



Nouveau cas de résistance aux insecticides de la tordeuse de la pelure capua (*Adoxophyes orana*)

C. SALAMIN, P. J. CHARMILLOT et D. PASQUIER, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon 1

@ E-mail: denis.pasquier@acw.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 379.

Résumé

Après un premier cas en Suisse de résistance de la tordeuse de la pelure capua (*Adoxophyes orana*), détecté à Etoy en 2004, suivi d'un second à Aigle en 2005, la lutte préflorale au moyen du lufénuron a connu un échec à Founex en 2006. En juillet, le prélèvement de chenilles sur les pousses attaquées dans ce verger a permis de tester quelques insecticides appliqués par trempage des feuilles et par incorporation au milieu artificiel d'élevage. Comme la population d'Etoy, la souche de Founex est résistante aux produits lufénuron, tébufénozide, méthoxyfénozide et fénoxycarbe. Par rapport à la souche sensible, la résistance de ces deux populations au fénoxycarbe, testée sur milieu artificiel, atteint un facteur d'environ 1000.

nourrir des premières feuilles printanières. La nymphose a lieu dès la fin de la floraison et le premier vol des papillons se déroule de fin mai à mi-juin (fig.1). Dès l'éclosion, les jeunes chenilles de la génération d'été migrent à l'extrémité des pousses où elles enroulent les feuilles par tissage pour se protéger des prédateurs, ce qui réduit l'efficacité des traitements curatifs.

La lutte positionnée au début des éclosions n'offre qu'une faible rémanence car les larves néonates se nourrissent exclusivement des nouvelles feuilles dont la croissance dilue les résidus (Charmillot et Pasquier, 2006). La meilleure manière de lutter contre ce ravageur consiste donc à détruire les larves de la génération hivernante, lorsqu'elles reprennent leur activité (Charmillot et Brunner, 1990). Les produits le plus fréquemment utilisés sont le fénoxycarbe, le tébufénozide, le lufénuron, l'indoxacarbe, le méthoxyfénozide

Introduction

La tordeuse de la pelure, plus communément appelée capua (*Adoxophyes orana*), est un ravageur secondaire en vergers de pommiers et poiriers, parfois de cerisiers et pruniers, mais qui vit également aux dépens de nombreuses autres plantes-hôtes (Janssen, 1958). Depuis un peu plus de cinquante ans, les attaques de ce lépidoptère se sont amplifiées parallèlement à l'intensification de l'arboriculture. Les populations de capua se sont tout d'abord développées dans le nord-ouest de l'Europe, puis se sont étendues progressivement à toute l'Europe occidentale et aux Balkans (De Jong, 1951; Soenen, 1947; Blunk et Janssen, 1952; Geier, 1953; Klinger, 1956; Salvaterra, 1953; Stamenkovic et Stamenkovic, 1984; Savopoulou-Soultani *et al.*, 1985; Kyprisoudas, 1988).

Les larves de capua se nourrissant de jeunes feuilles, la densité des populations est étroitement liée à la qualité du

feuillage. Pour cette raison, la présence de ce ravageur n'est importante que dans les cultures intensives à forte croissance végétative. Les jeunes larves ayant passé l'hiver dans les fissures des troncs ou les écailles des bourgeons ressortent au débourrement pour se



Fig. 1. Papillons de capua *A. orana*. Les ailes du mâle (à gauche) présentent davantage de motifs que celles de la femelle (photos R. Rohner).

et le spinosad, ainsi que le virus de la granulose Capex. Les diffuseurs Iso-mate-CLR, homologués contre le carpocapse, ont une efficacité secondaire contre capua.

Durant ces vingt dernières années, les niveaux d'attaque de capua sont restés bas, confirmant l'efficacité de la lutte. Cependant, récemment, de fortes populations ont été signalées dans deux vergers du canton de Vaud, à Etoy en 2004 et à Aigle en 2005, malgré un traitement préfloral bien positionné (Charmillot *et al.*, 2006). Après plusieurs tests en laboratoire, les populations de capua de ces deux vergers se sont révélées résistantes à un certain nombre d'insecticides couramment utilisés.

Au printemps 2006, un traitement préfloral s'est révélé inefficace à Founex. Des tests ont été effectués sur cette souche d'*A. orana*, de même que sur celle d'Etoy, pour préciser quels insecticides sont concernés par ce phénomène de résistance.

Matériel et méthode

Souche d'Etoy

En juillet 2006, des chenilles de capua ont été prélevées dans des feuilles enroulées, aux extrémités des pousses. Puis, au laboratoire de Changins, elles sont élevées individuellement sur des feuilles préalablement traitées à concentrations discriminantes d'insecticides, enroulées dans de petites boîtes en plastique. L'élevage jusqu'au stade papillon est effectué à 22 °C, 80% HR et 18/6 h J/N. Les survivantes sont récupérées et leurs descendants forment la souche appelée Etoy, élevée sur milieu artificiel auquel est incorporé du tébufénozide à 5 ppm de façon à maintenir la pression de sélection.

Souche de Founex

Comme à Etoy, les larves aux stades L₃₋₄ sont récupérées au verger et ramenées au laboratoire pour l'élevage sur feuilles ou sur milieu traité à différentes concentrations d'insecticides.

Souche sensible ACW

Cette souche de référence, sensible aux insecticides, est maintenue en élevage à Agroscope ACW de Changins. Des courbes d'efficacité en fonction du dosage, établies préalablement, ont permis de déterminer pour plusieurs produits des concentrations discriminantes (CD) conduisant à > 99% d'efficacité (Charmillot *et al.*, 2007).

Trempage des feuilles

Des feuilles de pommier Golden Delicious sont prélevées dans une parcelle non traitée. Elles sont trempées quelques instants dans des solutions d'insecticides de différentes concentrations puis mises à sécher. Elles sont ensuite enroulées individuellement dans de



Fig. 2. Test par trempage des feuilles. Les chenilles de capua *A. orana* sont élevées dans une petite boîte sur des feuilles traitées par trempage dans une solution d'insecticide.

petites boîtes en plastique (20 × 20 × 15 mm) et une larve de 15-20 jours de capua *A. orana* y est déposée (fig. 2). L'élevage est effectué jusqu'à l'émergence des papillons.

Pour les larves de Founex, les produits suivants ont été testés à doses discriminantes: indoxacarbe 20 ppm, tébufénozide 200 ppm, lufénuron 5 ppm, méthoxyfénozide 3 ppm, fénoxycarbe 5 ppm.

Les larves de 15-20 jours de la souche d'Etoy ont été testées au fénoxycarbe à 0,1, 0,5, 1, 5 et 10 ppm.

Traitement du milieu d'élevage

Le produit à tester est incorporé dans l'eau (trois parts) avant d'y ajouter le milieu artificiel d'élevage sec *Manduca* – *Heliothis* Premix, Stonefly Industries, USA (une part). Avec une spatule, un peu de milieu contaminé (environ 1,5 g) est déposé dans un cube en plastique et la larve y est ajoutée. Les larves d'Etoy ont été testées à diffé-

rentes concentrations de fénoxycarbe, soit 0,001, 0,05, 0,5, 5 et 50 ppm, et celles de la souche sensible à 0,001, 0,005, 0,01, 0,1, 0,5 et 1 ppm.

Pour chaque souche étudiée, un témoin est réalisé avec des feuilles ou du milieu non traité. Chaque procédé comporte 30 individus. L'élevage est réalisé à 22 °C, 70% d'humidité relative et sous une photopériode de 18 h/jour jusqu'à l'émergence des adultes. Les LC₅₀ et LC₉₀ sont estimées grâce au programme POLO-PC (LeOra Software, 1987).

Résultats et discussion

Tests sur feuilles

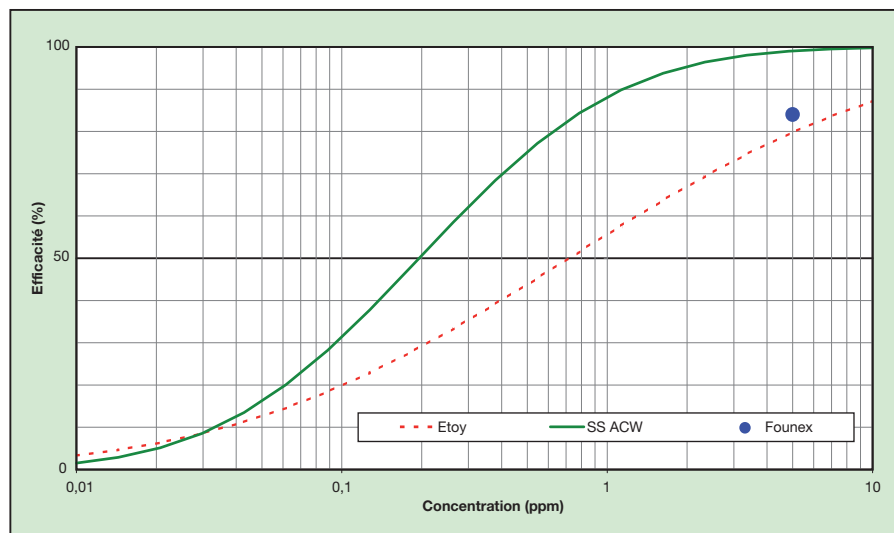
Le taux de survie du témoin de Founex est de 83,7%. Pour quatre des cinq produits testés, les concentrations discriminantes ont une efficacité inférieure à celle obtenue avec la souche sensible SS (tabl.1). Seul l'indoxacarbe a une

Tableau 1. Efficacité des produits appliqués à des concentrations discriminantes par trempage des feuilles sur des chenilles L₃₋₄ de capua *A. orana* prélevées à Founex, en comparaison avec l'efficacité obtenue sur la souche sensible SS ACW.

Produit	Concentration discriminante (ppm)	Efficacité souche Founex	Efficacité SS ACW
Fénoxycarbe	5	84,0%	99,1%
Méthoxyfénozide	3	71,0%	99,3%
Lufénuron	5	80,0%	99,0%
Tébufénozide	200	92,0%	99,6%
Indoxacarbe	20	100,0%	99,0%

Tableau 2. Efficacité du fénoxycarbe appliqué par trempage des feuilles à différentes concentrations sur des chenilles L₃₋₄ de capua *A. orana* de la souche d'Etoy.

Concentration (ppm)		0	0,1	0,5	1	5	10
Larves infestées	(n)	30	30	30	30	30	30
Papillons	(n)	29	22	16	14	10	0
Survie	(%)	96,7	73,3	53,3	46,7	33,3	0,0
Efficacité	(%)		24,1	44,8	51,7	65,5	100,0



△ Fig. 3. Efficacité du fénoxycarbe appliqué par trempage des feuilles sur les larves d'*A. orana* de la souche sensible SS ACW, de la souche résistante d'Etoy, ainsi que sur les larves de Founex testées à la dose discriminante de 5 ppm seulement. La courbe en pointillé de la souche d'Etoy n'est toutefois pas significative (index G > 0,5).

efficacité de 100% sur la souche de Founex. L'efficacité du tébufénozide atteint 92%, celles du fénoxycarbe 84%, du lufenuron 80% et du méthoxyfénozide 71%.

Dans la courbe d'efficacité du fénoxycarbe sur la souche d'Etoy, le témoin présente un taux de survie de 96,7% (tabl. 2). L'efficacité du produit passe de 24,1%, à la concentration de 0,1 ppm, à 100% à 10 ppm. Les résultats de l'analyse par POLO-PC donnent un

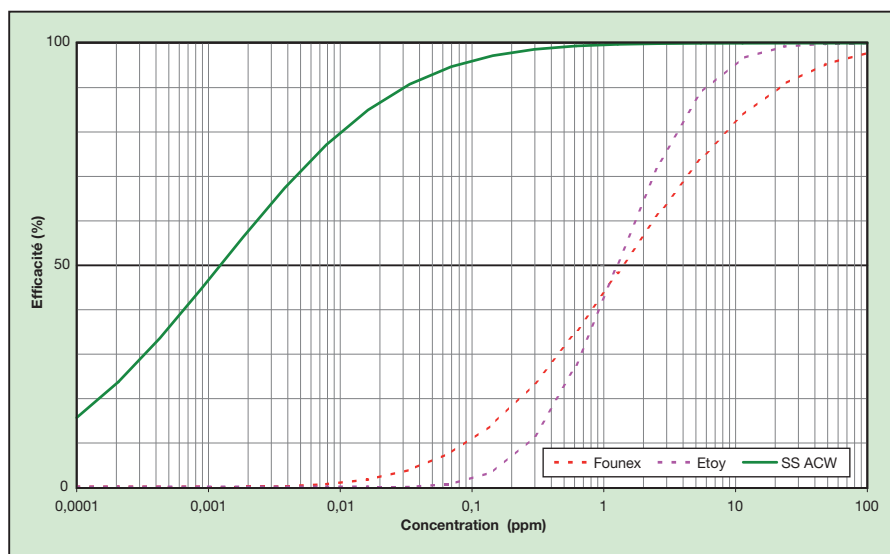


Tableau 3. Paramètres des courbes d'efficacité du fénoxycarbe en fonction du dosage, appliqué par trempage des feuilles et par incorporation au milieu artificiel, sur les souches SS ACW (sensibles) ainsi que sur les souches de Founex et d'Etoy. Lorsque l'index de signification G est > 0,5, les intervalles de confiance des LC₅₀ et LC₉₀ ne peuvent être calculés.

	Souche	Pente	Intercept	G	Prob.	LC ₅₀			LC ₉₀		
						Calculé	min.	max.	Calculé	min.	max.
Milieu	SS ACW	0,923 +/- 0,132	2,687	0,28	0,9	0,0012	0,0001	0,0039	0,03012	0,0091	0,418
	Founex	1,085 +/- 0,162	-0,157	1,51	0,9	1,40	NS	NS	21,14	NS	NS
	Etoy	1,922 +/- 0,335	-0,195	2,08	0,9	1,26	NS	NS	5,86	NS	NS
Feuilles	SS ACW	1,672 +/- 0,340	1,185	0,24	0,9	0,20	0,06772	0,34	1,14	0,64	3,83
	Etoy	0,989 +/- 0,186	0,143	0,55	0,9	0,72	NS	NS	14,13	NS	NS

index G très légèrement supérieur à 0,5, ce qui ne permet pas de calculer des intervalles de confiance. Toutefois, les valeurs des LC₅₀ et LC₉₀ sont à 0,72 et 14,13 ppm sur la souche d'Etoy, alors qu'elles sont respectivement à 0,20 et 1,14 ppm sur la souche sensible SS ACW (tabl. 3). Par rapport à la souche sensible, le facteur de résistance est d'environ 4 pour la LC₅₀ et de 12 pour la LC₉₀.

La figure 3 montre que même si la relation n'est pas assurée statistiquement, le fénoxycarbe est nettement moins efficace sur la souche d'Etoy que sur la souche sensible SS ACW. Le résultat obtenu avec la dose discriminante de 5 ppm sur les larves de Founex, reporté sur le graphique, montre que les souches résistantes de ces deux vergers ont une sensibilité similaire au fénoxycarbe.

▽ Fig. 4. Efficacité du fénoxycarbe appliqué par incorporation au milieu sur les larves d'*A. orana* âgées de 12-14 jours des souches SS ACW (sensible), d'Etoy et de Founex. Les courbes en pointillé ne sont toutefois pas significatives (index G > 0,5).

Tableau 4. Efficacité du fénoxy-carbe incorporé à différentes concentrations au milieu artificiel sur des chenilles L₃₋₄ de capua A. orana de la souche sensible SS ACW ainsi que sur les souches de Founex et d'Etoy.

Concentration (ppm)		0	0,01	0,05	0,1	0,5	1	5	10	50	100
SS ACW	Larves infestées (n)	60	30	30	30	30	30				
	Papillons (n)	52	4	3	0	1	0				
	Survie (%)	86,7	13,3	10,0	0,0	3,3	0,0				
	Efficacité (%)		84,6	88,5	100,0	96,2	100,0				
Founex	Larves infestées (n)	30			30		30		30		30
	Papillons (n)	30			23		25		3		0
	Survie (%)	100			76,7		83,3		10,0		0,0
	Efficacité (%)				23,3		16,7		90,0		100,0
Etoy	Larves infestées (n)	59		30		30		29		30	
	Papillons (n)	54		29		24		0		1	
	Survie (%)	91,5		96,7		80,0		0,0		3,3	
	Efficacité (%)			0,0		12,6		100,0		96,4	

Test sur milieu

Dans les essais sur milieu, les taux de survie dans les témoins, du stade L₃₋₄ à l'émergence des papillons, sont élevés, variant entre 86,7% et 100% selon les souches (tabl. 4).

Sur la souche SS ACW, l'efficacité du fénoxy-carbe atteint déjà 84,6% à la plus faible concentration testée de 0,01 ppm. Sur cette même souche, des essais précédents ont conduit à des LC₅₀ et LC₉₀ respectivement à 0,001 et 0,03 ppm (fig. 4 et tabl. 3).

Sur la souche de Founex, la première concentration testée de 0,1 ppm, qui devrait déjà avoir une efficacité supérieure à 90% sur une souche sensible, n'en a que 23,3%. L'efficacité augmente avec la concentration, mais n'atteint 100% qu'à 100 ppm. L'analyse Polo-PC donne un index G de 1,5, ce qui ne permet pas de calculer la courbe de manière significative. Cependant, avec une LC₅₀ estimée à 1,4 ppm, le facteur de résistance de la souche de Founex par rapport à la souche SS ACW est d'environ 12 000 (tabl. 3 et fig. 4).

Sur la souche d'Etoy, la concentration de 0,5 ppm, qui devrait avoir une efficacité supérieure à 90% sur la souche sensible, atteint à peine plus de 10%. Probablement en raison du manque de valeurs pour les concentrations entre 0,5 et 5 ppm, l'index G n'est pas significatif. Les LC₅₀ et LC₉₀ calculées sont estimées à 1,26 et 5,86 ppm. Ces valeurs sont proches de celles de la souche de Founex et très nettement supérieures

à celles de la souche sensible, soit environ 1000 fois supérieures au niveau de la LC₅₀.

Conclusions

- ❑ Les tests effectués sur feuilles montrent que la souche de capua de Founex, comme celles d'Etoy et d'Aigle, est résistante aux produits tébufénozide, méthoxyfénozide, lufénuron et fénoxy-carbe (Charmillot *et al.*, 2006). Par contre, l'indoxacarbe et vraisemblablement le spinosad et le chlorpyrifos-méthyl ne sont pas concernés par la résistance.
- ❑ Par rapport à la souche sensible, le facteur de résistance déterminé par le trempage des feuilles est d'environ 4 au niveau de la LC₅₀ et de 12 au niveau de la LC₉₀.
- ❑ Les courbes d'efficacité-dose obtenues sur milieu artificiel contaminé, même si elles ne sont pas assurées (index G > 0,5), confirment que les souches de Founex et d'Etoy sont très fortement résistantes au fénoxy-carbe. En effet, le facteur de résistance atteint environ 1000 au niveau de la LC₅₀.
- ❑ L'incorporation d'insecticides au milieu artificiel permet aux larves d'ingérer plus de produit que par le trempage des feuilles, qui ne contamine que la surface du subs-

trat. Le test sur milieu est par conséquent nettement plus sensible pour détecter une résistance, du moins pour les insecticides qui ne sont ni systémiques ni pénétrants.

- ❑ Pour enrayer ces trois foyers de résistance d'Aigle, d'Etoy et de Founex, il est préconisé de mettre en place un programme soutenu de lutte sur les trois périodes d'activités larvaires au moyen de produits comme le virus de la granulose, le spinosad, l'indoxacarbe et le chlorpyrifos-méthyl, en y ajoutant éventuellement la technique de confusion contre le carpocapse au moyen des diffuseurs Isomate-CLR qui ont une efficacité secondaire contre capua.

Remerciements

Nous remercions vivement M^{mes} Monique Derron, Penka Peeva, Martine Rhyn, Suzanne Tagini, Monique Thorimbert et M. R. Olivier pour leur précieuse collaboration.

Bibliographie

- Blunk H. & Janssen M., 1952. Ein neuer gefährlicher Apfelschädling. *Gesunde Pflanzen* **4**, 115-116.
- Charmillot P. J. & Brunner J., 1990. La tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana* F.v.R. (Capua): biologie, avertissement et lutte. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **22** (6), 243-254.

- Charmillot P. J., Blanc G. & Pasquier D., 2006. Premier cas de résistance de la tordeuse de la pelure (*Adoxophyes orana*) aux insecticides. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (2), 87-93.
- Charmillot P. J. & Pasquier D., 2006. Efficacité et rémanence de différents insecticides sur les chenilles de capua (*Adoxophyes orana*). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (4), 371-376.
- Charmillot P. J., Pasquier D., Blanc G. & Salamin Ch., 2007. Larvicidal effectiveness on the summer-fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* of some insecticides applied by leaf-dipping. *Crop Protection* (sous presse).
- De Jong D. J., 1951. Bladrollers (*Tortricidae*) op vruchtbomen. Voorlopige resultaten van het onderzoek naar de bestrijdingsmogelijkheden in Nederland. *Meded. Direct. Tuinb.* **12**, 131-150.
- Geier P., 1953. *Adoxophyes orana* F.v.R. (= *Capua reticulana* Hüb.) une nouvelle tordeuse observée dans le verger romand en 1953. *Revue rom. Agr.* **9**, 83-84.
- Janssen M., 1958. Über Biologie, Massenwechsel und Bekämpfung von *Adoxophyes orana* Fischer von Roeslerstamm (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Beiträge zur Entomologie* **8** (3/4), 291-324.
- Klinger J., 1956. Wicklerschäden an Blättern und Früchten unserer Obstbäume. *Schweiz. Z. Obst. U. Weinbau*, **65**, 78-84.
- Kyparissoudas D. S., 1988. The occurrence and seasonal flight of *Adoxophyes orana* males in orchards of northern Greece. Proc. 2nd International Meeting on Mediterranean Tree Crops 2-4 Nov. 1988. Chania, Greece, 145-149.
- LeOra Software, 1987. POLO-PC. A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, CA.
- Salvaterra G., 1953. La ricamatrice della frutta (*Capua reticulana* Hübner). *Agric. Trentina VII* **8**, Trento 1-2.
- Savopoulou-Soultani M., Hatzivassiliadis A., Vlug H. J., Minks A. K., Tzanakakis M. E., 1985. First records of the summerfruit tortricid, *Adoxophyes orana* F.v.R., in Greece. *Entomologia Hellenica* **3**, 65-66.
- Soenen A., 1947. Les tordeuses de nos arbres fruitiers. Centre de Recherches de Gorseme, Belgique. Publ. n° 4, 44 p.
- Stamenkovic S. & Stamenkovic T., 1984. A contribution to the study of the life cycle of the summerfruit tortricid *Adoxophyes orana* F.v.R. (*Lepidoptera, Tortricidae*). *Zastita Bilja* **35**, 233-247.

Summary

New case of summer fruit tortrix (*Adoxophyes orana*) resistance to insecticides.

After a first case in Switzerland of summer fruit tortrix (*A. orana*) resistance detected in Etoy in 2004, followed by a second in Aigle in 2005, a pre-bloom treatment with lufenuron failed in 2006 in Founex. The larvae collected in that orchard in July on the damaged shoots allowed to test some insecticides applied either by dipping of leaves or by incorporation to the artificial diet. Like the population of Etoy, the strain of Founex was resistant to lufenuron, tebufenozide, methoxyfenozide and fenoxycarb. Compared to the susceptible strain, the resistance factor of these two populations to fenoxycarb, tested on artificial medium, reached approximately 1000.

Key words: summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*, Switzerland, insecticides, resistance.

Zusammenfassung

Ein neuer Fall von Resistenz des Apfelschalwicklers (*Adoxophyes orana*).

Nach einem ersten Fall in der Schweiz von Insektizidenresistenz des Apfelschalwicklers (*A. orana*) in Etoy im Jahre 2004 und einem zweiten im Jahre 2005 in Aigle hat eine Vorblütebehandlung mit Lufenuron im Jahre 2006 in Founex einen Misserfolg gekannt. Anhand von Raupen, die im Juli in beschädigten Trieben dieser Obstanlage gesammelt wurden, sind mehrere Insektizide getestet worden, entweder durch Eintauchen der Blätter in verschiedene Insektizidenlösungen oder durch Beigabe des Produktes in das künstliche Nährmedium. So wie die Population von Etoy ist auch diejenige von Founex gegen die Produkte Lufenuron, Tebufenozide, Methoxyfenozide und Fenoxycarb resistent. Der Test auf künstlichem Nährmedium hat ergeben, dass die Resistenz gegen Fenoxycarb bei diesen beiden Populationen im Vergleich zum Referenzstamm einen Faktor von ungefähr 1000 erreicht.

Riassunto

Nuovo caso di resistenza della capua *Adoxophyes orana* agli insetticidi

Dopo un primo caso in Svizzera di resistenza della capua *A. orana*, segnalato a Etoy nel 2004, seguito da un secondo a Aigle nel 2005, la lotta prefioreale per mezzo del lufenuron a Founex nel 2006, è stato un insuccesso. In luglio i bruchi prelevati sui germogli attaccati in questo frutteto hanno permesso di testare qualche insetticida applicato tramite immersione delle foglie e per incorporazione al mezzo di allevamento artificiale. Come la popolazione di Etoy, il ceppo di Founex è resistente ai prodotti lufenuron, tebufenozide, methoxifenozide e fenoxycarb. In rapporto al ceppo sensibile, la resistenza di queste due popolazioni al fenoxycarb, testata su mezzo artificiale, arriva ad un fattore di 1000 circa.