il s'agit d'analogues de l'hormone juvénile que l'insecte élabore lui-même. Les RCI sont ordinairement plus sélectifs que l'hormone juvénile puisqu'ils n'affectent pas tous les groupes d'insectes (STAAL, 1982). Dans la pratique, la sélectivité est encore plus grande car seuls les insectes se trouvant au stade de développement sensible sont touchés. C'est pour cette raison qu'en champ, les RCI présentent généralement une faible nocivité pour la faune utile.

##### 3.1.3. Inconvénients des RCI

L'application des RCI ne doit être envisagée que dans des parcelles suffisamment isolées pour empêcher toute immigration massive d'insectes durant la génération qui suit le traitement. Les RCI sont donc peu propices pour la lutte contre des insectes très mobiles. Le moment d'application doit être choisi judicieusement en fonction du stade de développement de l'insecte. Appliqués trop tôt ou trop tard, ils perdent presque toute efficacité.

### 3.2. RESULTATS PRATIQUES OBTENUS AVEC LE FENOXYCARB DANS LA LUTTE CONTRE DES TORDEUSES DES VERGERS

Au cours des dernières années, le fenoxycarb a été testé dans les conditions de la pratique, dans de nombreux vergers européens, non seulement contre A. orana mais également contre d'autres tordeuses. Lorsque les impératifs concernant l'isolation des parcelles et le moment d'intervention sont respectés, l'application de ce produit conduit toujours à d'excellents résultats. Dans le cas d'A. orana, les traitements effectués à 150 g de m.a. par ha sur le dernier stade larvaire de la génération hivernante permettent de maintenir les populations au-dessous du seuil de tolérance non seulement pour la première génération annuelle mais également en seconde (CHARMILLOT & BLASER, 1985; DE REEDE et al., 1985). L'efficacité est également très élevée sur les larves d'Archips podana, de Spilonota ocelana, de Pandemis heparana et d'Archips rosana, bien que contre cette dernière espèce un traitement additionnel puisse être nécessaire lors de la première année de lutte au moyen des RCI car les larves provoquent déjà des dégâts très tôt dans la saison (DE REEDE et al., 1984).

#### 3.2.1. Détermination du moment d'intervention

Des essais de laboratoire ont montré que l'efficacité du fenoxycarb est faible sur les larves des premiers stades. Elle augmente graduellement pour atteindre un maximum sur les larves âgées du dernier stade, juste avant la nymphose (ROBERTSON, 1982; CHARMILLOT et al., 1983). Contre A. orana, il faut par conséquent intervenir au printemps sur les larves âgées de la génération hivernante si l'on veut éviter les dégâts des générations d'été et d'automne. L'expérience en verger a montré que les meilleurs résultats pratiques sont obtenus lorsque le premier traitement au fenoxycarb est appliqué sur une population accusant en moyenne une largeur de capsule céphalique de 1100  $\mu\text{m}$ . L'écart type s'élève à ce moment-là à 200  $\mu\text{m}$  environ. Au lieu de mesurer leur capsule céphalique, il est possible de peser les larves avec une balance de précision. Le premier traitement au fenoxycarb doit être effectué lorsque la moyenne d'un échantillon atteint approximativement 15 mg, l'écart type se situant alors entre 5 et 8 mg (CHARMILLOT & BLASER, 1985). Le moment optimal pour le premier traitement coïncide généralement avec la seconde moitié de la floraison de la variété Golden delicious et le deuxième est à appliquer 10 à 15 jours plus tard.

DE REEDE & DE WILDE (1985) ont mis au point un modèle phénologique basé sur les températures cumulées depuis le début de l'année au-dessus du seuil de 8 °C. Pour A. orana, la première intervention est à effectuer à 87 degrés-jours (dj<sub>8</sub>) et pour P. heparana à 187 dj<sub>8</sub>.

#### 3.2.2. Rémanence du fenoxycarb

Le fenoxycarb est très rémanent en verger. Comme pour les insecticides classiques, la perte d'efficacité est essentiellement liée à la croissance du végétal et à l'apparition de nouvelles feuilles plutôt qu'à la pluviométrie. La bonne rémanence du fenoxycarb a également été mise en évidence par DORN et al. (1981) et par DE REEDE et al. (1984).

#### 3.2.3. Impact sur la faune utile

Selon l'état actuel de nos connaissances, le fenoxycarb ne semble pas affecter la faune utile. Les traitements effectués durant la floraison du pommier, ainsi que des essais réalisés en laboratoire n'ont pas eu d'effets négatifs sur les abeilles (Dr L. GERIG, Liebefeld, comm. pers.) Ce produit s'est également montré inoffensif pour des hyménoptères parasi-

tes, des punaises prédatrices de même que pour des typhlodromes prédateurs d'acaréens (DORN et al., 1981; PELEG, 1983; GALLI, 1984; DE REEDE et al., 1984., STAUBLI et al., 1984).

### 3.2.4. Recommandations pratiques pour l'utilisation du fenoxycarb dans la lutte contre capua

A la suite des essais effectués en verger, les considérations suivantes peuvent être retenues:

- le produit doit être utilisé exclusivement au printemps sur la génération hivernante, lorsque les larves sont au dernier stade de développement;
- les services officiels doivent communiquer les dates d'application et le praticien doit s'y conformer;
- le fenoxycarb doit être réservé à des parcelles entières, isolées de 40 à 50 m de toute source d'infestation de capua, afin d'éviter des réinfestations en été;
- lors de la première année d'application du fenoxycarb, il est recommandé d'effectuer deux traitements. Par la suite, si les populations sont faibles, une seule application peut suffire.

## 4. CONCLUSIONS

Les attractifs sexuels et les RCI sont deux nouveaux moyens de lutte biotechniques susceptibles de jouer un rôle important dans la protection intégrée des vergers. Tous deux sont typiquement préventifs, voire même prophylactiques, dans le sens où ils visent à maintenir à long terme les ravageurs à un niveau très bas de façon à ce que leurs dégâts ne dépassent jamais le seuil économique de tolérance. Ils doivent être considérés comme des moyens de régulation des populations à n'utiliser que dans un milieu isolé. Leur engagement dans un programme de lutte n'est jamais décidé en fonction de l'estimation du risque immédiat mais est basé au contraire sur l'estimation du risque potentiel (BAGGIOLINI, 1977). Or, le risque potentiel n'est pas toujours facile à évaluer.

Pour les RCI, la technique d'application est la même que pour les produits classiques car c'est le végétal qui est traité. L'efficacité n'est en principe que peu influencée par la densité de population du ravageur. Par contre, dans la lutte par confusion, le traitement effectué vise l'air ambiant afin d'y supprimer les accouplements. Le succès de cette technique est donc plus fortement lié aux densités de population.

Ces deux nouveaux moyens de lutte doivent jouer un rôle complémentaire. Il n'est, par exemple, pas possible de bénéficier de l'action morphogénétique des RCI sur des ravageurs carpophages protégés à l'intérieur du fruit lorsqu'ils sont au stade sensible. Inversement, le succès de la lutte par confusion peut être compromis par de trop fortes densités de population ou lorsque les adultes se déplacent beaucoup avant et après l'accouplement.

## REFERENCES

1. ABDALLAH M.D., 1972. Juvenilehormone morphogenetic activity of sesquiterpenoids and non-sesquiterpenoids in last stage of Adoxophyes orana (Lepidoptera:Tortricidae). Entomol exp. appl. 15, 411-416.
2. ARN H., DELLEY B., BAGGIOLINI M. et CHARMILLOT P.J., 1976. Communication disruption with sex attractant for control of the plum fruit moth, Grapholita funebrana: a two-year field study. Entomol. exp. appl. 19, 139-147.

3. AUDEMARD H., 1984. Experiments on oriental fruit moth (Cydia molesta Busck.) (Lepidoptera: Tortricidae) control by mating disruption with HERCON pheromone dispenser. EPRS/WPRS IOBC Conference on attractant pheromones. 18-22 Sept. 1984, Hungary: 76.
4. AUDEMARD H., BEAUVAIS F., DESCOINS C., 1977. La lutte contre le carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse par la méthode de confusion des mâles: premier essai en verger commercial de pommiers. Rev. Zool. Agr. Path. Vég., 76, 15-24.
5. BAGGIOLINI M., 1977. L'utilisation du seuil de tolérance dans la lutte antiparasitaire en arboriculture. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 9; 195-204.
6. BAGGIOLINI M., SCHMID A., JUCKER W. et FRISCHKNECHT M., 1979. Applications pratiques des régulateurs de croissance des insectes (RCI), analogues de l'hormone juvénile, contre les psylles du poirier. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 52, 3-11.
7. BUTENANDT A., BECKMANN R., STAMM D., HECKER E., 1959. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners Bombyx mori, Reindarstellung und Konstitution. Z. Naturforsch. 14b, 283-284.
8. CAFFARELLI V., VITA G., CIRIO U., 1982. Essais de lutte contre Prays oleae par la technique de confusion. Rapport réunion OILB Confusion en vergers et vignobles. 28-29 sept. 1982, Changins.
9. CHARMILLOT P.J., 1981. Technique de confusion contre la tordeuse de la pelure Adoxophyes orana F.v.R. (Lep., Tortricidae): II. Deux ans d'essais de lutte en vergers. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 54, 191-204.
10. CHARMILLOT P.J. et BLASER C., 1982. Confusion sexuelle contre le Carpocapse des Prunes (Grapholitha funebrana Tr.): II. Contribution à l'étude du comportement des adultes et observations quant à la rémanence de l'attractif dans les diffuseurs. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 55, 65-76.
11. CHARMILLOT P.J. et BLASER C., 1985. Le fénoxycarbe, un régulateur de croissance d'insectes homologué contre la tordeuse de la pelure Adoxophyes orana F.v.R. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17, 85-92.
12. CHARMILLOT P.J., BLASER C., BAGGIOLINI M., ARN H. et DELLEY B., 1982. Confusion sexuelle contre le Carpocapse des prunes (Grapholitha funebrana Tr.): I. Essais de lutte en vergers. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 55, 55-63.
13. CHARMILLOT P.J., BLASER C., BERRET M., MEGEVAND B. & PASQUIER D., 1983. Lutte contre la tordeuse de la pelure Adoxophyes orana F.v.R. au moyen du fenoxycarb, un régulateur de croissance d'insectes. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 56, 257-270.
14. DORN S., FRISCHKNECHT M.L., MARTINEZ V., ZURFLUH R., FISCHER U., 1981. A novel non-neurotoxic insecticide with a broad activity spectrum. Zeitschr. Pfl. Krankh. Pfl. Schutz, 88, 269-275.
15. GALLI P., 1984. Ausnutzung natürlicher Feinde bei der Bekämpfung des Apfelschalenwicklers. Obstbau - Weinbau, 11, 289-292.
16. JONG D.J. DE, BEEKE H., 1977. Effect of spring application of an insect growth regulator (IGR) on the population development of the summer-fruit tortricid Adoxophyes orana (F.v.R.) in an apple orchard in the Netherlands. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 42, 1373-1381.
17. MANI E., ARN H., WILDBOLZ Th., & HAURI H., 1978. Ein Feldversuch zur Bekämpfung des Pflaumenwicklers mit der Desorientierungsmethode bei hoher Populationsdichte. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 51, 307-314.
18. MANI E., SCHWALLER F., RIGGENBACH W., 1984. Bekämpfung des Apfelwicklers (Cydia pomonella L.) mit der Verwirrungsmethode in einer Obstanlage im Bündner Rheintal, 1979-1981, 57, 341-348.

19. MEIJER G.M., RITTER F.J., PERSOONS C.J., MINKS A.K. & VOERMAN S., 1972. Sex pheromones of the summerfruit tortrix moth Adoxophyes orana: two synergistic isomers. Science 175, 1469-1470.
20. MINKS A., VOERMAN S. & KLUN J.A., 1976. Disruption of pheromone communication with microencapsulated antipheromones against Adoxophyes orana. Entomol. Exp. appl. 20, 163-169.
21. NEUFFER G., 1978. Versuche mit Sexualpheromonen beim Pflaumenwickler Grapholitha funebrana. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 1 : 173-179.
22. PELEG B.A., 1983. Effect of a new insect growth regulator, RO 13-5223, on hymenopterous parasites of scale insects. Entomophaga 28, 367-372.
23. REEDE R.H. DE, ALKEMA, P., BLOMMERS L.H.M., 1985. The use of the insect growth regulators fenoxycarb and epofenonane against leafrollers in integrated pest management in apple orchards. In: R.H. DE REEDE (eds.), Integrated pest management in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids : 55-69. Pudoc, Wageningen, 105 p.
24. REEDE R.H. DE, GROENDIJK R.F., de WIT A.K.H., 1984. Field tests with the insect growth regulators, epofenonane and fenoxycarb in apple orchards against leafrollers and side-effects on some leafroller parasites. Entomol exp. appl. 35, 275-281.
25. REEDE R.H. DE, WILDE H. DE, 1985. Phenological models for Pandemis heparana (DENN. et SCHIFF.) and Adoxophyes orana (F.v.R.) (Lepidoptera: Tortricidae) for timing the application of Insect Growth Regulators with juvenile-hormone activity. In: R.H. DE REEDE (eds.), Integrated pest management in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids: 71-89. Pudoc, Wageningen, 105 p.
26. ROBERTSON J.L. 1982. Effect of body weight on lethal effectiveness of a juvenile hormone analogue applied to male and female western, spruce budworm (Choristoneura occidentalis) (Lepidoptera-Tortricidae). Can. Ent. 114. 1063-1068.
27. ROTHSCHILD G.H.L., 1975. Control of oriental fruit moth (Cydia molesta Busk) (Lepidoptera, Tortricidae) with synthetic female pheromone. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 65: 473-490.
28. ROTHSCHILD G.H.L., 1982. Suppression of mating in codling moths with synthetic sex pheromone and other compounds. In: A.F. KYDONIEUS & M. BEROZA (eds), Insect suppression with controlled release pheromone systems, vol. II: 117-134. CRC Press: Boca Raton, Florida.
29. SACCO M., PELLIZZARI SCALTRITI G., 1983. Prova di lotta contro la Cydia pomonella mediante la tecnica della confusione. Informatore Fito-patologico, 11, 51-56.
30. SCHMID A., VAN DER MOLEN J.P., JUCKER W., BAGGIOLINI M., ANTONIN Ph., 1978. The use of insect growth regulators, analogues of the juvenile hormone, against summer fruit tortrix moth, Adoxophyes orana and other pests. Ent. exp. & appl. 24, 65-82.
31. STAAL G.B., 1982. Insect control with growth regulators interfering with the endocrine system. Ent. exp. & appl. 31, 15-23.
32. STAUBLI A., HACHLER M., ANTONIN P., MITTAZ C., 1984. Tests de nocivité de divers pesticides envers les ennemis naturels des principaux ravageurs des vergers de poiriers en Suisse romande. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 16, 279-286.
33. VAN DER KRAAN C., VAN DEVENTER P. & MINKS A.K., 1980. Use of sex pheromones for the control of leaf-rollers in orchards. In MINKS A.K. & GRUYS P. (eds). Integrated control of insect pests in the Netherlands, 211-214. Pudoc, Wageningen: 304 p.

34. VOERMAN S., MINKS A.K., VAN DER KRAAN C., & NEAL J.J., 1983. Disruption of orientation of male Synanthedon myopaeformis moths to traps baited with their sex attractant. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv., Gent, 48, 163-171.



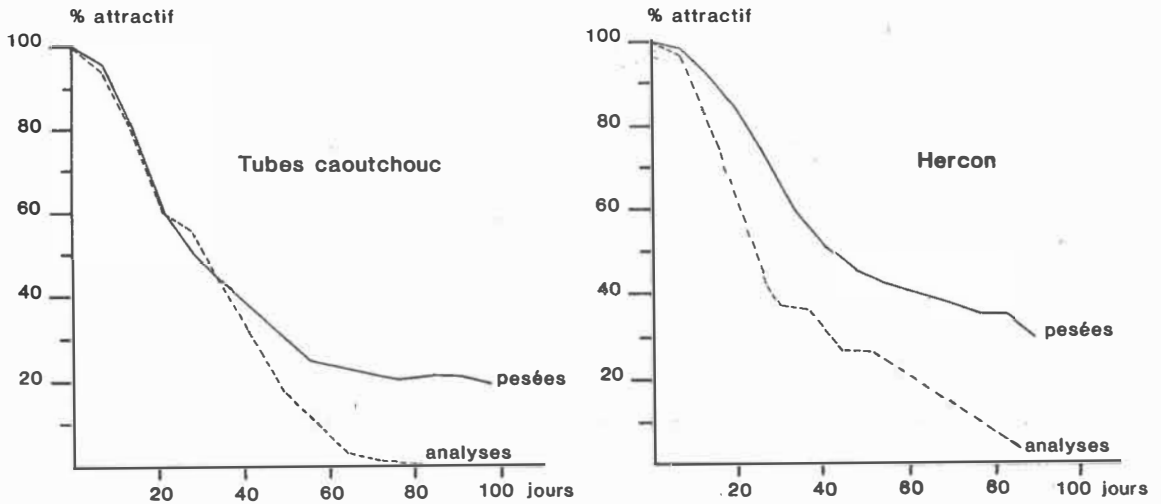


Fig. 1: Perte de codlémone en fonction du temps déterminée par pesées et par analyse GC de diffuseurs exposés en vergers en 1983. A gauche: tubes en caoutchouc imprégnés (3 x 5 mm de diamètre). A droite: diffuseurs HERCON.

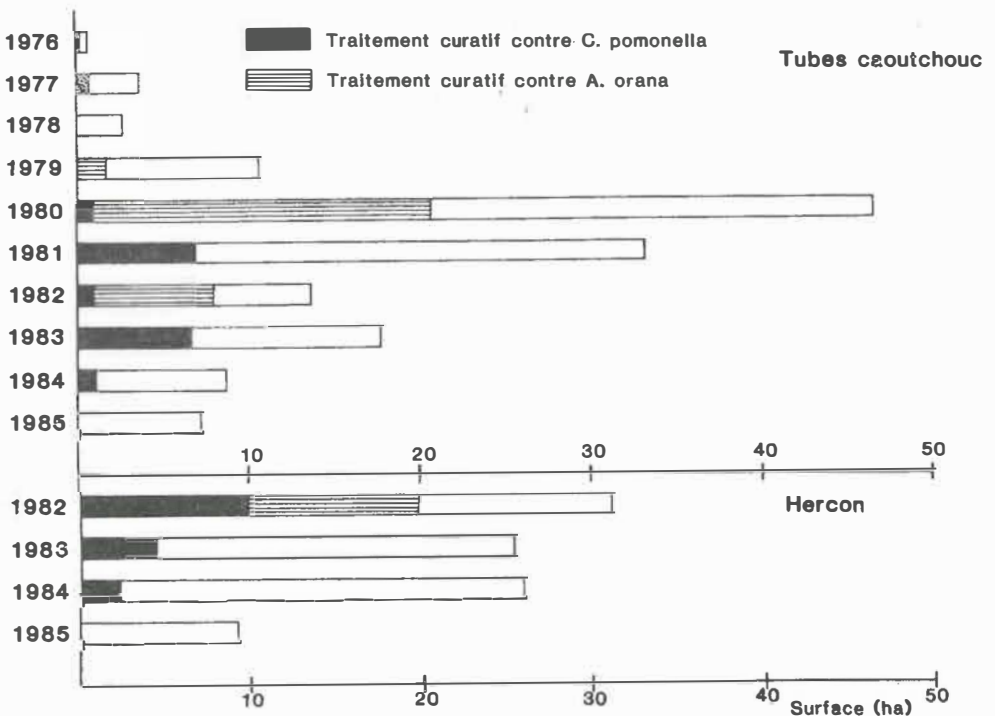


Fig. 2: Résultats des essais de lutte par confusion effectués contre *C. pomonella* en Suisse romande, au moyen de diffuseurs en caoutchouc et de diffuseurs HERCON de 1976 à 1985. Rectangles blancs: surfaces d'essai sans traitement insecticide en été.

PIEGEAGE SEXUEL DE SEIZE ESPECES DE MICROLEPIDOPTERES NUISIBLES  
EN VERGERS DE POMMIERS BELGES

Ch. FASSOTTE, B. FREROT (1), J.-P. CHAMBON (2), C. DESCOINS (1)

C.R.A., Station de Zoologie appliquée, Chemin de Liroux, 8,  
B-5800 Gembloux.

(1) I.N.R.A., Laboratoire des Médiateurs chimiques, Domaine de  
Brouessy, Magny-les-Hameaux, F-78470 St-Rémy-les-Chevreuse.

(2) I.N.R.A., Laboratoire de Faunistique, Route de St-Cyr,  
F-78000 Versailles.

Summary

Pheromone trapping was carried out in apple orchards of the central part of Belgium for a year (1983) to determine the distribution of sixteen noxious microlepidoptera : Adoxophyes orana, Archips crataegana, A. podana, A. rosana, A. xylosteana, Argyrotaenia pulchellana, Choristoneura hebenstreitella, Clepsis spectrana, Enarmonia formosana, Hedya nubiferana, Cydia pomonella, Phyllonorycter blancardella, Pandemis heparana, Ptycholoma lecheana, Spilonota ocellana and Synanthedon myopaeformis.

Except A. pulchellana and A. xylosteana absent everywhere, all the species were caught in all places (commercial and untreated orchards) in variable quantities. We do not have data about A. crataegana as the attractant seemed to be ineffective. No regional predominance was shown for any species.

The global phenology of each species is given.

The non-specificity of the attractants allowed us to detect some other potential pests such as Pammene rhediella, P. argyrana or Cydia janthinana.

1. Introduction

Pour répondre à de nombreuses lacunes existant en Belgique en matière de bioécologie et de biogéographie des lépidoptères nuisibles en verger de pommiers, il nous a paru utile d'élaborer une enquête - qui ne pouvait être que fragmentaire - concernant un éventail d'espèces (surtout des tortricides) connues comme ravageurs effectifs ou potentiels de ces plantes fruitières.

La méthode du piégeage sexuel des mâles par le biais de phéromones de synthèse constitue une des nouvelles techniques de capture d'insectes (FREROT et al., 1982). Elle contribue notamment à préciser certaines caractéristiques biologiques telles que les périodes d'émergence des adultes, mais elle apporte aussi de précieux renseignements en matière de détection et de répartition géographique des espèces visées.

Les phéromones de synthèse, quoique a priori spécifiques, exercent un pouvoir attractif certain sur un nombre indéterminé d'espèces d'insectes

appartenant à des groupes systématiques identiques, voisins ou tout à fait différents. Cette attraction multiple présente l'inconvénient majeur de provoquer parfois un encombrement non souhaité des pièges par des espèces dites "indésirables" mais a pour avantage, par contre, le dépistage de certaines espèces insoupçonnées (CHAMBON & BIWER, 1978).

La présente étude, réalisée durant l'année 1983, avait pour objectif non seulement de recenser certaines espèces nuisibles, mais aussi de préciser leur phénologie (périodes d'activité des imagos), ce qui peut être facilement mis en évidence par la méthode des pièges sexuels. L'intérêt agronomique de ces informations se situe notamment dans l'évaluation rendue possible des périodes optimales d'intervention à l'égard des stades larvaires des ravageurs.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Choix des espèces

Seize espèces de lépidoptères dont la phéromone de synthèse était disponible en 1983 ont été désignées pour faire l'objet de notre étude (tableau 1) : il s'agit de quatorze espèces de tordeuses, d'une mineuse de feuilles (Ph. blancardella) et de la sésie du pommier (S. myopaeformis).

TABLEAU 1 - Composition des attractifs.

<u>Adoxophyes orana</u> F.R.	(Tortricidae)	900 µg Z <sub>9</sub> TDA + 100 µg Z <sub>11</sub> TDA	(1)
<u>Clepeis spectrana</u> Tr.	"	900 µg Z <sub>11</sub> TDA + 100 µg Z <sub>9</sub> TDA	(2)
<u>Pandemis heparana</u> D. & S.	"	900 µg Z <sub>11</sub> TDA + 50 µg Z <sub>9</sub> TDA + 50 µg Z <sub>11</sub> TDo1	(1)
<u>Archips crataegana</u> Hb.	"	950 µg Z <sub>11</sub> TDA + 50 µg Z <sub>9</sub> TDA	(1)
<u>Archips podana</u> Scop.	"	500 µg Z <sub>11</sub> TDA + 500 µg E <sub>11</sub> TDA	(1)
<u>Archips xylosteana</u> L.	"	900 µg Z <sub>11</sub> TDA + 100 µg E <sub>11</sub> TDA	(1)
<u>Argyrotaenia pulchellana</u> Hw. ]	"		
<u>Archips rosana</u> L.	"	900 µg Z <sub>11</sub> TDA + 100 µg Z <sub>11</sub> TDo1	(1)
<u>Ptycholoma lecheana</u> L.	"	750 µg Z <sub>11</sub> TDo1 + 250 µg Z <sub>11</sub> TDA	(1)
<u>Choristoneura hebenstreitella</u> Müller	"	1000 µg [Z <sub>11</sub> TDo1 (3 x E <sub>11</sub> TDo1)]	(1)
<u>Enarmonia formosana</u> Scop.	"	500 µg E <sub>9</sub> DDA + 500 µg Z <sub>9</sub> DDA	(2)
<u>Hedya nubiferana</u> Hw.	"	440 µg E <sub>8</sub> E <sub>10</sub> DDA + 300 µg Z <sub>8</sub> DDA + 100 µg E <sub>8</sub> DDA + 180 µg DDA	(1)
<u>Cydia pomonella</u> L.	"	1006 µg E <sub>8</sub> E <sub>10</sub> DDo1	(1)
<u>Phyllonorycter blancardella</u> F.	(Gracillariidae)	1000 µg E <sub>10</sub> DDA	(1)
<u>Spilonota ocellana</u> D. & S.	(Tortricidae)	1000 µg Z <sub>8</sub> TDA	(1)
<u>Synanthedon myopaeformis</u> Bkh.	(Sesiidae)	1000 µg Z <sub>3</sub> Z <sub>13</sub> ODDA (techn. qual.)	(2)

(1) Laboratoire des Médiateurs chimiques, ST-REMY-LES-CHEVREUSE (France).

(2) Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, WAGENINGEN (Nederland)

### 2.2. Modalités du piégeage

C'est le piégeage sexuel qui nous a servi de méthode d'investigation. Les attractifs sexuels synthétiques provenaient, pour treize espèces, du Laboratoire des Médiateurs chimiques, et pour les trois autres, du Laboratoire du Dr. S. VOERMAN (Wageningen). La composition des diverses phéromones de synthèse est reprise dans le tableau 1. Chaque diffuseur (bouchon

en caoutchouc ou en polyéthylène) est chargé à 1 mg d'attractif.

Les pièges utilisés sont de type cylindrique, en polyéthylène blanc, de 11,5 cm de diamètre et de 15 cm de long. Ils sont garnis à l'intérieur d'une feuille de papier synthétique englué (Tangle-trap de la Tanglefoot Company, U.S.A.). La capsule attractive se trouve suspendue de telle façon que le prélèvement des supports englués se fasse sans la nécessité de toucher l'attractif.

Un dispositif de quinze compositions phéromonales (fig. 1), destinées aux seize pièges (un des attractifs servant à deux espèces), tenant compte des interactions possibles entre les différentes synthèses, a été orienté identiquement au centre de chaque parcelle. Les pièges étaient distants de 2 à 15 m et suspendus aux arbres à une hauteur variant de 1,5 à 1,8 m selon les disponibilités.

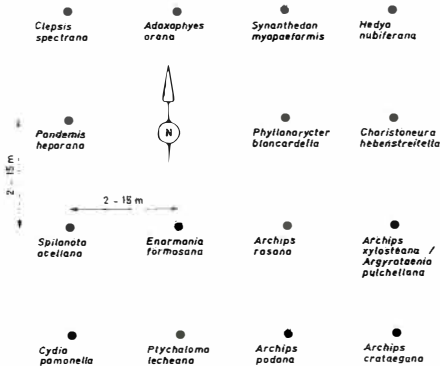


FIGURE 1 - Plan de disposition des pièges.

Les contrôles ont été opérés le même jour dans chaque verger et ce de façon bihebdomadaire depuis le 25 avril 1983, date de la mise en place, jusqu'au 29 septembre. Les attractifs ont été changés toutes les six semaines.

### 2.3. Sites d'expérimentation

Quinze parcelles (fig. 2) ont été choisies en vergers de pommiers dans différentes localités situées en majeure partie en zone centrale de la Belgique, pour recevoir le dispositif décrit ci-dessus (§ 2.2). Il s'agit de vergers commerciaux traités plus ou moins intensivement et de trois

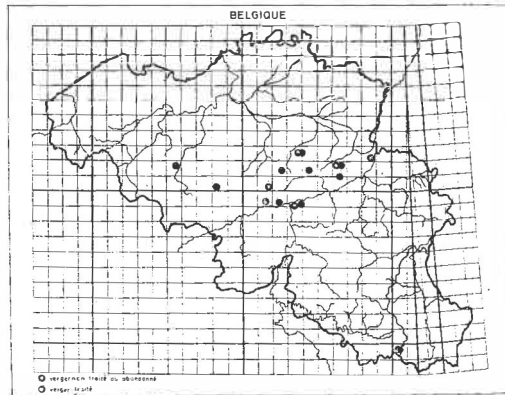


FIGURE 2 - Répartition des sites de piégeage en Belgique.

parcelles témoins. Un seizième verger (20 ha) très infesté par la sésie du pommier a reçu quatre pièges spécifiques à cette espèce. Deux pièges supplémentaires ont servi de repère, dans des essais de lutte dirigée, pour le vol du carpocapse (*C. pomonella*).

Les différentes parcelles présentent entre elles une variabilité de caractère remarquable sur les plans dimensions, exposition, type de sol, type de culture, variétés, traitements phytosanitaires, environnement.

#### 2.4. Identification des espèces

Outre les espèces visées facilement identifiables, la majorité des captures annexes de lépidoptères (mâles de Tortricidae et Noctuidae) ont subi un examen des pièces génitales, excepté celles des genres *Cucullia* et *Oligia*. Celui-ci a été réalisé par l'un d'entre nous (J.-P. C.) et ses collègues (G. GENESTIER, C. COCQUEMPOT).

Une faible proportion d'individus (surtout des macrolépidoptères) ont été pré-identifiés sans le recours aux genitalia par M. C. VERSTRAETEN (1).

La nomenclature utilisée est celle de P. LERAUT (1980).

### 3. Résultats

Le traitement informatique des données relatives aux espèces visées fut réalisé par le Dr. R. OGER (2).

#### 3.1. Répartition des seize espèces et importance des captures

A l'exception de *A. pulchellana* et de *A. xylosteana* totalement absents, toutes les autres espèces se sont révélées dans chaque verger mais à des degrés divers. L'attractif destiné à *A. crataegana* n'a permis la capture d'aucun individu alors qu'un exemplaire a été pris dans un piège à *C. spectrana*: la composition phéromonale utilisée pourrait ne pas être adaptée à l'espèce.

Aucune prédominance régionale n'a pu être mise en évidence. Les seules tendances observables se réfèrent toutes à la proximité immédiate de parcelles boisées à végétation abondante et diversifiée (exemple: *C. hebens-treitella*).

#### 3.2. Phénologie

La synthèse des courbes de vol qu'il a été possible d'élaborer à partir des données récoltées dans les différents vergers (sauf un où les relevés des pièges n'ont pas été effectués de manière régulière), est traduite dans la figure 3.

Signalons à ce propos la courbe tronquée de *Ph. blancardella* pour lequel les pièges ont été disposés trop tardivement.

Remarquons aussi le deuxième vol partiel de *A. podana*, déjà signalé dans le nord de la France (FREROT et al., 1982).

L'allure décousue de la courbe aux deux pics de *E. formosana* ne correspond cependant qu'à une seule période d'émergence (ALFORD, 1984), sans doute liée aux variations thermiques.

#### 3.3. Captures annexes

L'ampleur du problème relatif aux captures dites "annexes" ou "indésirables" est vaste et fera l'objet d'une publication en soi.

Le tableau 2 mentionne les principales espèces indésirables dénombrées

(1) Chaire de Zoologie générale et Faunistique, Faculté des Sciences agronomiques, Gembloux.

(2) C.R.A., Bureau d'Informatique et de Statistique appliquées, Gembloux.

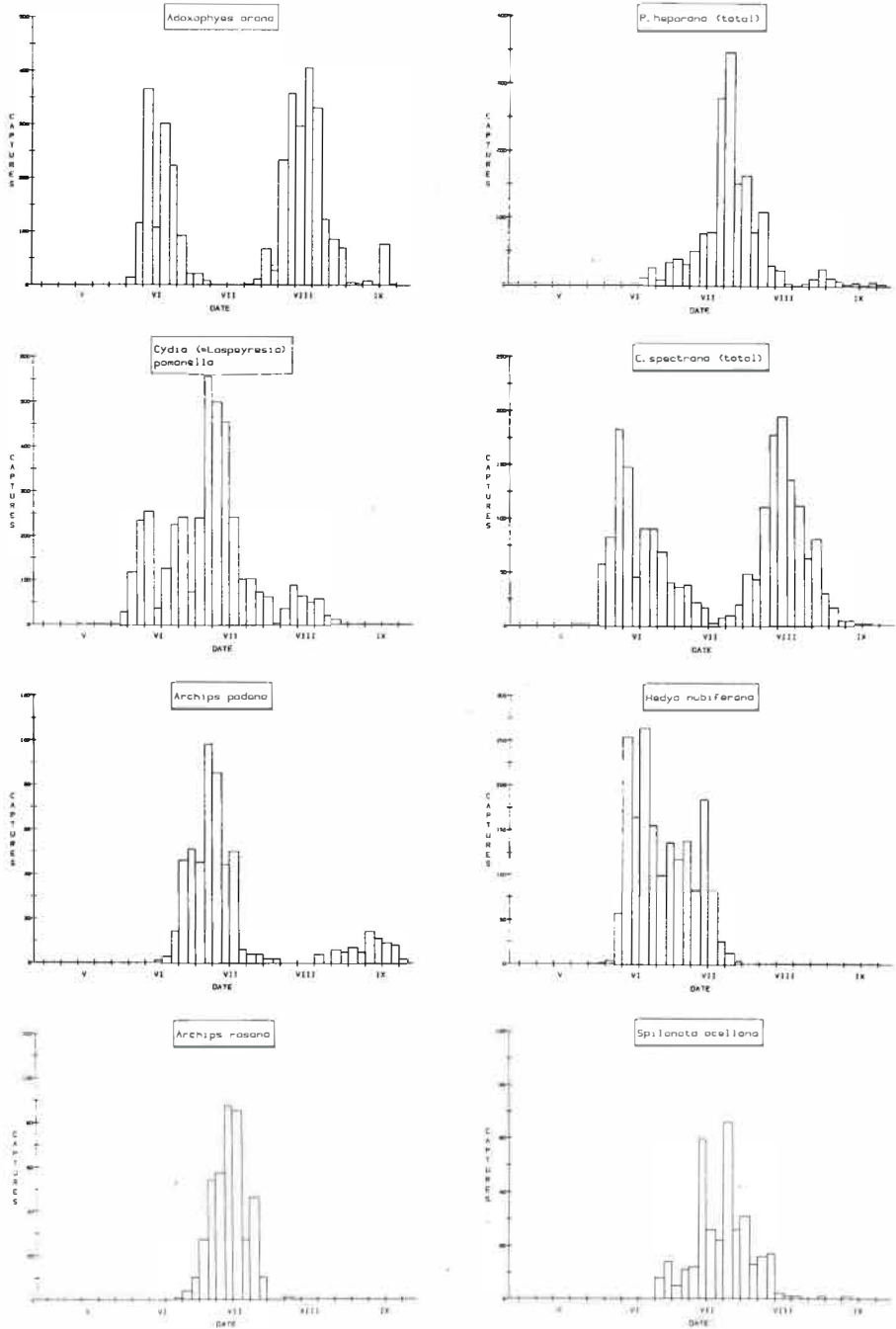


FIGURE 3 - Courbes de vol.

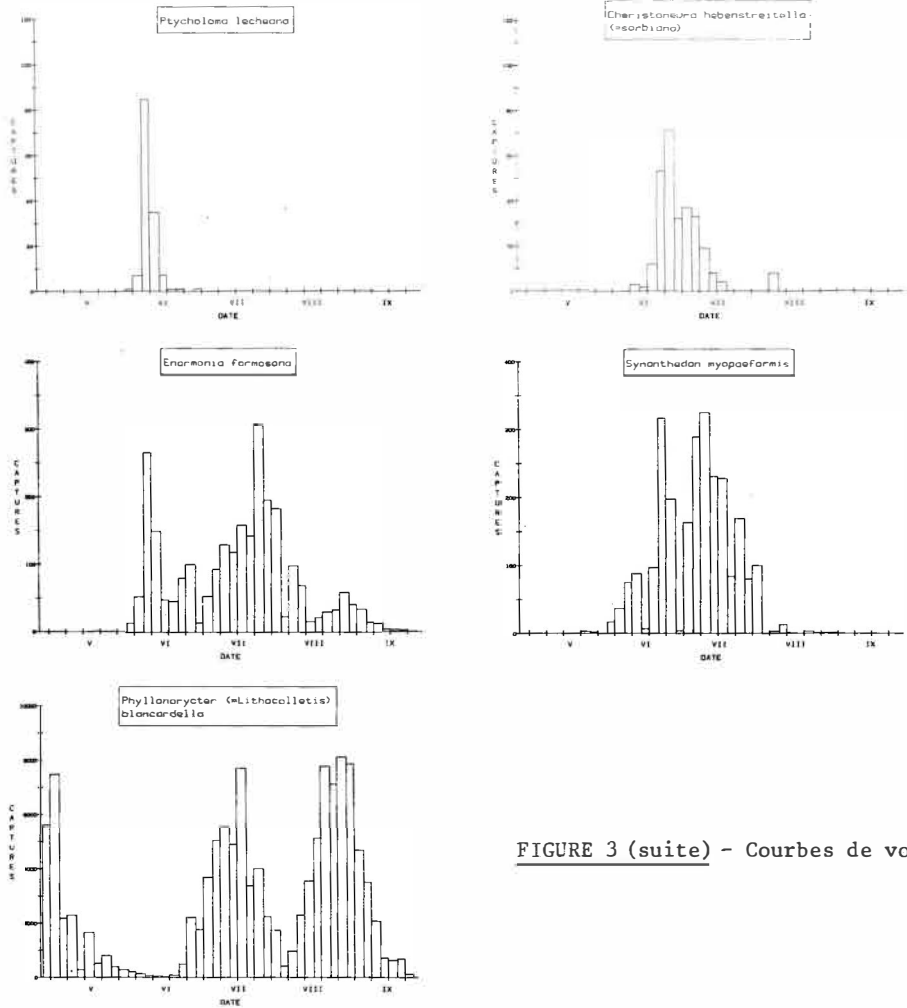


FIGURE 3 (suite) - Courbes de vol.

dans les différents pièges ainsi que les quantités totales de mâles capturés.

Pour les genres Cucullia et Oligia, quelques exemplaires identifiés jusqu'à l'espèce ont révélé la présence de Cucullia chamomillae D. & S., Oligia versicolor Bkh. et Oligia fasciuncula Hw.

Il est important de souligner le grand nombre de prises de C. spectrana réalisées dans les pièges à P. heparana et inversement. La grande similitude des bouquets phéromonaux utilisés explique aisément ce manque de spécificité. Ce phénomène nous a obligé à prendre en compte ces captures dans la globalisation des résultats qui sont matérialisés par les courbes de vol (cf "(total)" fig. 3).

Signalons aussi (grâce à la perspicacité de M. P. HECQ) (1) la découverte tardive dans des pièges à S. myopaeformis de la présence d'une autre

(1) 58, rue du Centenaire, B-6100 Mont-sur-Marchienne.

TABLEAU 2 - Captures (mâles) réalisées avec les différents attractifs.

Attractif destiné à l'espèce :	Mâles capturés	Nombre de pièges			Captures annexes		
			Mâles capturés	Espèces identifiées	Principales captures (>15 exemplaires)		%
<u>Adoxophyes orana</u>	3405	15	367	18	<u>Cucullia</u> spp. <u>Oligia</u> spp. <u>Panemeria tenebrata</u> Scop. <u>Axylia putris</u> L.	139 90 74 29	3,7 2,4 2,0 0,8
<u>Clepsis spectrana</u>	660	15	671	20	<u>P. heparana</u> <u>Tortrix viridana</u> L. <u>Eulia ministrana</u> L. <u>A. orana</u> <u>Noctua fimbriata</u> Schreber	523 53 39 21 15	39,3 4,0 2,9 1,6 1,1
<u>Pandemis heparana</u>	1139	15	1648	15	<u>C. spectrana</u> <u>E. ministrana</u> <u>P. lecheana</u>	1548 47 16	55,5 1,7 0,6
<u>Archips crataegana</u>	0	15	26	12			
<u>Archips podana</u>	533	15	88	20	<u>Pyrausta aurata</u> Scop.	65	10,5
<u>Archips xylosteana</u> <u>Argyrotaenia pulchellana</u>	0	15	68	16	<u>Diurnea phryganella</u> Hb.	21	30,9
<u>Archips rosana</u>	411	15	75	17	<u>P. lecheana</u> <u>T. viridana</u>	30 25	6,2 5,1
<u>Ptycholoma lecheana</u>	139	15	127	17	<u>A. rosana</u>	72	27,1
<u>Choristoneura hebenstreitella</u>	282	15	99	10	<u>Mesapamea secalis</u> L.	86	22,6
<u>Enarmonia f. rmosana</u>	2645	15	353	17	<u>Cnephasia pumicana</u> Z. <u>Dichrorampha plumbana</u> Scop.	279 32	9,3 1,1
<u>Hedya nubiferana</u>	1828	15	1151	21	<u>Eucoxia cana</u> Hw. <u>Pammene argyran</u> Hb. <u>Cydia funebrana</u> Tr. <u>Cydia janthinana</u> Dup. <u>Cnephasia stephensiana</u> Dbld.	850 120 54 39 39	28,5 4,0 1,8 1,3 1,3
<u>Cydia pomonella</u>	4044	17	265	13	<u>Pammene rhediella</u> Cl. <u>Eucoxia campoliliana</u> D. & S.	156 82	3,6 1,9
<u>Phyllonorycter blancardella</u>	12158	15	75	12	<u>Cydia nigricana</u> F.	53	<0,1
<u>Spilonota ocellana</u>	366	15	29	11	<u>Apotomis turbidana</u> Hb.	18	4,6
<u>Synanthedon myopaeformis</u>	<3567	19	>448	13	<u>Nemopogon clematella</u> F. <u>Synanthedon culiciformis</u> L.	350 >65	9,8 >1,8

espèce, S. culiciformis, dont la courbe de vol fut imbriquée en 1983 dans celle de la première espèce et que nous n'avons pas été en mesure de discerner (V-VI). Selon M. S. VOERMAN, elle a déjà été observée (mais non signalée) aux Pays-Bas par M. A. VAN FRANKENHUYSEN (comm. person.). Les mâles de S. culiciformis présentent des écailles oranges à la face inférieure des palpes tandis que celles-ci sont blanches chez S. myopaeformis.

Il se pourrait, enfin, que les très nombreuses mineuses capturées dans le piège à Ph. blancardella n'appartiennent pas exclusivement à cette espèce (HRDÝ, comm. pers.).



#### 4. Conclusions

A l'issue de cette étude, nous sommes en mesure de constater que, en dehors des trois tortricides mentionnés, toutes les espèces de lépidoptères qui ont été considérées sont présentes dans toute la zone visitée. Cependant, les niveaux de capture se montrent très fluctuants d'un verger à l'autre quoique la prudence doit être de règle en matière de comparaison entre pièges.

Aucune tendance régionale ne s'est dessinée, chaque verger proposant son éventail d'espèces propre avec ses rapports de dominance propres.

Au cours de cette étude, nous avons été confrontés au problème de l'encombrement des pièges par des espèces "indésirables". Ce n'est pas tant la diversité des espèces - souvent de morphologies différentes - que la diminution du rendement des pièges qui semble préoccupante dans certains cas, notamment lorsque des noctuelles sont capturées, dont le volume et l'agitation constituent des obstacles à la pénétration des lépidoptères de plus petite taille. Cette perturbation des résultats devrait être prise en compte lorsque ceux-ci servent des décisions importantes.

Cependant, la non-sélectivité des attractifs a permis de détecter la présence d'autres lépidoptères, dont certains seront nouveaux pour la faune belge (cf. publication ultérieure). Signalons notamment la tordeuse des céréales, *Cnephasia pumicana*, bien installée au centre de notre pays, sans qu'aucun dégât n'ait été mentionné jusqu'ici. D'autres espèces, nuisibles en vergers, ont pu être décelées également, telles que *Pammene rhediella*, *P. argyrana* ou *Cydia janthinana*.

L'étape ultérieure de cette enquête devra faire appel aux échantillonnages in situ couplés aux piégeages sexuels.

#### Remerciements

Nous tenons à remercier spécialement M. J. LEDIEU (Chaire de Génie rural II, F.S.A. Gembloux) pour sa collaboration dans l'élaboration informatique des graphiques. Que tous ceux qui ont participé de façon plus ou moins directe à cette étude s'en trouvent ici remerciés et en particulier M. V. FAVART pour sa disponibilité technique de tous les instants.

#### Références bibliographiques

- ALFORD D.V., 1984. A colour atlas of fruit pests, their recognition, biology and control. LONDON : WOLFE PUBLISHING LTD, 320 pp.
- CHAMBON J.P., BIWER G., 1978. A propos de la capture d'un Tortricidae nouveau pour la France: *Laspeyresia exquisitana* Rebel. Bull. Soc. entomol. Fr., 83, 211-213.
- FREROT B., BONIFACE B., CHAMBON J.-P., MERITAN Y., 1982. Emploi du piégeage sexuel avec des attractifs de synthèse pour l'étude de la répartition dans la région parisienne de trois espèces de tordeuses des vergers. Agronomie, 2 (9), 885-893.
- LERAUT P., 1980. Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique et Corse. sup. ALEXANOR et Bull. Soc. ent. Fr., pp. 1-334.

PIEGEAGE SEXUEL DE PANDEMIS HEPARANA D. & S. ET DE CLEPSIS SPECTRANA

Tr. (LEP. TORTRICIDAE) EN MILIEUX PROCHES DE VERGERS DE POMMIERS

Ch. FASSOTTE, B. FREROT<sup>(1)</sup>, J.-P. CHAMBON<sup>(2)</sup>, C. DESCOINS<sup>(1)</sup>

C.R.A., Station de Zoologie appliquée, Chemin de Liroux, 8  
B-5800 Gembloux.

(1) I.N.R.A., Laboratoire des Médiateurs chimiques, Domaine de  
Brouessy, Magny-les-Hameaux, F-78470 St-Rémy-les-Chevreuse.

(2) I.N.R.A., Laboratoire de Faunistique, Route de St-Cyr,  
F-78000 Versailles.

Summary

Pheromone trapping of Pandemis heparana and Clepsis spectrana was carried out for a year (1984) in the surroundings of three apple orchards. The captures of the two tortricids were the less numerous in lands under cultivation and P. heparana was more abundant in wooded areas. Relative proportions of capture between the two species were very different in all places. Quantities of insects caught in the surroundings were also very different from that inside the orchard. It has been shown in these trials that the surroundings may be a potential source of reinfestation towards the orchard.

1. Introduction

Suite à une campagne de piégeage de microlépidoptères réalisée en 1983 et aux populations antagonistes de Pandemis heparana et de Clepsis spectrana observées en verger de pommiers à cette occasion, il nous a semblé intéressant d'entreprendre une étude particulière sur les populations de ces deux tortricides, non pas limitée aux seuls vergers mais étendue aux milieux avoisinants, de façon à mieux préciser l'attachement de ces espèces à tel ou tel biotope. Cette étude a été menée en 1984.

2. Matériel et méthodes

2.1. Choix des vergers

Notre choix des sites d'expérimentation a été intimement lié à la poursuite des essais de 1983 (FASSOTTE et al., 1985), pour laquelle un dispositif de piégeage de microlépidoptères a été réinstallé dans trois vergers de pommiers relativement peu éloignés l'un de l'autre (fig. 1). Chacun de ces vergers se distingue par un environnement différent : celui d'OPPREBAIS isolé au sein de terres de culture est situé sur un plateau très venteux; celui de TEMPLoux est entouré en grande partie de bois et paraît bien abrité; celui de GEMBLoux se trouve en position intermédiaire, accolé à un bois et environné de cultures. Il faut préciser dans le cas de GEMBLoux qu'il s'agit d'un verger expérimental comportant trois parcelles

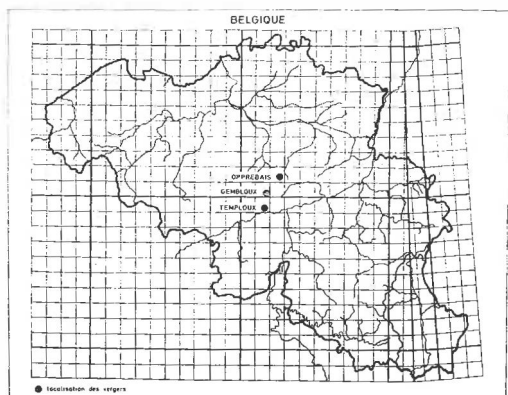


FIGURE 1 - Sites d'expérimentation.

subissant des traitements insecticides différents : lutte dirigée, lutte chimique intensive, témoin.

## 2.2. Modalités du piégeage

Les pièges sexuels utilisés pour cette étude sont de même nature que ceux employés dans les essais de 1983 (FASSOTTE et al., 1985).

La synthèse des attractifs a été réalisée au Laboratoire des Médiateurs chimiques et la composition en est donnée dans le tableau 1.

Les pièges ont été installés le 19 avril et relevés deux fois par semaine jusqu'au 27 septembre 1984, les attractifs ayant été renouvelés toutes les six semaines.

## 2.3. Dispositif expérimental

Un certain nombre de sites ont été sélectionnés dans l'environnement immédiat de chaque parcelle de pommiers choisie : 9 à OPPREBAIS (fig. 2), 10 à GEMBOLOUX (fig. 3), 11 à TEMPOLOUX (fig. 4).

Un couple de deux pièges (un à *P. heparana* et un à *C. spectrana*) - éloignés de 40 à 60 m l'un de l'autre - a été installé dans chacun de ces sites de telle sorte qu'une distance minimale de 50 m soit respectée par rapport à la bordure du verger et par rapport à tout autre couple de pièges. Le niveau de placement se situait entre 1,6 et 1,8 m de hauteur.

Par ailleurs, au sein des vergers, deux pièges destinés à ces deux espèces faisait partie du dispositif expérimental mentionné au § 2.1.

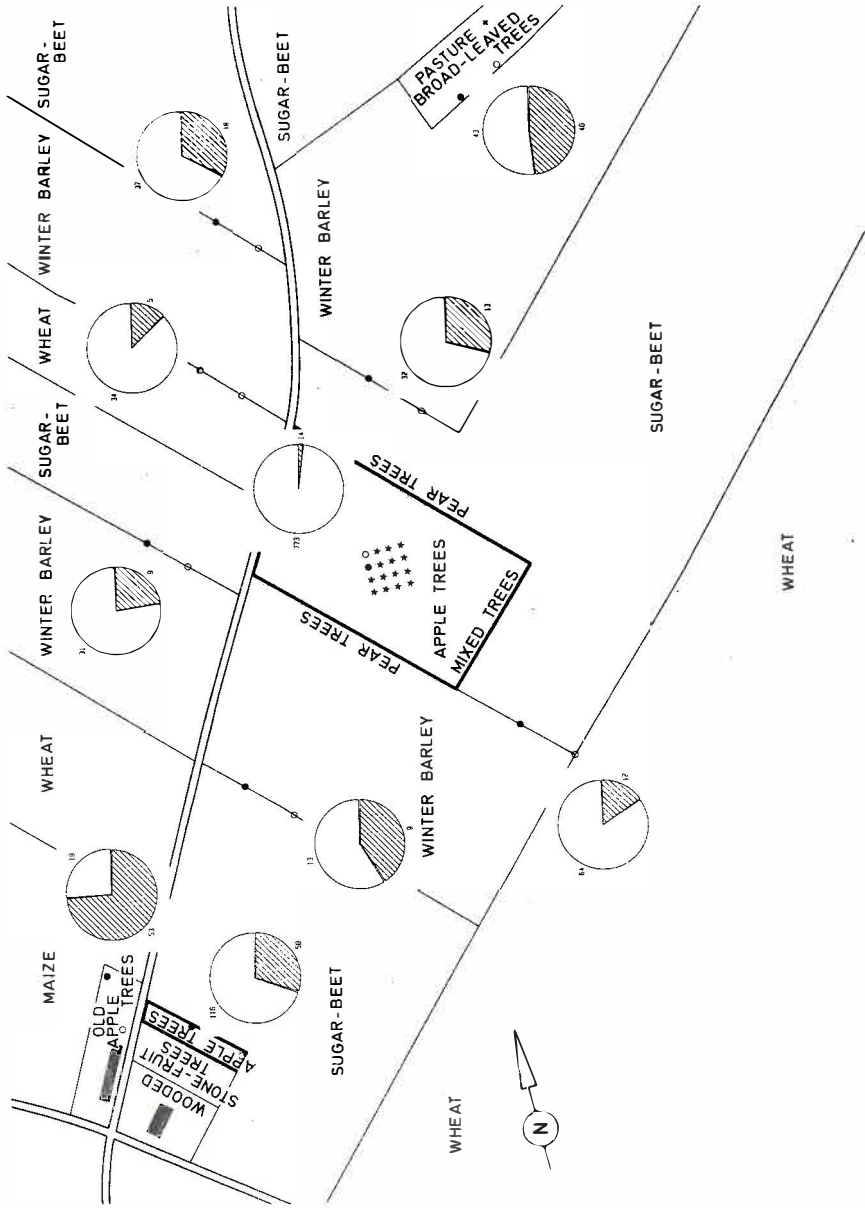
## 2.4. Identification des espèces

La séparation entre les individus de *P. heparana* et de *C. spectrana* est relativement aisée. Cependant, les cas douteux ainsi que la grande majorité des autres lépidoptères capturés ont été identifiés par l'équipe de l'un d'entre nous (J.-P. C.), après examen des genitalia.

## 3. Résultats

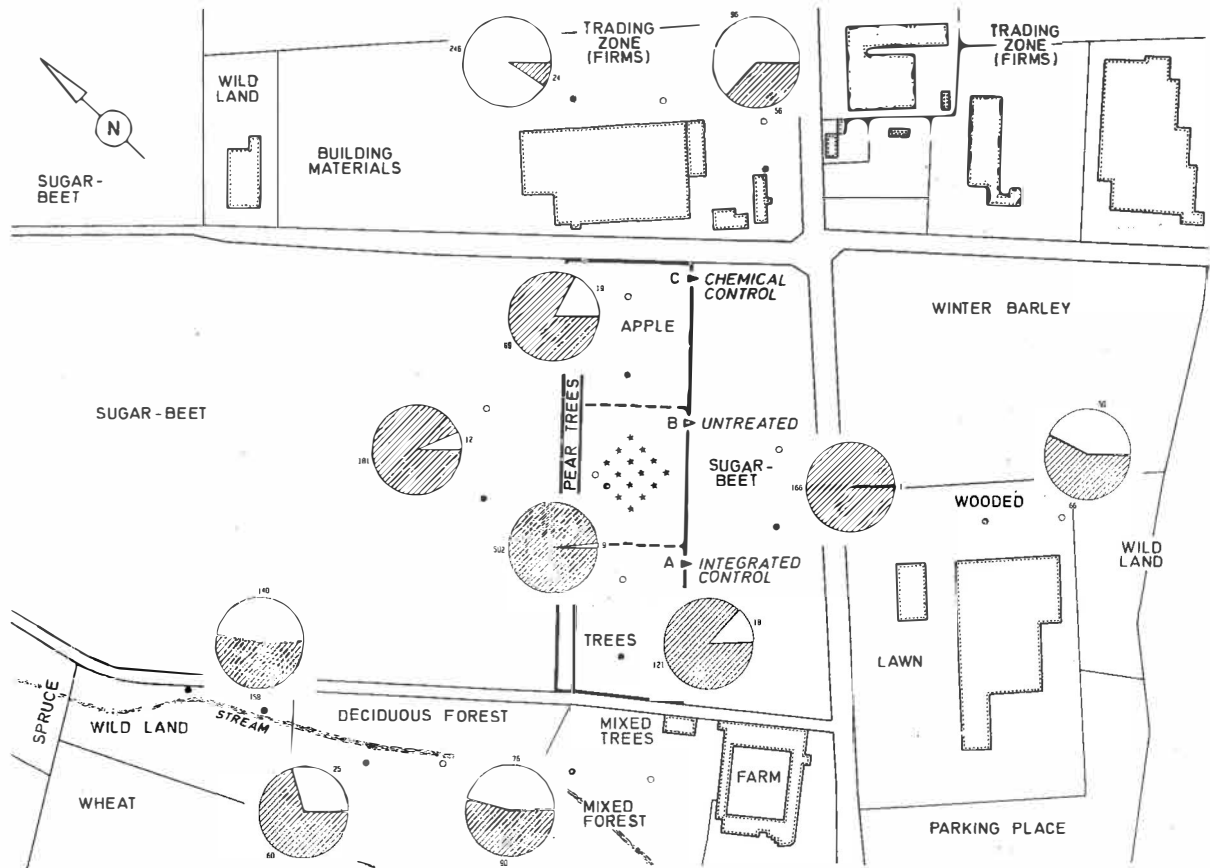
### 3.1. Répartition des captures

L'importance numérique et relative des captures de *P. heparana* et de *C. spectrana* réalisée dans chaque site est transcrite de manière graphique dans les figures 2, 3 et 4. Ces données correspondent à la globalisation des prises effectuées pour chaque espèce dans les deux types de pièges (cf. § 3.2).



- Piège à *Pandemis heparana*
- Piège à *Clepsis spectrana*
- ★ Autres pièges

FIGURE 2 - OPREBAIS : dispositif de piégeage.

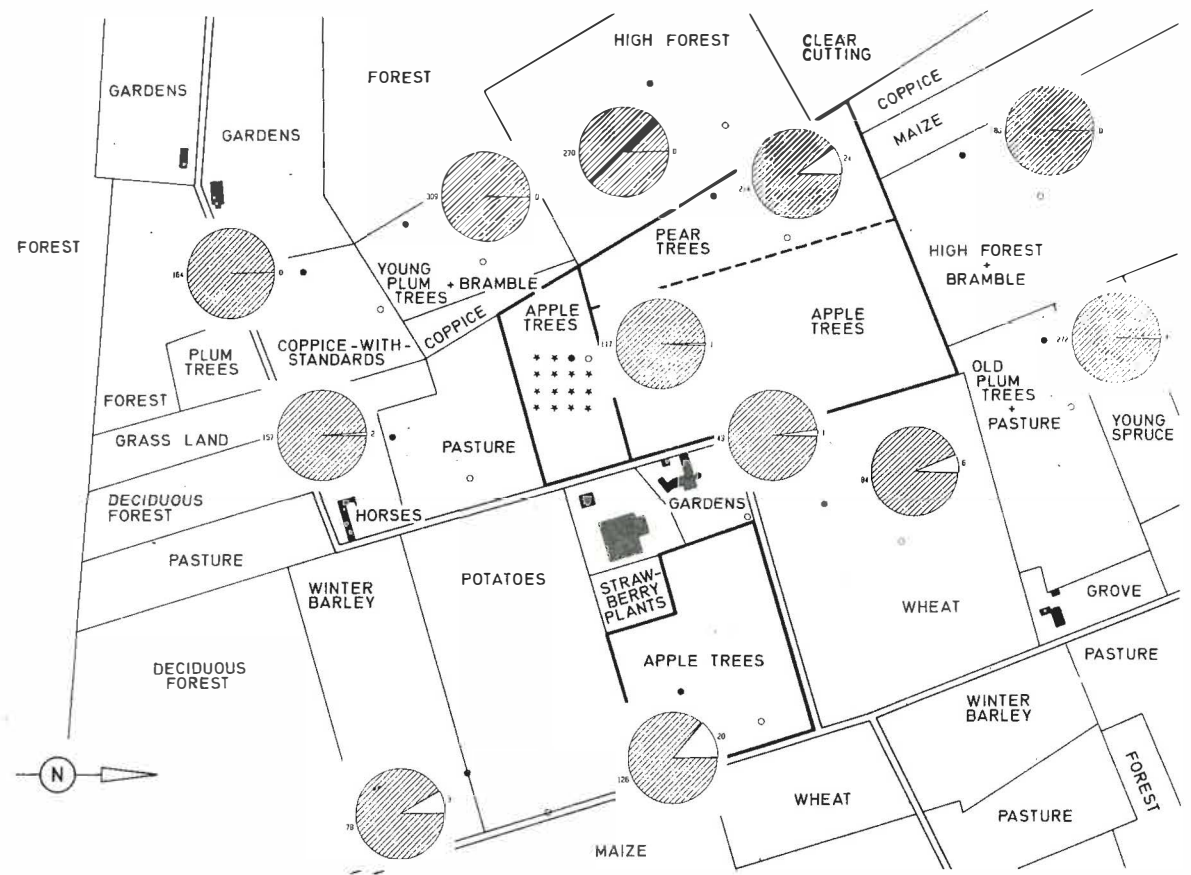


- piège à *Pandemis heparana*
- piège à *Clepsis spectrana*
- ★ Autres pièges

FIGURE 3 - GEMBLoux : dispositif de piégeage.

FIGURE 4 - TEMPLOUX : dispositif de piégeage.

- piège à *Pandemis heparana*
- piège à *Clepsis spectrana*
- ★ Autres pièges



A OPPREBAIS, la suprématie de C. spectrana au sein du verger ne se reproduit pas dans les biotopes environnants, quoique dans l'ensemble cette espèce semble quelque peu y dominer P. heparana.

A TEMPLOUX par contre, la situation est complètement inversée: P. heparana est omniprésent et abondant tandis que C. spectrana s'y fait rare. Les captures réalisées dans le verger reflètent bien celles obtenues dans les milieux avoisinants.

Enfin, à GEMBLOUX, les dominances sont alternatives: il s'agit de C. spectrana dans un cas (ex. usine désaffectée) et de P. heparana dans l'autre (ex. parcelle témoin du verger). Il est à noter que les postes situés dans les champs de betteraves juxtaposés au verger sont le reflet de ce qui se produit à l'intérieur de celui-ci. Il faut souligner également les différences dans les niveaux de captures observées dans les parcelles traitées par rapport au témoin.

### 3.2. Captures annexes

Toute la durée du piégeage a été émaillée de captures d'espèces non désirées, le problème fondamental étant celui de l'attractif destiné à C. spectrana qui capturerait proportionnellement plus de P. heparana alors que la synthèse pour cette dernière espèce attirait également bon nombre de C. spectrana. Le tableau 1 donne un aperçu de la sélectivité des attractifs mis en jeu. Ce sont les pièges disposés dans les bois (surtout à TEMPLOUX) qui ont été les plus encombrés par des captures annexes.

TABLEAU 1 - Sélectivité des attractifs.

Composition de l'attractif	CLEPSIS SPECTRANA Tr.		PANDEMIS HEPARANA D. & S.	
	900 µg Z <sub>11</sub>	TDA + 100 µg Z <sub>9</sub> TDA	900 µg Z <sub>11</sub>	TDA + 50 µg Z <sub>9</sub> TDA + 50 µg Z <sub>11</sub> TDo1
Nombre de pièges		33		33
Nombre de captures (mâles)		3139		5301
Espèces capturées	<u>C. spectrana</u>	25.2 %	<u>P. heparana</u>	48.0 %
	<u>P. heparana</u>	38.4 %	<u>C. spectrana</u>	21.3 %
	<u>Eulia ministrana</u> L.	27.0 %	<u>E. ministrana</u>	12.8 %
	<u>Diurna fagella</u> D. & S.	3.0 %	<u>D. fagella</u>	7.0 %
	<u>Tortrix viridana</u> L.	1.8 %	<u>T. viridana</u>	6.8 %
	<u>Noctua fimbriata</u> Schreber	1.8 %	<u>N. fimbriata</u>	1.3 %
	<u>Adoxophyes orana</u> F.R.	1.1 %	<u>Ptycholoma lecheana</u> L.	0.8 %
	Other species	1.8 %	<u>Spatalistis bifasciana</u> Hb.	0.4 %
			Other species	1.7 %

### 4. Conclusions

Les quantités de P. heparana et de C. spectrana capturés se montrent très variables dans les différents milieux observés, quoique les terres de culture paraissent plus pauvres dans l'ensemble et les zones arborées les plus riches (surtout en P. heparana).

Les proportions relatives des deux espèces dans chaque site, ne semblent a priori obéir à aucune règle, et dans deux vergers sur trois, c'est P. heparana qui domine.

Le piégeage périphérique des deux tortricides a mis en évidence une disproportion parfois très importante entre les populations intrinsèques des vergers et celles des biotopes avoisinants. La richesse de certains milieux proches des vergers, tels que les zones boisées où pullule P. heparana, peut constituer une source de réinfestation de ceux-ci, notamment après l'application de traitements insecticides.

#### Remerciements

Nos remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette étude, en particulier M. V. FAVART pour son aide technique précieuse. Nous tenons aussi à remercier M. J. NICOLAS pour le dessin des plans et M. E. FRANCOIS (C.R.A., Station de Chimie et de Physique agricoles) pour ses instructions en matière de réalisation informatisée des graphiques.

#### Références

FASSOTTE Ch., FREROT B., CHAMBON J.-P., DESCOINS C., 1985. Piégeage sexuel de seize espèces de microlépidoptères nuisibles en vergers de pommiers belges. Ce Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.



ÜBER DEN EINSATZ VON FELDKÄFIGEN IM APFELWICKLERWARNDIENST

P. FISCHER-COLBRIE und O. RUPF  
Bundesanstalt für Pflanzenschutz  
Wien

Summary

Besides pheromone traps, fieldcages are increasingly used in the Austrian plant protection service against codling moth (*Cydia pomonella* L.). Approximately 200 overwintered larvae are mounted after blossom on an encaged apple tree. Egg-laying and egg-development is observed daily and reported to plant protection centres.

Various new fieldcage constructions and materials were investigated in 1985 to all practical purposes, especially with a view to possible differences in climatic conditions inside and outside of these cages.

Im österreichischen Apfelwicklerwarndienst werden neben Pheromonfallen zur Überwachung des Flugverlaufes in zunehmenden Masse Freilandkäfige zur Beobachtung der Eiablage und Eientwicklung eingesetzt. Die bereits im Jahre 1976 erprobte Methode (Fischer-Colbrie, 1976) wurde in den Folgejahren laufend verbessert und ist heute in allen wichtigen Obstbaugebieten verlässliche Entscheidungsgrundlage des lokalen Apfelwicklerwarndienstes.

Die aus Vorhangstoff (Maschenweite 1 mm, weiss) gefertigten Käfige (Grundriss: 2x2 m, Höhe 2,5 m) werden jeweils nach der Baublüte um einen auf Käfigformat farmierten Apfelbaum montiert. Zweihundert Apfelwickler-raupen, im Sommer des Vorjahres durch Anlagen von Wellpappringen an Streuobstbäume gesammelt und unter Freilandbedingungen überwintert, ergeben nach Montage der Wellpappinge am Stamm des eingekäfigten Baumes eine hohe zeitlich mit dem Freiland übereinstimmende, Schädlingspopulation im Käfiginneren. Die in grosser Zahl an Rinde, Blätter und vor allem Früchte abgelegten Eier werden auf ausgewählten Kontrollästen regelmässig ausgewertet. Einer der Kontrolläste dient der Erfassung des Eiablageverlaufes, indem die abgelegten Eier gezählt und hierauf entfernt werden. Die auf einem weiteren Kontrollast abgelegten Eier werden nur hinsichtlich ihrer Entwicklung (Rotring- und Schwarzkopf stadium, Schlüpfen der Räumchen) beobachtet. Die Kontrollergebnisse werden laufend an die Zentralstellen (Bundesanstalt, Landwirtschaftskammern) gemeldet und dienen als Entscheidungsgrundlage für Warndienstaussendungen.

Da sich die bisher verwendeten Standardkäfige aus Vorhangstoff sowohl als wenig dauerhaft als auch als arbeitsaufwendig in der Montage erwiesen,

wurden 1984 neue Käfigkonstruktionen unter Verwendung verschiedener Netzmaterialien hinsichtlich ihrer Handhabung, und auf mögliche Klimaveränderungen im Käfiginneren untersucht. Dazu wurden Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen mittels Fühlern und Schreibern innerhalb der einzelnen Versuchskäfige im Vergleich zu Freilandbedingungen durchgeführt. Es zeigten sich vor allem in Käfigen aus Glasfiber- (dunkelgrau) und Nylongewebe (Fliegengitter, hellgrün) an wolkenlosen Tagen Abweichungen im Tagestemperaturgang im Vergleich zu den Freilandmessungen. Im Tagesmittel waren die Temperaturwerte in allen Versuchsvarianten jedoch nahezu gleich. Die Luftfeuchte erwies sich besonders an bewölkten Tagen innerhalb aller Käfigvarianten höher als im Freiland.

Eine Publikation der Versuchsergebnisse ist in Vorbereitung.

#### LITERATUR

1. FISCHER-COLBRIE, P. (1976). Feldkäfigversuche über den Einfluss von Klimafaktoren auf den Apfelwickler (*Laspeyresia pomonella* L.); Der Pflanzenarzt, 29. Jahrgang (5), 50-53.

THE EFFECTS OF FORMULATION ON THE EFFECTIVENESS OF CODLEMONE  
IN THE MONITORING OF THE CODLING MOTH, CYDIA POMONELLA

I. HRDÝ(1), K. KONEČNÝ(2) and J. VRKOČ(2)

Institute of Entomology(1) and Institute of Organic Chemistry  
and Biochemistry(2), Czechoslovak Academy of Sciences, Praha

Pheromone traps are useful for the monitoring of the pest's flight and for the timing of spraying in the program of integrated control. However, the question remains whether data on the numbers of trapped males give an objective information on population density, i.e. whether they can be used for determining the economic threshold. We must have a standard system of monitoring if this question is to be resolved, especially dispenser which would evenly release a non-degraded active substance.

We tested the effectiveness of four formulations of codlemone: (E,E)-8,10-dodecadien-1-ol (E8,E10-12:OH) was recrystallized to 99.5%, and the admixture of isomeres (Z,E), (E,Z) and (Z,Z) was less than 0.1%. These experimental formulations were compared with commercial dispensers produced by Zoecon and Chemika (Table I). "Stuttgart" and Etokap traps with Bird Tanglefoot adhesive, and Pherocon 1C (Zoecon) traps were used for field trials.

Table I

Tested formulations of codlemone

Code	Dose E8,E10-12:OH mg	Dispenser			
		Rubber	Weight g	Surface cm <sup>2</sup>	Extracted +yes -no
CP-11	0.5	205-IR	0.55	5.7	+
CP-12	0.5	159	0.75	5.7	+
CP-13	0.5	205-IR	0.55	5.7	-
CP-14	1.0	205-IR	0.55	5.7	+
CP (Chemika)	0.5	CM-4408	1.5	8.5	-
CM (Zoecon batch 2383102)			0.5	6.5	?

/1 Rubber purified by extraction in benzene before impregnation

-2-

The amounts of evaporated E8,E10-12:OH and other isomeres were parallely measured by gas chromatography after Baker et al. (1980). The amount of released E8,E10-12:OH and the degrees of isomerization have been determined by averaging the measurements of three dispensers (Fig.1, Table II).

Table II

Release of E8,E10-12:OH and its isomeres from different dispensers; measured 24 hours after preparation, data in per cent of the original E,E-isomere

Code	Dispenser 1			Dispenser 2		
	E,E	Z,E	E,Z+Z,Z <sup>/1</sup>	E,E	Z,E	E,Z+Z,Z
CP-11	81	7	10	87	6	6
CP-12	100	0	0	100	0	0
CP	74	10	14	67	14	17
CM	96	4	0	96	4	0

/1 Isomeres E8,Z10-12:OH and Z8,Z10-12:OH cannot be separated

Field trials comparing different formulations of pheromones and types of traps are often encumbered by mistakes due to competition of the traps, the "position effect", diversity of vegetation, etc. Our tests were therefore repeated at three localities, the traps were installed in various combinations, and the placing of the traps was daily changed at one locality. The total catch was 5645 males.

The formulation CP-12 proved to be the most effective at all three localities (Table III). The diagram in Fig.1 shows that the higher effectiveness of CP-12 cannot be ascribed to a higher amount of evaporated E8,E10-12:OH, because evaporation of CP-11 is approximately the same, but the number of trapped insects was much lower. Also CM dispensers release more pheromone, especially in the second half of the time of exposure. The degree of isomerization of codlemone seems to be a major factor in its efficacy. Isomerization occurs in some kinds of rubber soon after the preparation of dispensers. Table II shows the effects of rubber on the purity of codlemone.

A disproportion between the number of male coddling moths caught in pheromone traps and the numbers of eggs laid in summer during the second wave of flight has been reported (Croft et al., 1976; Hrdý et al., 1979). So, the high effectiveness of CP-12 in the middle of the summer season is remarkable (Fig.2). High effectiveness of dispensers throughout the season is important for monitoring.

New formulation of codlemone and other pheromones are being tested in 1985 with the object of working out standard systems

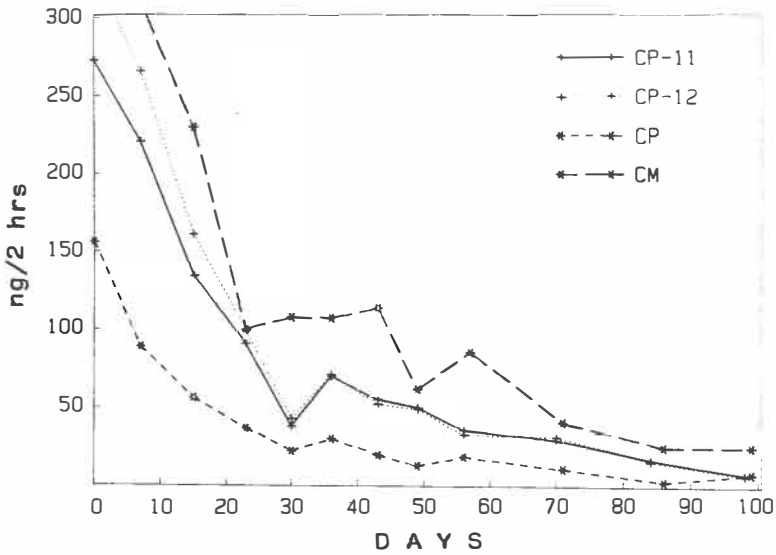


Fig. 1: The dynamics of codlemone release from CP-11, CP-12, CP (Chemika), and CM (Zoecon) dispensers. The amount of codlemone (ng per 2 hours) released during a 100-day exposure at room temperature.

Table III

The effectiveness of pheromone dispensers according to field trials in 1983; codling moth males caught

Dispenser	Annual catch in per cent at localities: (trap used)/1		
	Zbraslav I	Zbraslav II	Klačany
CP-11	10.9 (E)	8.5 (E)	10.8 (S)
CP-12	23.1 (E)	35.2 (E)	37.4 (S)
CP-13	18.1 (E)	10.3 (E)	11.2 (S)
CP-14	13.2 (E)	15.1 (E)	9.8 (S)
CP	14.6 (E)	4.1 (E)	16.6 (S)
CM	20.1 (E)	16.2 (E)	14.2 (S)
CP	-	2.8 (P)	-
CM	-	7.8 (P)	-
<b>Total catch (n) ♂♂</b>	<b>1105</b>	<b>1590</b>	<b>2950</b>

/1 E - Etokap, P - Pherocon, S - "Stuttgart"

of monitoring.

Detailed results will be published in the journal Sborník ÚVTIZ - Ochrana rostlin, Praha in the year 1986.

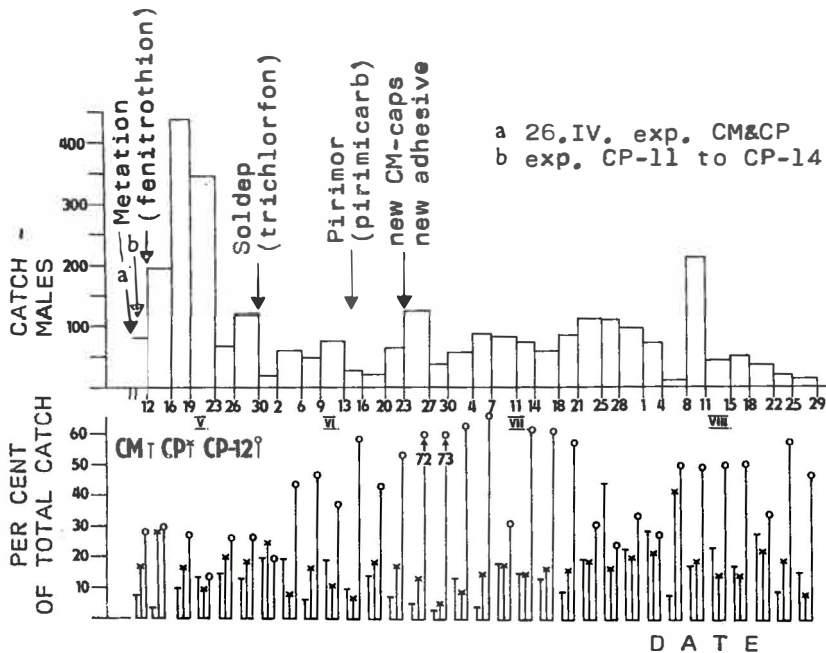


Fig. 2: Biological effectiveness of codlemone dispensers in field trials at Klačany, 1983. Upper diagram - total catches at checking intervals. Lower diagram - relative effectiveness of CM (Zoecon), CP (Chemika), and CP-12 formulations. Percentage of the total catch at the given checking terms.

#### REFERENCES

1. BAKER, T.C., CARDÉ, R.T. and MILLER, J.R. (1980). Oriental fruit moth pheromone component. Emission rates measured after collection by glass-surface adsorption. *J. chem. Ecol.*, **6** : 749-758
2. CROFT, B.A., TUMMALA, R.L., RIEDL, H. and WELCH, S.M. (1976). Modeling and management of two prototype apple pest subsystems. In: TUMMALA, R.L., HAYNES, D.L. and CROFT, B.A. (edit.) *Modeling for pest management*. Mich. Sta. Univ., Library of Congress Cat. Card No. 76-3953, 1976:97-119.
3. HRDÝ, I., REINHARTOVÁ, J. and HRDÁ, J. (1980): Feromonové lapáky pro signalizaci letu a usměrnění chemického boje proti obaleči jablečnému (Pheromone traps for monitoring and supervised control of the codling moth - in Czech). In: HRDÝ, I. and HRDLIČKOVÁ, H. (edit.) *Sb. symp. Integrovaná ochrana ovocných sadů*. Vodňany 1979, 1980: 73-85.

FIELD TRIALS TO CONTROL CODLING MOTH BY MATING DISRUPTION, 1979-85

E. MANI  
 Swiss Federal Research Station for Fruit-Growing,  
 Viticulture and Horticulture  
 CH-8820 Wädenswil

Summary

Results of mating disruption trials with codling moth from 1979 to 1985 were positive in 17, negative in 3 and average in 2 cases. One of the trials is described in more detail. Requirements for a successful application of the method in commercial orchards are discussed.

Codling moth is one of the key pests in apple orchards of our region and regular insecticide sprays are applied against this pest. Therefore, in connection with integrated control programs, we are looking for alternative methods to chemical treatments. One of these possibilities is the interruption of the communication between sexes by evaporation of the sex pheromone.

The first trial to control codling moth by mating disruption in a commercial orchard was started in the Upper Rhine Valley in 1979 (Mani et al. 1984 . Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 57: 341-48). In 1981 we increased the number of treated orchards as well as the treated surface (table 1). In most trials we had an untreated check in the neighbourhood. Pheromone impregnated rubber tubes and since 1984 also Hercon flakes were used as dispensers. The amount of pheromone per ha was 25 - 40 g with rubber tubes and 50 to 125 g with Hercon flakes. Dispensers were placed at a density of

Table 1. Trials to control codling moth by disruption in apple orchards in the Eastern part of Switzerland. (\*) In 1985 results of trials of Dr. Maag Company, Dielsdorf are included.

	no. orchards treated	no. of cases with			total hectares
		success	no result	failure	
1979	1	1			1
1980	1	1			1
1981	1	1			1
1982	2	2			8
1983	2	2			8
1984	4	3		1	14
1985*	11	7	2	2	24.5

1 dispenser per 100-150 m<sup>2</sup> with additional dispensers at the border of the orchards. Until 1983 dispensers were placed only once at the beginning of the flight. In 1984 and 1985 fresh dispensers were added during the season, one set in the case of rubber tubes and 1-3 for Hercon flakes.

A summary of the results is given in table 1. The figures show that most of the experiments were successful, i.e. the fruit attack remained under the economic threshold of 2% (windfall fruits included), in all such cases. In the check plots populations increased very clearly with fruit attack up to 30%. Nevertheless in some trials disruption failed. Reasons for this will be discussed later.

The successful trial in Andwil, situated near the lake of Constance, will be presented in more detail. The pheromone treated plot was a commercial orchard of 3.5 ha, with 12-15 years old apple trees of different varieties. The size of the trees was between 3.5 and 4.5 m. Rubber tubes were used as dispensers. They were placed once (May) in 1982 and 83 and

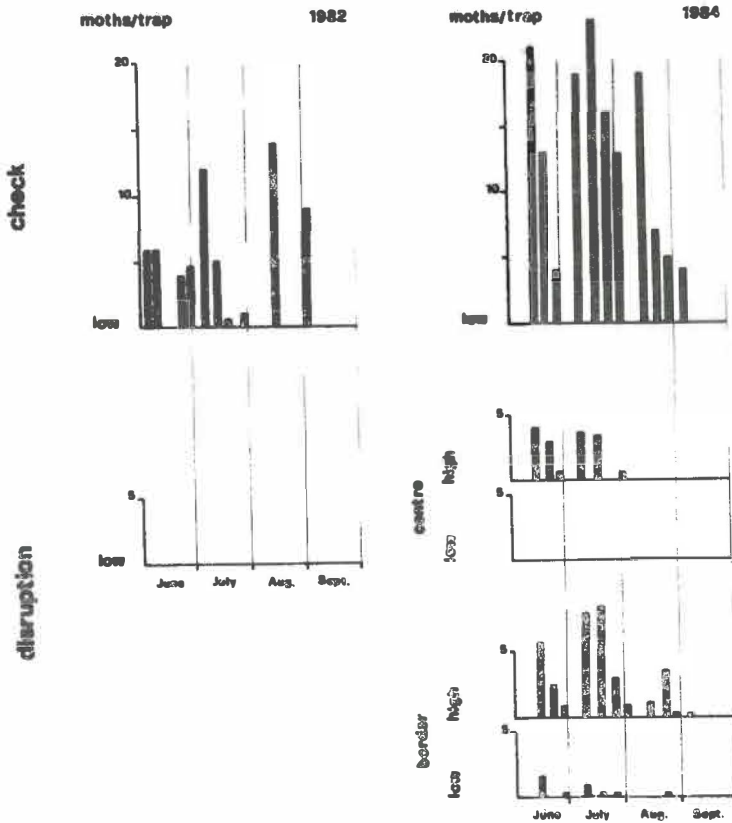


Fig. 1. Moth catches per trap and week in the untreated (check) and treated (disruption) orchard. Trap position; low: traps height 1.7 m; high: traps in the top of the trees.



twice (May and July) in 1984. The amount of pheromone used per ha was 25 g (1982/83) and 40 g (1984). The experiment continued over a period of three years. An orchard for cider production adjacent to the treated orchard was not treated against codling moth during the whole period and used as a check.

To measure the effect of disruption we examined the following:

- moth catches in pheromone baited traps
- mating rate of tethered females
- larval population in the orchard

In the first year we placed the traps as usual within the orchard at a height of 1.7 m. In these traps the moth catches were totally suppressed whereas they were high in the check (fig. 1). In 1983 and 1984 we placed additional traps in the top of the trees and also in the border lines of the orchard. As shown in figure 1 the moth catches were again totally suppressed in the lower part of the trees within the orchard. We caught a few moths in low traps in border lines of the orchard and many in the traps placed in the top of the trees. Similar results were also obtained with tethered females: No copulation in the lower part of the trees but a few in the top of the trees. This indicates that the pheromone concentration was not always high enough in the top of the trees to fully disrupt mating.

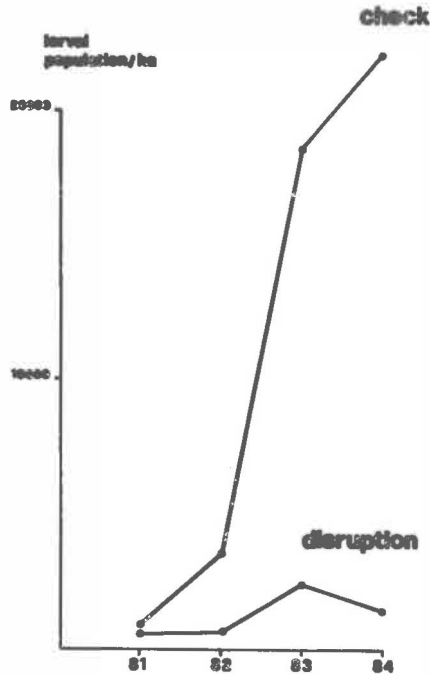


Fig. 2. Number of larvae (attacked fruits) per ha in the untreated (check) and pheromone treated (disruption) orchard.

Fruit attack in the orchards is shown in figure 2. In the disruption orchard the larval population remained much lower than in the untreated plot. The fruit attack could be kept under the economic threshold of 2% (windfall fruits included) during the whole experiment. The relatively lower control effect in the warm summer 1983 was probably caused by too rapid evaporation of the pheromone. Therefore two sets of dispensers were placed in 1984.

Taking all results into account we conclude that the method will be practicable on the grower's level if certain conditions are fulfilled:

- The orchard should have a size of at least 1 ha and be isolated from untreated trees by 100 or more meters.
- The orchard should be homogeneous in tree size and tree stand to allow a uniform distribution of the pheromone.
- The larval population should be as low as possible, certainly below 1000 larvae/ha the year before pheromone application starts. If not, the population should first be reduced to the manageable level with pesticides.
- The grower must be ready to accept the risk of increased fruit damage.

Further research is needed along the following lines:

- Reliable controlled-release formulations.
- Data on the pheromone distribution and pheromone concentration in the orchard.
- Improved knowledge on flight and copulation behavior of moths under the influence of the pheromone.

INTEGRATED CONTROL OF THE TORTRICID ADOXOPHYES RETICULANABY INSEGAR, A NEW INSECT GROWTH REGULATOR

P. GALLI

Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart  
Federal Republic of GermanyZusammenfassung

In den Jahren 1981 bis 1985 führte die Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart in 3 Apfelanlagen von Baden-Württemberg Bekämpfungsversuche mit dem Insektenwachstumsregulator Insegar (Fenoxycarb) gegen den Apfelschalengewickler Adoxophyes reticulana durch. Zum Vergleich kamen praxisübliche Präparate zum Einsatz. Als Bewertungsgrundlage dienten Flugaktivität, Triebspitzenbefall und die Fruchtschäden bei der Ernte. Die Ergebnisse zeigten durchweg eine sichere Wirksamkeit des Prüfmittels gegen Adoxophyes reticulana. Regelmäßig waren in den mit Insegar behandelten Flächen sowohl die Schalenwicklerpopulationen im Sommer als auch die durch diesen Schädling verursachten Fruchtschäden deutlich reduziert. Daneben zeichnete sich Insegar auch durch nützlingsschonende Eigenschaften aus. Die Wirkungsbreite des Präparates wurde durch Prüfung der Nebenwirkungen auf nichtschädliche Arthropoden nach der Stuttgarter Trichtermethode und durch Untersuchungen zum Parasitierungsgrad von Tortricidenlarven ermittelt. Nach den bisherigen Erfahrungen ist deshalb der Insektenwachstumsregulator Insegar gut geeignet zur integrierten Bekämpfung des Problemschädling Adoxophyes reticulana.

1. Introduction

The tortricid Adoxophyes reticulana (Hb.) has become one of the most important pests of apple orchards in Baden-Württemberg. During the last years our efforts were mainly directed to improve the timing of sprays with the help of pheromone traps, observation of clutches of eggs and the temperature sum method. But the hatching of the young larvae stretches over too long a period, that a single spraying may be satisfactorily successful. Thus, in many orchards 3 or 4 treatments with insecticides against the leafrollers are carried out. Moreover,

the pesticides available in our country against this pest were found to be either not sufficiently suppressing the target or harmful to the beneficial insects and thus considered unacceptable for integrated control. All our attempts to build up a more intact ecosystem in an orchard were often menaced by the necessity to apply a broad spectrum insecticide against the leafrollers.

As several studies have shown an effective biological control of tortricides can be expected only - if at all - by parasites (IOBC/WPRS 1976, GRUYS 1980, DE JONG and BEEKE 1982). Without assistance of chemicals the parasitism existing in our orchards, however, cannot effectively control the leafrollers. But to combine the potential of natural enemies with a selective insecticide seems to be a promising strategy to keep the population of this pest at levels below the damage threshold. In this respect, the new insect growth regulator (IGR) Insegar is said to fit well into an integrated program. In Stuttgart we are testing this product since 1981. This paper presents a survey of our results obtained in field studies under practical conditions.

## 2. Materials and methods

Our IGR-studies against the leafrollers were carried out in 3 apple orchards in Baden-Württemberg. Insegar was applied according to the firm instruction after bloom, when the last instar of larvae was observed (1200 g/ha in 1 or 2 applications). Trial plots were chosen of at least 1 ha up to 10 ha, in order to prevent inflight of moths from the neighbourhood. Conventionally treated plots, sprayed at the hatching time of the young larvae, were used as control (Azinphos, Bromophos, Deltamethrin, Phosalone). Codling moth was controlled by Diflubenzuron, if necessary. Insegar (common name: Fenoxycarb) was kindly provided by Dr. R. Maag Ltd., CH-Dielsdorf.

The effectiveness of Insegar was estimated by pheromone trap catches, infested tips of shoots and fruit damage at harvest. In autumn, trees of the varieties Golden Delicious and Boskoop were harvested entirely, until a sufficient number of fruits was achieved. On average about 1300 fruits per cultivar and plot were evaluated, that means all together more than 83 000 apples.

In order to define the side effects of Insegar on non-target organisms of the apple tree fauna the Stuttgarter funnel method was used. In 1983, 3 large trees were sprayed with Insegar and the dropped arthropods were collected in 5 funnels per tree. To detect the percentage of remaining insects, 2 days later every tree was treated with Dichlorphos and the insects collected again in separated glasses.

Thanks to a high degree of parasitization in one of our experimental orchards the possible influence of Insegar especially on parasites could be studied in detail. For this purpose samples of tortricid larvae were collected in June or July from plots of this orchard, treated with Insegar or at that time still untreated against leafrollers. The caterpillars were isolated in small glasses and reared in the laboratory on artificial diet.

### 3. Results

Some representative data may indicate the general tendency observed. Since 1982, pheromone trap catches were recorded in an orchard of about 16 ha (Fig. 1). The catches in the IGR plot were always found to be lower than in the other, although the experimental arrangement was changed every year so, that Insegar was regularly applied in the plot with the highest infestation by tortricides in spring. The observation, that the total number of caught moths was decreasing year by year, may be explained by this plot change, but partly also by a general decline of the population of Adoxophyes reticulana. The different treatments had no adverse effect on the flight curve.

In the IGR plots, the population density of leafrollers at the tips of shoots in July did never exceed that of the conventionally treated plots. The analysis of fruit damage at harvest led to a corresponding observation. The data given on table 1 demonstrate some results achieved in 3 orchards from 1982 to 1984, listed as a percentage. The fruit losses caused by leafrollers were found to be relatively low, when Insegar was applied. The higher the fruit injury, the more obvious the differences of the plots became. To a similar degree the fruit damage was caused by larvae of the summer and the hibernating generation.

To get some knowledge on the side effects of Insegar on leafroller parasites, more than 100 larvae of the hibernating generation (in June 1983) as well as of the summer generation (in July 1985) were examined as described before. The percentage of parasitized tortricides in both cases was unusual high and almost the same in the different plots. Table 2 shows the results obtained. Evidently, the spraying of Insegar did not significantly diminish the population of the hymenopterous and dipterous parasites.

As to the families of parasites involved, the most common hymenopterous parasite reared out of the collected larvae was the black-yellow coloured ichneumonide Teleutea striata. Beside of this dominant parasite also the braconide Meteorus ictericus occurred frequently, whereas parasitism by chalcidoides could be observed only in few cases. Last not least,



Fig. 1: Pheromone trap catches of *Adoxophyes reticulana* in the apple orchard Erdmannhausen 1982-1984

Table 1: Fruit damage (%) caused by leafrollers in 3 apple orchards in Baden-Württemberg 1982-1984

orchard		Murr		Erdmannhausen		Heuchlingen	
year	cultivar	Insegar	conventional	Insegar	conventional	Insegar	conventional
1982	Golden Delicious	0,9	3,4	5,0	9,7	-	-
	Boskoop	-	-	9,4	46,2	-	-
1983	Golden Delicious	3,1	5,7	1,3	4,8	-	-
	Boskoop	2,2	10,5	5,2	17,3	2,1	7,4
1984	Golden Delicious	0,3	2,3	0,1	0,8	-	-
	Boskoop	0,3	0,5	0,1	0,1	1,2	0,3

Table 2: Side effect of Insegar on parasites of leafrollers 1983 resp. 1985 (in brackets)

	Number of collected larvae	Number of parasites	Parasitization
Insegar	72 (47)	32 (15)	44 % (32 %)
untreated	41 (59)	22 (19)	54 % (32 %)

many of tortricides were parasitized by tachinides at their larval as well as at their pupal stage. The species of these antagonists, however, have not yet been determined.

Table 3 is concerned with the results of our funnel method test, showing those groups of arthropods, of which a sufficient number of individuals could be found on the experimental trees. Apart from the coleoptera, all efficiencies of Insegar did not exceed 15 percent. Thus, with respect to the internationally accepted classification, the effect of Insegar on these arthropods is to be considered harmless or slightly harmful only.

Table 3: Side effect of Insegar (0,12 %) on non-noxious arthropods (1983)

Beneficial insects	eff. (%)	Indifferent insects	eff. (%)
Coleoptera	31	Coleoptera	0
Anthocoridae	0	Thysanoptera	0
" -Larvae	6	Diptera	9
Miridae-Larvae	6	Formicidae	0
Neuroptera-Larvae	0	Araneina	9
Terebrantes	6	other Acarina	0
Forficula	14		

#### 4. Discussion

During the last years, several authors from different fruit growing regions of Europe reported promising results of Insegar controlling Adoxophyes reticulana (DORN et al. 1981, CHARMILLOT et al. 1983, DE REEDE 1985). Indeed, this insecticide seems to have some properties that make it suitable for integrated control, particularly

- low toxicity for human beings
- early spraying date
- sufficient activity against the target
- hardly any side effect on beneficial insects.

In Stuttgart, we have been studying this product for the last 5 years with similar positive findings. Unfortunately, in 1981 the lack of fruits caused by late and heavy frosts prevented a complete evaluation of our trials. In 1982 and 1983 the attack by leafrollers was very intensive with damage up to 50 percent. By way of contrast, in 1984 and possibly in 1985 we had no real problems with these pests, perhaps because

of the delayed development of vegetation. Certainly however, this pest will soon reach again the former level. But today it can also be stated, that there is a chance in future, to control the leafrollers in a way compatible with and completing the existing integrated system.

For, in accompanying investigations we found a surprising high number of parasitized tortricides, up to 40 percent, in several orchards in the South West of Germany (GALLI 1984). The occurrence of those parasites seems to depend directly on the intensity of spraying harmful chemicals. This signifies that an increasing degree of parasitization could be achieved by applying selective instead of broad spectrum pesticides - and so severe infestations of leafrollers may be prevented more easily.

The results of our field studies in 3 orchards indicate that Insegar opens a way for an integrated control of Adoxophyes reticulana. Under quite different conditions of infestation its effectiveness against the target, estimated with the help of 3 parameters, exceeded that of conventional treatments. Testing the short term side effects on non-noxious organisms we found a convincing selectivity. Taking into account that no disadvantage could be observed on the activity of parasites, at least on those species, existing in our orchards, this product may be considered helpful to establish and to improve the integrated pest management in apple orchards.

#### REFERENCES

1. CHARMILLOT, P.J., BLASER, C., BERRET, M., MEGEVAND, B. and PASQUIER, D. (1983). Lutte contre la tordeuse de la pelure *Adoxophyes reticulana* F.v.R. au moyen du fenoxycarb, un régulateur de croissance d'insectes. *Mitt. Schweiz.Ent.Ges.* 56, 257-270
2. DORN, S., FRISCHKNECHT, M.L., MARTINEZ, V., ZURFLÜH, R. and FISCHER, U. (1981). A novel non-neurotoxic insecticide with a broad activity spectrum. *Z.Pfl.krankh.u.Pfl.schutz* 88, 269-275
3. GALLI, P. (1984). Ausnutzung natürlicher Feinde bei der Bekämpfung des Apfelschalenwicklers. *Obstbau-Weinbau (Lana)* 21, 289-292
4. GRUYS, P. (1980). Abundance and parasitization of leaf rollers in integrated control in the Netherlands, in relation to the pesticides used. *IOBC/WPRS Bull.* 1980/III/6, 37-39
5. JONG, D.J. de and BEEKE, H. (1982). Bladrollers in Appelen Pereboomgaarden, Wilhelminadorp (Meded. Nr. 19)
6. REEDE, R.H. de (1985). Integrated pest management in apple orchards in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids, Wageningen
7. IOBC/WPRS (1976). *Nützlinge in Apfelanlagen*, 242 pp.



ESSAIS DE LUTTE CONTRE Pandemis heparana  
AVEC LE RCI FENOXYCARB

H. AUDEMARD

INRA - Centre de Recherches agronomiques d'Avignon  
Station de Zoologie et d'Apidologie - F 84140 MONTFAVET

**Résumé**

Dans les 7 essais de lutte conduits contre Pandemis heparana Den. et Schiff. en verger de pommiers et de poiriers en Provence de 1982 à 1985, 2 traitements au fenoxycarb (2 x 150 g.m.a./hl) sur les larves de dernier stade de la génération hivernante ont suffi pour maîtriser de fortes populations. Le pourcentage de fruits attaqués à la récolte était généralement inférieur à 2 % (Tableau).

La prévision du risque est assurée d'après les attaques relevées à la récolte de l'année précédente ou par contrôle visuel de 500 organes après fleur.

Le 1er traitement doit intervenir à 115 dj  $\gg$  10 (sur températures moyennes journalières cumulées depuis le 1er janvier), le 2ème traitement, 12-14 jours plus tard.

Le piégeage sexuel permet d'apprécier précocement l'efficacité de la lutte et de prévoir le risque d'attaque de 1ère génération. Le seuil est de 50 captures, cumulées depuis le commencement du vol jusqu'à l'éclosion des premières larves.

**Summary**

CONTROL OF Pandemis heparana WITH  
IGR FENOXYCARB IN THE SOUTH OF FRANCE

From 1982 to 1985, 7 trials of Pandemis heparana control were carried out in apple and pear orchards in Provence. The important populations were well controlled by 2 sprays of fenoxycarb (2 x 150 g.a.i./hl) on the overwintering last instar larvae. The rate of fruit injured at harvest was below 2 % (See Table).

The risk was forecasted in keeping with the rate of ripe fruit injured the former year or by visual survey of 500 organs after blossom.

The 1st spray must be applied at about 115 dd (sum of degrees exceeding 10° C computed on daily mean temperature since the 1st january), the 2nd on 12-14 days later.

The efficiency of control and the risk of 1st generation attacks are appraised through sex trapping. The threshold is 50 cumulated catches (from the begining of flight up to the hatching of the 1st larvae).

RESULTATS DES ESSAIS DE LUTTE CONTRE Pandemis heparana AVEC LE R.C.I. FENOXYCARB

N° Essai	Lieu-Année	Espèce fruitière	Population larvaire avant essai (1)	Dates des traitements	% attaques sur fruit (2)		
					R.C.I. fenoxycarb 1ère génération	récolte	référence autre insecticide
1	LE THOR 1982	Pommier	2 %	4-14 V	0,03	0,2	0,5 (méthomyl)
2	LE THOR 1983	Pommier A	15 %	2-17 V	0	0	
3	LE THOR 1983	Pommier B	10 %	5-20 V	0	0,25	0,3 (méthomyl)
4	ISLE SUR SORGUE 1984	Pommier	5,4 %	24 V-8 VI		1,2	3,1 (méthomyl)
5	CHATEAURENARD 1984	Poirier A	3,2 %	25 V-8 VI		1,8 (3)	
6	CHATEAURENARD 1984	Poirier B	13 %	17 V-1 VI		2,8 (3)	4,8 (deltaméthrine)
7	AVIGNON 1985	Pommier	10 %	4-14 V	0,35	0,05	

177

(1) Sur 500 organes au stade G-H ; (2) Sur 2 à 4000 fruits ; (3) Essais réalisés par la Société LA QUINOLEINE

CAPTURES AU PIEGE SEXUEL

N° Essai	Année précédente	1er vol (1) Total (début)	2ème vol	1er + 2ème vol
1		123 (20)	26	169
2		29 (10)	47	76
3	194	43 (26)	51	94
7	834	270 (86)	177	447

(1) Seuil pour début = 50 captures cumulées

RECHERCHES SUR LE PROBLEME DU CARPOCAPSE DES POMMES ET  
DES AUTRES RAVAGEURS DU POMMIER AU SUD DE LA GRECE

C. YAMVRIAS

Institute Phytopathologique Benaki, 145 61 Kiphissia - Grèce

Sommaire

Dans ce bref rapport, sont présentés les problèmes qui se posent dans la culture du pommier par ses ravageurs, dans une région du Péloponnèse. Dans le premier rang nous citons le carpocapse et les acariens. Il ya encore d'autres ennemis secondaires, comme par exemple les aphides et les mineuses des feuilles, mais leur importance économique est négligeable. Par des traitements aux insecticides organophosphorés on arrive à limiter les dégâts causés par le carpocapse. Pour certaines années (été très sec et chaud) la pullulation des acariens (*Panonychus ulmi* et *Tetranychus* spp.) cause de problèmes sérieux aux cultivateurs qu'ils n'ont pas d'autre choix que de traiter avec des acaricides spécifiques. Evidemment la sauvegarde des auxiliaires, par ces traitements répétés, se réduit considérablement.

Introduction

En Grèce, c'est à la région de Macédoine, au Nord du pays, qu'on cultive du pommier à une surface assez étendue (11.500 ha) et c'est la région avec la plus grande production des pommes en Grèce (170.000 tonnes). Après la Macédoine, il ya encore des cultures du pommier assez importantes dans les régions de Larissa et de Volos à Thessalie au centre du pays, avec une surface de 3.800 ha et une production de 52.000 tonnes par an. Dans le Sud il y a des petits foyers, en Péloponnèse, qu'on cultive du pommier surtout à des endroits de haute altitude, sur une surface de 2.200 ha et avec une production de 27.000 tonnes par an.

C'est dans un village montagnard, producteur des pommes de haute qualité, de la région de Corinthe, au Nord-Est du Péloponnèse, qu'on a commencé une étude du problème du carpocapse et des autres ravageurs du pommier en 1982. On a choisi cet endroit-ci, parce qu'il est le plus proche de notre Institut (150 km). La culture du pommier occupe une superficie de 150 hectares environ, avec une production de 2.000 tonnes, à peu près, des pommes par an. La variété est de "Red Delicious" pour la majorité des vergers. C'est là où on a fait des essais de lutte contre le carpocapse à l'aide de virus de Granulose (Ip GV) en 1982 et 1983, dans le cadre du projet financé à moitié par la Communauté Européenne.

Le carpocapse de pommes

Par des pièges à phéromone on suit pendant 4 ans, le vol des papillons males du carpocapse, par rapport du temps et de ce fait, on suit les fluctuations de la population de ce ravageur du pommier.

Les premières captures des males, ont été enregistrées le début du mois de Mai tandis que les dernières, vers la fin du Septembre, période de la récolte. L'enregistrement des captures des males du carpocapse a permis de distinguer 4 générations par an. La première dure du mois de mai jusqu'à mi-Juin, la seconde de mi-Juin à mi-Juillet, la troisième de mi-Juillet au début août et la quatrième, qu'elle s'entre patrielle, de mi-août jusqu'au 20 septembre environ. Ces limites peuvent changer d'un an à l'autre, mais l'image se présente généralement de cette façon.

Etant donné que le danger d'infestations des pommes par le carpocapse est toujours présent, les cultivateurs par des traitements insecticides successifs assurent la protection et la bonne qualité de leur récolte. Le nombre des traitements insecticides varie de 4 à 6 par an. Les insecticides utilisés ces dernières années sont: Azinphos-éthyl ou Azinphos-méthyl, methidathion, deltamethrine, phosmet et phosalone. Les essais faits avec les virus à granulose (Lp GV) pendant les années 1982 et 1983 ont donné des résultats assez satisfaisants.

### Les Acariens

*Panonychus ulmi* et le complexe de *Tetranychus urticae* sont les acariens qui dominent et qui posent des problèmes sérieux pendant toute la période culturale du pommier. Avec le carpocapse sont les ravageurs les plus importants pour la région.

A cause des traitements répétés d'insecticides assez forts d'une part et de conditions climatiques favorables pour le développement rapide des populations d'autre part les acariens arrivent souvent à infester les feuilles des pommiers à des nombres très élevés. C'était le cas surtout cette année, où'on a eu un été très sec et chaud et on a compté plus que 100 adultes par feuille vers la fin Juillet.

Evidemment cette situation grave demande d'interventions répétées avec d'acaricides, d'habitude en mélange avec des insecticides contre le carpocapse. Les acaricides utilisés sont: Amitraz, Plictran, Tespine, Tédion.

### Les pucerons

*Aphis pomi*, *Dysaphis* spp. etc.

Il y a des années où ils présentent des problèmes sur les jeunes pousses du pommier ou encore sur les jeunes fruits. D'habitude on fait la lutte contre les pucerons en ajoutant avec le fongicide contre la tavelure un insecticide comme, endosulfan ou azinphos-éthyl et méthyl ou le produit sélectif Pirimor.

### Les mineuses des fenilles

*Lithocolletis blancardella*, *L. corylifoliella*, *Cemistoma* (*Leucoptera*) *scitella* et *Lyonetia clerkella*.

Ces mineuses sont presque chaque année présentes mais leur importance est d'habitude négligeable à cause des traitements répétés contre le carpocapse. Dans des vergers non traités leur population est assez élevée. Cette année dans quelques vergers qu'on n'a pas traité, l'infestation par *Cemistoma scitella* a été très élevée.

### Tordeuses autres que carpocapse

*Archips viridana*, *A. rosana*, *A. podana*.

Ils sont capturés par les pièges à phéromone mais leur présence est presque négligeable.

### Autres ravageurs

La petite punaise, *Stephanitis pyri* marqué seulement sur les pommiers

n'ayant subi aucun traitement.

Xylophages : *Synanthedon (Sesia) myopaeformis* et *Zeuzera pyrina*. Le premier est un ravageur assez important. Par les traitements insecticides contre le carpocapse on arrive à abaisser les dégâts par ces xylophages; mais le risque de graves dégâts reste toujours malgré ces traitements.

Voilà donc un bref schéma de ce qui se passe en Grèce au point de vue ravageurs du pommier et méthodes de lutte contre ceux-ci.

#### REFERENCE

1. YAMVRIAS C., 1984. Research on the application of biological control methods against Carpocapsa (*Claspeyresia pomonella* L.) In the C.E.C. Programme on integrated and biological control. Final Report 1979/1983. Eds. R. Cavalloro and A. Piavaux, C.E.C. (EUR 8689), 17-21.
-

RECHERCHES SUR LES PSYLLES DU POIRIER ET LA LUTTE INTEGREE  
DANS LE SUD DE L'EUROPE

R. RIEUX  
INRA. Station de zoologie  
84140 MONTFAVET

Summary

Since 1984, the working group "Integrated protection in orchards" has included the subgroup "Pear psylla" after the Toulouse symposium (1983). It animates fundamental and applied researches on pear psyllids with the aim of complementary and mutual information: methodology, sampling, dynamics, systematics, comparative biology, plant-insect relationships, control, practical diffusion.

Psylla pyricola (Great Britain) or P. pyri and P. pyricola (continent) concern northern Europe. P. pyri mainly concerns southern Europe (Switzerland, France, Italy, Portugal).

In spite of similar problems and identical approach, some specificity seems to stand out. The present knowledge encourages further developments of taxonomy, insect-plants relationships, ecoethology, synthesis in population dynamics and a new thought about integration of diversified control methods.

Introduction

Le groupe de travail "Protection intégrée en vergers" comporte officiellement depuis avril 1984, le sous-groupe "Psylles du poirier". Il a été créé à la suite du congrès international de Toulouse en septembre 1983. NGUYEN en est l'animateur principal. Ce groupe coordonne les recherches de base et appliquées sur les psylles du poirier dans un but de complémentarité et d'information mutuelle. Le schéma de travail (cf. tableau p. 8) englobe les orientations suivantes: méthodologie-échantillonnage, dynamique des populations, systématique, biologie comparée, relations plantes-insectes, méthodes de lutte, information-vulgarisation. Ces divers sujets sont passés en revue en considérant seulement quelques travaux parmi les plus récents avec le souci de faire ressortir les orientations à approfondir.

Le nord de l'Europe est concerné par Psylla pyricola FÖRST. en Grande-Bretagne et par les deux espèces Psylla pyri L. et Psylla pyricola sur le continent. Le sud de l'Europe, comprenant la Belgique, la Suisse, la France, l'Espagne et le Portugal, est essentiellement confronté aux attaques de P. pyri. Encore peu de données sont disponibles d'Allemagne où les dégâts sont également ceux de P. pyri. Les Pays-Bas, soumis aux infestations de populations mixtes de P. pyri et P. pyricola, sembleraient présenter une situation intermédiaire entre celles du nord et du sud de l'Europe.

## 1- Méthodologie, échantillonnage

Une harmonisation de l'échantillonnage est souhaitée. Après enquête auprès du groupe, STÄUBLI a dressé sous forme d'un tableau, la synthèse des méthodes utilisées. Le contrôle visuel implique une définition commune de la structure du végétal. STÄUBLI demande que soit définitivement fixé le nombre de feuilles à examiner pour un échantillonnage de routine du psylle. Rappelons l'étude du battage effectuée par FAUVEL et al. (8). Le rendement hivernal du frappeage serait à tester afin de définir la température optimale. L'application au recensement d'Anthocoris nemoralis F. nécessite d'évaluer la perturbation des résultats en cas d'attaque par la cécidomyie des feuilles Dasyneura pyri L. Les méthodes de piégeage sont également inventoriées.

STÄUBLI souligne la difficulté de fixer un seuil de nuisibilité (multi-factoriel). Une étude précise des dégâts et une méthode destinée à les quantifier font défaut.

Quant aux méthodes d'échantillonnage destinées à la recherche, l'exploration la plus large est nécessaire. Une orientation reste à approfondir concernant les stratégies d'échantillonnage qui doivent régir sur le terrain l'application des diverses techniques.

## 2- Dynamique des populations

La dynamique des populations est étudiée aux plans numérique, structural et spatial. Les recherches sont conduites en vergers commerciaux ou expérimentaux: travaux des diverses équipes de recherche en Suisse, France, Italie (24), Portugal (MATIAS), cf. 23.

Un grand nombre de suivis quantitatifs ont été réalisés mais restent ponctuels. La nécessité de larges synthèses est ressentie. D'importants secteurs restent à approfondir, en particulier la dynamique hivernale et printanière du psylle et des auxiliaires en relation avec le mode de conduite. Les travaux sur la dynamique des auxiliaires sont peu nombreux. La dynamique d'A. nemoralis reste encore à préciser (dénombrement des oeufs). WOETS et BEEKE (Pays-Bas) examinent également le rôle des forficules (Forficula auricularia L.).

Soulignons le caractère partiel des études de la dynamique estivale sur les seuls rameaux longs en végétation: il convient d'aborder l'évolution des populations en fonction de la dynamique structurale de l'arbre entier. La distinction de classes de vigueur fournit un aspect de l'hétérogénéité à l'échelle du verger.

Les effets du complexe des facteurs pratiques culturales - climat - environnement restent très largement à explorer. Ceux de la taille et de la fertilisation ont récemment été abordés. Celui des modalités et surtout de la régularité de l'apport d'eau (état hydrique du végétal) mériterait de l'être.

Les données climatiques restent très sommairement exploitées. Les aspects microclimatiques n'ont jamais été considérés. A grande échelle, ATGER signale des différences importantes entre les niveaux de population atteints dans le nord et ceux beaucoup plus élevés dans le sud de l'Europe (causes biologiques, climatiques?...). Quant aux Pays-Bas, les premiers résultats acquis montrent généralement une certaine prédominance des populations de P. pyri (WOETS et BEEKE).

Les effets de l'environnement sont examinés en diverses situations (STÄUBLI, ATGER, NGUYEN, RIEUX). Le rôle des baies est également étudié aux Pays-Bas (WOETS et BEEKE). Une approche expérimentale est en outre envisageable par l'aménagement de la composition végétale du verger et de ses alentours. Les interactions défavorables ne doivent pas être négligées.

Soulignons enfin les difficultés d'une étude de la dynamique qui considère l'aspect ouvert de l'agrosystème: outre les données numériques, les données écoéthologiques apparaissent de plus en plus nécessaires afin d'interpréter, prévoir ou utiliser le comportement des populations des ravageurs et des auxiliaires.

### 3- Systématique des psylles et de la faune auxiliaire

Il existe sur poiriers un complexe d'espèces du sous-genre Cacopsylla. Psylla pyri L., Psylla pyricola FÖRST. et Psylla pyrisuga FÖRST. sont habituellement mentionnés. Sur poirier sauvage se trouve P. vicina ŠULC. Des comparaisons entre P. pyricola de diverses provenances, effectuées par HODKINSON, révèlent des différences géographiques et l'existence d'une espèce distincte, P. vasiljevi ŠULC. P. bidens ŠULC signalé de France ne serait que la forme d'hiver de cette dernière (HODKINSON, *in litteris*). Aux problèmes de la distinction morphologique des espèces s'ajoute en effet celui du polymorphisme saisonnier lorsque les données biologiques sont insuffisantes. Les variations géographiques sont également à explorer.

Des études morphométriques ont été conduites à partir de Psylla pyri prélevé en verger (7). L'expression des caractères morphologiques étant susceptible de varier selon les conditions locales ou saisonnières, il peut s'avérer nécessaire, comme le préconise NGUYEN, de conduire une étude morphométrique à partir d'individus élevés en conditions standard (2e génération) afin d'avoir des données comparatives. NGUYEN élève ainsi P. pyri, P. pyricola et P. pyrisuga de diverses provenances. A la caractérisation morphologique s'ajoute la prise en compte indispensable des caractéristiques bioécologiques.

Les essais originaux d'hybridation interspécifique tentés par FAUVEL seraient à poursuivre et à compléter par des études du carotype. Des recherches au plan biochimique et moléculaire seraient envisageables.

Les Cacopsylla inféodés au genre Pirus semblent se prêter particulièrement à l'étude des aspects biogéographiques de la spéciation (nombreuses espèces en Asie) et des relations de coévolution plante-insectes.

En ce qui concerne la faune auxiliaire, les compétences systématiques à l'intérieur des groupes de l'OILB permettent la détermination des Arthropodes de la plupart des ordres et familles. PICCO A.M. étudie en outre la flore fungique. Les Araignées, certains Coléoptères (Staphylinides), Diptères (Empidides, Chamaemyiides,...) et Thysanoptères prédateurs restent parmi les plus délaissés.

Une détermination fine fournirait les bases à des comparaisons bio-cénétiques précises selon les modes de conduite ou les localités.

L'intérêt des études biosystématiques est considérablement accru dans le cadre de la théorie zoogéographique insulaire de MACARTHUR et WILSON (17) considérant la plante hôte comme une île au plan systématique ou spatial, en vue de prévoir ou quantifier les relations d'échange entre le verger et son environnement.

### 4- Biologie comparée

Ce groupe établit des relations entre les équipes travaillant sur les psylles de diverses provenances et appartenances spécifiques: études de la biologie de P. pyri de diverses origines géographiques, dont le Portugal (MATIAS, NGUYEN), du complexe pyricola, études comparatives élargies aux Cacopsylla sur Pirus (travaux de HODGSON et NGUYEN).

En complément des observations de terrain (7), les caractéristiques biologiques propres des espèces ou des souches sont à définir en conditions standard d'élevage (NGUYEN, DARGAGNON, 23). L'élément clé de la biologie



est la diapause imaginaire et son déterminisme (MUSTAFA, HODGSON; NGUYEN et al., 23). Plusieurs grands thèmes lui sont reliés: diapause et métabolisme, polymorphisme, voltinisme, dispersion. Ils ouvrent la voie aux recherches sur le polymorphisme biochimique et la génétique des populations.

Les études concernant le potentiel biotique sont particulièrement importantes chez ces espèces en relation avec leur statut de ravageurs du poirier. Elles devraient déboucher sur la mise en évidence de la stratégie de multiplication de ces insectes au cours du cycle annuel.

Le prolongement naturel des études de la biologie comparée est celui de la bioécologie et de l'écoéthologie comparée, qui viennent en complément des études de la systématique évolutive des Cacopsylla sur Pirus. En particulier, les recherches comparatives sur la modulation du potentiel biotique par les facteurs du milieu et la régulation du voltinisme sont d'une portée très vaste qui dépasse largement celle du groupe systématique qui permet de les aborder.

#### 5- Relations plantes-insectes

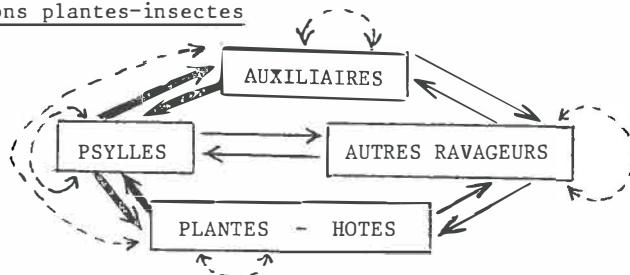


Schéma des interactions dans le système plantes-insectes ( ———→ )  
 Interactions majeures en vergers de poiriers : ( ———→ )  
 interactions présumées : ( - - - - -→ )

#### Relations plante hôte - psylle

Les facteurs jouant sur la vigueur de l'arbre (taille et fertilisation) sont principalement étudiés (travaux de FUOG, 10, 23). Il conviendrait d'ajouter variété (ATGER, LEMOINE, 23) porte-greffe, état hydrique... Le principal problème demeure l'évaluation de la vigueur.

Le poirier a une influence sur le psylle (potentiel biotique, éthologie) par ses caractéristiques physiques et chimiques, sa structure et sa phénologie. Cette influence doit être étudiée aux différentes échelles spatio-temporelles.

L'action des psylles sur la plante hôte semble bien négligée: elle ne figure souvent que sous forme d'une liste rapide d'effets directs (action mécanique, spoliatrice, toxique, infectieuse) et indirects (dégâts dus au miellat et à la fumagine) dont chacun mériterait une étude approfondie. Par exemple, parmi les effets directs: la prédigestion salivaire entraînerait-elle une augmentation des sucres dans la zone piquée, elle-même responsable d'une agrégation larvaire renforçant l'effet? Quelles sont les réactions nécrotiques et cicatricielles du végétal (histologie et anatomie végétales) et leur évolution? Parmi les effets indirects, ajoutons: la sénescence précoce du feuillage, le défaut d'aoûtement, la sensibilité au gel des rameaux et bourgeons attaqués (12), et les défoliations totales en été suivies d'une floraison à contre-saison et de la mort des arbres.

L'ensemble des atteintes est à définir avec précision au plan qualitatif avant de tenter de les quantifier par des méthodes appropriées.

## Relations psylles - faune auxiliaire

Les études concernent surtout les prédateurs. MATIAS au Portugal signale l'importance particulière des chrysopes. Les Hétéroptères sont très étudiés (FAUVEL, SEVERIN et al., HERARD et CHEN, 23, etc. Une approche plus détaillée de la dynamique d'A. nemoralis permettrait de quantifier les relations fonctionnelles du prédateur et de sa proie étudiée de façon concomitante (STÄUBLI). La prédation de fond exercée par un peuplement diversifié serait à considérer plus attentivement. Les techniques sérologiques mises en oeuvre aux Pays-Bas (BLOMMERS et al.) permettent d'acquérir des précisions sur les espèces prédatrices en plein champ.

Les études du cortège parasitaire des psylles, susceptibles d'applications, sont surtout qualitatives.

## Relations psylles - autres ravageurs

Soulignons l'importance de l'interaction psylle - cécidomyie des feuilles, à laquelle on peut ajouter les relations avec les auxiliaires. Le sujet peut en effet être élargi à l'étude du complexe des prédateurs et parasites sur les populations de plusieurs phytophages (9) de façon à aborder les relations fonctionnelles dans les biocénoses (BOUYJOU).

De nombreux résultats ponctuels ont été accumulés par l'ensemble des équipes sous diverses conditions de situations. Des synthèses sur les relations quantitatives psylles-auxiliaires apparaissent nécessaires. Elles répondraient à des préoccupations appliquées en matière de lutte et d'avertissement.

Au plan de l'écologie théorique, l'ensemble de ces interactions biotiques est le résultat d'une coévolution dans le cadre de la biocénose d'origine, plante hôte comprise. Dans l'écosystème artificialisé du verger doivent être pris en compte : l'action du climat, de l'environnement et de l'ensemble des pratiques agronomiques qui modifient le contexte de ces interactions.

## 6- Méthodes de lutte

La stratégie de lutte intégrée (ATGER, 3, 23) associant la lutte chimique précoce, la sauvegarde des auxiliaires et l'aménagement des façons culturales limite efficacement les populations de Psylla pyri (Suisse, France). D'excellents résultats sont signalés de Belgique (FASSOTTE) et des Pays-Bas (BLOMMERS), ainsi que du Portugal (MATIAS).

L'application de cette méthode, qui reste soumise aux avertissements agricoles (FAUDRIN, 23), a subi sur le terrain, depuis sa parution, une certaine évolution et une diversification sous l'influence d'observations expérimentales ou même empiriques.

La nécessité de lutter contre les autres ravageurs tout en préservant la faune utile (AUDEMARD, 23) a conduit à approfondir les effets des pesticides sur les auxiliaires (SECHSER, STÄUBLI et al., GENDRIER, REBOULET, BLANC et al., 22, 18,...) (cf. travaux du groupe d'étude correspondant).

La lutte intégrée est obligatoirement évolutive, puisqu'elle modifie les pressions contre les ravageurs. Elle a dû faire face à la montée de plusieurs d'entre eux : travaux de SCHMID, CHARMILLOT, AUDEMARD, GENDRIER, et al. sur les tordeuses. Le problème de la zeuzère (Zeuzera pyrina L.) est sur le point d'être résolu par la mise au point de la synthèse de la phéromone sexuelle. Le phylloxéra (Aphanostigma piri CHOL.) est localement signalé et étudié (MOUSSION, MATIAS). Soulignons le caractère récemment préoccupant pris par la cécidomyie des feuilles (FORT, 23; ANTONIN, 1).

L'expérimentation de nouvelles substances pesticides (travaux anglais, suisses et français (ACTA)) et de préparations biotechniques (4) sont susceptibles d'élargir les possibilités d'intervention. Le phénoxy-carbe surtout

s'avère très utile pour l'intégration de la lutte contre les tordeuses en présence de psylles (STÄUBLI).

Des résistances du psylle à l'amitraze ou un défaut d'efficacité du produit (comme préfère dire prudemment STÄUBLI) semblent de plus en plus répandus. Des tests en laboratoire (RAGAB, NGUYEN, 23) pourraient être étendus à l'étude de ce problème délicat.

La lutte contre le psylle doit également faire face à diverses conditions locales ou momentanées d'arrivée tardive ou de défaut des auxiliaires, comme celles peut-être attribuables aux conditions défavorables de deux années consécutives (printemps 84 et janvier 85) dans le sud de l'Europe: il apparaît alors regrettable de disposer de si peu de moyens de rattrapage en période végétative.

Une voie originale, orientée vers la lutte biologique est développée en Italie (MORI et SANCASSANI) sur des surfaces qui atteignaient environ 60 ha en 1984 et ont encore été étendues depuis. La protection est réalisée principalement par des lâchers d'Anthocoris nemoralis adultes. La méthode est associée à une réduction considérable des traitements chimiques et à l'utilisation privilégiée d'antagonistes naturels contre les autres ravageurs.

L'intégration de lâchers d'Anthocoris dans le cadre de la lutte contre le psylle fournirait une solution des plus intéressantes et certainement des plus attendues. Une méthode d'élevage a été mise au point en France par FAUVEL et al. (23) et en Suisse récemment par STAUBLI. Une diversification des méthodes de lâchers est à explorer (27). Des recherches concernent la sélection de prédateurs résistants (PRALAVORIO et FOURNIER), (25).

En fonction de toutes ces données nouvelles, mais aussi des acquisitions biologiques les plus récentes sur la stratégie de multiplication du psylle, il conviendrait de conduire une réflexion d'ensemble sur la lutte intégrée en vergers de poiriers afin d'harmoniser au mieux l'évolution des différents modes d'intervention.

#### 7- Information, démonstration, vulgarisation

Les activités de ce secteur, en relation avec le développement, se traduisent par diverses réalisations régionales, des programmes en cours et des travaux de vulgarisation. La diffusion de l'information est primordiale, quelles que soient les structures, qui diffèrent d'ailleurs selon les pays. Il existe enfin une nécessité de circulation de l'information propre au groupe d'étude OILB, assurée par ses réunions et congrès, dont le rôle incitateur est très important (23), et par des rencontres extérieures ( par ex.: 18).

Les principales orientations de développement concernent l'aménagement de la lutte, le problème du dépérissement du poirier et les relations verger-environnement.

L'aménagement de la lutte est poursuivi dans une optique de protection intégrée (travaux de BLOMMERS, WOETS, BEEKE aux Pays-Bas, de FASSOTTE en Belgique, des équipes suisses de STÄUBLI et al., SCHMID et al., SECHSER et al., des équipes françaises INRA, ACTA, CTIFL, PV, GRISP, et nombreux groupements, travaux italiens sur la "lotta guidata", la "lotta complementare" et travaux de MORI et al. sur la lutte biologique et intégrée -SANCASSANI, 18-, travaux de MATIAS au Portugal et de SAMPAYO et al. en Espagne, 21).

Des compléments de lutte chimique et biotechnique sont mis à l'essai en visant une action spécifique (5, 4). La sélectivité est étudiée et testée en verger (SCHMID, STÄUBLI et al., 30, 18; SECHSER, 28; REBOULET et al., 26). L'expérimentation est poursuivie sur les programmes de traitement (notamment travaux de la PV: GEOFFRION, BRENNIAUX, FAUDRIN, MONET). Des enquêtes sont conduites auprès des exploitations sur l'état phytosanitaire des vergers, l'efficacité de la lutte (STÄUBLI, BASSINO, ATGER, JULIEN, 23; GEOFFRION, 14) et le rôle des auxiliaires (ACTA, PV, GRCETA, ...; SEVERIN et al., 29; BLANC, 23; ...)

Des tentatives de lutte biologique par lâchers d'Anthocoris nemoralis sont réalisées à diverses échelles: travaux italiens (MORI et al. sur de grandes superficies, suisses (STÄUBLI et al.) et français (PRALAVORIO, FOURNIER, FAUVEL, RIEUX et al.) à dimension expérimentale restreinte. Les structures de développement en ce domaine font gravement défaut.

Le dépérissement du poirier (16) est l'objet de recherches, d'enquêtes et d'expérimentations (ATGER, LEMOINE, NGUYEN, GIANNOTTI, MORVAN, PIQUEMAL; travaux animés par B. GANNE à la SICA poires de Senas dans le S-E de la France sur le rôle des facteurs agronomiques; travaux italiens sur la "moria del pero", 15).

Il convient de souligner l'importance du rôle des structures de développement (et des moyens associés) qui permettent l'expérimentation, la démonstration et la diffusion des méthodes. Beaucoup de réalisations sont localement effectuées également grâce aux relations directes avec les arboriculteurs qui apportent leur contribution personnelle au développement (MANGUIN, 23).

Le passage à la pratique des résultats acquis, mais aussi l'orientation de la recherche, nécessitent un important contact avec le terrain. Toutes les instances concernées soulignent l'ampleur des besoins dans ce domaine.

### Conclusion

Malgré la similitude des problèmes posés par les psylles du poirier dans le nord et le sud de l'Europe et l'identité des méthodes d'approche, une certaine spécificité semble se dégager, notamment au plan de la répartition géographique des atteintes dues aux espèces concernées, de leurs particularités biologiques et surtout éthologiques, de la dynamique de leurs populations et des incidences bioclimatiques.

Le groupe est récent. Il offre de multiples possibilités encore inutilisées: il fournit un cadre au développement de collaborations susceptibles d'accroître l'efficacité des équipes et la portée des sujets envisageables. La nature écologique des thèmes abordés devra conduire inéluctablement à une pluri disciplinarité de plus en plus souhaitée (relations à développer principalement avec les sciences traitant du végétal, mais aussi du sol, du climat, etc...).

La diversité des résultats accumulés nécessite une réflexion de synthèse étayée par des compétences en écologie théorique et susceptible à son tour d'apporter sa contribution à ce secteur fondamental.

L'acquis actuel suscite des développements ultérieurs: de larges horizons sont ouverts en biosystématique, d'importants besoins apparaissent en bioécologie, surtout écologie des populations. L'effort doit également porter sur les études spatiotemporelles (dynamique des populations, biocénoses). Ces connaissances conditionnent notre savoir-faire en matière de gestion des agrocénoses.

SCHEMA DE TRAVAIL SUR LES PSYLLES DU POIRIER EN EUROPE  
(d'après NGUYEN T. X., mars 1984) \*

A.- RECHERCHES

- P : Recherches à caractère appliqué
- F : Recherches à caractère fondamental
- M : Recherches à caractère mixte (appliqué et fondamental)

1.--Recherches appliquées

P1 - Méthodologie, seuil économique, échantillonnage  
STÄUBLI, FAUDRIN, RIEUX

P2 - Dynamique des populations, lutte biologique, environnement  
RIEUX, BOUYJOU, NGUYEN, CANARD, ATGER, MATIAS,  
STÄUBLI, HODGSON, WINFIELD, MORI, DI GIOVANNI

2.- Recherches fondamentales

F1 - Systématique Psylles et Faune auxiliaire  
NGUYEN, HODKINSON, LAUTERER (Psylles)  
FAUVEL, GAMBARO, TERZA (Acariens prédateurs)  
BOUYJOU (Hétéroptères), CANARD (Chrysopes)  
DELVARE, PANIS (Parasites), DI GIOVANNI (Champignons parasites)  
ATGER (Microorganismes, Champignons, etc...)

F2 - Biologie comparée  
NGUYEN, RIEUX, HODGSON, MATIAS

3.- Recherches mixtes

M1 - Relations Plantes hôtes - Psylles - Faune auxiliaire  
ATGER, LEMOINE, NGUYEN, HODGSON, RIEUX, MORI

M2 - Essais pesticides  
REBOULET, BRENIAX, NGUYEN, ANTONIN, STÄUBLI,  
GIUNCHI, MORI, CRANHAM, HASSAN, STEINER

B.- INFORMATION, DEMONSTRATION, VULGARISATION

GENDRIER (ACTA), GEOFFRION, TOUZEAU (PV),  
BASSINO, STEINER (OILB)

\* Nous remercions les coordinateurs (noms soulignés) et l'ensemble des membres du groupe pour leur collaboration au présent résumé d'activité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 ANTONIN P., 1984- Rev suisse Vitic. Arboric. Hortic. 16 (2): 101-102
- 2 ATGER et al., 1981- 1er Coll. Rech. fruit. INRA-CTIFL, Bordeaux: 277-286
- 3 ATGER P., 1982- CTIFL, Paris: 68 p.
- 4 AUDEMARD H., BURGERJON A., 1983- Res. Rapport CCE. CEE Bruxelles, Nov. 83: 12p
- 5 CHARMILLOT P.J., BLASER C., 1985- Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17 (2): 85-96.
- 6 DERONZIER S., 1984- Agron. 4 (6): 549-556
- 7 FAIVRE D'ARCIER F., 1985- DES UPS Toulouse: 146 p.
- 8 FAUVEL G. et al., 1981- Agron. 1 (2): 105-113
- 9 FAUVEL G. et al., 1981- Agron. 1 (9): 813-820
- 10 FUOG D., 1983- Thèse Doct. Sci. nat. eidg. tech. Hochsch., Zurich: 125 p.
- 11 GANNE B. et al., 1985- Arboric. fruit. 370: 37-42
- 12 GAUTIER M., 1985- Rev. Hortic. 258: 15-28
- 13 GENDRIER J.-P., 1985- Arboric. fruit, 373: 32-35
- 14 GEOFFRION R., 1985- Phytoma 366: 32-33
- 15 GIUNCHEDI L., POLLINI C. P., 1984- Inf. fitopatol. 34 (2): 24-28
- 16 LEMOINE J., 1983- Arboric. fruit. 351: 51-53
- 17 MACARTHUR R.H., WILSON E.O., 1963- Evol. 17 (4): 373-387
- 18 MORI P., 1985- Atti Convegno Verona 1985: 157 p.
- 19 MUSTAFA T.M., HODGSON C.J., 1984- Physiol. Entomol. 9 (2): 207-213
- 20 NGUYEN T.X., DELVARE G., 1981/2- Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse 117 (1-4): 146 153
- 21 OILB, 1980- Bull. SROP 3 (7): 59 p.
- 22 OILB, 1984- Bull. SROP 7 (3): 67 p.
- 23 OILB, 1984- Bull. SROP 7 (5): 388 p.
- 24 PEZZI A., 1982- Inform. fitopatol. 32 (3): 51-53
- 25 PRALAVORIO M. et al., 1984- Phytotrop. 65 (1): 1-7
- 26 REBOULET J.-N. et al., 1984- Arboric. fruit. 363: 43-45
- 27 RIEUX R. et al., 1985- In: MORI P., Convegno Verona, à paraître
- 28 SECHSER B., 1982- Bull. SROP 5 (2): 23-24
- 29 SEVERIN F. et al., 1984- Phytoma 354: 33-35
- 30 STÄUBLI A. et al., 1984- Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic. 16 (5): 279-288
- 31 VIOLIER B., FAUVEL G., 1984- Agron. 4 (1): 11-18

PEAR PSYLLA MANAGEMENT IN ENGLAND

C.A.M. CAMPBELL  
 East Malling Research Station,  
 Kent, England

Summary

IPM offers an effective alternative to the prophylactic use of pesticides for control of Psylla pyricola on pears in England. At present, amitraz is the most reliable selective pesticide for controlling larvae in summer. Additional pesticides are sought that similarly allow survival of important natural enemies. Paclbutrazol, a plant growth retardant now used on pears, regulates P. pyricola indirectly, probably by means of physiological changes in the tree, and should provide adequate control in most years. The increasing likelihood that P. pyricola is the principal vector of a mycoplasma-like organism similar to that causing pear decline, is potentially disruptive for IPM on pears.

Résumé

La protection intégrée offre une alternative efficace à la lutte chimique éradicante, dans le contrôle de Psylla pyricola dans le vergers de poiriers en Angleterre. A présent, amitraz est le meilleur pesticide sélectif pour lutte contre les larves en été. On cherche d'autre pesticides semblables qui permettraient la survie des ennemis naturels importants. Paclbutrazol, un régulateur de croissance utilisé sur les poires, qui contrôle P. pyricola probablement par la changement de la physiologie des arbres, devrait fournir un contrôle suffisant dans la plupart des années. La probabilité croissante que P. pyricola est le vecteur principal pour un organisme de type mycoplasma pourrait avoir des conséquences disruptives pour la lutte intégrée chez les poires.

Psylla pyricola was rarely regarded as an important pest of pears in England until the late 1970's, when difficulties were first encountered by growers in achieving satisfactory levels of control (Dicker and Sheet 1977). Resistance to some OP pesticides was demonstrated in 1977 (Solomon et al 1978), and from that time research has concentrated on establishing an effective IPM programme (Reps E. Malling Res. Stn for 1976 - 1984; Winfield et al 1984).

P. pyricola usually has three generations per year in England. Anthocorids, particularly Anthocoris nemoralis, are its most important natural enemies, but become numerous only from June onwards. Progress towards IPM has concentrated on two tactics to improve the predators' contribution to control. For the first, broad spectrum insecticides may be used; the second tactic depends on selective insecticides applied when predators are active, and aims to prevent imminent damage by psyllid larvae, while improving the predator/prey ratio, so that predator activity is enhanced.

Broad spectrum insecticides, such as synthetic pyrethroids, may safely be sprayed pre-blossom, well before predators colonise the orchards.

Properly timed, such sprays can virtually eliminate the first generation of psyllids. For example in an experiment during 1982, only seven individuals of *P. pyricola* were counted from weekly samples of 100 spurs between March and June, although numbers recovered later as adults re-invaded from surrounding unsprayed pears (fig 1). In that year, spraying eventually proved unnecessary as larvae never reached the arbitrary damage threshold of 75% leaves infested on untreated trees.

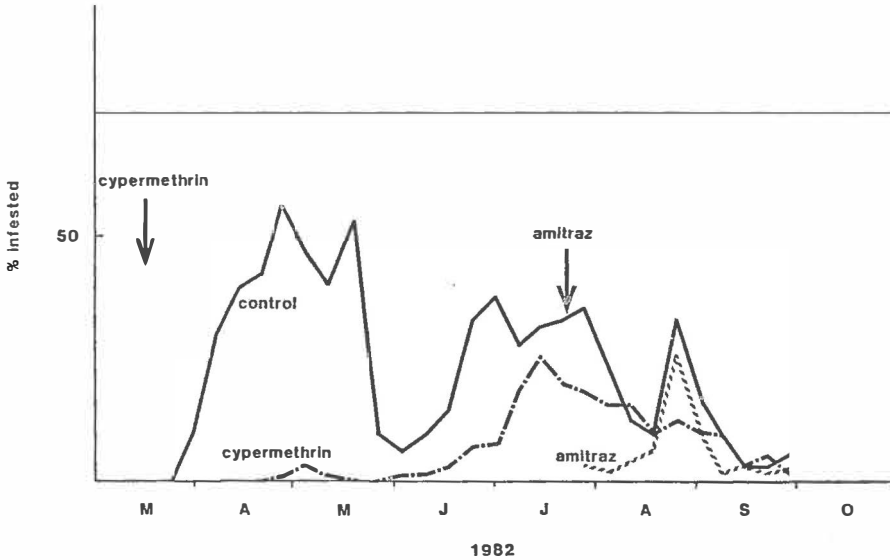


Fig. 1 % Fruit spurs (gen 1) or leaves (gens 2 and 3) with *P. pyricola* larvae.

The second approach is to defer a decision on spraying until summer, when the local need for a spray may be assessed more confidently by monitoring of psyllid and predator abundance. However, any spray applied in summer has to be selective to minimise poisoning of predators, which is of course counter-productive. In England, of currently available pesticides, amitraz has proved the most useful for summer sprays, as it is only weakly toxic to anthocorids. It rapidly reduces larval densities of psyllids, so curtailing imminent damage, although population resurgence often occurs in the following generation (fig 1). However, in perhaps the majority of years, any spray against *P. pyricola* may prove unnecessary. For example, in four years of intensive investigations (Reps E. Malling Res. Stn for 1979 - 1983), a threshold density of 75% of leaves infested was exceeded on untreated controls during 1979 and 1980. Nevertheless, no damage was caused to the fruit in any of the four years, because anthocorids eventually achieved control, and rain during August washed honeydew from the foliage. Similar experiences were reported by Winfield *et al* (1984).

At East Malling, research attention has now focussed on increasing the arsenal of pesticides compatible with the IPM approach. We aim for combined efficacy of pesticides against *Psylla pyricola* and pear rust mite (*Epitrimerus piri*), which is also troublesome. CGA 29170 is an ovicide for psyllids and a useful acaricide. Used pre-blossom as an alternative to



a synthetic pyrethroid, it gave effective control of both pests (Easterbrook and Campbell, 1986). Of greater urgency is the provision of suitable alternatives to amitraz for use in summer. Undoubtedly the most promising new insecticide to augment amitraz is avermectin B1. In IPM studies on hops it was only slightly toxic to anthocorids (Cranham et al 1982), and previous work on pears showed that avermectin B1 was effective against pear psyllids, including P. pyricola (Green, Brown and Dybas 1984). However, in field experiments in 1983 and 1984, although rust mites were controlled, there was little effect on psyllids (Campbell and Easterbrook 1985). Results of a further experiment in 1985 were more promising. Two weeks after spraying avermectin B1 at 9 ppm plus 0.25% Sun oil, 16 psyllid larvae were found per 50 leaves, compared with 49 on the untreated, and 27 where avermectin B1 plus 0.25% Actipron oil was used. In the 1983 and 1984 experiments Actipron had been used as the adjuvant oil.

In recent years fruit growers in England have become interested in using tree growth retardants for control of vegetative growth and cropping. Paclobutrazol is now commercially available for use on pome fruits in England, and has been shown to have suppressant side-effects on mites in the USA (Raese and Burts 1983). Similar investigations on pest response are being made at East Malling (Easterbrook and Campbell unpublished). After two years of study, the results are encouraging. In a large scale replicated field experiment, paclobutrazol applied six times after petal fall reduced P. pyricola densities to about half that on untreated trees in both years. Considering the relatively infrequent need for chemical control of pear psylla in England, it is possible that on orchards where paclobutrazol is used, specific applications of pesticides for psyllid control may be avoided.

Having established that IPM is a viable alternative to the prophylactic application of pesticides against P. pyricola, a potentially disruptive problem has appeared. Parry's syndrome is a widespread disorder of pears with symptoms similar to those of pear decline. David Davies, a plant pathologist at East Malling, recently found that, like pear decline disease, Parry's syndrome is associated with mycoplasma like organisms (MLOs) in the phloem and the MLO's can be transmitted by P. pyricola. It is as yet too early to conclude that Parry's syndrome and pear decline are synonymous, although that is distinctly possible.

Research is underway to establish the economic importance of Parry's syndrome, together with the efficiency of P. pyricola as a vector of the MLO. With that information it should be possible to assess whether current thresholds for P. pyricola are adequate to limit disease spread. If not, it may be necessary to reduce psyllid density thresholds, particularly in late summer when MLOs in the phloem are most prevalent. Such lower thresholds could probably still be achieved through IPM, perhaps by using a second spray of amitraz in summer. That would, however, add further selection pressure for the development of resistance to that chemical. The use of paclobutrazol or an improved formulation of avermectin B1 could help to prevent such a development.

#### REFERENCES

- CAMPBELL, C.A.M. and EASTERBROOK, M.A. (1985). Insecticides/acaricides for control of pear sucker and rust mite. Tests of Agrochemicals and Cultivars No. 6 (Annals of Applied Biology **106**, Supplement), 18-19
- CRANHAM, J.E., CAMPBELL, C.A.M., SOUTER, E.F., TARDIVEL, G.M., FIRTH, S.I. and MURRAY, R.A. (1983). Damson-hop aphid, Phorodon humuli (SCHR.). Rep. E. Malling Res. Stn for 1982, 107-109
- EASTERBROOK, M.A. and CAMPBELL, C.A.M. (1986). Tests of early season ovicides against mites and insects on apple and pear. Tests of

- Agrochemicals and Cultivars No. 7 (Annals of Applied Biology 107, Supplement), in press
- DICKER, G.H.L. and SHEET, A. (1977). Pear sucker, Psylla simulans FORS. Rep. E. Malling Res. Stn for 1976, 154-155
- RAESE T.J. and BURTS, E.C. (1983). Increased yield and suppression of shoot growth and mite populations on 'd'Anjou pear trees with nitrogen and paclobutrazol. HortScience 18, 212-214
- SOLOMON, M.G., CRANHAM, J.E. and EASTERBROOK, M.A. (1978). Pear sucker, Psylla pyricola FORS. Rep. E. Malling Res. Stn for 1977, 113-115
- WINFIELD, A.L., HANCOCK, M., JACKSON, A.W. and HAMMON, R.P. (1984). Pear sucker (Psylla pyricola) in south-east England. Bulletin SR0P 7, 45-54

UTILISATION PRATIQUE DU FENOXYCARB, UN REGULATEUR DE CROISSANCE DES  
INSECTES, DANS LA LUTTE CONTRE LE PSYLLE DU POIRIER

A. STAUBLI

Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon

Summary

Fenoxycarb, an insect growth regulator (IGR), analogue of the juvenile hormone, was tested in pear orchards of the French speaking part of Switzerland from 1981 to 1984. The effectiveness of the IGR against Psylla pyri L. was only sufficient in well-isolated orchards, with low or moderately high populations of the pest. Fenoxycarb was a good complement of the winter treatment when applied after the flowering season against the old larvae of the first generation. At this time, it was particularly interesting for the control of both Adoxophyes orana F.v.R. and P. pyri and thus it was possible to avoid the use of broad spectrum insecticides in the summer. During a five years trial in the same pear orchard, fenoxycarb did not appear to be harmful for beneficials, particularly for Anthocoris nemoralis F.

1. Introduction

Le psylle commun du poirier (Psylla pyri L.), préoccupe depuis de nombreuses années les arboriculteurs et les responsables de la protection des végétaux en Suisse romande, notamment dans le Valais central. L'apparition progressive de phénomènes de résistance du psylle à l'égard des insecticides conventionnels, la destruction systématique de ses ennemis naturels, ont rendu la protection phytosanitaire des poiriers de plus en plus difficile et ont incité les chercheurs à se tourner vers des moyens de lutte plus sélectifs (BAGGIOLINI et al., 1979).

Les régulateurs de croissance des insectes (RCI), analogues de l'hormone juvénile, ont particulièrement retenu leur attention dès 1975, entre autres le CGA 34301 (SCHEURER et al., 1975) et l'epofenonane (FRISCHNECHT et al., 1978). Ces deux RCI, qui avaient montré une excellente efficacité contre les psylles, ont été abandonnés pour diverses raisons et notre intérêt s'est porté, dès 1980, sur un nouveau RCI, le fenoxycarb. Dès cette époque, la nouvelle stratégie de lutte envisagée contre les psylles du poirier reposait sur une intervention efficace contre les adultes hivernants (DNOC ou pyréthrinolide), destinée à éviter si possible l'utilisation répétée d'insecticides polyvalents durant le reste de la saison. De nouveaux produits sélectifs pouvaient compléter avantageusement l'effet du traitement d'hiver, tout en agissant contre d'autres ravageurs tels que le carpocapse, les noctuelles, les cheimatobies (diflubenzuron) ou l'acarien rouge (amitraz) (BOLAY et al., 1981). Malheureusement la présence simultanée, en juin, de fortes populations de P. pyri et d'Adoxophyes orana F.v.R. (capua)

devait nécessiter des interventions avec des produits de la famille des pyréthrinoides, dont l'effet néfaste sur la faune auxiliaire a été démontrée par la suite (STAUBLI et al., 1984).

Ce qui rendait les RCI particulièrement intéressants, outre leur bonne action contre les psylles sans impact notable sur les auxiliaires (FRISCHKNECHT et al., 1978), c'était justement la perspective de pouvoir aussi lutter efficacement contre les larves hivernantes de capua. Cela a été démontré pour l'epofenonane (SCHMID et al., 1978) puis pour le fenoxycarb (CHARMILLOT et BLASER, 1985).

Depuis 1981, nous avons eu l'occasion d'effectuer de nombreux essais de lutte au moyen du fenoxycarb contre les psylles du poirier en Valais et dans le Bassin lémanique. Nous proposons de résumer ici les principaux résultats obtenus et les difficultés rencontrées.

## 2. Mode expérimental

Tous les essais mentionnés ici ont été réalisés dans les conditions de la pratique, sur des parcelles de poiriers privées, d'une surface variant entre 3000 et 7500 m<sup>2</sup>. Il n'a pratiquement jamais été possible de conserver des témoins non traités jusqu'à la récolte, les dégâts occasionnés par les psylles étant trop importants.

### 2.1. Traitements

Les traitements ont en général été réalisés par l'arboriculteur lui-même à l'aide d'un appareil "turbodiffuseur" à raison de 1600-2000 l/ha de bouillie pour les applications d'hiver et 400-800 l/ha pour les autres traitements. Les dates d'application ont été conformes aux indications des services phytosanitaires.

### 2.2. Produits

Le RCI testé, l'Insegar<sup>(R)</sup> de la Maison Dr R. Maag S.A., contient 25% de fenoxycarb (RO 13-5223) sous forme de poudre mouillable (WP). Il a été appliqué à la dose de 2 kg/ha (soit 500 g m.a./ha) dans les essais de Prangins 1981, Ardon 1983 (2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> traitement RCI), Ardon 1984 et Fully 1981-1983, à la dose de 1,2 kg/ha (300 g m.a./ha) au traitement post-floral d'Ardon 1983 et enfin à la dose de 0,6 kg/ha (150 g m.a./ha) dans les essais de Begnins 1984 et Fully 1984. Ce dernier dosage est celui homologué pour la lutte contre capua. Les autres produits utilisés contre les psylles ont été l'Acarac (20% amitraze, conc. 0,2%), l'Extar A fluid (46% DNOC, conc. 0,75%), le Ripcord (10% cyperméthrine, conc. 0,075%) et l'Ambush (25% perméthrine, conc. 0,03%). Toutes ces concentrations sont calculées sur la base de 2000 l/ha de bouillie.

### 2.3. Méthodes de contrôle

Les populations larvaires de P. pyri, tous stades confondus, ont été recensées par contrôle visuel, à l'aide d'une loupe frontale (grossissement 3 x), sur l'extrémité (6 dernières feuilles) des pousses en croissance, à raison de 33 ou 50 pousses par parcelle et par contrôle. Le nombre des larves a été estimé par un système de classes (classe I de 1-5, II de 6 - 20, III de 21 à 50, IV de 51-100, V plus de 100 larves par pousse).

Le contrôle des adultes de P. pyri, à la fin de l'hiver s'est fait par frappage au moyen d'entonnoirs de type "Steiner", à raison de 33, 50 ou 100 branches frappées par contrôle.

La même méthode a été utilisée pour recenser les populations d'adultes et de larves de A. nemoralis.

### 3. Résultats et discussion

Les populations larvaires de *P. pyri* sont exprimées en nombre de larves par pousse. On estime généralement qu'avec 10 larves par pousse, le seuil de tolérance est atteint. Pour les adultes de *P. pyri*, les résultats seront exprimés en nombre d'individus par frappage (100 branches frappées). De même pour *A. nemoralis*, on donnera le nombre cumulé d'adultes et de larves pour 100 branches frappées.

#### 3.1. Essai d'efficacité en 1981

Dans un verger homogène de Prangins (Vaud), avec une faible population initiale de psylles (76 adultes/frappage le 10.3), 2 traitements RCI ont été appliqués après la fleur (22.4 et 6.5) sur la moitié des lignes (A), alors que l'autre moitié (B) demeurait sans traitement contre les psylles à cette époque. Les résultats (fig. 1) montrent que le fenoxycarb a eu une bonne efficacité contre *P. pyri* puisque dans la parcelle B le seuil de 10 larves/pousse a été dépassé, ce qui a nécessité une intervention avec amitraz le 3.8. A la récolte, on compte 5,8% des fruits avec dégâts de fumagine dans la parcelle B et seulement 0,6% dans A.

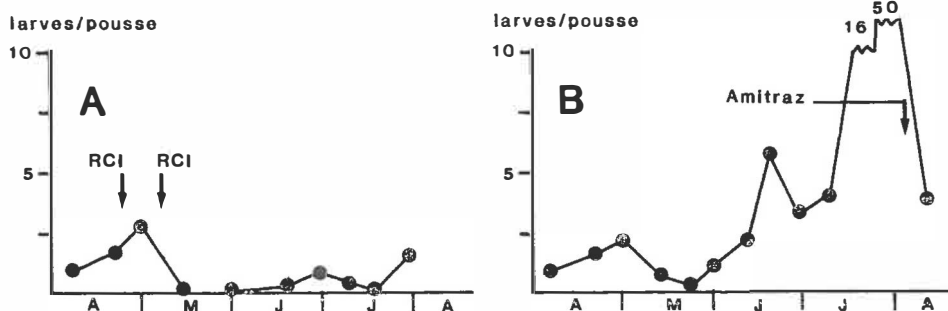


Fig. 1. Essai fenoxycarb 1981 à Prangins (Vaud): évolution des populations de *P. pyri* dans une parcelle (A) traitée deux fois avec RCI (2 kg/ha) après fleur et dans le témoin (B).

#### 3.2. RCI avec ou sans traitement d'hiver en 1984

Un verger de Begnins (Vaud) est partagé en deux parties dont l'une (A) reçoit un traitement d'hiver avec du DNOC (9.3) et l'autre (B) aucun. Par la suite tout le verger est traité deux fois après fleur (10.5 et 25.5) avec le RCI à la dose recommandée contre capua (600 g/ha). L'évolution des populations larvaires de *P. pyri* (fig. 2) montre que le RCI sans traitement d'hiver n'a pas pu empêcher un léger dépassement du seuil de 10 larves/pousse. A la récolte, 7,9% des poires de la parcelle B portent des marques de fumagine (dont 1,6% sont déclassées), alors que dans la parcelle A, 2% des poires seulement ont de légères traces.

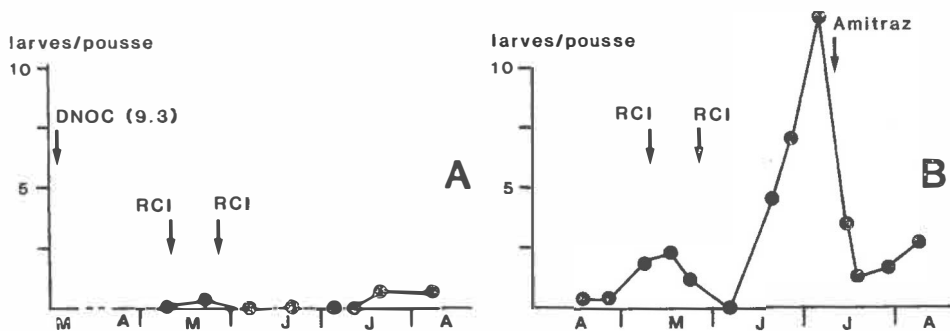


Fig. 2. Essai fenoxycarb 1984 à Begnins (Vaud): évolution des populations de *P. pyri* dans des parcelles traitées deux fois après fleur avec RCI (600 g/ha), avec (A) ou sans (B) traitement d'hiver au DNOC.

### 3.3. Essai sur le nombre et les périodes d'applications des RCI en Valais

La lutte contre les psylles du poirier a toujours été plus difficile en Valais que dans le Bassin lémanique. Cela est probablement dû à un climat plus favorable, à la surface plus importante de poiriers et au manque d'isolation des parcelles, souvent très petites.

L'essai réalisé à Ardon (fig. 3) montre dans la parcelle A (1983) qu'après un traitement d'hiver (cyperméthrine) sur de fortes populations hivernantes (582 adultes par frappe), 4 applications de RCI échelonnées de début mai à début juillet n'ont que difficilement contenu les populations de *P. pyri*, avec un dépassement du seuil de tolérance à fin juin. A la récolte, 2,5% des poires sont déclassées et 28% portent des traces légères de fumagine. Dans la parcelle B, en 1984, l'application classique de 2 RCI après fleur (8.5 et 22.5 après traitement d'hiver avec DNOC (7.3) n'a pas suffi pour empêcher une explosion de population de *P. pyri* dès la fin juin, ce qui a nécessité une intervention énergique le 5 juillet avec amitraz + perméthrine. Grâce à un arrosage important durant cette période de production intense de miellat, des gros dégâts de fumagine ont pu être évités sur poires.

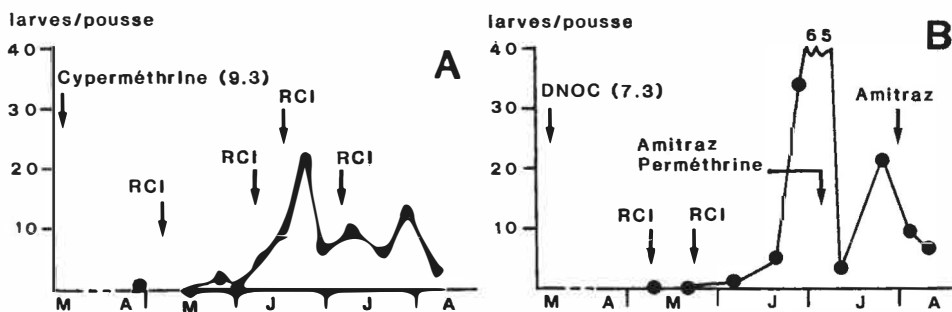


Fig. 3. Essai fenoxycarb après traitement d'hiver à Ardon (Valais): évolution des populations de *P. pyri* avec 4 applications RCI (1,2 kg/ha pour le traitement postfloral, 2 kg/ha pour les 3 autres) en 1983 (A), ou 2 interventions postflorales RCI (2 kg/ha) en 1984 (B).

### 3.4. RCI et anthocorides

Les essais réalisés en Valais avec le fenoxycarb n'ont pas laissé apparaître une diminution notable des populations d'anthocorides, toujours nombreux dès fin juin-début juillet. Un petit verger de poiriers à Fully, traité durant 5 ans avec des RCI (épofénonane en 1980 puis fenoxycarb), à raison de deux applications postflorales par an, nous a permis de vérifier l'impact de ces nouvelles matières actives sur les anthocorides (essentiellement A. nemoralis). Dans le tableau 1 sont consignés les traitements effectués et les produits utilisés. Aucun insecticide polyvalent n'a été nécessaire en été durant les 5 années d'essai, de même qu'aucun acaricide.

Les résultats du tableau 2 montrent une présence régulière de larves et d'adultes d'anthocorides dès le mois de mai, sauf en 1984, année où ces prédateurs se sont manifestés très tard dans tout le Valais central. Le vamidothion, utilisé en 1983 et 1984 pour lutter contre la cécidomyie des feuilles (Dasineura pyri Bouché) et les pucerons, peut avoir freiné leur installation, du fait de sa toxicité envers la punaise (STAUBLI et al., 1984). Cependant dès le mois de juillet, des populations importantes de A. nemoralis ont chaque année anéanti P. pyri.

Tableau 1: Essais RCI à Fully (Valais) de 1980 à 1984; populations d'adultes de P. pyri à la fin de l'hiver (frappage); produits utilisés avec dosages et dates d'application.

Année	N. adultes hivernants	Traitements insecticides	Dose/ha	Dates d'application
1980	225	epofenonane (EC 500 g/l)	3 l	3.5 et 20.5
1981	490	fenoxycarb (WP 25%)	2 kg	8.5 et 27.5
		ethiophencarb (EC 46%)	1 l	27.5
1982	975	fenoxycarb (WP 25%)	2 kg	16.5 et 1.6
		endosulfan (EC 35%)	3 l	16.5
1983	318	fenoxycarb (WP 25%)	2 kg	9.5 et 19.5
		vamidothion (EC 40%)	2,4 l	19.5
1984	192	fenoxycarb (WP 25%)	0,6 kg	3.5 et 21.5
		vamidothion (EC 40%)	2,4 l	21.5

Tableau 2: Essais RCI à Fully (Valais) de 1980 à 1984; résultats: populations maximales recensées chaque mois pour A. nemoralis (nombre de larves + adultes par frappage) et pour P. pyri (nombre ( ) de larves par pousse en contrôle visuel).

Année	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb.
1980	27 (6)	3 (0,5)	51 (3)	114 (11)	168 (1,5)	198 (-)
1981	- (10)	84 (2)	22 (5)	212 (1)	95 (0)	77 (2)
1982	30 (4,6)	4 (2,7)	45 (22,4)	129 (0,4)	150 (0,7)	- (-)
1983	0 (0,8)	6 (3,7)	7 (8,8)	102 (1,8)	- (0,1)	66 (-)
1984	0 (0,4)	0 (0,3)	0 (1,6)	60 (4,4)	42 (0,1)	36 (-)

### 4. Conclusions

Les quelques résultats mentionnés dans ce travail, confirmés par de nombreux essais pratiques, ont montré que le fenoxycarb présente une bonne efficacité, même à la dose recommandée pour capua, sur des populations

moyennes à faibles du psylle du poirier P. pyri. Appliqué deux fois après la floraison sur les larves âgées de la première génération du ravageur, il se révèle être un excellent complément au traitement d'hiver, à condition que les vergers soient suffisamment protégés de nouvelles infestations. Des applications répétées du RCI sur le même verger ne semblent pas avoir été nuisibles à la punaise prédatrice A. nemoralis. En Suisse, le fenoxycarb a finalement été homologué en arboriculture pour la lutte contre capua en traitement postfloral. Pour les poiriers, l'homologation porte la mention complémentaire "efficacité partielle contre les psylles". Cette homologation permettra dans de nombreux cas d'intervenir très tôt contre ces deux dangereux ravageurs, et d'éviter tout traitement avec des insecticides polyvalents durant l'été, lorsque les anthocorides s'installent. Un nouveau pas peut ainsi être franchi vers la protection intégrée des vergers de poiriers.

##### 5. Références citées

- BAGGIOLINI M., SCHMID A., JUCKER W. et FRISCHKNECHT M., 1979. Applications pratiques des régulateurs de croissance des insectes (RCI), analogues de l'hormone juvénile, contre les psylles du poirier. Bull. Soc. Ent. Suisse, 52: 3-11.
- BOLAY A., CHARMILLOT P.J., STAUBLI A., BAILLOD M., GUIGNARD E. et MESSERLI B., 1981. La protection phytosanitaire en arboriculture fruitière. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 13 (1): 21-26.
- CHARMILLOT P.J. et BLASER C., 1985. Le fenoxycarb, un régulateur de croissance d'insectes homologué contre la tordeuse de la pelure Adoxophyes orana F.v.R. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17 (2): 85-92.
- FRISCHKNECHT M., JUCKER W., BAGGIOLINI M. et SCHMID A., 1978. Mode of action and practical possibilities of an insect growth regulator with juvenile hormone activity in pear psyllid control. J. Plant Diseases and Protec. 85: 334-340.
- SCHEURER R., RUZETTE R. et FLUECK V., 1975. Effect of treatment with an insect growth regulator on the pear psylla (Psylla piri L.) under field conditions. Z. ang. Ent. 78: 313-316.
- SCHMID A., VAN DER MOLEN J.P., JUCKER W., BAGGIOLINI M. et ANTONIN P., 1978. The use of insect growth regulators, analogues of the juvenile hormone, against summer fruit tortrix moth, Adoxophyes orana, and other pests. Ent. exp. and appl. 24: 65-82.
- STAUBLI A., HÄCHLER M., ANTONIN P. et MITTAZ C., 1984. Tests de nocivité de divers pesticides envers les ennemis naturels des principaux ravageurs des vergers de poiriers en Suisse romande. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 16 (5): 279-286.



PEARSUCKERS IN THE NETHERLANDS (*Psylla pyri* and *P. pyricola*)

J. WOETS and H. BEEKE  
Research Station for Fruit Growing  
4475 AN Wilhelminadorp, The Netherlands

Summary

We observed the development of the numbers of the pearsuckers *Psylla pyri* and *P. pyricola* in intensively sprayed orchard plots including broad spectrum chemicals, in orchard plots with specific control of *Adoxophyes orana* and in the surrounding windbreaks.

*P. pyri* is the dominating pearsucker. Windbreaks of alder and willow contain psyllid species as an alternative prey for the psyllid predators in spring. More beneficials were beaten from the windbreaks (especially alder) than from the pear trees. Predatory bug numbers were low in most orchards. In some orchards there were both low numbers of suckers and high numbers of earwigs (*Forficula auricularia*).

Introduction

Pearsuckers are the key pest on the 5000 ha of pears in the Netherlands. The problems started during the seventies, but increased tremendously in 1983.

Concerning the sucker control problems the dutch orchards can be divided in twogroups. One group has low pearsucker numbers during the season and a few sprayings of rather specific insecticides are applied. The second group has really control problems with high psyllid numbers and has many applications of insecticides, including organo-phosphates and pyrethroids for control of *Adoxophyes orana* and *Lygus pabulinus* (Van der Blom et.al., 1985). Several growers sprayed about 15 times for pearsucker control (Table 1).

Materials and methods

Observations were started in four orchards in 1985. They were divided in an experimental plot and a commercial one. The grower was expected to use the common chemical scheme in the commercial plot including broad spectrum control means against summer fruit tortrix and common green capsid. An early spray of DNOC was common in the commercial and the experimental plot to suppress mature overwintered females. Besides that the experimental scheme included an endosulfan application shortly before blossoming and the use of fenoxycarb (Insegar) for summer fruit tortrix

control (Table 2). Spraying of amitraz was decided when more than 20% of the shoot tips carried pearsucker larvae.

Weekly beating samples of 100 branches and 100 shoot tips were taken from the commercial plots and the experimental plots. Beating samples were also taken from the surrounding windbreaks, which consisted of poplar, alder or willow. The numbers of psyllids and beneficials in the samples were determined. The shoot tips samples were counted for the number of shoots with eggs and larvae.

Beside these plots we sampled some other orchards also for following the population numbers of psyllids and beneficials. Totally we collected figures in twelve pear plots and five windbreaks.

Table 1. Sprayings in orchard "The Peapod"

	1984		1985	
endosulfan	10.IV	25.IV	DNOC	3.IV
	9.V	23.V	endosulfan	22.IV
		8.VI	fenoxycarb	20.V
amitraz & diflubenzuron		18.VI	fenoxycarb	30.V
amitraz		28.VI	amitraz	28.VI
endosulfan & azinfos-m	10.VI	18.VII		
amitraz & diflubenzuron		24.VII		
endosulfan & amitraz		3.VIII		
amitraz & diflubenzuron		13.VIII	amitraz	6.VIII
endosulfan		20.VIII		

Table 2. Pearsucker sample data from the experimental plot in pear orchard "The Peapod"

month	Psylla-adults / 100 branches				% of shoot tips with larvae	
	1984		1985		1984	1985
	pyri	p.col	pyri	p.col		
II	-	-	32	10	-	-
III	15	0	39	4	-	-
IV	0	1	0	1	2	2
V	0	0	0	0	0	1
VI	7	4	27	0	0	25
VII	36	2	17	0	20	50
VIII	112	22	25	0	12	44
IX	54	2	41	5	-	-
X	-	-	350	8	-	-

Table 3. Adult pearsuckers and earwigs in orchard "The Drive"  
(100 branches)

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
pearsuckers	49	19	2	17	12	19	10	8
earwigs	0	0	1	72	42	148	28	38

### Results

In most commercial plots and in all experimental plots DNOC was used as an early spray. It was followed by endosulfan shortly before blossoming in the experimental plots (Table 1). Most experimental plots got two amitraz applications as presented in Table 1, based on the threshold of 20% larvae infested shoots which was the case in June and July (Table 2). All data in the tables 1 and 2 are from the orchard "The Peapod" which is a good example of the orchards with both an experimental and a commercial plot. Table 2 presents the mid-month data of the sampling program.

Psylla pyri was the dominant species. P. pyricola was present in very low numbers per sample. The adult figures were not suddenly raised by any immigration in march or april. As in most orchards the numbers of beneficials were very low in the plots of "The Peapod". The maximum in the weekly beating samples was 8 for all chrysopids, predator bugs, earwigs and spiders together. In the poplars the maximum for all beneficial was 11.

Only two orchards had higher numbers of the predatory bug Anthocoris nemoralis, which is generally supposed to be important. These orchards had by far the highest numbers of pearsuckers of all orchards we sampled. In another two orchards we found high numbers of earwigs, Forficula auricularia, compared to elsewhere, together with low levels of pearsuckers. Table 3 shows you the figures of pearsucker adults and earwigs beaten from 100 branches during 1985 in orchard "The Drive".

As a contrast the windbreak samples contained higher numbers of beneficials. Table 4 demonstrates the differences we observed between four windbreaks. Also univoltine psyllid species were present, of which we present the adult numbers of June. The numbers of beneficials of mid July are presented as the observed maxima. The poplar windbreak protected the orchard "The Peapod". The windbreak alder-2 is along the orchard "The Drive", and it had high numbers of earwigs as had the orchard itself (Table 3).

### Discussion

It is too early to make firm conclusions from these data because the experiment started spring 1985. But there are some indications which follow.

1. Psylla pyri is the dominating species.
2. The windbreaks can contain psyllid species as an alternative prey in spring.
3. The windbreaks contain more beneficials than the pear trees, especially alder does.
4. Predatory bug numbers were low in most orchards. They appeared when many suckers were present.
5. Some orchards had many earwigs and lower numbers of sucker.

REFERENCES

BLOM, J. VAN DER, B. DRUKKER and L. BLOMMERS. 1985. The possible significance of various groups of predators in preventing outbreaks of pearsucker in the Netherlands. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 50 (in press).

Table 4. Psyllids and beneficials in windbreaks in June - July  
(100 branches)

	alder 1	alder 2	willow	poplar
<i>Psylla alni</i>	5	450	-	-
<i>Trioza albiventris</i>	-	-	40	-
<i>Anthocoris nemorum</i>	0	0	8	0
<i>Anthocoris nemoralis</i>	3	0	3	1
<i>Orius</i> sp.	0	0	20	0
<i>Blepharidopterus angulatus</i>	1	136	0	0
<i>Heterotoma planiventris</i>	0	10	2	1
<i>Nabis apterus</i>	0	18	0	0
earwigs	31	50	2	0
Coccinellidae	0	0	0	0
Chrysopidae	2	2	3	2
spiders	1	22	0	4

MANAGEMENT PROGRAMS FOR CONTROL OF SCAB AND  
POWDERY MILDEW ON APPLE

H.A.Th. van der SCHEER  
Experimental Station for Fruit Growing  
Wilhelminadorp, The Netherlands

Summary

Decision-making in disease management needs a practical model in which predictive equations, that maximize monitored weather data and minimize human measurements, are included. So far, data on weather dependent timing of the life cycle of both diseases are well available, but there is a shortage of quantitative data on dispersal, deposition ratio, and infection ratio, of spores under orchard conditions, on the epidemiology of both diseases on more resistant apple cultivars, and a shortage of criteria for determining threshold values of economic injury.

In practice, there is still an almost total reliance upon fungicides for control of scab and powdery mildew. In the short-term some reduction in the number of sprays for control of the two diseases on current cultivars seems feasible in The Netherlands, according to our own empirical research on the relationships between epidemiology, threshold values, and fungicide application strategies for control of scab and powdery mildew. Results of that research are presented, including a decision-making scheme for control of both diseases.

1 Introduction

Disease management is the sum total of all actions that serve to regulate disease levels so that they remain below the economic threshold level. The development of a disease management program depends on a knowledge of crop economics, population dynamics, and disease control technology. Although economic considerations are crucial in the process leading to a decision for or against action, that subject will not be discussed in detail. The grower's judgement leads to an idea about economically acceptable damage. Nowadays most fruit growers think that scab and apple powdery mildew should almost be non-existent in their orchards due to the application of very effective fungicides, and that as a result damage caused by these diseases should be absent. It will be difficult to convince the growers that any amount of disease is tolerable. Over population dynamics, some remarks will be made about this when reviewing the cycle of both diseases. After that disease control technology will be discussed with special attention to the application of epidemiological

principles to achieve control of scab, caused by *Venturia inaequalis*, and apple powdery mildew, caused by *Podosphaera leucotricha*.

## 2 Disease cycle of scab

In most orchards scab is rare and in that case ascospores are the primary infection source in spring. However, in neglected orchards and in orchards where the disease is tolerated, conidia produced on pustules on wood and on bud-scales may contribute to the primary inoculum (53). Therefore this inoculum source should not be overlooked in constructing an apple scab simulator.

Ascospores are discharged after sufficient wetting of the leaves, but they do not become air-borne in a period of dew only. Then they are released into the dew drops (58). This finding is not always taken into account when so called Mill's periods of infection are determined, and neglected in the program of advanced electronic scab warning apparatuses (31, 45). The dispersal range of ascospores is small. The so-called fall-out of ascospores liberated from a point inoculum source, appeared to be rapid, and no infection of leaves on apple trees was detected beyond 15 metres from the source (15). Thus it is assumed that the level of scab development within an orchard is determined almost entirely by the inoculum produced within the orchard.

In an early stage of bud burst, the tips of the sepals are already visible and thus liable to infection (26, 46). Because after rainfall the period of wetness in bursting buds is in general much longer than the wetness period indicated by leaf-wetness recorders, it is advisable to apply a fungicide spray as soon as green tips in the bursting buds become visible, instead of applying the first spray post-infection (48).

Three major questions arise concerning the discharge: (i) what is the earliest date upon which the ascospores are mature in spring, (ii) how much is the maturation rate of the ascospores during the season from the moment the first spore is mature, and (iii) how many spores do actually give rise to lesions, i.e. what is the lesion estimate. Equations have been produced to calculate the data on which the first ascospores are ripe, based on heat sum accumulation (degree days) from the time of leaf fall (52) or from the biofix date January 1 (9), or based on temperature, relative humidity and precipitation data from the biofix date February 1 (41). Application of these equations gave results that did not fit the actual data in The Netherlands. In most years ascospores are mature before the apple trees in The Netherlands have green parts susceptible to infection (70). A model for the seasonal maturation rate of ascospores was developed in North Carolina (USA), based on heat sum accumulation (30). This model was improved by adding a forecasted degree-day accumulation model, to predict the cumulative percentage of matured ascospores for each day (50). Concerning the lesion estimate, there is quite a lot of quantitative data on environmental and varietal influences on the pathogen and disease occurrence available. But, future research is needed to develop a practical model for disease management programs (51). It is still necessary to quantify the spore dispersal within an orchard, and to determine the spore deposition ratio and infection ratio for the major cultivars under orchard conditions.

After a temperature and relative humidity dependant period of incubation lesions become visible (84) and they produce the conidia which under favourable weather conditions (54, 65) give rise to secondary infections of leaves, fruits, wood, and bud-scales during the growing season, influenced by biological and biometeorological variables (2). After

leaf fall pseudothecia are formed in the dead, infected leaves on the orchard floor. The number of pseudothecia per lesion is determined by environment and variety (44). The number of asci per pseudothecium depends on temperature and varies each season (29).

Damage by scab is confined to a reduction in fruit quality. If severe attack occurs, the leaves may drop prematurely, resulting in a reduction of the fruit quantity. However, that stage is far beyond the scope of commercial fruit growing.

### 3 Disease cycle of apple powdery mildew

Although mildewed leaves are present directly after bud burst, conidia cannot be detected in the atmosphere until approximately the pink bud stage (14). From then on dispersal is diurnal with peak concentrations in the early afternoon and a distinct subsidiary peak after dark, influenced by weather conditions (80). Conidia germinate under conditions of high relative humidity at 10-32°C (optimum 21°C), but not in free moisture (6, 67).

Secondary infection cycles may continue until susceptible tissue is no longer available. Infection periods are not so discrete as in the case of scab; this may be a reason why no one has tried to construct a simulator for apple powdery mildew. Fruit infections occur near the time of blossoming (92). Infection of overwintering buds occurs soon after bud initiation. Individually they are susceptible only for approximately a month after initiation but, as they are formed successively through the growing season, they have collectively a long period of susceptibility. Infection of the buds can be achieved by conidia or mycelium growing down the petiole.

Cleistothecia are produced on heavily infected shoots and leaves in dry, warm summers. They are not considered an inoculum source, because the ascospores they contain fail to germinate readily (21, 57, 87).

Heavily infected shoots and buds have a reduced winter hardiness, resulting in a reduction of primary inoculum in severe cold winters (8, 79). It was tentatively concluded that temperatures of about - 12°C can eradicate mycelium from buds without necessarily killing mildewed buds, which then produce healthy leaves in spring (42).

### 4 Disease control technology

In practise, there is still an almost total reliance upon fungicides for control of both scab and apple powdery mildew. In The Netherlands on average, 3 sprays are applied, pre-blossom, but mostly post-infection, for control of scab. The first spray for control of mildew is applied pre-blossom too, in the pink-bud stage. Post-blossom both diseases are controlled together, mostly with a mixture of fungicides, in a calendar spray scheme. On average 15 sprays per season (=until the end of July) are applied for control of scab and mildew but, if scab occurs the spray schedule is extended until picking time.

In principle various disease control actions can be taken. An instructive model of these actions and the epidemiological consequences of them is shown on page 343 of the textbook "Epidemiology and Plant Disease Management" (69). The first point at which a grower can take action is pre-planting, viz. deciding which varieties he will plant. The varieties may be partially or totally resistant to one or both diseases. The factors

contributing to resistance can act epidemiologically in two ways: (i) reducing the spring inoculum, and (ii) limiting or totally inhibiting the progress of the disease during the growing season. In an established orchard measures can be taken (i) to reduce the initial inoculum, and (ii) to delay the epidemic of scab and mildew by applying fungicides. The strategy then is to tolerate disease, but to regulate it at subeconomic levels. However, we lack sufficient knowledge on the damage thresholds and thus on the action thresholds for control of scab and mildew. That is why I started by looking at the relationship between epidemiology, threshold values and fungicide strategies for scab (69, 71), and tried to establish damage threshold values for mildew. Corresponding research has been carried out in England (43), but results will be left for discussion by Dr. Butt from EMRS.

## 5 Resistant varieties

Resistance breeding programs often rely on seedling screening trials, testing the inhibition of the disease progress in a season. Nevertheless resistance based on reducing the spring inoculum exists in commercially grown apple varieties (44, 56, 68).

The commercially grown varieties display a wide range of partial field resistance for scab and mildew (1, 10, 34, 61). Unfortunately the new varieties planted in The Netherlands are quite susceptible to one or both diseases (72). This reflects the feelings of the growers that scab and mildew are easily controllable by the available, excellent fungicides and thus having resistance is much less important than having such characteristics as a high production capacity and good quality.

As for scab a difference in susceptibility between leaves and fruit exists, thus a difference in the ratio leaf: fruit lesion build-up (19, 69). Apple fruits are increasingly difficult to infect with *Venturia inaequalis* under orchard conditions as the fruits mature (73, 75, 85).

Totally scab resistant varieties have been derived from breeding programs in the United States and France (63, 77). Unfortunately however, the taste of the fruits of these varieties cannot compete so far with the taste of the fruits of the commercially grown varieties. Besides, their productivity often ranks low (33). Improved resistant varieties will presumably be produced in the future but, a serious obstacle will always be the chance of a break in resistance. That happened for instance with the variety Prima (7, 28).

## 6 Reduction of initial inoculum in established orchards

The treatment of scabbed leaves in autumn with urea speeds up the decomposition and inhibits the development of the perfect stage of *Venturia inaequalis*, resulting in a 97% reduction of discharged ascospores in the following spring (17). Such a treatment resulted in 80% less scab on apple trees in the following year in Australia (40). However, investigators in France (4), Yugoslavia (90), and South Africa (76) concluded from the results in their trials, that the effect was not sufficient to reduce the fungicide rate or the number of sprays in a calendar spray scheme. In general it appears that reduction of initial inoculum is often not so effective in so-called compound interest diseases and maybe conidia produced on pustules present on the wood and bud-scales interfered with the results. Besides urea also benzimidazoles (2,4), bitertanol (74), organic mercury (39), the herbicides amitrol-T, 24-D, glyphosate, and paraquat (91),



and particular microbial antagonists (36) inhibit the development of scab pseudothecia in dead, infected apple leaves.

Mildew infected terminal buds are easily recognised and are thus pruned as a rule in the dormant season. Chemical pruning in the dormant season to reduce the amount of primary mildew is feasible with nitrogen - containing surfactants (22, 37); the effect amounts to a 90% reduction (5). Mixing the selected surfactant PP222 in a low dosage with mildewcides avoids the damage of healthy buds and the mixture is still as equally effective as PP222 alone (38).

If a considerable amount of primary mildew becomes visible after bud burst, growers cut it out. The effect of cutting out visible primary mildew is probably more important as a means of deminishing the inoculum available for infecting next year's flower buds, rather than reducing the inoculum available in mid-june (13).

## 7 Delay of the epidemic of scab and apple powdery mildew

There is a vast amount of literature on scheduling the fungicide spray applications for control of scab and mildew with emphasis on the timing of, in particular, the first and last spray application in each growing season, the length of the spray intervals, the dosage of the fungicide, and the spray volume (among others: 16, 60, 64, 66, 81, 83). There is of course a connection with fungicide deposition, retention, penetration, and distribution (20, 78, 82). In the case of scab the post-infection action of fungicides plays an important role in the scheduling (10, 25, 49, 59, 62, 89). Nowadays the selection of the fungicides, the minimum rate of the active ingredients and the minimum number of sprays is empirically settled in the various regions, based mainly on the growth stages of the fruit trees, the weather conditions, and the secondary effects in particular on fruit russetting (12, 88), and on leaf appearance and premature leaf drop (11, 27). In the context of integrated control, damaging effects of fungicides on the microflora (3, 55, 86), and on beneficial animals (23, 35, 47) should also be taken into account.

Using this type of control measure, it is common practice to achieve an almost 100% control of scab and mildew. Obviously inadequate spraying results in limiting only the disease progress rather than totally inhibiting the disease.

An unpleasant inadequacy during the performance of the spray scheme in the growing season can occur, if fungicide resistant strains develop and are selected. This happened with scab a few years after the introduction of the benzimidazole fungicides, and after a prolonged period of use of dodine (32).

So far, the application of fungicides is not based on the available amount of inoculum. There is quite a lot of knowledge on the effect of fungicides on spore production, spore germination, and mycelial growth, but we do not know how to apply that in the scheduling of the fungicide treatments.

## 8 Threshold values and fungicide application strategies

### 8.1 Control of scab

The experimental design and results I have obtained in the first three years have been published (69, 71). Together with additional data obtained in subsequent years it can be stated that negative forecasts up till the

action threshold is reached can only be made if in the previous year no scab attack has been recorded. But, if for instance in the previous year leaves on 4% of the shoots have been scabbed, at least 2% of the leaf whorls emerging from flower buds will be scabbed when left unsprayed, and that will result in more than 1% scabbed fruits despite spraying with an effective fungicide during the period from blossoming until picking. Besides, negative forecasting almost always leads to spraying towards the end of the season, resulting in unwanted high fungicide residue on the fruits.

A damage of 1% scabbed fruits is acceptable if circa 4 sprays can be left out of the calendar spray program which ends usually at the beginning of August (the costs are approximately equal in The Netherlands). Because a part of the damage becomes visible during storage of the fruits, the damage at picking time should not exceed about 0.65% scabbed fruits to keep the total below 1%. As a case in point, 0.65% scabbed fruits was harvested in 1979 if at picking time the percentage of shoots with scabbed leaves on trees of the varieties Cox's Orange Pippin, James Grieve, Golden Delicious, and Jonathan amounted to 3, 16, 22, and 32% respectively. However, if the amount of shoots having scabbed leaves exceeds about 20%, scab pustules on the wood (and on bud-scales) arise increasingly, raising sharply the chance of fruit infections in the next year. Thus, a too high percentage of shoots with scabbed leaves is not tolerable.

Considering the experimental data and bearing in mind that: (i) spraying pre-blossom is necessary for control of *Nectria-canker* on the currently grown commercial varieties, being almost all rather susceptible to that disease, and (ii) spraying during the first 4 weeks post-blossom is necessary for preventing the fruits from becoming russeted, a decision-making scheme for control of scab in The Netherlands has been constructed (fig. 1). In 1985 it is being tested for the second year. The disease is assessed monthly; the selection of varieties and number of trees, shoots, and leaf whorls to be judged is based on a description for managing apple powdery mildew (18), but modified to suit the management of scab.

## 8.2 Control of apple powdery mildew

On the same trial fields where the spread of scab and its effect on fruit quality has been studied, information was gained on the effect of mildewicide spray schemes on spread of powdery mildew.

The effect of powdery mildew on yield is studied on a separate trial field at Wilhelminadorp. The trial includes trees of the varieties Cox's Orange Pippin, Golden Delicious, and Karmijn de Sonnaville, planted at 3.50 x 1.50 m in 1976. The field was subdivided into 5 blocks, each separated by a row of Cox's Orange Pippin apple trees. Again each block was subdivided into 5 plots enclosing 3 tree rows with 10 trees of a cultivar in a row. From 1981 5 levels of mildew incidence were created by applying more or less frequently bupirimate. However, damage was not recorded until 1984 (table 1). In all 3 varieties regression analyses showed that the reduction in the number of fruits in 1984, and thus the reduction in yield, correlated significantly at the 5%-level with the disease incidence in 1983. After correction of the fruit weights with the number of fruits, linear regression analysis showed that the corrected fruit weight was correlated significantly at the 5%-level with disease incidence in 1984, but only in the variety Karmijn de Sonnaville. Also a significant correlation between fruit russetting and disease incidence in 1984 was

proven in all 3 varieties.

From the results gained in the trial on the damage threshold for powdery mildew it was tentatively concluded that an annual low disease incidence of about 10-15% shoots with diseased leaves will cause no significant damage. Considering too the information gained on the effect of mildewcide spray schemes on spread of powdery mildew and bearing in mind that spraying during the first 4 weeks post-blossom is necessary for preventing the fruits from becoming russeted, a decision-making scheme for control of powdery mildew on apple in The Netherlands has been constructed (fig. 2) in addition to the decision-making scheme for control of scab.

#### PROGRAMMES POUR LA LUTTE CONTRE LA TAVELURE ET L'OIDIUM DU POMMIER

Pour prendre des décisions dans la lutte contre les maladies, il serait souhaitable de posséder un modèle pratique de prédictions dans lequel on utiliserait au maximum des données météorologiques relevées par des appareils automatiques et au maximum les mesures faites manuellement. Jusqu'à présent, il existe suffisamment de données montrant la dépendance du cycle vital des deux maladies vis-à-vis des conditions météorologiques. Mais il nous manque des données quantitatives sur la dispersion, les facteurs de dépôt et d'infection des spores dans les conditions du verger ainsi que sur l'épidémiologie des deux maladies chez les variétés de pommiers plus résistantes. Il nous manque aussi des critères pour déterminer des seuils de dégâts économiquement acceptables.

En pratique, le contrôle de la tavelure et de l'oïdium repose encore presque entièrement sur l'utilisation de fongicides. A court terme, on peut prévoir aux Pays Bas une réduction du nombre de traitements pour contrôler ces deux maladies chez les variétés courantes. Cette réduction se base sur nos propres recherches empiriques qui concernent les liens entre épidémiologie, seuils de tolérance et stratégies d'application des fongicides. Des résultats de cette recherche sont présentes, y compris un schéma permettant de prendre des décisions pour contrôler ces deux maladies.

Table 1. The relationship between disease incidence (DI) as % mildewed leaves on extension shoots and damage in 1984.

a. DI 1983 (x) and yield as kg/tree (y)

Variety	Regression	F	D.F.
Cox's O.P.	$y = -0.25x + 16.0$	10.4	1, 12
Golden Del.	$y = -0.18x + 21.9$	51.1	1, 12
Karmijn de S.	$y = -0.17x + 26.5$	77.4	1, 12

b. DI 1984 (x) and corrected average fruit weight as gram (y)

Variety	Regression	F	D.F.
Karmijn de S.	$y = -0.56x + 190.0$	14.6	1, 12

c. DI 1984 (x) and fruit russeting as rate 200-800 (y)

Variety	Regression	F	D.F.
Cox's O.P.	$y = 5.59x + 289.5$	58.3	1, 12
Gold. Del.	$y = 0.26x + 208.6$	4.77	1, 12
Karmijn de S.	$y = 2.61x + 381.7$	17.0	1, 12

Figure 1. A decision-making scheme for control of scab on apple in The Netherlands

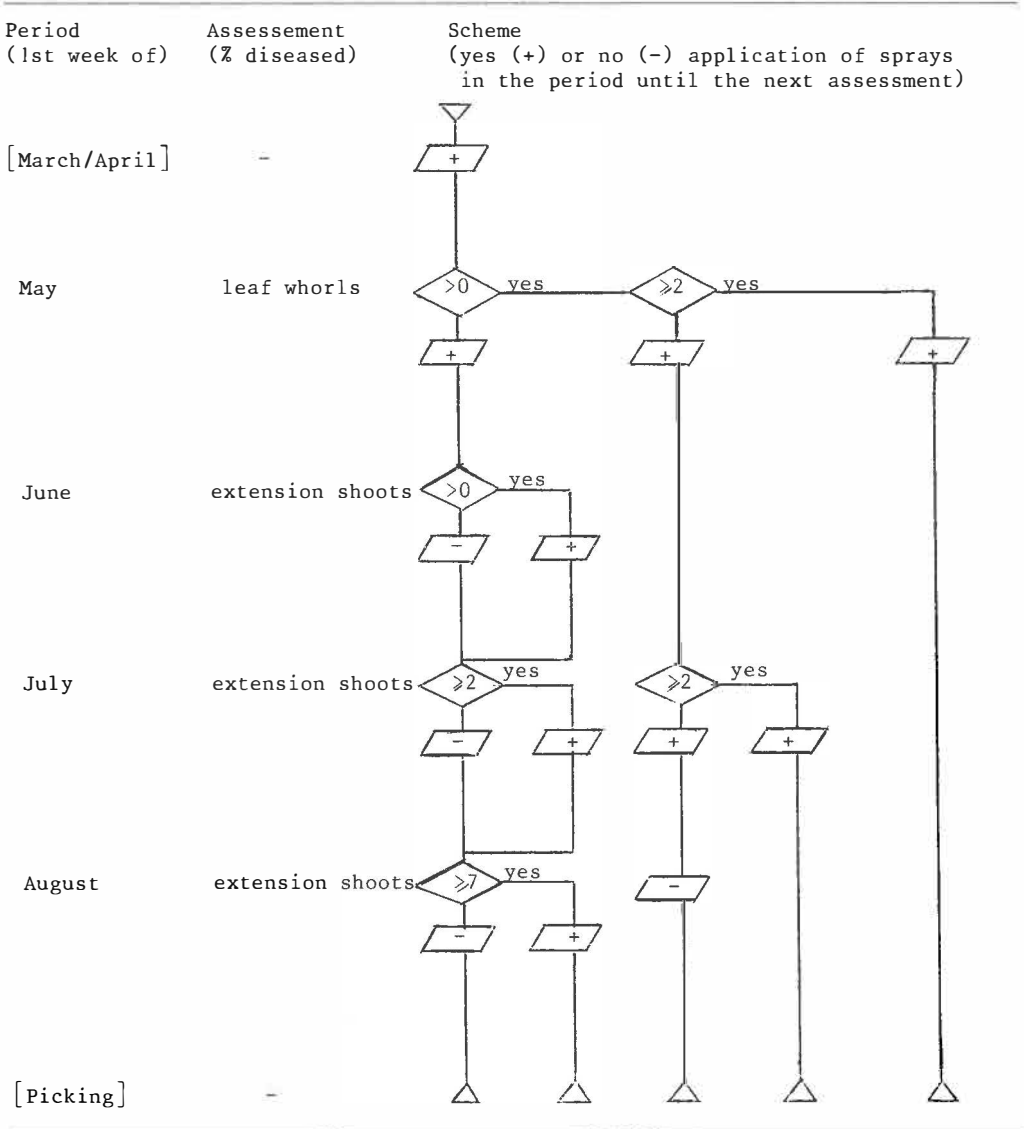
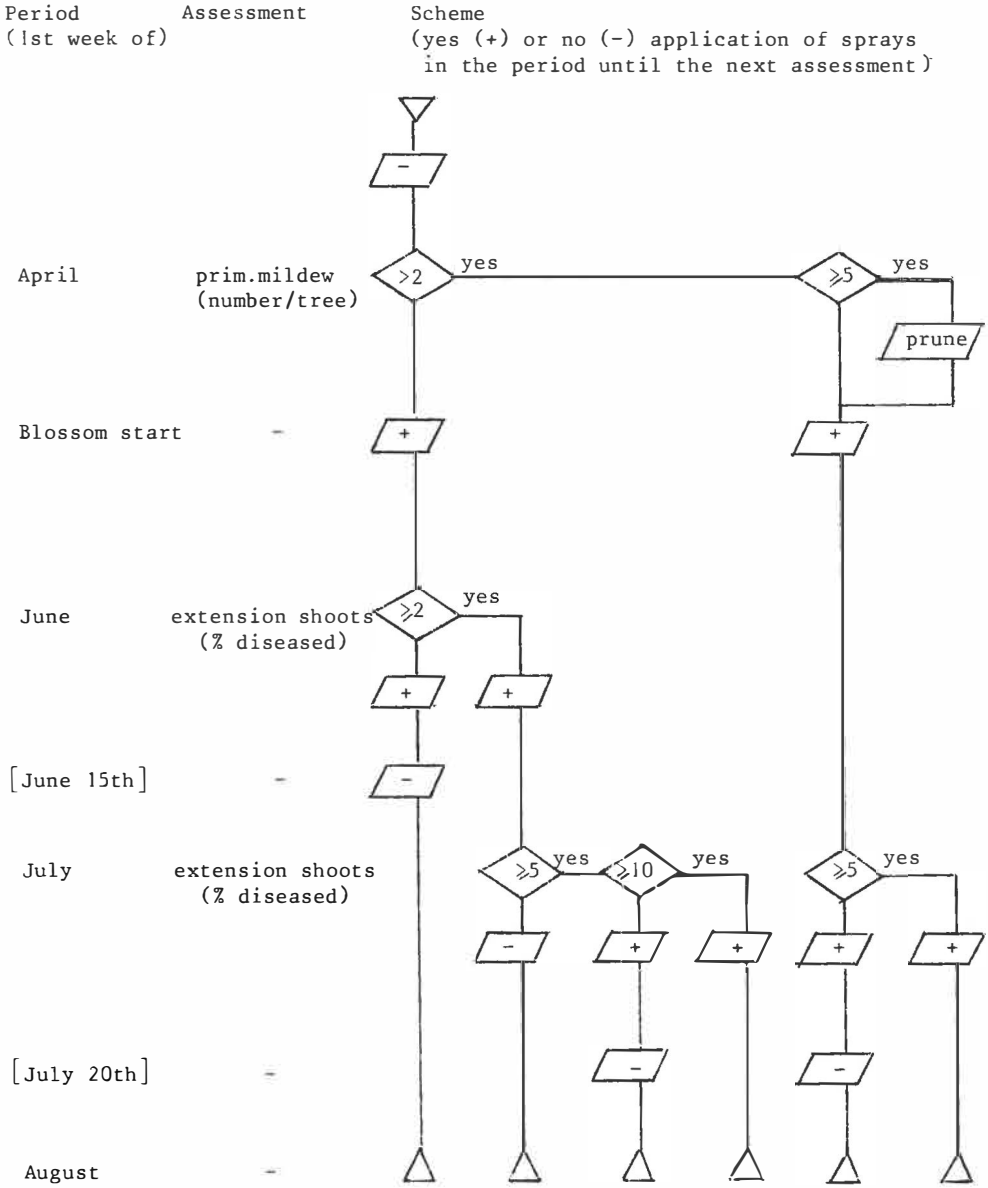


Figure 2. A decision-making scheme for control of apple powdery mildew in The Netherlands



## REFERENCES

1. ALDWINCKLE, H.S. (1974). Field susceptibility of 51 apple cultivars to apple scab and apple powdery mildew. *Plant Dis. Rep.* 58: 625-629.
2. ANALYTIS, S. (1973). Zur Methodik der Analyse von Epidemien dargestellt am Apfelschorf (*Venturia inaequalis* (Cooke) Aderh.). *Acta Phytomedica* 1: 75 pp.
3. ANDREWS, J.H. and KENERLEY, C.M. (1978). The effects of a pesticide program on non-target epiphytic microbial populations of apple leaves. *Can. J. Microbiol.* 24: 1058-1072.
4. BASSINO, J.P. and BLANC, M. (1975). La tavelure du pommier. Amelioration de la lutte par la destruction de la forme hivernante du champignon. *Lutte Intégrée* no 17: 5-9.
5. BENT, K.J., SCOTT, P.D. and TURNER, J.A.W. (1978). Control of apple powdery mildew by dormant-season sprays: prospects for practical use. *Proc. Brit. Crop Prot. Conf. 1977 - Pests and Diseases*: 331-339.
6. BERWITH, C.E. (1936). Apple powdery mildew. *Phytopathology* 26: 1071-1073.
7. BLOMMERS, L. (1983). Apple scab in mixed stands: varietal susceptibility and field resistance. *Bull. OILB/SROP VII* (4): 67-76.
8. BLUMER, S. (1956). Winterkalte und Apfelmehltau. *Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinb.* 65: 308-309.
9. BORECKI, Z. (1962). On epidemiology of apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) Aderh.). *Acta Agrobotanica* 12: 95-104.
10. BOSSHARD, E., SIEGFRIED, W., SCHUEPP, H. and ZWINGLI, H.J. (1985). Erfahrungen mit Sterolsynthese-hemmenden Fungiziden zur gezielten Schorfbekämpfung. *Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinb.* 121: 166-173.
11. BREMER, H. and BUNEMANN, G. (1982). Nebenwirkungen organischer Schorffungicide I. Blattflecken und Blattfall bei 'Golden Delicious'-Apfelbäumen. *Gartenbauwissenschaft* 47: 56-61.
12. BREMER, H. and BUNEMANN, G. (1982). Nebenwirkungen organischer Schorffungizide II. Ertrag und Fruchtqualität bei 'Golden Delicious'. *Gartenbauwissenschaft* 47: 204-211.
13. BURCHILL, R.T. (1958). Observations on the mode of perennation of apple mildew. *Ann. Rep. Long Ashton Res. Stn for 1957*: 114-123.
14. BURCHILL, R.T. (1965). Seasonal fluctuations in spore concentrations of *Podosphaera leucotricha* (Ell. and Ev.) Salm. in relation to the incidence of leaf infections. *Ann. Appl. Biol.* 55: 409-415.
15. BURCHILL, R.T. (1966). Air-dispersal of fungal spores with particular reference to apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) Winter). In: *Colston Papers XVIII*. Butterworth Scientific Publications, London, pp. 137-140.
16. BURCHILL, R.T. and COOK, M.E. (1975). The control of scab and powdery mildew of apple with a reduced number of sprays. *Plant Path.* 24: 194-198.
17. BURCHILL, R.T., HUTTON, K.E., CROSSE, J.E. and GARRETT, C.M.E. (1965). Inhibition of the perfect stage of *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint., by urea. *Nature* 205: 520-521.
18. BUTT, D.J. and BARLOW, G.P. (1980). The management of apple powdery mildew: a disease assessment method for growers. *Proc. Brit. Crop Prot. Conf. 1979 - Pests and Diseases*: 77-86.
19. BUTT, D.J., SOUTER, R.D. and SWAIT, A.A.J. (1979). Apple scab (*Venturia inaequalis*). *Epidemiology* (05011). *Ann. Rep. E. Malling Res. Stn for 1978*, p. 86.
20. BYERS, R.E., LYONS, G.G., YODER, K.S., HORSBURGH, R.L., BARDEN, J.A.

- and DONOHUE, S.J. (1984). Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. HortScience 19: 93-94.
21. CIMANOWSKI, J. (1969). Epidemiology of apple mildew *Podosphaera leucotricha* in Poland. I Hibernation of *P. leucotricha*. Acta Agrobotanica 22: 253-263.
  22. CLIFFORD, D.R., GENDLE, P., HOLGATE, M.E. and LULHAM, M. (1981). Eradication of over-wintering mildew (*Podosphaera leucotricha*) in apple buds by nitrogen-containing surfactants. Pestic. Sci. 12: 509-514.
  23. COOK, M.E. and SWAIT, A.A.J. (1975). Effects of some fungicide treatments on earthworm populations and leaf removal in apple orchards. J. Hort. Sci. 50: 495-499.
  24. COULOMBE, L.J. and JACOB, A. (1980). Eradication automnale de *Venturia inaequalis* pour réduire le nombre de traitements contre la tavelure du pommier la saison suivante. Phytoprotection 61: 48-54.
  25. DIEREN, J.P.A. van en JOOSSE, M.L. (1969). Een verantwoorde bezuiniging door curatieve schurftbestrijding. Fruitteelt 59: 130-131.
  26. DILLON WESTON, W.A.R. and PETHERBRIDGE, F.R. (1933). Apple and pear scab in East Anglia. J. Pom. Hort. Sci. 11: 185-198.
  27. DIJKE, J.F. van and ALINK, G.J. (1979). Meeldauwbestrijding in beweging. Fruitteelt 69: 252-255.
  28. FISCHER, C., BUKARTSCHUK, V., BONDARENKO, A. and ARTAMONOVA, E. (1983). Erste Ergebnisse zur Stabilität der Schorfresistenz beim Apfel unter verschiedenen ökologischen Bedingungen in der UdSSR und DDR - vorläufige Mitteilung. Arch. Gartenb. 31: 263-264.
  29. GADOURY, D.M. and MacHardy, W.E. (1982). Effects of temperature on the development of pseudothecia of *Venturia inaequalis*. Plant Dis. 66: 464-468.
  30. GADOURY, D.M. and MacHardy, W.E. (1982). A model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. Phytopathology 72: 901-904.
  31. GALLI, P. and RICHTER, J. (1984). Zum Einsatz von Warn- und Registriergeräten bei der Abwehr des Apfelschorfs im integrierten Pflanzenschutz. Erwerbsobstbau 26: 82-87.
  32. GILPATRICK, J.D. (1982). Case study 2: *Venturia* of pome fruits and *Monilinia* of stone fruits. In: J. DEKKER and S.G. GEORGOPOULOS (Editors), Fungicide resistance in crop protection. Pudoc, Wageningen, pp. 195-206.
  33. GODDRIE, P.D. (1980). Ervaringen in Nederland met schurftresistente appelrassen. Fruitteelt 70: 232-235.
  34. HANSEN, P. and ANDERSEN, K.K. (1985). Aeblesorter og skurvmodtagelighed. Frugtavlere 14: 182-183.
  35. HASSAN, S.A., BIGLER, F., BOGENSCHUTZ, H., BROWN, J.U., FIRTH, S.I., HUANG, P., LADIEU, M.S., NATON, E., OOMEN, P.J., OVERMEER, W.P.J., RIECKMANN, W., SAMSØE-PETERSEN, L., VIGGIANI, G., and ZON, A.Q. van (1983). Results of the second joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS-working group 'Pesticides and Beneficial Arthropods'. Z. Angew. Ent. 95: 151-158.
  36. HEYE, C.C. and ANDREWS, J.H. (1983). Antagonism of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. Phytopathology 73: 650-654.
  37. HISLOP, E.C. and CLIFFORD, D.R. (1977). The control of apple mildew with dormant-season sprays. Ann. Rep. Long Ashton Res. Stn for 1976: 177-182.
  38. HUNTER, L.D., BLAKE, P.S. and SWAIT, A.A.J. (1982). The use of fungicide-containing mixtures during the dormant season for safe and



- effective apple powdery mildew eradication. *J. Hort. Sci.* 57: 289-294.
39. HUTTON, K.E. (1954). Eradication of *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.. *Nature* 174: 1017-1018.
  40. HUTTON, K.E. and STONE, J.G. (1967). Further progress with urea for apple scab control. *Agric. Gaz. N.S.W.* 78: 304.
  41. JAMES, J.R. and SUTTON, T.B. (1981). A model for predicting ascospore maturation for *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 71: 228 (Abstract).
  42. JEGER, M.J. and BUTT, D.J. (1983). The effects of weather during perennation on epidemics of apple mildew and scab. *EPPO Bull.* 13: 79-85.
  43. JEGER, M.J. and BUTT, D.J. (1984). Management of orchard diseases in the United Kingdom. *FAO Plant Prot. Bull.* 32: 61-66.
  44. JEGER, M.J., SWAIT, A.A.J., and BUTT, D.J. (1982). Overwintering of *Venturia inaequalis*, the causal agent of apple scab, on different cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 100: 91-98.
  45. JONES, A.L., LILLEVIK, S.L., FISHER, P.D. and STEBBINS, T.C. (1980). A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant Dis.* 64: 69-72.
  46. KEITT, G.W. and JONES, L.K. (1926). Studies of the epidemiology and control of apple scab. *Research Bull. Wis. Agric. Exp. Stn no 73*, 104 pp.
  47. KENNEL, W. (1972). Schadpilze als Objekte integrierter Pflanzenschutzmassnahmen im Obstbau. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 79: 400-406.
  48. KENNEL, W. and MOOSHERR, W. (1983). Kelchblatt-Schorf, eine gefährliche aber wenig bekannte Erscheinungsform des Apfelschorfs. *Obstbau* 8: 470-472.
  49. MACHARDY, W.E. (1979). A simple, quick technique for determining apple scab infection periods. *Plant Dis. Repr.* 63: 199-204.
  50. MACHARDY, W.E. and GADOURY, D.M. (1985). Forecasting the seasonal maturation of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 75: 381-385.
  51. MACHARDY, W.E. and JEGER, M.J. (1983). Integrating control measures for the management of primary apple scab, *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. *Prot. Ecol.* 5: 103-125.
  52. MASSIE, L.B. and SZKOLNIK, M. (1974). Prediction of ascospore maturity of *Venturia inaequalis* utilizing cumulative degree-days. *Proc. Am. Phytopathol. Soc.* 1: 140 (Abstract).
  53. MCKAY, R. (1938). Conidia from infected bud-scales and adjacent wood as a main source of primary infection with the apple scab fungus *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.. *Scient. Proc., R.D.S.*, 21: 623-640.
  54. MILLS, W.D. (1944). Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control scab. *N.Y. Agric. Exp. Stn Ext. Bull.* no 630, 4 pp.
  55. MITTERER, M., BAYER, H. and SCHINNER, F. (1981). Der Einfluss von Fungiziden auf die mikrobielle Aktivität eines Bodens. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 144: 463-471.
  56. MOLLER, W.J. (1980). Effect of apple cultivar on *Venturia inaequalis* ascospore emission in California. *Plant Dis.* 64: 930-931.
  57. MOLNAR, J. (1971). Cleistothecia of the fungus *Podosphaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm. under the conditions of Czechoslovakia. *Ceska Mykologie* 25: 211-218.
  58. MOORE, M.H. (1958). The release of ascospores of apple scab by dew. *Plant Path.* 7: 4-5.
  59. MOORE, M.H. and BENNETT, M. (1967). Routine versus post-infection sprays against apple scab on Cox's Orange Pippin. *J. Hort. Sci.* 42:

- 367-376.
60. MORGAN, N.G. (1981). Minimizing pesticide waste in orchard spraying. *Outl. Agric.* 10: 342-344.
  61. Norton, R.A. (1981). Field susceptibility of apple cultivars to scab, *Venturia inaequalis*, and powdery mildew, *Podophaera leucotricha* in a cool, humid climate. *Fruit Varieties Journal* 35: 2-5.
  62. OBERHOFER, H. and RAMOSER, K. (1965). Gezielte Schorfbekämpfung. *Erwerbsobstbau* 7: 31-36.
  63. OLIVIER, J.M. and LESPINASSE, Y. (1982). Résistance du pommier a la tavelure *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.: sources de résistance, comportement du parasite, programme de sélection. *Cryptog., Mycol.* Tome 3: 361-375.
  64. PREECE, T.F. (1961). Spraying practice and the control of apple scab on Cox's Orange Pippin and Bramley's Seedling in England, 1958-60. *Plant Path.* 10: 151-158.
  65. PREECE, T.F. and SMITH, L.P. (1961). Apple scab infection weather in England and Wales, 1956-1969. *Plant Path.* 10: 43-51.
  66. REICH, H. (1968). Zwanzig Jahre Schorfbefall und Schorfbekämpfung. *Mitt. O.V.R. Alten Landes* 23: 360-365.
  67. ROOSJE, G.S., BESEMER, A.F.H., MEIJNEKE, C.A.R. and POST, J.J. (1965). Waarnemingen en onderzoek over appelmeeldauw in Nederland van 1953 tot 1963. *Versl. Landbouwk. Onderz. no. 654, Pudoc, Wageningen*, 154 pp.
  68. SCHEER, H.A.Th. van der (1978). Overwintering of the pathogen and rating of 'secondary mildew' in relation to susceptibility of apple varieties to *Podophaera leucotricha*. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 43: 901-907.
  69. SCHEER, H.A.Th. van der (1980). Threshold of economic injury for apple powdery mildew and scab. In: A.K. Minks and P. Gruys (Editors), *Integrated control of insect pests in The Netherlands*. Pudoc, Wageningen, pp. 49-52.
  70. SCHEER, H.A.Th. van der (1984). Het optreden van de eerste rijpe ascosporen van schurft en de eerste infecteerbare delen van appel en peer. *Fruittelct* 74: 399-401.
  71. SCHEER, H.A.Th. van der, DIEREN, J.P.A. van and WONDERGEM, H.J. (1980). Mogelijkheden van de geleide bestrijding van ziekten bij appel. *Fruittelct* 70: 264-267.
  72. SCHEER, H.A.Th. van der and WONDERGEM, H.J. (1982). Gewasbescherming bij nieuwe appelrassen. *Fruittelct* 72: 1316-1318.
  73. SCHWABE, W.F.S. (1982). Wetting and temperature requirements for infection of mature apples by *Venturia inaequalis* in South Africa. *Ann. Appl. Biol.* 100: 415-423.
  74. SCHWABE, W.F.S. (1982). Baycor, ein wirkzames Mittel zur Bekämpfung von *Venturia inaequalis* nach der Apfelernte. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 35: 125-133.
  75. SCHWABE, W.F.S., JONES, A.L. and JONKER, J.P. (1984). Changes in the susceptibility of developing apple fruit to *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 74: 118-121.
  76. SCHWABE, W.F.S. and MATTHEE, F.N. (1972). *Fusicladium*: can urea eradicate the primary infection source? *Dec. Fr. Grower* 22: 179-181.
  77. SILBEREISEN, R. (1985). Schorfweiderstandsfähige Apfelsorten - Zuchtziel und Wirklichkeit. *Erwerbsobstbau* 27: 5-13.
  78. SMITH, F.D. and MacHARDY, W.E. (1984). The retention and redistribution of captan on apple foliage. *Phytopathology* 74: 894-899.
  79. SPOTTS, R.A. and CHEN, P.M. (1984). Cold hardiness and temperature responses of healthy and mildew-infected terminal buds of apple during

- dormancy. *Phytopathology* 74: 542-544.
80. SUTTON, T.B. and JONES, A.L. (1979). Analysis of factors affecting dispersal of *Podosphaera leucotricha* conidia. *Phytopathology* 69: 380-383.
  81. SUTTON, T.B. and UNRATH, C.R. (1984). Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. *Plant Dis.* 68: 480-484.
  82. SYS, S. and SOENEN, A. (1973). De regenbestendigheid van fungiciden in de fruitteelt. *Landbouwtijdschrift* 26: 1293-1299.
  83. SZKOLNIK, M. (1978). Techniques involved in greenhouse evaluation of deciduous tree fruit fungicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16: 103-129.
  84. TOMMERLIN, J.R. and JONES, A.L. (1983). Effect of temperature and relative humidity on the latent period of *Venturia inaequalis* in apple leaves. *Phytopathology* 73: 51-54.
  85. TOMMERLIN, J.R. and JONES, A.L. (1983). Development of apple scab on fruit in the orchard and during cold storage. *Plant Dis.* 67: 147-150.
  86. TRAPPE, J.M., MOLINA, R. and CASTELLANO, M. (1984). Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. *Ann. Rev. Phytopathology* 22: 331-359.
  87. TSUYAMA, H., NAGAI, M. and AIZAWA, T. (1967). Germination of ascospores of apple powdery mildew. *J. Fac. Agric. Iwate Univ.* 8: 235-244.
  88. VERHEYDEN, C. (1980). Les effets secondaires des fungicides sur la qualité des fruits. *Fruit Belge* 48: 320-322.
  89. VERHEYDEN, C. (1981). Curative control of apple scab (*Venturia inaequalis* (Cke) Wint.). *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 46: 955-960.
  90. VOJVODIC, D. (1970). (Studies on the effect of late autumn spraying on perithecia production by *Venturia inaequalis*).
  91. YODER, K.S. and KLOS, E.J. (1982). Effects of selected herbicides on ascospore discharge of *Venturia inaequalis*. *Can. J. Plant Sci.* 62: 509-511.
  92. ZOBRIST, L. and BOHNEN, K. (1963). *Podosphaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm. als Ursache von Fruchthautberostungen auf Aepfeln. *Phytopath. Z.* 48: 292-297.

(IOBC Working Group - Integrated Plant Protection in Orchards.  
VIIIth Symposium, 1985. Thursday 29th August, 11.15 h)

MANAGEMENT OF APPLE POWDERY MILDEW IN ENGLAND

D.J. BUTT

East Malling Research Station, Maidstone, Kent, England

Abstract

When using pathogen management strategies, growers intervene with control measures only when a disease is above, or is expected to exceed, the economic injury level (EIL). If mildew can be regulated at this optimal level the economic benefit of crop protection is maximised. Results of an 8-year orchard study to determine the EIL of apple powdery mildew are given: the EIL for cv. Cox's Orange Pippin on M.9 rootstock is estimated to be at or below a midsummer incidence of 10% mildewed leaves (secondary infection) on extension shoots. Cultivars differed in damage threshold, in their reaction to mildew and in EIL. A method for growers to assess the incidence of secondary mildew is described in detail. Over 5 years, a decision-based strategy (supervised control) against apple mildew was more effective and less expensive than routine fungicide schedules: problems and prospects are discussed.

ADVISING AND PRACTICE OF INTEGRATED PEST CONTROL  
IN APPLE ORCHARDS OF BADEN-WÜRTTEMBERG (SOUTH WEST GERMANY)

P. GALLI

Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart  
Federal Republic of Germany

Zusammenfassung

Seit 1979 wird in Baden-Württemberg ein Programm zur großräumigen Einführung des integrierten Pflanzenschutzes in den Apfelanbau verwirklicht. 1 Wissenschaftler, 1 Technische Assistentin sowie 4 Pflanzenschutzberater sind schwerpunktmäßig mit dieser Aufgabe betreut.

Dazu werden in den Hauptobstanbaugebieten des Landes Ausbildungs- und Beratungsveranstaltungen für Obstbauern durchgeführt. Derzeit bestehen an 35 Orten solche Arbeitsgruppen mit insgesamt 450 Teilnehmern, die eine Anbaufläche von rund 1600 ha repräsentieren. Ergänzend wurden zur praktischen Demonstration des integrierten Pflanzenschutzes 4 Musteranlagen eingerichtet, die zugleich der kontinuierlichen Datenerfassung dienen.

Schließlich hat der Pflanzenschutzdienst Baden-Württemberg 1985 eine "Richtlinie für den integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau" herausgegeben. Sie bildet fortan eine Grundlage für die einheitliche Anwendung des integrierten Verfahrens in Beratung und Praxis in Südwestdeutschland.

1. Introduction

In the Federal Republic of Germany about 26 000 ha are cultivated intensively with apples, 40 percent of which (10 300 ha) belong to Baden-Württemberg. In the early seventies, in this country the development of integrated control for apple growing had reached a state that allowed to offer it to the practice. In the course of 5 years, about 170 farmers were trained in applying the new methods. However, being without further assistance after the training courses many of them failed and fell back to their former habit of spraying chemicals without respect to the need. Thus, although the integrated system was practised in several orchards, it could not be generally established in commercial fruit growing.

However, it had become manifest that integrated control to a great extent is depending on the close contact between farmers and skilled personnel. Therefore, when in 1979 the Ministry of Agriculture of Baden-Württemberg decided to promote the implementation of integrated apple production, 4 special advisors have been charged with the task of introducing this system into the practice on a large scale. The main duties of these advisors are:

- to train and advise interested fruit growers,
- to build up model orchards for integrated control,
- to assist the regional warning service.

The Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart is ordered to support the advisors and to care for planning resp. coordination of activities. For this purpose, the institute was enlarged by 1 scientist and 1 technical assistant.

## 2. Training and advisory sessions

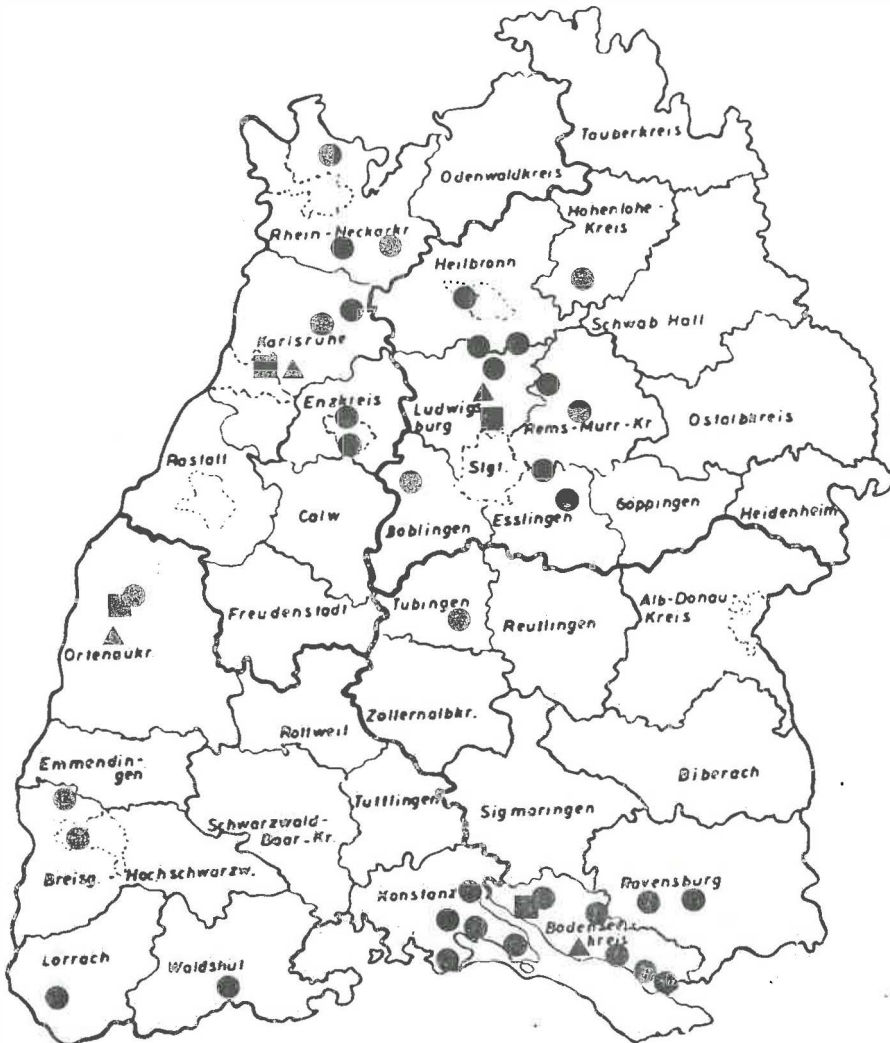
The main task within this project is to instruct farmers how to practise integrated control. The way this happens depends on the different structural conditions of the apple growing areas, but always great importance is attached now to a regular contact to the farmers. For example, one of the advisors visits periodically, in intervals of 2 weeks, 10 selected orchards, in which the growers from the neighbourhood assemble to learn the various control methods and to discuss and solve the actual plant protection problems.

At present, in 35 sites of Baden-Württemberg such combined training and advisory sessions take place with a total number of about 450 participants. With their approximately 1600 ha they represent about 15 percent of commercial apple orchards. As the map shows, the whole country is covered with a net of training and advising centres (Fig.).

In addition to this, advice and informations are given to several single farms, occasionally. In some regions training courses are offered during the winter period, too. Furthermore, the regional warning service pays increasing attention to integrated plant protection. Therefore, a widespread dissemination and use of at least parts of integrated methods can be stated.

Thanks to their close link to the advisors many farmers are now in a position to supervise their own orchards as demonstrated at the meetings. Altogether, the organization of working groups of 5 to 10 farmers is to be considered as a backbone for the acceptance and extension of integrated control, partly because of psychological reasons, partly demanded by the small capacity of special advisors available.

Figure: Integrated pest management in apple orchards.  
 Training and advising centres in Baden-Württemberg.  
 (1984/85)



Legend:

- Office of the advisor for integrated plant protection
- Training and advising centre
- ▲ Model orchard for integrated control

### 3. Model orchards

For further instruction 4 model orchards for integrated control were built up, supervised by the special advisors. These apple orchards are thought to fulfil the following purposes:

- Demonstration of the feasibility of integrated pest control, particularly with respect to the demand on knowledge or equipment and to the economic outcome (yields, costs, quality of fruits);
- Possibility to collect relevant data continuously and comprehensively, some of them supporting the warning service, too;
- Information about principle and concept as well as about details of integrated control for the public.

The main criteria for selection of these orchards were the size (2-5 ha); representativeness as to site, education system and cultivars; an economic fruit production (no experimental orchard); interest and reliability of the farmer.

In the meantime, numerous guided visits took place in these orchards and reports by press and television informed the public on general and special aspects of integrated pest management.

### 4. The guideline

In order to unify the implementing of integrated apple production a guideline was published by the plant protection service of Baden-Württemberg in 1985. This guideline henceforth will serve as an obligatory base for advising integrated control if demanded by fruit growers. It consists of a general frame and several supplementary materials. Giving the outlines the frame deals with the following matters:

- the necessity of supervising the apple orchard with the help of suitable methods as well as the need of registering the results and measures carried out;
- the importance of cultural measures such as fertilization, thinning and pruning for preventing losses and increasing fruit quality;
- the way to undertake the plant protection in the strict sense, especially how to choose and apply chemicals.

The guideline will be completed by some technical instructions, describing the various methods, means and measures in detail. Also the recommendation of acceptable pesticides, published every year, was defined as a supplementary component. These separate supplements can easily be actualized without need to change the whole guideline. Further-



more, the IOBC publications on the subject were pointed out as important auxiliary instructions.

The guideline has been worked out with respect to the recommendations of IOBC and to numerous comments by several specialists, organisations and farmers. This may promote the standardization of integrated control in advising and practice as well as its approximation in the various fruit growing regions of Europe.

## 5. Conclusion

Since the general feasibility of integrated pest control is already a well demonstrated fact, our efforts have now to be directed on introducing this system into practice on a large scale. In Baden-Württemberg, we try to attain this aim with the help of a new advising concept, enabling us to tackle the problem of regular contacts between farmers and skilled advisors. The activity of a special staff, supported by model orchards and a regional guideline, contributed considerably to the progress achieved in this country during the last 5 years. With this project a new phase of establishing integrated pest management in commercial fruit growing has begun in the South West of Germany.

## REFERENCES

1. GALLI, P. (1985). Neue Basis für den integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau. *Obst und Garten* 104, 406-408
2. STEINER, H. (1980). Der integrierte Pflanzenschutz im Apfelanbau in Baden-Württemberg. *Gesunde Pflanzen* 32, 153-154
3. STEINER, H. (1980). Der integrierte Pflanzenschutz - ein Ausbildungs- und Beratungsproblem? *Ausbildung und Beratung* 33, 51-52
4. STEINER, H. (1981). Der integrierte Pflanzenschutz im Apfelanbau. *Besseres Obst (Wien)* 26, 250-251
5. STEINER, H. (1982). Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes im Apfelanbau Baden-Württembergs (SW-Deutschland). In: PH. GRAFFIN (Ed.), *Integrated crop protection. Proceedings Valence/France 1980*, Rotterdam: Balkema, 163-166

COMPUTER NETWORKS IN INTEGRATED CONTROL

G. BRIOLINI  
Istituto di Entomologia "G. Grandi"  
University of Bologna, Italy

Summary

Computer networks have several applications in integrated plant protection. First, they can be used to check that the rules are correctly applied and to give us statistical information about the integrated control programme. Another rather obvious use is for mathematical modelling. Connected with the mathematical models is the use of computers to collect and analyze meteorological data. Data bases on the pesticides are also useful. A number of other applications is discussed. The actual characteristics of the network will depend on the specific organization of the integrated plant protection programme: some technical details are briefly examined. There seem to be several reasons for using computer networks, rather than big computers with terminals. One of these is low cost, but it is not the only one; flexibility of application can be even more important. Finally, as we in Europe are just beginning to use computer networks in plant protection, a standardization of the communication protocols, of the technical details of the data bases, etc., is still possible. It is advisable that the IOEC/WPRS working group for integrated control in orchards or some other international scientific organization take care of this problem, while still possible. Tomorrow may be too late.

1. Introduction

A well-known principle of the integrated production technique is the use of every available method to obtain a top-quality product. Even if we limit our interests to the plant protection problems - as in integrated control - the same principle is still of paramount importance.

The practical implementation of integrated control programmes in orchards (Whalon and Craft, 1984) began almost at the same time as the development of the first mathematical models that could be practically applied in pest control (Getz and Gutierrez, 1982). Quite naturally IPM programmes gradually incorporated some EDF (Electronic Data Processing) and systems analysis, at first in the United States. This is how computers and integrated control met themselves. In Europe, where the integration of different research fields was less common (with

some exceptions, e.g. in the Netherlands; see Minks and Gruys, 1980) people involved in integrated control seldom used the systems approach to pest management.

## 2. Computers in integrated production

Even if we do not use any mathematical models in our integrated plant protection programmes, sooner or later we will have to face the use of some EDP. Indeed, small programmes are often too costly, if compared to the traditional techniques; even if their budget is flourishing, we always hope that the integrated techniques will become as widely diffused as possible. In our experience (Briolini, 1982) as soon as the number of the involved farms is more than 100-200, some electronic data processing becomes advisable. If a centralized control of what happens is lacking, every extension officer will apply his personal conceptions. In Italy, we found 1:2 differences in the number of the chemical treatments, in similar environments (Briolini, unpublished data). On the other hand, a manual control has prohibitive costs, when applied to thousands of farms.

Computers can help us very much in the development and the management of integrated plant protection programmes. Here is a list of examples, although far from complete.

- Research: statistical treatment of data, development and validation of mathematical models.
- Simulation and simulation games (training).
- Practical use of the mathematical models, forecasting, advice on protection measures.
- Data base management (biological, meteorological, economical data, information about pesticides, etc.; see Brown et Al., 1980).
- Automatic production of reports, summaries, graphs and maps (Croft et Al., 1976)
- Optimization of resources use (sampling scheduling, traveling routes; see Croft et Al., 1979).
- Instrument control applications (e.g. automated meteorological stations; see Haynes et Al., 1973).

More specifically, a computer network can give us some further advantages, namely:

- Data input is always a major problem, in terms of time spent in actually entering the data, delay between scouting and availability (turn-around time) and input error rate (Brown et Al., 1980). A network can dramatically reduce both the delays and the error rates, as every supervisor or extension agent will have to input only a limited amount of data.
- The output (reports, summaries, forecasting, operating advice) will also be speeded up. "Electronic mail" techniques may be very useful.
- Environmental monitoring and biological monitoring (sex traps) can be directly connected to the system, thus again speeding up the process and reducing the errors.

Computer networks are even more useful in integrated production programmes. Besides the listed performances, which are quite general or concern just plant protection, a lot of other features can be obtained, such as information about every agricultural practice, from fertilization and pruning to irrigation and book-keeping. Though such a highly integrated system is still far from feasible in most European countries, it should be considered as a final achievement. Our systems should be designed with that aim in mind. For example, in Italy a computer network-based integrated production programme could provide a remedy for the severe lack of a public extension service and rescue plant protection from the hands of the chemical companies or other economically interested organizations.

### 3. Implementation of computer aided IPM: some remarks

In the United States, the development of computer-based IPM began more than ten years ago (Croft et Al., 1979; Getz and Gutierrez, 1982; Welch, 1984). A well known example is the PMEX system, developed at Michigan State University (Croft et Al., 1976; Gage et Al., 1982; Croft and Knight, 1983). PMEX, or Pest Management Executive System, accesses the thermal sums observed in 61 weather stations, a scheduling system (BIOSCHED) based both on biological data files and on a pest event estimator using curve-fitting techniques (PETE) and after some processing outputs, by request of the extension officers, phenological and weather tables, pest alert tables, phenological maps etc. PMEX has the advantage of being extensible to crop and resource management as well. On the other hand, in the authoritative opinion of Croft et Al. (1979), it is a centralized system, based on a single computer, larger than needed; that involves a reduced reliability and availability, as well as very high communication costs. Today a hierarchically-distributed system would probably be more suitable.

In Europe, it would be difficult (though advisable) to set up a single common programme. In fact, almost every country has developed local programmes of integrated production/protection, which vary according to the different local conditions. Nevertheless, we should at least use compatible systems. The most desirable feature would be a software compatibility, however difficult to achieve; at least, it should be possible for every system to have access to the data bases of any other system. Again, a hierarchically-distributed system, with a European central processing unit, national processors and peripheral devices, would be the optimum. Even the software could be hierarchically organized (Croft et Al., 1979), with several advantages.

### 4. Technical aspects: data transmission

Computer specialists will all be familiar with the object of the following discussion, but not every biologist will necessarily have a sound knowledge of the technical details of

computerized data transmission. Therefore, an elementary review of the basic principles may be useful for most people concerned with plant protection programmes. More details can be found in the technical literature; in Italy, Glucksmann (1982) and Saccardi (1983) give easy-to-understand reviews of data transmission and computer communication.

Information can be exchanged between computers by several physical means, from copper wires to satellite links. Here we will take into consideration the only practical way for our purposes, i.e. the use of telephone lines. The first choice is between public (switched) lines and private (dedicated) lines. Private lines are far more costly, but permit a much higher transmission speed. Their use is justified only if the amount of data to be exchanged is so big that the cost of a phone call is comparable with the cost of a private line. In most plant protection networks, a switched line will be the most convenient solution.

The frequency of the signals that can be sent along a phone line has well-defined limits. It should be between 300 and 3400 Hz; any component beyond these limits will be cut off by the channel filters. Therefore, the binary information we want to send has to be converted into acoustic signals and these have to be converted back to logic signals at the other end of the line: this task is performed by acoustic couplers (acoustically connected to the microphone and earpiece of the telephone set) or by modems, electrically connected to the phone line. A useful feature of the modem can be the auto-dialling capacity; otherwise, autodiallers can be added as separate units. In any case, the system will be able to call any other unit automatically. The advantages will be savings in operator's time, in telephone costs (e.g. calling during the night) and in main unit complexity (optimizing the access times).

The transmission speed is usually measured in Baud (Bits per second; one character is usually 7 or 8 bits). The Baud rates actually available are 300 and 600 (for time sharing and data entry applications), 1200 and 2400 (for file transmission on switched lines or multipoint connections on dedicated lines); Baud rates over 2400 are usable only on dedicated lines. To give a practical example, at 300 Baud 80 characters (one line) will be sent in slightly more than two seconds. Sending a full page (56 lines) will take about 2 minutes. Not a very exciting speed, but if the amount of information that has to be exchanged is contained within 2 pages, the times and costs involved will be reasonably low; this is the case in most plant protection networks.

Once the hardware details have been defined, we still need to fix a "transmission protocol" before we can actually exchange information between computers. In other words, we have to define some signals (or "control characters": characters which are not printed and which carry information to the computer, rather than to the user), like start and end of text, etc. Very important features of the protocol are the error recovery procedures. Phone lines, and especially switched lines, are affected by a high level of noise (unwanted signals). Unless we take precautions, the received text will differ to a certain extent from the transmitted text. Although the error rate

cannot be reduced to zero, it can be lowered to a fairly tolerable level. The price to pay is a reduced transmission speed: more and more reduced as the line noise increases and as the tolerable error rate decreases.

Usually, two kinds of transmission protocols are defined: BCP (Byte Control Protocols) and BOP (Bit Oriented Protocols). We will not discuss them in depth, as such a discussion would be far beyond the scope of this paper. However, as far as the error recovery techniques are concerned, it can be useful to know that BCPs use a "send-and-wait" procedure: i.e. after each message the transmitting device waits for a receiver's acknowledge, before sending a new one. The bad messages will be repeated until a positive acknowledge. Depending on the line noise, this technique can reduce the speed to 30-50% of the nominal.

With BOPs the messages are continuously sent, without waiting for the acknowledge. The receiver asks for a new transmission of the wrong messages, that will be sent again. This procedure results in an appreciably higher speed.

### 5. Technical aspects: computers

Every kind of data-crunching devices have been used in integrated control programmes: mainframe computers, minicomputers, microcomputers and portable terminals. Even programmes for pocket programmable calculators are available (Croft et Al., 1979). However, it must be clear that the above-mentioned terminology is not at all well-defined. The physical dimensions and the cost determine the allotment to one or another class. In fact, we can state that big computers are hardly needed in IFM programmes or, better, that they can be used when already available; minis are used as central processing and storing units, micros (personal or desktop computers) can be used as peripheral units; portable terminals could be useful in the field, as they eliminate the need for written notes, that subsequently have to be typed at the terminal, but their cost still prevents a wider use (Brown et Al., 1980; Welch, 1984).

As for the peripheral devices, micros have come into common use, instead of terminals. The availability of local intelligence and storage capability cuts down the phone costs and eliminates many bottlenecks caused by overcrowding and functionality of the central unit.

The prices of personal computers are now really very low. While saving money is always a good idea, it must be kept in mind that even in small systems the cost of the computer itself is rather low, compared to that of the peripherals. Therefore, saving too much on the price of the computer is not always a wise decision. In the present situation and in the writer's opinion, a suitable peripheral device should have the following minimum requirements.

- Memory: 64 KByte;
- Display: 24 lines of 80 characters;
- Operating system: CP/M or MS/DOS;
- Interfaces: serial (RS-232) and parallel (Input-Output).

A wide availability of reliable software and a good and quick maintenance service must also be considered. A lot of low-cost units on the market meet these requirements and the strong competition makes them all very similar to each other.

One aspect that requires careful evaluation is the possibility of directly measuring some meteo-climatic parameters. Temperature, rainfall, presence of water, relative humidity, solar radiation can be measured with simple and generally cheap transducers, (Doraswamy, 1982) then converted into usual units and processed. Virtually any computer or microprocessor system can do the job, with the help of an analog to digital converter and a multiplexer. Three different methods could be followed:

1. using a single device (personal computer) to input the biological data, communicate with the main computer, output the results and read and process the meteo-climatic data;
2. using a second (possibly simpler and cheaper) personal computer to measure and store the meteo-climatic parameters;
3. using a simple microprocessor system to do the same job.

The first choice has the advantage of a low price; on the other hand, it involves software complications, such as reading the meteo data with machine-language routines, called by interrupt at fixed intervals. The routines would be machine-dependant and would have to be rewritten for each computer model. The choice between the second and the third alternative can only be made on the basis of marketing considerations. Briefly, using a PC the hardware is more costly, but the software and development costs will be much lower; the opposite is true using a microprocessor system. If the number of the units to be sold is high enough, the development and software costs (fixed costs) will not heavily affect the final price. A further drawback of a microprocessor system is that any change in the software will be far more difficult and time-consuming than with a PC.

Finally, the sex traps, widely used for monitoring purposes, can probably be connected to such systems, thus eliminating the need for continuous inspection. In Italy, we are developing suitable devices.

#### 6. Final, utopian remarks

Though in the United States computer networks are rather widely used in IPM programmes, in Europe we are just at the beginning. Much research and economic effort can be saved if we are able to achieve a standardization of our hardware and software tools, as well as a co-ordinate division of the work. Fringe is a valuable sentiment, but not in this case. What should we do to optimize our effort? For example, the following.

1. Define a typical implementation: more or less complicated IPM programmes have different hardware requirements.
2. Standardize the communication protocols. This will permit an exchange of software and data between different institutions and different countries. If we don't do so immediatly, even-

rgone will develop his own standard; common procedures will become difficult or even impossible to define.

3. Develop general-purpose, user-friendly, structured software. The machine-dependant functions, such as graphics and mass-storage operations can be written as subroutines, which only have to be changed for different computer models.

4. Simply use, or adapt as far as possible, the available software. A survey of the available software could save us much time waste and avoid us a lot of difficulties.

5. Define our requirements in terms of meteor-climatic parameters and develop a cheap unit that can be interfaced to different personal computers. If faced at the European level, the task could be profitable.

Much more could be said, but here I want to emphasize once again that this is the right moment to co-ordinate our work. At the beginning of integrated control in Europe, a strong ideological involvement generated a lot of valuable common scientific work. Will we be able to repeat that performance again? I hope so.

#### REFERENCES

1. BRIOLINI, G. (1982). Supervised pest control in the apple orchards of Emilia-Romagna and automatic data management test. In GRAFFIN, PH. (Ed.) Integrated crop protection. Balkema, Rotterdam: 99-101.
2. BROWN, G.C., LUTGARDO, A.R. and GAGE, S.H. (1980). Data base management systems in IPM programs. Environ. Entomol., 9: 475-482.
3. CROFT, B.A. and KNIGHT, A.L. (1983). Evaluation of the PETE phenology modeling system for integrated pest management of deciduous tree fruit species. Bull. Entomol. Soc. Am., 29: 37-42.
4. CROFT, B.A., HOWES, J.L. and WELCH, S.M. (1976). A computer-based pest management delivery system. Environ. Entomol., 5: 20-34.
5. CROFT, B.A., WELCH, S.M., MILLER, D.J. and MARINO, M.L. (1979). Developments in computer-based IPM extension delivery and biological monitoring system design. In: Pest management programs for deciduous tree fruits and nuts. Plenum, New York: 223-249.
6. DORAISHAMY, P.C. (1982). Instrumentation and techniques for microclimate measurements. In: HATFIELD, J.L. and THOMASON, I.J. (Ed.) Biometeorology in integrated pest management. Academic Press, New York: 43-63.
7. GAGE, S.H., WHALON, M.E. and MILLER, D.J. (1982). Pest event scheduling system for biological monitoring and pest management. Environ. Entomol., 11: 1127-1133.
8. GETZ, B.M. and GUTIERREZ, A.P. (1982). A perspective on systems analysis in crop production and insect pest management. Ann. Rev. Entomol., 27: 447-466.
9. GLUCKSMANN, R. (1982). Telematica. Jackson, Milano: 273 pp.
10. HAYNES, D.L., BRANDENBURG, R.K. and FISHER, P.D. (1973). Environmental monitoring network for pest management systems. Environ. Entomol., 2: 887-899.



11. MINKS, A.K. and GRUYS, P. (Ed.) (1980). Integrated control of insect pests in the Netherlands. Pudoc, Wageningen: 304 pp.
12. SACCARDI, G. (1983). Trasmissione dati. Jackson, Milano: 299 pp.
13. WELCH, S.M. (1984). Developments in computer-based IPM extension delivery systems. Ann. Rev. Entomol., 29: 359-381.
14. WHALON, M.E. and CROFT, B.A. (1984). Apple IPM implementation in North America. Ann. Rev. Entomol., 29: 425-470

RESUMELES RESEAUX D'ORDINATEURS ELECTRONIQUES DANS LA LUTTE INTEGREE

Les réseaux d'ordinateurs ont plusieurs applications dans la protection intégrée des cultures. En premier lieu, on peut les utiliser aussi bien pour contrôler que les principes sont appliqués correctement, aussi bien que pour obtenir des informations statistiques sur la réalisation du programme. Un emploi très bien connu est celui des modèles mathématiques, qui en général comporte aussi la récolte et l'analyse de données météorologiques. Les banques de données sur les pesticides sont aussi très utiles. On discute également un certain nombre d'autres applications. Les caractéristiques particulières du réseau sont fonction de l'organisation spécifique du programme de protection intégrée: quelques détails techniques sont examinés et discutés. Il y a plusieurs raisons qui militent en faveur de l'adoption de réseaux d'ordinateurs, plutôt que des grands ordinateurs centralisés, avec terminaux. Une raison en est le coût plus bas, mais surtout une plus grande flexibilité d'emploi. Enfin, étant donné qu'en Europe l'emploi de l'ordinateur électronique dans la protection des cultures fait ses premiers pas, une unification des protocoles de communication, des détails techniques des banques de données, etc., est encore possible. On souhaite que le groupe de travail "Lutte intégrée en vergers" de l'OILB ou quelque autre organisation scientifique internationale se charge de cette tâche, tandis qu'il en est encore temps. Demain il sera peut-être trop tard.

PEST FORECASTING IN APPLE ORCHARDS.

P.J.M.MOLS.

Department of Entomology, the Agricultural University, Binnenhaven 7, 6700 EH Wageningen, the Netherlands.

Abstract.

Accurate timing of sampling and pesticide application requires knowledge of the phenology of the pest concerned. Information on the phenology can be obtained by laboratory research on breaking of diapause, development thresholds and rates in relation to temperatures.

When this information is compiled into a simulation model it provides a powerful technique for predicting when a susceptible stage is present in the field. The models may vary from simple temperature sums, where only linear relationships are involved, to sophisticated population models which mostly go far beyond the requirements and the practical needs of the fruit grower and may only be of academic interest.

Monitoring flight, or early field sampling to establish the age structure may be needed as a "biofix" to tune up the model and for checking the validity of the model from year to year.

Implementation of these models on micro computers in a user-friendly way will bring these techniques within the reach of fruit growers. When such a system is offered in conjunction with a complete protection and management system it will be of great advantage and usefulness to growers.

Introduction.

Referring to forecasting three simple questions have to be answered:

Why forecasting ? What to be forecasted ? How to forecast it?

If a fruit grower, or any other farmer, could predict future crop growth, pest and disease attacks and market prices etc. he would make sound decisions for the management of his farm.

Whilst a direct view into the future is hardly possible he can only rely on his own experience and knowledge and on his advising extension officers for information and advice about the characteristics of his farm i.e. soil conditions, type of crop, pests and diseases and the weather conditions

With this knowledge forecasts within limits of probability can be made using historical and prevailing events.

Forecasting of pests and diseases optimises control and reduces the risks of damage, labour costs and pesticides.

Objectives for forecasting.

For forecasting the main determinants are the biology of the noxious organism, the weather (both before and during the period of the potential epidemic) and the crop itself, including growth potential and its ecological environment (Hull and Dunning, 1980). In apple growing one has to deal with many noxious organisms which occur in the trees or in the neighbouring herbage almost throughout the year.

Thus there are no host-free periods in contrast to annual cropping. This implies that infections may originate both from internal and from external sources.

This means that the environment of the orchard may play an important role in the type of pests and diseases that occur and the severity of their attacks. Local differences also occur in weather and soil conditions and in the apple varieties planted. Therefore field specificity must be incorporated in the crop protection system of the orchard. In this way an appropriate forecasting system may form a cornerstone of sound management.

The relevance of a specific pest insect for the development of a forecasting model depends on certain characteristics of the species. For instance the type of injury ( injury directly to the fruit or only to the leaves) or the behaviour ( leaf rolling, webbing, boring etc.). It also depends on the economic thresholds, the labour costs to estimate the numbers of the pest in the field and the control methods used, since the type of insecticide determines the level of accuracy for the timing of a spray application.

How to forecast.

Forecasting of a biological event can be based on the recognition of a regular occurrence as well as on the underlying relations causing it. In the latter case these relations explain the regularity.

For practical use it is often irrelevant whether the forecast is based on such explanatory relations or on straight forward correlations. The most important requirement is reliability.

#### Types of forecasting.

Two principal types of forecasting may be distinguished:

A) Phenological forecasting and B) Population forecasting. The first type is not concerned with the absolute numbers of a pest but only with its relative occurrence. The time of the presence of the different stages throughout the year is the subject of the forecast. This type of forecasting is very useful for determining the right time for sampling and for spray application of a susceptible stage of the pest and also in optimisation procedures for pest complexes.

Phenological forecasting is sufficient alone when the threshold of a pest species is very low (i.e. primary damage), and may greatly reduce sampling labour.

Population forecasting deals with the changes in the population size throughout the season or over the years. This type of forecasting is valuable when pest species which can be tolerated in higher numbers ( i.e. secondary damagers) are involved. It may be used to predict when the economic threshold is exceeded.

Phenological forecasting.

Stating that a biological event will happen every year around a specific date is the most simple forecasting method used in fruitgrowing. In some cases this method is accurate enough but it may lead to wrong decisions.

An example is the appearance of the green capsid bug *Lygocoris pabulinus* L. The eggs of this species overwinter under the bark of young shoots and hatch every year in the Netherlands around a specific date with a standard deviation of approx. one week (table 1.) measured over a period of 10 years

Table 1. The first capture dates of L1 larvae of *Lygocoris pabulinus* L. in the field for different regions in the Netherlands, observed over a period of 10 years (1975-1984). (Information extracted from the phenological leaflets of the Plantenziektenkundige Dienst Wageningen).

Region	Texel	N-Holland	Polders	Betuwe	Zeeland
Day number	135	129	126	115	115
sd	4	6	8	8	8
range	129-138	119-135	112-133	106-129	105-134

In the North the *eggs* hatch later in comparison to the Central and the Southern region but the deviation remains almost the same for all places. Although the deviation over the years seems rather small it is not accurate enough for forecasting as the susceptible stage of the apple to damage is also very short. The coincidence of larval appearance and the susceptible apple growth stage (7-10 mm. fruitlet diameter) has to be predicted accurately to avoid damage. If the forecast deviates from the real appearance by a week the damage may be done already, or a spray may have been applied too early.

The method of forecasting most used is combining biological events of the pests with the phenological development of specific varieties of apple. The time-temperature relationship of the development of the pest is then in tune with that of the apple. The phenological table for apple of Fleckinger is a useful tool for this. The symphenological relationship between a pest and a specific herb, bush or tree species may also be an easy method for forecasting a phenomenon. Unruh (1974) observed that in spring fruit tree red spider mite *eggs* begin to hatch when a certain variety of morello cherry is flowering.

Indirect methods make use of the relationship between the temperature and the development rate of the pest. Temperature is the meteorological parameter most commonly used in pest forecasting schemes. This is because temperature is easy to measure and it exerts a dominant influence on the development of poikilothermic organisms. A number of empirical solutions have been developed for modelling insect development ranging from simple models based on the accumulation of "heat units" or "effective temperatures" above a predetermined threshold i.e. the Blunck-Bodenheimer formula (Blunck, 1914, 1923; Bodenheimer, 1925) to more complex models which require the use of a computer.

Both linear and non linear equations have been used to describe the relationship between temperature and the rate of development. The linear method assumes that the rate of development is proportional to the heat input above a predetermined base.

$$r = a + bT$$

r = the rate of development.

T = the temperature.

a = -(development threshold / temperature sum)

b = the reciprocal of the temperature sum needed for the complete development of a stage (1/temperature sum)

However, most of the relations are less linear around the development threshold and level off at the higher temperatures. Here non-linear equations often fit the data better (Davidson, 1944; Stinner et. al., 1974). A logistic equation may then be used.

$$r = K/(1+\exp(a-bT))$$

K= maximum rate of development.  
a and b are constants.

The development of codling moth larvae has been described in this way ( Sokolowsky, 1979). The post diapause development of winter moth eggs can be described also by a logistic curve (Embree, 1970).The disadvantage of this model is that it is symmetric about an optimum which is often unrealistic and that the development rate does not decline after reaching its maximum. For this reason Logan et al.(1976) derived a deductive non-linear equation to estimate development rates. They have separated the relationship between temperature and development rate in two phases. Phase I, characterized by a monotone increasing slope, is used to describe behaviour from a base up to the optimum temperature. Phase II occurs once the optimum temperature has been exceeded and is characterized by a precipitous decline in rate until the lethal maximum temperature is reached.

$$r=y[\exp(pT)-\exp(pT_m-t)]$$

y=the development rate at the base temperature above the development threshold.

T=temperature.

T<sub>m</sub>=maximum temperature.

p=rate of increase up to the optimum temperature.

t=(T<sub>m</sub>-T)/dT.

This equation shows a decrease in the development rate when the temperature exceeds the value of the maximum development rate. To account for the sigmoid relation often found in phase I the formula is transformed into:

$$r = a[(1+K\exp(-pT))^{-1} - \exp(-t)]$$

a, k and p are constants to be estimated with help of a computer.

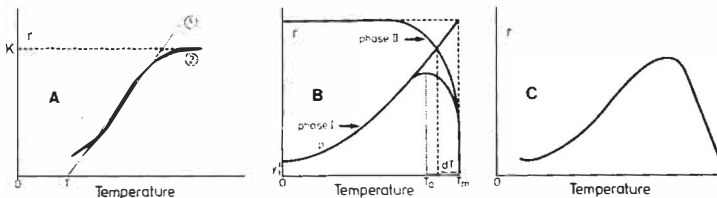


Fig.1 Models for the developmental rate as a function of temperature, A(1) linear, A(2) logistic, B Logan curve (Logan et al.1976), C polynomial.

The most generalised equation of the temperature development rate relationship is a polynomial (Harcourt and Yee, 1982). Since insect development rates follow the logistic curve, which is relatively straight along its central portion and curves at its extremes, a polynomial of the third order is implied.

$$r = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$$

The advantages of using a polynomial are: Firstly, parameters are easy to estimate with a hand calculator. Secondly, if desired a confidence interval can be determined for each parameter, since multiple linear regression uses a linear least squares fit. Thirdly, the fit of the polynomial can be readily improved by the addition of higher order terms. Fourthly, the polynomial is not necessarily symmetrical about an optimum like the logistic equation.

Distribution processes.

To take into account the flow of the individual insects from one development stage to the next, distributed-delay processes are used. In most models, the relationship of the variance to the average duration of the development is used to mimic the distribution. (Manetsch, 1976, de Wit & Goudriaan, 1976)

Population models.

The progression from simple phenology forecasting models to complete population-density models may be viewed simply as a series of improvements in the faculties of the time-distribution processes. Factors like reproduction, mortality, predatory-prey or parasite-host relationships may be incorporated. These make the models so specific sometimes that they can only be used for special purposes, thus lacking generality. They may be very useful in elucidating processes and interactions and for showing the way ahead for further research (Brown et al. 1978; Rabbinge, 1976, Sabelis, 1982;). But integration into a pest management system is often far beyond the scope of these models and their designers. If intended, they may be useful for predicting when the economic threshold is exceeded in certain weather conditions and in the presence of predators and parasites.

Ratios of numbers of predators or parasites to prey to prevent outbreaks of a pest may be calculated. This information may serve as a guideline for sampling procedures.

Both linear and curvilinear models have proven accurate in phenological forecasting, especially models which employ observations on one active growth stage to predict some future growth stage. For instance the calculation of embryonic development of the eggs of *Adoxophyes orana* (Minks & de Jong, 1975; de Jong, 1980) following the beginning of the first flight. The same procedure has been carried out with codling moth (Riedl et al. 1976) and gives appropriate estimates.

Models starting from the break of dormancy have been developed for *A. orana*. Fluckiger and Benz (1982) developed a population model for the summer fruit tortrix. For analysis of the flight phenology this population model is simplified by Baumgaertner and Charmillot (1983).

The model of Fluckiger and Benz is also used as a starting point of a model to time the application of the growth regulator fenoxicarb against the last larval stage of *A. orana* (de Reede, 1985). A similar model has been also constructed for *Pandemis heperana*.

In the Netherlands fenological models which are still in the process of development and implementation include Winter moth (*Operophtera brumata*), the leaf roller *Archips rosana*, the clouded drab moth (*Orthosia incerta*) and the green capsid bug (*Lygocoris pabulinus*).

#### Problems in forecasting.

There are also some problems which inhibit the general use of these models, which are difficult to solve without further research as discussed below.

#### Starting date.

Many models of potential value lack information about the beginning of development after dormancy. Thus, it is common practice to select arbitrary dates, often 1 January, February or March, on which to start the development model. If 1 of March is used for instance, the justification is that development before is negligible. A biological basis is seldom cited but it is clear that this is only correct when the development threshold remains above the maximum temperatures before the chosen date so that development does not start before the calculations are begun.

An example may be found in the hatch of winter moth eggs in the spring as observed in the Netherlands over a period of 11 years table 2. According to Embree (1970) the 50 % point of egg hatch occurs at 162 day degrees above a base temperature of 4 degrees. Generally this corresponds with the first observations of growers and advisors. Nevertheless in some years great deviations have been found both in day and day degrees. These may be caused by the starting date (first of January).

Table 2. The hatch of winter moth eggs in the Netherlands over a period of 11 years. A comparison of first observations and calculations with day-degrees (162 above a base of 4 oC.) expressed in day numbers.

Year	daynumber observation	daynumber calculation	Difference in days	difference in day-degrees
1974	85	84	-1	-8
1975	92	84	-7	-4
1976	97	93	-4	-15
1977	79	78	-1	-5
1978	93	108	+15	+26
1979	110	115	+5	+21
1980	102	105	+3	+23
1981	89	88	-1	-9
1982	93	95	+2	+14
1983	100	93	-7	-24
1984	110	113	+3	+19

Unless the conditions for maintaining and breaking of diapause are better understood and expressed quantitatively in duration of cooling period, daylength etc. (Tauber & Tauber, 1976) little progression can be expected. Until then starting dates after dormancy will have to be chosen by trial and error.

Mistakes in the choice of starting date, though perhaps unavoidable, may be a major source of error in current models. This error cannot be corrected by precise calculations of the development (Pruess, 1983).



Some of the problems are solved by using a so called "biofix" derived by monitoring (Glen and Brain, 1982). Field sampling to estimate age and composition of active stages after breaking of dormancy, or the beginning of a flight is then used to initiate the model, this may be hazardous, especially at low population densities.

#### Development thresholds.

The accuracy of development thresholds depends on the laboratory experiments and the equipment used.

It is often observed that the mortality of the animals is very high at constant temperature conditions around the threshold (Ankersmit et. al., 1976). How are these results to be interpreted? Are deviations from linearity around the threshold real or artificial? In laboratory experiments at constant temperatures around the threshold selective processes may be involved which give a biased idea of the real relationship which occurs in the field where temperatures are fluctuating.

#### Microclimatological conditions.

Microclimatological conditions in the field may deviate significantly from the temperatures measured nearby in a Stevenson screen.

The temperature in the soil depends on the depth. The effect of irradiation on the soil surface, on bark or in a rolled up leaf, may be such that the maximum temperature is greater by several degrees. Forecasting must take this into account for insect pests with a growth stage that occurs in such places. A great deal of information is lacking (Baker, 1980).

An example is the egg hatch of the leafroller *Archips rosana*. Using the linear relationship between temperature and development rate in the laboratory for the prediction of the field situation leads to erroneous results. Due to irradiation the eggs on the bark of the trunk may hatch more than two weeks before the calculated date.

Another example is the emergence of pupae of *Orthosia* species. Pupae hibernate near the surface of the soil and therefore receive a much higher heat input from irradiation. The depth of hibernation may be an important parameter in a forecasting model.

#### Local climatological conditions.

Climatological conditions may differ from orchard to orchard and may be affected by geographical features such as rivers, mountains, valleys, as well as soil type, elevation etc., which makes the use of regional temperature observations doubtful unless corrections can be made for the orchard concerned.

If local information on weather conditions is not available the farmer has to rely on his own observations. Small weather stations which are easy to use would be of enormous help.

#### Weather forecasting.

A good forecast depends on predicting local weather. The accuracy of weather forecasting determines the accuracy of the prediction of the phenology. Within certain limits of probability it is possible to extrapolate temperatures into the future.

#### Integration of a forecast system into a management system.

The use of forecasting models for fruit pests in Europe is mostly at the research stage, but shows promise for implementation in practice in the near future.

In the USA the Predictive Extension Timing Estimator (PETE) model, predicting the development of a fruit-tree pest complex and selected vegetable pest, was developed and implemented in 1975 (Whalon and Croft, 1984; Briolini in this symposium). It has been adopted by many states and is adapted to the local situations. Scouts send their sampling results to a central computer and get forecasts in return and use them for advising farmers.

In Europe only the EPIPPE system for cereals is comparable, although their approach is different (Rabbinge, R and F.H.Rijsdijk, 1983).

Forecasting models have to be integrated into a management system that covers the whole practice of fruit growing. Pest and disease models must be combined with economic and horticultural decision models. Then forecasting of pests will achieve full advantage for the fruit grower.

With the increasing availability of powerful, inexpensive microcomputers the need for user friendly interactive IPM computer programs will also increase. Together with videotext services they will inform the farmer about the situation in the region so that he can make correct decisions.

#### Literature.

1. Ankersmit, G.W., B.C. van der Pol and J.K. Water, 1976. Temperature and mortality in the eggs of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera, Tortricidae). *Neth. J. Pl. Path.* 82:173-180.
2. Baker, R.C.B., 1980. Some problems in using meteorological data to forecast the timing of insect life cycles. *EPPO Bull.* 10(2):83-91.
3. Baumgaertner, J. and P.J. Charmillot, 1983. An analysis of the summerfruit tortrix (*Adoxophyes orana* F.V.R.) flight phenology. *Z. Angew. Ent.* 95: 405-413.
4. Blunck, H., 1914. Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. *Z. Wiss. Zool.* 111:76-151
5. —, 1923. Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. II Teil. Die Metamorphose (B. Das Larven- und das Puppenleben). *Z. Wiss. Zool.* 121: 171-391.
6. Bodenheimer, F.S., 1925. On predicting the development cycles of insects. 1. *Ceratitis capitata* Wied. *Bull. Soc. ent. Egypte* 1924 (2-4): 149-157.
7. Brown, G.C., A.A. Berryman, and T.P. Bogyo, 1978. Simulating codling moth population dynamics: model development, validation, and sensitivity. *Environ. Entomol.* 7:219-227.
8. Davidson, J., 1944. On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. *J. Animal. Ecol.* 13:26-38.
9. Embree, D.G., 1970. The diurnal and seasonal pattern of hatching of winter moth eggs, *Operophtera brumata*. *Can. Ent.* 102: 759-768.
10. Fluckiger, C.R. and G. Benz, 1982. A temperature-driven model to simulate the population development of the summerfruit tortrix, *Adoxophyes orana*. *Ent. exp. & appl.* 32:161-172.
11. Glen, D.M. and P. Brain, 1982. Pheromone-trap catch in relation to the phenology of codling moth (*Cydia pomonella*). *Ann. appl. Biol.* 101:429-440.
12. Harcourt, D.G. and J.M. Yee, 1982. Polynomial Algorithm for Predicting the Duration of Insect Life Stages. *Environ. Entomol.* 11:581-584.
13. Hull, R. and R.A. Dunning, 1980. Problems of Estimating the Need for and Timing of Control Measures Against Pests and Diseases of Crops. *EPPO Bull.* 10(2):3-9

14. Jong, D.J. de, 1980. Monitoring Techniques, Forecasting Systems and Extension Problems in Relation to the Summer Fruit Tortricid *Adoxophyes orana* (F.v.R.). EPPO Bull. 10(2): 213-221.
15. Logan, J.A., D.J. Wcllkind, S.C. Hoyt, and L.K. Tanogoshi, 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. Environ. Entomol. 5:1133-1140.
16. Manetsch, T.J., 1976. Time-varying distributed delays and their use in aggregative models of large systems. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. SMC-6(8), 547-553.
17. Minks, A.K. and D.J. de Jong, 1975. Determination of spraying dates for *Adoxophyes orana* by sex pheromone traps and temperature recordings. J. econ. Ent. 68:729-732.
18. Pruess, K.R., 1983. Day-degree methods for pest management. Environ. Entomol. vol 12, no 3:613-619.
19. Rabbinge, R., 1976. Biological control of fruit-tree red spider mite. PUDOC. Wageningen, the Netherlands. 234 p.
20. Rabbinge, R. and F.H. Rijsdijk, 1983. EPIPPE: a disease and pest management system for Winter wheat, taking in account of micrometeorological factors. EPPO bull. 13(2):297-305.
21. Reede, R.H. de, 1985. Integrated pest management in apple orchards in the Netherlands: a solution for selective control of tortricids. Ph.D. thesis. Pudoc, Wageningen, the Netherlands. 105 p.
22. Riedl, H., 1983. Analysis of codling moth phenology in relation to latitude, climate and food availability. In Brown, V.K. and Hodek, I. (eds) Diapause and life cycle strategies in insects. Dr. W. Junk Pulpublishers, The Hague/Boston/London. 233-252.
23. Riedl, H., and B.A. Croft, 1978. The effect of photoperiod and effective temperature on the seasonal phenology of the codling moth in the northeastern United States. Can. Ent. 110:455-470.
24. Riedl, H., B.A. Croft, and A.J. Howitt, 1976. Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. Can. Ent. 108:449-460.
25. Sabelis, M.W., 1981. Biological control of two-spotted spider mite using phytoseiid predators. Part I, Modelling the predator-prey interaction at the individual level. Agricultural research reports 910. PUDOC, Wageningen.
26. Sokolowski, R., T. Badowska-Czubic and Z.W. Suski., 1978. Effect of temperature on the embryonic development of the Codling moth - *Laspeyresia pomonella* L. (Lep., Tortricidae). Pol. Pismo Entomol. Tom 48:273-244.
27. Stinner, R.F., A.P. Gutierrez, G.D. Butter, 1974. An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. Can. Ent., 106:519-524.
28. Tauber M. J. and C.A. Tauber, 1976. Insect seasonality: diapause maintenance, termination, and post-diapause development. Ann. Rev. Entom. 21:81-107.
29. Unruh, M., 1974. Anleitung fur die Beobachter des Pflanzenschutz-Warndienstes, Bonn-Pad Codesberg.
30. Welch, S.M., B.A. Croft, J.F. Brunner, and M.F. Michels, 1978. PETE: An extension phenology modelling system for management of multi-species pest complex. Environ. Ent. 7:487-494.
31. Whalon M.E. and B.A. Croft, 1984. Apple IPM implementation in North America. Ann. Rev. Entomol. 29: 435-70.
32. Wit C.T. de and J. Goudriaan, 1978. Simulation of ecological processes. PUDOC, Wageningen, the Netherlands. 175 p.

PREVISION DE PESTES EN VERGERS DE POMMIERS.Résumé.

La détermination du moment opportun pour la prise d'échantillons et pour l'application de pesticides requiert une connaissance de la phénologie de l'insecte nuisible concerné. L'information sur la phénologie peut être obtenue par des recherches en laboratoire sur la rupture de diapause, les seuils et les taux de développement en fonction de la température.

Cette information est compilée dans un modèle de simulation qui fournit une technique efficace pour prévoir le moment où un stade sensible est présent sur le terrain. Les modèles peuvent varier depuis de simples sommes de température, où seules les relations linéaires sont prises en considération, jusqu'aux modèles de population sophistiqués, dépassant généralement les exigences et les besoins pratiques du producteur de fruits et qui ne peuvent être que d'intérêt académique.

Le recensement des vols et/ou le prélèvement précoce d'échantillons sur le terrain, afin d'établir la structure d'âges, peuvent être nécessaires comme "Biofix" pour la mise au point du modèle, ainsi que pour vérifier sa validité d'une année à l'autre.

La mise de ces modèles sur micro-ordinateurs, d'utilisation facile, amènera ces techniques à la portée des producteurs de fruits.

Lorsqu'un tel système sera offert conjointement à un système complet de protection et de gestion, il sera un avantage considérable et d'une grande utilité pour les producteurs.

## List of participants

Dr. Henri Audemard	INRA - Station de Zoologie Domaine St. Paul F-84140 Montfavet
Dr. M. Baillod	Station Féd. Recherches Agronomiques Changins CH-1260 Nyon
Dr. Klára Balázs	Plant Protection Institute (Hung.Ac.Sci.) P.O.B. 102 H-1525 Budapest
Dr. Werner Beicht	Landespflanzenchutzamt Essenheimerstr. 144 D-6500 Mainz-Bretzenheim
Dr. Leo Blommers	Proefboomgaard De Schuilenburg Schuilenburg 3 NL-4041 BK Kesteren
Dr. C.H.J. Booij	Instituut Planteziektenkundig Onderzoek Postbus 9060 NL-6700 GW Wageningen
Dr. Giovanni Briolini	Istituto di Entomologia "Guido Grandi" Via Filippo RE 6 I-40126 Bologna
J. de Bruin	Duphar B.V. P.O.B. 4 NL-1243 ZG 's Graveland
Dr. D.J. Butt	East Malling Research Station East Malling ME 19 6 BJ GB Maidstone Kent
Vicenzo Caffarelli	ENEA Fare.Agr. Bia. Dif. Via Anguillarese I-00100 Roma
Dr. C.A.M. Campbell	East Malling Research Station East Malling ME 19 6 BJ GB Maidstone Kent
Dr. Pierre-Joseph Charmillot	Station Féd. Recherches Agronomiques Changins CH-1260 Nyon
Dr. Ivan Ciglar	Institute for Plant Protection FPZ Simunska 25 YU-41000 Zagreb
P. Cravedi	Istituto di Entomologia Agraria-U.C. S. Cuore Via Emilia Parmense 84 I-29100 Piacenza
Jerry V. Cross	ADAS MAFF Olantigh Road Wye TN 25 5 EL GB Ashford Kent
Drs. Marcel Dicke	Dept. Animal Ecology, Agricultural Univ. Ritzema Bosweg 32A NL-6703 AZ Wageningen
Dr. Erich Dickler	Institut für Pflanzenschutz im Obstbau (BBA) Schwabenheimerstrasse D-6901 Dossenheim
Dr. Torgeir Edland	Norwegian Plant Protection Institute N-1432 Ås - NLH
Christiane Fassotte	Station de Zoologie Appliquée 8, Chemin de Liroux B-5800 Gembloux

- Dr. Peter Fischer-Colbrie Bundesanstalt für Pflanzenschutz  
Trunnerstr. 5 A-1020 Wien
- Jean Fitzgerald East Malling Research Station  
East Malling  
ME 19 6 BJ GB Maidstone Kent
- Diego Forti Romagnano 24  
I-38100 Trento
- Dr. Max L. Frischknecht c/o Dr. R. Maag AG  
CH-8157 Dielsdorf
- Dr. L.P.S. van der Geest Lab. Experimentele Entomologie UvA  
Kruislaan 302 NL-1098 SM Amsterdam
- Miodrag Grbič Poljoprivredni fakultet, Za stita bilja  
V. Vlahovica 2, YU N. Sad
- Erik W. Hansen Royal Vet. & Agric. University (Zool.Dept.)  
Bülowsvej 13 DK-1870 Copenhagen
- Herman H.M. Helsen Proefboomgaard De Schuilenburg  
Schuilenburg 3 NL-4041 BK Kesteren
- Kåre Hesjedal Ullevang Research Station  
N-5774 Lofthus
- Dr. Ivan Hrdý Czechoslovak Academy of Sciences  
Salamounka 769/6 CSSR-15000 Praha
- Dr. Jürg Huber Institut biol. Schädlingbekämpfung (BBA)  
Heinrichstr. 243 D-6100 Darmstadt
- Dr. Maria Iacob P.O.Box 1 - 713  
RSR Bucharest
- Dr. Nicolae Iacob Institut de Recherches Agriculture  
Bd. Ion Ionescu d. 1 Brod 8  
RSR Bucaresti - Beneasa
- Hanne Jakobsen Institut for Frugt og Baer  
DK-5792 Årslev
- Steffen Johnsen Royal Vet. & Agric. University (Zool.Dept.)  
Bülowsvej 13 DK-1870 Copenhagen V
- Marijke de Jong Dept. Animal Ecology, Agricultural Univ.  
Ritzema Bosweg 32A  
NL-6703 AZ Wageningen
- Erni Keller Zentralstelle f. Pflanzenschutz  
CH-8268 Mannebach-Salenstein
- Mrs. V. Langer Neff Ø Teglvaerksvej  
DK-3450 Allerød
- Søren Laursen Institute f. Plant Pathology-Zoology Dept.  
Lottenborgvej 2 DK-2800 Lyngby
- Carlo Malavolta Istituto di Entomologia "Guido Grandi"  
Via Filippo Re 6 I-40126 Bologna
- Dr. E. Mani Eidg.Forschungsanst.  
Obst-, Wein- u.Gartenbau  
CH-8820 Wädenswil

Luisa Mattedi	ESAT Via Rosmini 42 I-38100 Trento
Dr. H.G. Milaire	INRA - Station de Zoologie Route de St.Cyr F-78000 Versailles
Dr. A.K. Minks	Instituut Planteziektenkundig Onderzoek Postbus 9060 NL-6700 GW Wageningen
Dr. F. Molinari	Istituto di Entomologia Agraria-U.C. S.Cuore Via Emilia Parmense 84 I-29100 Piacenza
P.J.M. Mols	Dept. Entomology, Agricultural University Binnenhaven 7 NL-6709 PD Wageningen
R. Mulder	CAD Gewasbescherming Postbus 9102 NL-6700 HC Wageningen
Jaroslav Muška	Chelcice 22 CSSR-38772 Libejovice
Dr. Gottfried Neuffer	Landesanstalt für Pflanzenschutz Reinsburgstr. 107 D-7000 Stuttgart 1
Dr. Ulrich Neumann	Landwirtsch. Versuchstation BASF Carl Bosch Strasse D-6703 Limburgerhof
Dr. Edmund Niemczyk	Research Institute of Pomology Pomologiczna 18 PL-96100 Skierniewice
Dr. H. Oberhofer	Südtirol. Beratungsring für Obst- u. Weinbau A. Hoferstr. 9 I-39011 Lana
Dr. R. Olszak	Research Institute of Pomology Pomologiczna 18 PL-96100 Skierniewice
Dr. W.P.J. Overmeer	Lab. Experimentele Entomologie UvA Kruislaan 302 NL-1098 SM Amsterdam
E. Paternotte	Opzoekingsstation van Gorsem Brede Akker 3 B-3800 Sint Truiden
Dr. D. Peters	Dept. Virology, Agricultural University Binnenhaven 10 NL-6709 PD Wageningen
Holger Philipson	Royal Vet. & Agric. University (Zool.Dept.) Bülowsvej 13 DK-1870 Copenhagen V
Dr. Oldrich Pultar	Chelcice 34 CSSR-38772 Libejovice
Dr. Vera Rác	Plant Protection Institute (Hung.Ac.Sci.) P.O.B. 102 H-1525 Budapest
Dr. René Rieux	INRA - Station de Zoologie Domaine St. Paul F-84140 Montfavet

- Dr. H.A.T. van der Scheer Proefstation voor de Fruitteelt  
Brugstraat 51  
NL-4475 AN Wilhelminadorp
- Dr. Paul Scheltes Agric. Development Dept., Duphar B.V.  
P.O.Box 4 NL-1243 ZG's Graveland
- Dr. Burkhard Sechser CIBA-Geigy AG  
Div.Agriculture CH-4002 Basel
- Dr. M.G. Solomon East Malling Research Station  
East Malling  
ME 19 6 BJ GB Maidstone Kent
- Dr. André Stäubli Station Féd. Recherches Agronomiques  
Changins CH-1260 Nyon
- Dr. Hans Steiner Karlstr. 5  
D-7140 Kornwestheim
- G. Sterk Opzoekingsstation van Gorsem  
Brede Akker 3 B-3800 Sint Truiden
- Ruth Stüber Institut für Pflanzenschutz im Obstbau (BBA)  
Schwabenheimerstr. D-6901 Dossenheim
- Dr. R. Szith Landesammer f.Land- u.Forstwirtschaft  
Hamerlinggasse 3 A-8010 Graz
- Marc C. Trapman Proefboomgaard De Schuilenburg  
Schuilenburg 3  
NL-4041 BK Kesteren
- Karin Undorf Institut biol. Schädlingsbekämpfung (BBA)  
Heinrichstr. 243 D-6100 Darmstadt
- Mauro Varner ESAT Mezzocorona  
Via 4 Novembre I-38100 Trento
- Dr. Walter Waldner Südtirol. Beratungsring  
für Obst- u.Weinbau  
A. Hoferstr. 9 I-39011 Lana
- Dr. Theo Wildbolz Eidg. Forschungsanst.  
Obst-, Wein- u.Gartenbau  
CH-8820 Wädenswil
- Dr. Helmut Wilhelm Ministerium für Landwirtschaft, W.u.F.  
Große Bleiche 55 D-6500 Mainz
- Jack Woets Proefstation voor de Fruitteelt  
Brugstraat 51  
NL-4475 AN Wilhelminadorp
- R. Wolff Landesanstalt für Pflanzenschutz  
Reinsburgstr. 107 D-7000 Stuttgart 1
- Dr. Christos Yamvriasis Benaki Phytopathological Institute  
GR-14561 Kiphissia



