

Résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides

Tests par application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2003 dans les vergers suisses

P.-J. CHARMILLOT, D. PASQUIER et Françoise BRIAND, Agroscope RAC Changins, CP 1012, CH-1260 Nyon 1

E-mail: pierre-joseph.charmillot@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 379.

Résumé

Les tests de dépistage de la résistance ont été effectués par application topique de dosages discriminants sur des larves diapausantes de carpocapse capturées dans différents vergers suisses en 2003. Ils ont confirmé la présence de souches plus ou moins résistantes du carpocapse dans de nombreux sites des cantons de Vaud, Valais, Genève, Saint-Gall et Thurgovie. Dans les cas les plus graves, la résistance croisée concerne douze des treize insecticides testés. Dans d'autres vergers, seuls quelques produits sont concernés par une importante perte d'efficacité, mais les autres insecticides montrent toutefois des signes incontestables de faiblesse. L'émamectine, un produit en développement, est le seul produit qui n'est pas concerné pour l'instant par la résistance croisée.



Fig. 1. Traitement topique d'une chenille diapausante du carpocapse *Cydia pomonella* avec 1 μ l de solution d'insecticide à une dose discriminante (DD) censée tuer les insectes sensibles et épargner les résistants.

Introduction

La résistance du carpocapse *Cydia pomonella* à certains insecticides est un phénomène connu depuis plus de soixante ans en Amérique, en Afrique du Sud et en Océanie. En Europe, les premiers cas de résistance ont été signalés en Italie et en France il y a environ dix ans mais, par la suite, la présence de souches résistantes a été confirmée dans plusieurs pays européens.

En Suisse, les premiers problèmes sont apparus dans le bassin lémanique, puis en Valais, dès 1996. De nombreux tests ont d'ores et déjà démontré que certaines souches du carpocapse sont résistantes à plusieurs insecticides.

Cet article présente les résultats des derniers tests de dépistage de la résistance, effectués par application topique de diverses matières actives sur des chenilles diapausantes prélevées en 2003 dans différents vergers suisses.

Matériel et méthodes

Les chenilles à tester ont été récupérées en automne 2003 dans les bandes-pièges installées dans des vergers vaudois, valaisans, genevois, saint-gallois et thurgoviens. Toutes les chenilles diapausantes ont été stockées pendant l'hiver dans des bandelettes de carton ondulé, en chambre froide à 6 °C, afin de rompre la diapause. Les traitements des 5393 chenilles utilisées pour ces essais ont été réalisés au printemps 2004, échelonnés de la mi-mars à la mi-mai.

Procédure expérimentale, produits et concentrations testés

Le jour du traitement, les cartons ondulés contenant les chenilles diapausantes sont transférés de la chambre froide au laboratoire et ouverts pour y récupérer les larves. Une solution de produit est appliquée sur le dos des chenilles au moyen d'une microseringue, à raison de 1 μ l par individu (fig. 1).

Quelques minutes plus tard, celles-ci peuvent à nouveau tisser un cocon dans de nouveaux cartons ondulés. L'élevage se fait ensuite en cellule climatisée (25 °C, 70% HR, 16/8 h J/N), jusqu'à l'émergence des adultes.

En général, chaque produit est appliqué sur deux lots de dix chenilles par provenance. Selon le nombre de larves disponibles, un à treize produits ont été testés pour chaque provenance, avec un procédé témoin. En raison du nombre limité de larves de certains vergers, nous avons parfois dû restreindre le nombre d'individus par procédé et/ou renoncer au témoin.

La plupart des insecticides utilisés dans cet essai sont des produits techniques à haute pureté; d'autres sont des produits formulés (tabl. 1). Le diflubenzuron est dissous dans du tétrahydrofurane, le spinosad dans du dichlorméthane, et les autres produits dans de l'acétone. En général, les doses discriminantes (DD) appliquées sur les larves ont été choisies de façon à obtenir une efficacité supérieure à 95% sur la souche sensible en élevage à Changins (SS). Toutefois, le diflubenzuron et l'indoxacarbe étant peu ef-

Tableau 1. Produits testés, concentrations discriminantes appliquées et efficacité sur la souche de référence sensible (SS) en élevage à Changins.

Matière active	Formulation	Solvant	Concentration discriminante (ppm)	Efficacité sur souche RAC (%)
Diflubenzuron	Produit technique >99%	Tétrahydrofurane	10 000	71,6
Fénoxycarbe	Produit technique 99,5%	Acétone	1	97,8
Tébufénozide	Produit technique 98,5%	Acétone	300	94,7
Méthoxyfénozide	Produit technique 98,3%	Acétone	100	99,1
Deltaméthrine	OP 210733 25 g/l	Acétone	100	99,5
Phosalone	Zolone EC 350 g/l	Acétone	3000	99,9
Chlorpyrifos-éthyl	Produit technique 97,3%	Acétone	1200	96,7
Chlorpyrifos-méthyl	Reldan 400 g/l	Acétone	1200	95,6
Indoxacarbe	DPX-MP062 100%	Acétone	10 000	88,6
Spinosad	Produit technique 100%	Dichlorméthane	6000	98,7
Imidaclopride	Produit technique 99,9%	Acétone	100	99,7
Thiaclopride	Produit technique 99,7%	Acétone	500	99,4
Emamectine	Produit technique 95,4%	Acétone	500	99,3

ficaces en application topique, une concentration de 10 000 ppm a été adoptée pour ces deux produits, qui ne conduit respectivement qu'à 71,6 et 88,6% d'efficacité sur la souche de référence SS. Ce compromis a été adopté parce que ces deux matières actives sont peu solubles à des concentrations plus élevées.

Résultats et discussion

Taux de survie dans les témoins

Le taux de survie est calculé en déduisant de l'effectif les quelques parasitoïdes ayant émergé. Tous vergers confondus, le taux de survie moyen est de 84,5%, mais il varie selon les provenances entre 66,7 et 100% (tabl. 2, 3 et 4). Pour chaque localité, l'efficacité des produits est calculée par rapport au taux de survie enregistré dans les témoins. Dans le cas où des procédés témoins n'ont pu être réalisés en raison d'un nombre trop faible de larves, c'est le taux moyen de survie valable dans le canton qui est utilisé, voire celui de la Suisse pour Genève.

Efficacité contre les larves des vergers non traités de Genolier, Trélex et Changins

Dans le verger non traité d'arbres à haute-tige de Genolier, les efficacités généralement élevées montrent que cette population de ravageurs est sensible aux treize produits testés, avec toutefois

des réactions moins fortes que prévu au fénoxycarbe et au méthoxyfénozide (tabl. 2 et fig. 2). La situation est comparable avec les larves du verger à haute-tige de Trélex. Dans le verger clinique de Changins, où des insecticides sont occasionnellement appliqués sur quelques arbres, certains produits, comme le méthoxyfénozide, l'indoxacarbe, le diflubenzuron, le fénoxycarbe, la deltaméthrine et le tébufénozide, se révèlent moins efficaces.

Vergers commerciaux vaudois

Dans plusieurs cas, le faible nombre de larves disponibles ne nous a pas permis de tester l'ensemble des produits. Il est donc difficile de tirer des conclusions définitives quant à la résistance par famille de produits (tabl. 2).

A Allaman et à Begnins, où la lutte par confusion sexuelle est engagée depuis environ vingt ans, le tébufénozide ne

Tableau 2. Efficacité des produits en application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2003 dans les vergers vaudois.

Provenance	SURVIE TÉMOIN (%)	EFFICACITÉ (%)												
		Diflubenzuron	Fénoxycarbe	Tébufénozide	Méthoxyfénozide	Deltaméthrine	Phosalone	Chlorpyrifos-méthyl	Chlorpyrifos-éthyl	Indoxacarbe	Spinosad	Imidaclopride	Thiaclopride	Emamectine
Genolier	95	79	72	83	61	89	100	95	100	89	95	95	100	100
Trélex			71	94	94				88	81			94	100
Changins	83	58	52	70	58		87	76	82	60	83	88	94	100
Aigle				34					55					
Allaman				19					92				85	
Begnins				60					69				94	100
Commugny				9					66					
Etoy				34					81				58	
Gilly	80	0	13	19	6		0	69	50	0	50	0	19	100
Lains	100		42	40	70				70	36			25	100
Nyon				27										
Préverenges				31					37				42	100
Prangins	77	23	12	32	30				35	22			38	100
Vinzel				39					63					
Yvorne				25					70					

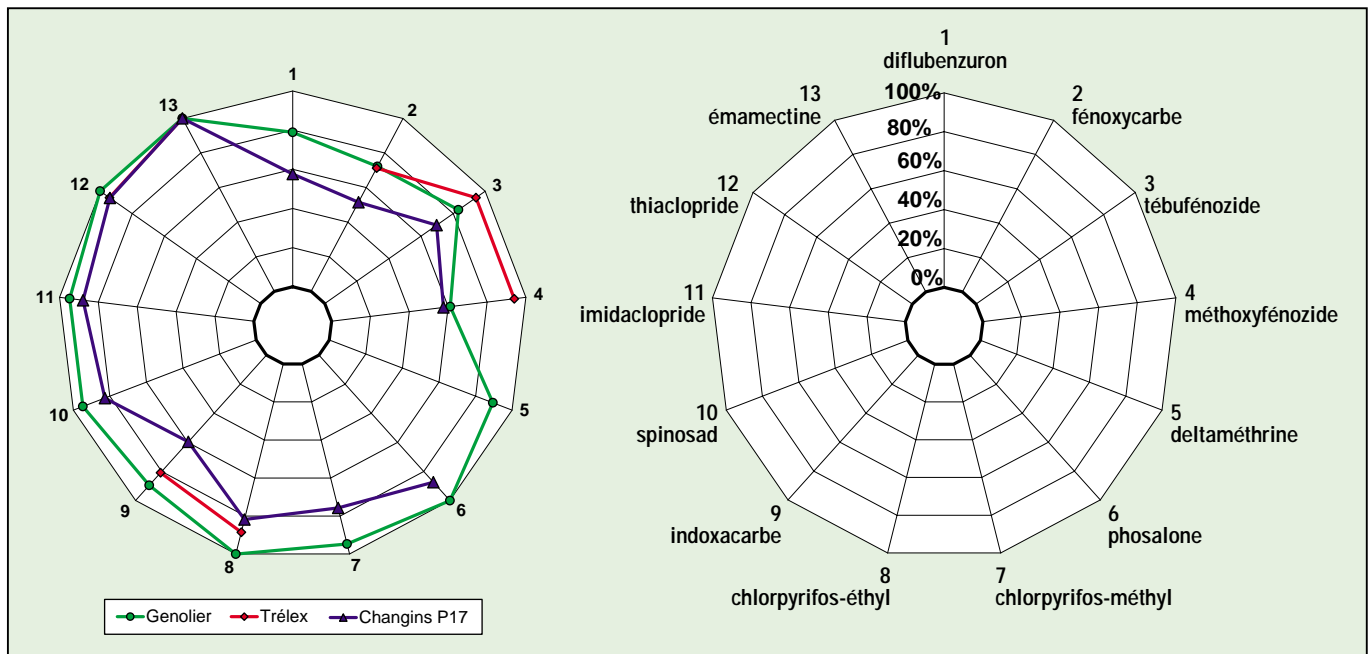


Fig. 2. Efficacité des produits sur les larves provenant d'arbres à haute-tige non traités de Genolier et Trélex ainsi que de la parcelle clinique N° 17 de Changins.

répond plus à l'attente. Il n'est toutefois pas possible de déterminer si la faible efficacité enregistrée avec ce produit est due à une dose discriminante choisie trop basse, au nombre assez faible de vingt larves testées, ou à un début de résistance occasionné par les traitements préfloraux appliqués chaque année. Ces traitements pourraient encore avoir des répercussions après fleur sur les premières cohortes du carpocapse. Les autres produits testés gardent une efficacité satisfaisante dans ces vergers.

L'efficacité du tébufénozide est fortement réduite dans la parcelle de Nyon. Les souches d'Aigle, Commugny, Etoy, Vinzel et Yvorne semblent résistantes au tébufénozide et, dans une moindre mesure, au chlorpyrifos-éthyl. Dans les parcelles de Gilly, Luins, Prangins et Préverenges, seule l'émamectine offre une bonne efficacité (fig. 3). Les autres produits testés ne sont pratiquement plus efficaces.

Vergers commerciaux valaisans

Sur les larves provenant de vergers d'Ardon et de Conthey, la résistance concerne la plupart des produits testés, car les efficacités obtenues sont en général nettement inférieures à l'attente (tabl. 3 et fig. 4). A Riddes, le tébufénozide se montre encore moins efficace que les années précédentes. Les individus collectés sur la commune de Granges sont manifestement résistants au tébuféno-

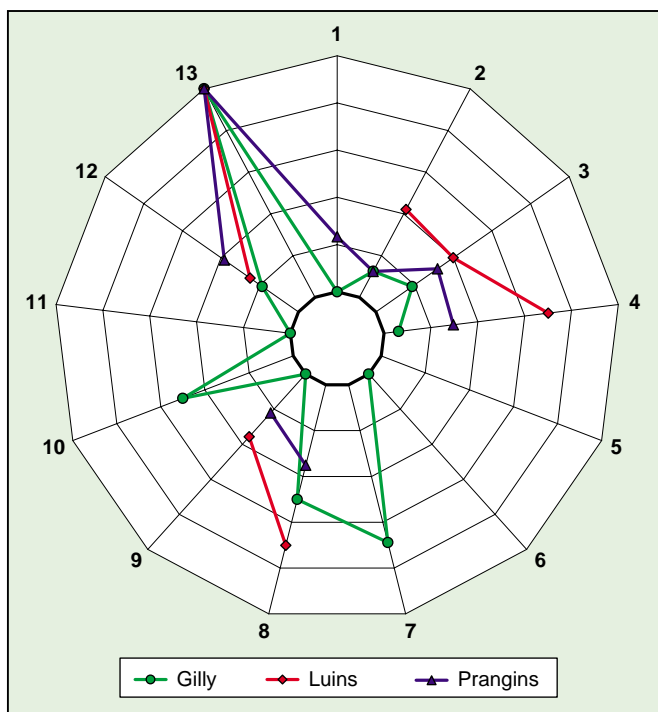


Fig. 3. Efficacité des produits sur les larves provenant des vergers commerciaux vaudois de Gilly, Luins et Prangins.

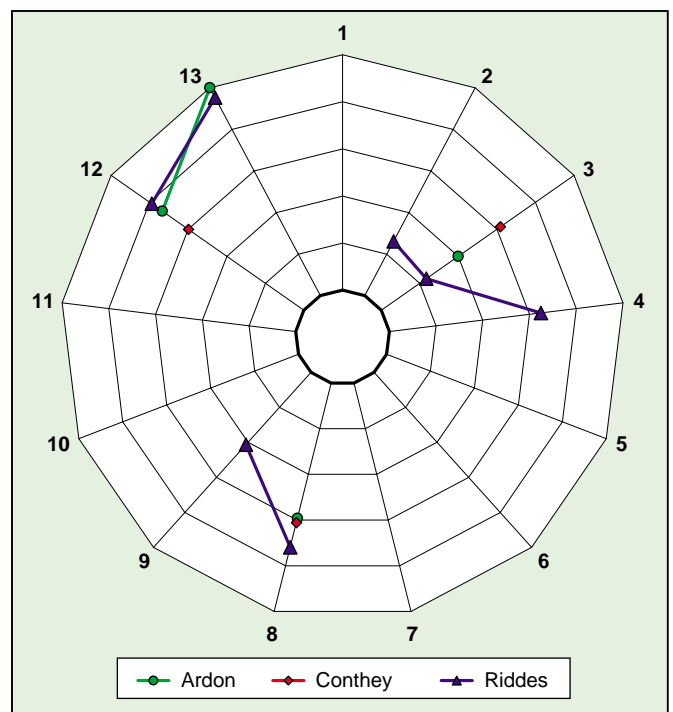


Fig. 4. Efficacité des produits sur les larves provenant des vergers commerciaux valaisans de Riddes, Conthey et Ardon.

Tableau 3. Efficacité des produits en application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2003 dans les vergers valaisans.

Provenance	SURVIE TÉMOIN (%)	EFFICACITÉ (%)						
		Fénoxycarbe	Tébufénozide	Méthoxyfénozide	Chlorpyrifos-éthyl	Indoxacarbe	Thiaclopride	Emamectine
Ardon			40		59		73	100
Bramois			79					
Charrat			38		29			
Châteauneuf			78					
Conthey			62		61		60	
Evionnaz			73					
Granges	67		46		51			
Martigny	93		84		52		35	
Riddes	95	27	24	65	72	42	79	95
Saillon	100		53					
Sion			60		45		53	
Saint-Léonard			51					
Uvriez			52		56			

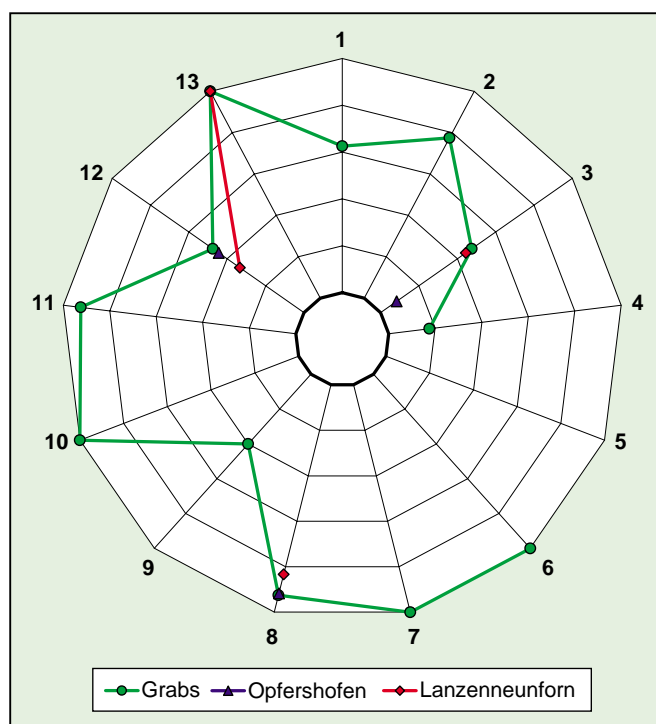


Fig. 5. Efficacité des produits sur les larves provenant des vergers de Grabs (SG), Lanzenneunforn (TG) et Opfershofen (TG).

zide et au chlorpyrifos-éthyl. Les populations de Saint-Léonard et Saillon sont résistantes au tébufénozide tandis que celles de Châteauneuf, Evionnaz et Bramois montrent des signes de résistance à ce produit. A Uvriez, Sion et Charrat, la résistance est manifeste à l'égard du tébufénozide et du chlorpyrifos-éthyl, seuls produits testés, car leur efficacité ne dépasse pas 60%. Les résultats obtenus sur la commune de Martigny sont assez surprenants par le maintien d'une assez bonne efficacité du tébufénozide et l'existence d'une résistance au thiaclopride et au chlorpyrifos-éthyl.

Vergers de Genève

Pour les vergers de Bernex, Russin et Versoix, le nombre très faible de larves disponibles ne permet pas de tirer des conclusions sur la résistance de ces populations (tabl. 4). Concernant les individus collectés à Lullier, le tébufénozide présente une très bonne efficacité, tandis que le chlorpyrifos-éthyl semble faiblir et que le thiaclopride n'a pas beaucoup d'effet. A Meinier, les trois insecticides testés, tébufénozide, thiaclopride et chlorpyrifos-éthyl, n'ont que peu d'efficacité.

Vergers de Suisse alémanique

La population de Grabs (SG), collectée dans des vergers d'arbres à haute-tige occasionnellement traités, semble résistante à six des douze produits testés: le fénoxycarbe, le tébufénozide, le thiaclopride, le méthoxyfénozide, l'indoxacarbe et le diflubenzuron (tabl. 4 et fig. 5). Les autres produits étudiés gardent une bonne efficacité. Les populations de Lanzenneunforn et d'Opfershofen (TG) sont résistantes au tébufénozide et au thiaclopride, mais restent sensibles au chlorpyrifos-éthyl.

Tableau 4. Efficacité des produits en application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2003 dans les vergers genevois, saint-gallois et thurgoviens.

Provenance	SURVIE TÉMOIN (%)	EFFICACITÉ (%)											
		Diflubenzuron	Fénoxycarbe	Tébufénozide	Méthoxyfénozide	Phosalone	Chlorpyrifos-méthyl	Chlorpyrifos-éthyl	Indoxacarbe	Spinosad	Imidaclopride	Thiaclopride	Emamectine
Bernex (GE)				100									
Lullier (GE)				100								28	100
Meinier (GE)				28								63	100
Russin (GE)				63									
Versoix (GE)				100									
Grabs (SG)	67	63	78	48	18	100	100	93	40	100	93	48	100
Lanzenneunforn (TG)				44								33	100
Opfershofen (TG)	90			8								44	

Remerciements

Nous remercions vivement M^{mes} Martine Rhyn, Suzanne Tagini, Asya Ter-Hovannesyanyan, Monique Thorimbert et Magali Unia, ainsi que MM. Th. Degen, M. Genini, H. Hoehn, Ch. Keimer, P. Monnard et R. Olivier, pour leur précieuse collaboration.

Bibliographie

Les références bibliographiques peuvent être consultées dans CHARMILLOT *et al.*, 2003. Résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides: Tests par application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2002. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **35** (6), 363-368.

Conclusions

- ❑ Les tests de dépistage de la résistance, effectués au printemps 2004 par application topique de dosages discriminants sur des larves diapausantes capturées en 2003 dans des vergers suisses, montrent que sur certaines populations, l'efficacité de la majorité des produits est très fortement réduite, voire nulle.
- ❑ Dans les cas les plus graves, la résistance croisée affecte plus ou moins sévèrement douze des treize produits testés, soit: diflubenzuron, fénoxycarbe, tébufénozide, méthoxyfénozide, deltaméthrine, phosalone, chlorpyrifos-méthyl, chlorpyrifos-éthyl, indoxacarbe, spinosad, imidaclopride et thiaclopride. Parmi ces produits, l'indoxacarbe et le méthoxyfénozide n'ont encore pratiquement pas été appliqués en Suisse, car ils n'ont été que récemment homologués. D'autres insecticides qui ne sont pas homologués dans la lutte contre le carpocapse, comme le spinosad, l'imidaclopride, le thiaclopride et la deltaméthrine, font également l'objet d'une résistance du ravageur. On peut donc supposer que ce phénomène de résistance croisée s'applique également à d'autres insecticides qui n'ont pas été testés dans cet essai.
- ❑ Dans certaines situations moins extrêmes, le chlorpyrifos-éthyl et le chlorpyrifos-méthyl maintiennent encore partiellement leur efficacité; celle-ci s'affaiblit toutefois au fil des saisons si leur usage est maintenu.
- ❑ Dans d'autres cas, la perte d'efficacité ne semble toucher que quelques produits, mais les autres insecticides montrent des signes incontestables de fatigue. C'est le cas de vergers où la résistance est en progression parce que des populations mélangées de carpocapses sensibles et résistants y cohabitent encore. Le maintien de la lutte classique dans ces parcelles sélectionnerait rapidement les résistants.
- ❑ En Suisse alémanique, la résistance du carpocapse a pratiquement les mêmes caractéristiques qu'en Suisse romande. Les populations collectées à Grabs (SG) sont résistantes à six des douze produits testés mais, pour l'instant, les esters phosphoriques se montrent encore suffisamment efficaces.
- ❑ L'émamectine est le seul insecticide testé dans cet essai qui n'est pas touché par la résistance croisée. Ce produit, actuellement en développement et non homologué, possède toutefois une très faible rémanence pratique... mais de nouvelles formulations pourraient éventuellement améliorer sa rémanence.
- ❑ Pour quatre des treize produits testés, le fénoxycarbe, le tébufénozide, le chlorpyrifos-méthyl et le chlorpyrifos-éthyl, les doses discriminantes (DD) choisies sont certainement trop basses, car leur efficacité sur la souche sensible SS oscille entre 94,7 et 97,7% (tabl.1). Les résultats seraient certainement plus fiables et plus discriminants avec des DD provoquant environ 99% d'efficacité.

Summary

Resistance of the codling moth *Cydia pomonella* to insecticides. Tests by topical application on diapausing larvae collected in autumn 2003

A resistance survey was carried out by topical application of discriminating concentrations on diapausing larvae of codling moth collected in 2003 in Swiss orchards. They have confirmed the presence of more or less resistant strains of codling moth in many regions of the cantons Vaud, Valais, Geneva, Saint-Gall and Thurgovie. In the worst cases, cross-resistance concerns twelve out of the thirteen insecticides tested. In some other orchards, the pronounced loss of effectiveness seems to concern only some products, but the other insecticides also show undeniable signs of decline. Emamectin, a new insecticide still in development, was the only product not to be concerned by cross-resistance.

Key words: codling moth, *Cydia pomonella*, Switzerland, insecticide, resistance.

Zusammenfassung

Insektizidresistenz beim Apfelwickler *Cydia pomonella*. Tests durch örtliche Anwendung auf diapausierende Larven, die im Herbst 2003 in schweizerischen Obstanlagen gesammelt wurden

Durch örtliche Anwendung von diskriminierenden Dosierungen auf diapausierende Larven, die im Jahre 2003 in verschiedenen Schweizer Obstanlagen gesammelt worden waren, konnte beim Apfelwickler Insektizidresistenz nachgewiesen werden. Diese Tests haben das Vorkommen von mehr oder weniger resistenten Stämmen in mehreren Dörfern der Kantone Waadt, Wallis, Genf, St. Gallen und Thurgau bestätigt. In den schlimmsten Fällen betrifft die Kreuzresistenz 12 der 13 getesteten Produkte. In anderen Obstanlagen scheint der starke Wirksamkeitsverlust nur einige Produkte zu betreffen, aber auch die anderen Insektizide zeigen unbestreitbare Zeichen von «Ermüdung». Nur bei Emamectin, einem neuen, in Entwicklung befindlichen Insektizid, gibt es keine Anzeichen von Kreuzresistenz.

Riassunto

Resistenza della carpocapsa *Cydia pomonella* agli insetticidi: depistaggio tramite applicazione topica su larve diapausanti raccolte nei frutteti svizzeri durante l'autunno 2003.

Dei test di depistaggio della resistenza agli insetticidi sono stati effettuati tramite applicazioni topiche di dosi discriminanti su larve diapausanti di carpocapsa, catturate nel 2003 in vari frutteti svizzeri. Essi hanno confermato la presenza di ceppi di carpocapsa più o meno resistenti in numerosi villaggi dei cantoni di Vaud, Vallese, Ginevra, San Gallo e Turgovia. Nei casi più gravi, si constata una resistenza incrociata a 12 dei 13 prodotti valutati. In altre situazioni, solo alcuni di questi prodotti hanno perso la loro efficacia, ma pure gli altri mostrano già dei segni incontestabili di «fatica». Solo per l'emamectina, un prodotto ancora in fase di sviluppo, nessun caso di resistenza incrociata è stato osservato per ora.