

Die Insektizidresistenz beim Apfelwickler breitet sich weiter aus

In den letzten Jahren kamen aus der Praxis vermehrt Meldungen über «resistente» Apfelwickler. Häufig zeigte sich dabei, dass sich diese Wirkungsabnahme nicht auf eine Wirkstoffgruppe beschränkte. Um etwas mehr Hinweise zur Verbreitung und zu den betroffenen Wirkstoffen zu erhalten, wurden an der Agroscope RAC Changins (RAC) Versuche mit dreizehn Insektiziden aus neun unterschiedlichen Wirkstoffgruppen auf Apfelwicklerstämmen von über zwanzig Westschweizer Erwerbsobstanlagen durchgeführt. Die Resultate zeigten, dass die Resistenz schon ziemlich verbreitet ist und die Resistenzstärke und -breite je nach Herkunft sehr unterschiedlich sein kann. Diese Resultate werden auch durch verschiedene Feldbeobachtungen bestätigt.

HEINRICH HÖHN UND BENNO GRAF,
AGROSCOPE FAW WÄDENSWIL
PIERRE-JOSEPH CHARMILLOT, DENIS PASQUIER UND
CARMEN GRELA, AGROSCOPE RAC CHANGINS

Schon seit längerem sind aus Amerika, Südafrika und Ozeanien, wo die Apfelwicklerbekämpfung vorwiegend mit Phosphorsäureestern erfolgte, Fälle von Resistenzen bekannt (Croft und Riedl 1992). In Europa, wo bereits seit vielen Jahren eine breitere Palette von Produkten gegen Apfelwickler bewilligt ist, wurde vor rund zehn Jahren zum ersten Mal über Resistenz gegenüber Dimilin (Diflubenzuron aus der Gruppe der Häutungshemmer) aus Italien berichtet (Riedl und Zelger 1994). In Frankreich beobachtete man nicht nur Resistenz gegenüber Häutungshemmern, sondern auch gegenüber Pyrethroiden, Phosphorsäureestern und anderen Insektenwachstumsregulatoren wie Fenoxycarb und Tebufenozid (Sauphanor und Bouvier 1995). Weitere Untersuchungen zeigten, dass Apfelwicklerstämme mit Resistenzen gegenüber diversen Produkten in verschiedenen europäischen Ländern vorhanden sind (Sauphanor et al. 1998).

In der Schweiz wurden bis Mitte der 90er Jahre kaum Schwierigkeiten bei der Apfelwicklerbekämpfung registriert. Meistens wurden pro Saison zwei verschiedene Insektenwachstumsregulatoren im Abstand von etwa vier Wochen eingesetzt. 1996 traten jedoch erstmals in einer Parzelle am Genfersee Probleme bei der Apfelwicklerbekämpfung auf und zwei Jahre später in einer benachbarten Parzelle (Charmillot et al. 1999). Zur selben Zeit kam auch der erste Hilferuf aus der deutschen Schweiz an die Agroscope FAW Wädenswil (FAW). In der Folge wurden an der RAC verschiedene weitere Untersuchungen zur Resistenzsituation in der Westschweiz durchgeführt, die in den Jahren 2002/03 noch intensiviert wurden (Charmillot et al. 2003).

Feldbeobachtungen

Wie eingangs erwähnt, wurden 1996 erste Schwierigkeiten bei der Apfelwicklerbekämpfung in einer Erwerbsanlage im Genferseebecken registriert. Während der folgenden Jahre breitete sich die Resistenz in der Westschweiz weiter aus, sodass in verschiedenen Erwerbsanlagen der Kantone Waadt, Wallis und Genf mit den bisher üblichen Behandlungskonzepten keine genügende Wirkung mehr erzielt wurde. Zu einer raschen Verbreitung kam es insbesondere im Wallis, wo eine zusammenhängende Obstanbaufläche besteht und sich eine sehr breite Resistenz fast über die ganze Anbaufläche ausgebreitet hat. In weniger zusammenhängenden Anbaugebieten der Westschweiz ist die Resistenz dagegen noch etwas weniger breit gestreut. Die lokalen Unterschiede bezüglich Empfindlichkeit und Resistenzmuster sind noch viel grösser, einzelne Anlagen zeigen noch kaum Anzeichen von Resistenz, in anderen Anlagen ist die Resistenz dagegen sehr stark über eine breite Produktpalette ausgebildet.

In der deutschen Schweiz ist die Resistenzsituation zur Zeit noch etwas weniger ausgeprägt als in der Westschweiz. In den letzten zwei bis drei Jahren konnte aber eine deutliche Zunahme von Problemfällen festgestellt werden. Die ersten klaren Anzeichen wurden 1997 in einer Anlage im Kanton Thurgau (Abb. 1) und zwei Jahre später im Kanton Luzern beobachtet. In solchen Fällen empfehlen wir den Einsatz der Verwirrungstechnik, die im ersten und allenfalls im zweiten Jahr noch mit einer bis zwei Behandlungen mit einem Phosphorsäureester (PE) wie Chlorpyrifos-methyl oder -ethyl unterstützt wird. Wie Abbildung 1 zeigt, konnte mit dieser Strategie ein guter Erfolg erzielt werden, was sich auch in anderen Anlagen der deutschen Schweiz bestätigte. Unter extremen Resistenzsituationen, wie sie vereinzelt in der Westschweiz auftraten, war diese Methode jedoch

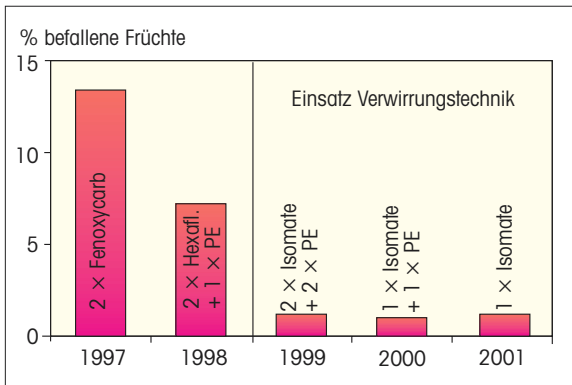


Abb. 1: Befallssituation in einer Erwerbsanlage im Kanton Thurgau vor und nach dem Einsatz der Pheromon-Verwirrungstechnik. Legende: Fenoxycarb (Insegar); Hexafli. = Hexaflumuron (Consult SC); Isomate = Isomate-C Plus (Pheromon-Verwirrungstechnik); PE = Phosphorsäureester (Chlorpyrifos-methyl oder -ethyl).

teilweise auch erfolglos und zur Unterstützung der Verwirrungstechnik musste anstelle eines Phosphorsäureesters ein Granulosevirus eingesetzt werden (Charmillot und Pasquier 2002).

Resistenzprüfungen im Labor der RAC

Mitarbeiter der RAC entwickelten in den letzten Jahren eine Testmethode, die sich auch für die Überprüfung der Empfindlichkeit verschiedener Apfelwickler-Stämme gegenüber unterschiedlichen Insektiziden eignet. So wurden im Sommer/Herbst 2002 in verschiedenen Erwerbsanlagen der Westschweiz ausgewachsene Raupen mittels Fanggürteln (Wellkarton an Apfelbaumstämmen) eingesammelt, um sie im folgenden Frühjahr mittels dieser Testmethode auf Insektizidresistenzen zu prüfen.

Methode

Die ausgewachsenen Apfelwickler-Larven (Abb. 2), die sich für die Überwinterung in Wellkarton einspinnen, werden im Kühlraum bei 6 °C gelagert. Ungefähr Mitte März werden diese diapausierenden Larven aus dem Wellkarton entnommen und mit dem Testprodukt behandelt. Mit einer Mikropipette wird ein Tröpfchen von 1 Mikroliter (0,001 ml) einer Wirkstofflösung auf den Rücken der Raupe appliziert. Einige Minuten später, nach dem Antrocknen, können sich die Raupen er-



Abb. 2: Diapausierende Apfelwicklerlarve. (Foto: Alfred Staub, FAW)

Nr.	Produkt	Konzentration (ppm A.S.)	Wirkung in % (Laborstamm RAC)	Wirkstoffgruppe
1	Diflubenzuron	10'000	71,6	Häutungshemmer
2	Fenoxycarb	1	97,8	Metamorphosehemmer
3	Tebufenozid	300	94,7	Häutungsbeschleuniger
4	Methoxyfenozid	100	99,1	Häutungsbeschleuniger
5	Deltamethrin	100	99,5	Pyrethroid
6	Phosalone	3000	99,9	Phosphorsäureester
7	Chlorpyrifos-ethyl	1200	96,7	Phosphorsäureester
8	Chlorpyrifos-methyl	1200	95,6	Phosphorsäureester
9	Indoxacarb	10'000	88,6	Oxadiazine
10	Spinosad	6000	98,7	Spinosyne
11	Imidacloprid	100	99,7	Nitroguanidine
12	Thiacloprid	500	99,4	Nitroguanidine
13	Emamectin	500	99,3	Fermentationsprodukt

neut in einen frischen Wellkarton zurückziehen (einspinnen). Anschliessend werden die Raupen bei 25 °C und 70% r.F. und einem 16-Stunden-Tag angesetzt bis die Falter schlüpfen. In der Regel werden pro Herkunft und Produkt zweimal zehn Raupen behandelt.

In Tabelle 1 sind alle geprüften Wirkstoffe mit den jeweiligen Testkonzentrationen der applizierten Lösungen aufgeführt. In der Regel wurde für diese Versuche der technische Wirkstoff in einer acetonischen Lösung eingesetzt. Bei den Testkonzentrationen handelt es sich um die Dosis, mit der bei dem empfindlichen (sensiblen) Zuchtstamm (SS) der RAC eine Mortalität von 95 bis 100% erzielt wird. Diese Konzentrationen entsprechen aber nicht den in der Praxis eingesetzten Aufwandmengen. Da sich die Methode aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen nicht für alle Stoffklassen gleich gut eignet, musste für Diflubenzuron und Indoxacarb eine Maximalkonzentration von 10'000 ppm eingesetzt werden, die beim sensiblen Stamm aber nur zu einer Mortalität von 71,6% (Diflubenzuron) beziehungsweise 88,6% (Indoxacarb) führte.

Resultate

Auf dem sensiblen Zuchtstamm (SS) wurde mit den meisten Produkten wie erwartet eine gute Wirkung von über 80% erzielt (Abb. 3). Beim diflubenzuron-resistenten Laborstamm (SR) der RAC wurde insbesondere bei den Insektenwachstumsregulatoren (Diflubenzuron = Häutungshemmer, Fenoxycarb = Metamorphosehemmer, Tebufenozid bzw. Methoxyfenozid = Häutungsbeschleuniger) und Pyrethroiden (Deltamethrin) eine stark reduzierte Aktivität beobachtet. Keine Resistenz zeigte sich jedoch bei Chlorpyrifos-ethyl und -methyl, bei Indoxacarb und bei Spinosad.

Im Kanton Waadt wurden Raupen in zwölf Erwerbsanlagen eingesammelt (Tab. 2). An einigen Standorten war die Raupenzahl jedoch so tief, dass keine aussagekräftigen Tests durchgeführt werden konnten. Je nach Herkunft und Produkt wurden sehr unterschiedliche Resultate erzielt. Nur geringe Wirkungseinbussen wurden bei den Raupen aus der unbehandelten Parzelle Genolier und beim Stamm Saint-Triphon (Abb. 4) beobachtet. Stark ausgeprägt und relativ breit war die Resistenz hingegen beim Stamm

Tab. 1: Testprodukte mit den entsprechenden Prüfkonzentrationen und deren Wirkung beim sensiblen Laborstamm der RAC. Erläuterungen: fette Schrift: Wirkstoff in der Schweiz für Apfelwicklerbekämpfung bewilligt; normale Schrift: Wirkstoff in der Schweiz bewilligt aber nicht für Apfelwickler; kursive Schrift: Wirkstoff und Produkt in der Schweiz nicht bewilligt und nicht erhältlich.

Abb. 3a: Nummerierung der Testprodukte und Wirksamkeit in %.
Abb. 3b: Wirkung der Testprodukte bei einer Kontaktbehandlung auf diapausierende Larven eines sensiblen (SS) und eines resistenten (SR) Zuchtstamms.

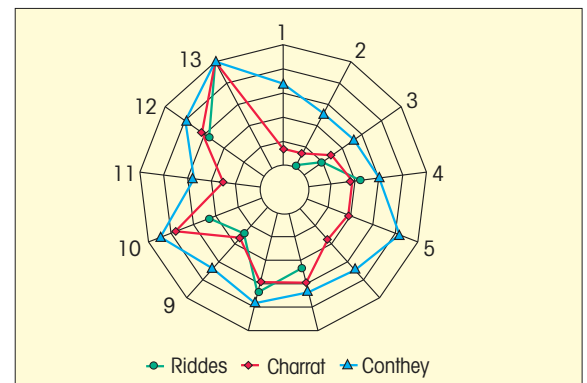
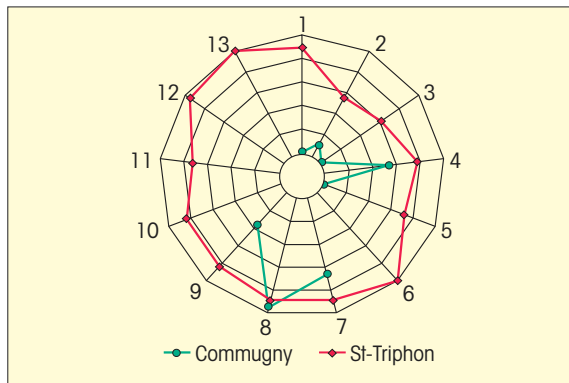
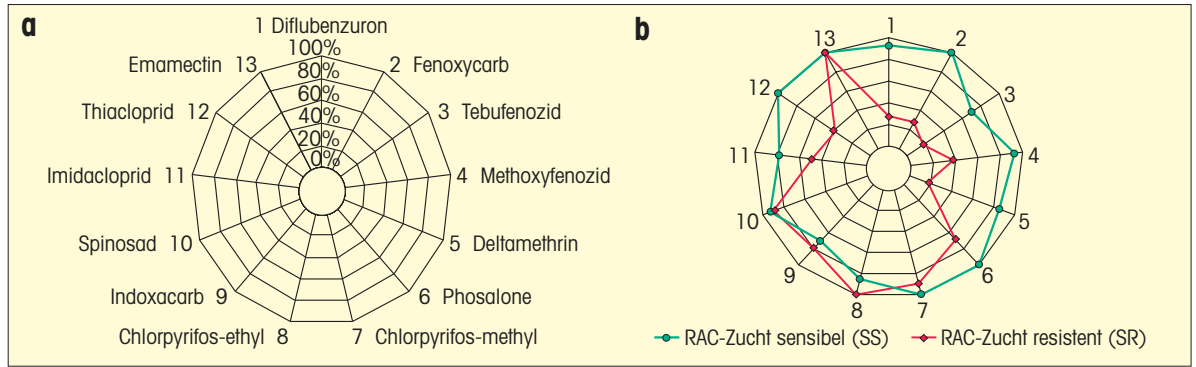


Abb. 4: Wirkung der Testprodukte bei einer Kontaktbehandlung auf diapausierende Larven von zwei Praxisbetrieben im Genfersegebiet.

Abb. 5: Wirkung der Testprodukte bei einer Kontaktbehandlung auf diapausierende Larven von drei Praxisbetrieben im Wallis.

Tab. 2: Wirksamkeit der Testprodukte bei einer Behandlung von diapausierenden Larven des sensiblen und resistenten Zuchtstamms und aus verschiedenen Erwerbsanlagen des Kantons Waadt.

Commugny (Abb. 4). Alle eingesammelten Apfelwicklerstämme wurden auf Empfindlichkeit gegenüber Tebufenozid getestet, wo auch grosse Wirkungsunterschiede von 0 bis 100% festgestellt wurden (Tab. 2). Etwas anders präsentierte sich die Situation im Kanton Wallis (Tab. 3), wo Raupen in zwölf verschiedenen Erwerbsanlagen eingesammelt wurden. Alle Stämme zeigten eine mehr oder weniger ausgeprägte Resistenz gegenüber Tebufenozid mit Wir-

kungsgraden, die im Maximum 57% erreichten. Die Resultate weisen darauf hin, dass die Resistenz im Wallis fast flächendeckend verbreitet und dass deshalb auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Herkünften weniger ausgeprägt sind (Abb. 5).

Im Weiteren wurden auch noch verschiedene Apfelwickler-Stämme aus Italien (Trentino und Emilia-Romagna) geprüft. Die verschiedenen Herkünfte zeigten ähnliche Resultate wie diejenigen aus dem Wallis.

Folgerungen

Die Laborversuche an der RAC zeigten, dass Apfelwicklerpopulationen aus einzelnen Anlagen der Westschweiz, gegenüber einer grossen Zahl von Wirkstoffen eine stark reduzierte Empfindlichkeit aufweisen. In den extremsten Fällen wurde gegenüber zwölf von dreizehn Wirkstoffen eine mehr oder weniger starke Resistenz festgestellt. Interessanterweise sind von dieser Resistenz auch Wirkstoffe betroffen, die in der Schweiz fast nie im Obstbau zum Einsatz kamen, wie zum Beispiel Deltamethrin aus der Gruppe der Pyrethroide. Raupen anderer Anlagen zeigten kaum Aktivitätsverluste oder nur gegenüber einer beschränkten Zahl von Wirkstoffen; am häufigsten betroffen waren dabei Produkte aus der Gruppe der Insektenwachstumsregulatoren und Pyrethroide. An zahlreichen Standorten konnte noch eine sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber den Phosphorsäureestern Chlorpyrifos-ethyl und -methyl festgestellt werden. Aufgrund diverser Beobachtungen (Charmillot und Pasquier, 2002) muss man aber annehmen, dass bei vermehrtem Einsatz dieser Stoffe auch hier die Empfindlichkeit rasch abnimmt.

Herkunft	% Überlebende in Unbehandelt	Wirkung in %												
		Diflubenzuron	Fenoxycarb	Tebufenozid	Methoxyfenozid	Deltamethrin	Phosalone	Chlorpyrifos-methyl	Chlorpyrifos-ethyl	Indoxacarb	Spinosad	Imidacloprid	Thiacloprid	Emamectin
Sensibler Stamm (SS)	68	93	10	70	93	85	100	100	85	70	93	78	100	100
Resist. Stamm (SR)	48	28	28	17	38	17	69	90	100	79	90	48	38	100
Genolier (unbehandelt)	80		72	83	67	100	100	83	83	83		83	100	100
Changins (Versuchsparzelle)	100	67	56	57	56	72	94	89	82	83	94	33	94	100
Aigle	90			1										
Allaman				63										
Begnins				100										
Commugny	85	0	11	0	53	0		67	95	36				
Etoy				29										
Féchy				44										
Prangins	89		26	0				72						
Rolle				60										
Saint-Triphon	95	89	56	61	78	72	100	89	89	83	83	72	94	100
Vinzel				63										
Yvorne	90			56						17				

Die verschiedenen Feldbeobachtungen wurden durch Laborversuche der RAC bestätigt. Die Erkenntnisse aus der Westschweiz sind durchaus, in etwas abgeschwächtem Mass, auch auf die deutsche Schweiz übertragbar. Konsequenterweise muss man davon ausgehen, dass sich die Resistenz in den nächsten Jahren auch bei uns weiter ausbreitet und in der Stärke eher noch zunimmt. Es ist deshalb überaus sinnvoll, wenn frühzeitig auf Alternativen umgestiegen wird, die von der Resistenz sicher nicht betroffen sind wie zum Beispiel die Pheromon-Verwirrungstechnik oder die Apfelwickler-Granuloseviren. Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Produkte findet man in den Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstbau 2004 (Höhn et al. 2004).

An der RAC und FAW werden auch in Zukunft weitere Versuche durchgeführt, um die Resistenzsituation besser kennen zu lernen und geeignete Bekämpfungsstrategien zu entwickeln. So befinden sich zur Zeit auch einige Apfelwicklerstämme der deutschen Schweiz in den Laborprüfungen der RAC.

Literatur

Charmillot P.-J., Pasquier D., Sauphanor B., Bouvier J.C. und Olivier R.: Carpopapse des pommes: premier cas de résistance au diflubenzuron en Suisse: Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 31 (3), 129–32, 1999.

Charmillot P.-J. und Pasquier D.: Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose pour affronter des souches résistantes de carpopapse *Cydia pomonella*. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 34 (2), 103–108, 2002.

Charmillot P.-J., Pasquier D., Grela C., Genini M., Olivier R., Ioriatti C. und Butturini A.: Résistance du carpopapse *Cydia pomonella* aux insecticides. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 35 (6), 363–368, 2003.

Croft B.A. und Riedl H.W.: Chemical control and resistance to pesticides of the codling moth. In *Tortricid pests: their biology, natural enemies and control*. L.P.S. Van der Geest & H.H. Evenhuis (Ed.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 371–387, 1992.

Herkunft	% Überlebende in Unbehandelt	Wirkung in %												
		Diflubenzuron	Fenoxycarb	Tebufenozia	Methoxyfenozid	Deltamethrin	Phosalone	Chlorpyrifos-methyl	Chlorpyrifos-ethyl	Indoxacarb	Spinosad	Imidacloprid	Thiacloprid	Emamectin
Ardon	85	0	3	57	68	68	57	84	57	70				
Bramois	84			36										
Charrat	95	14	14	29	38	38	35	59	59	34	76	30	62	100
Conthey	92	68	52	52	60	84	69	68	77	68	89	55	79	100
Fully	100			39				86						
Martigny	93		7	38				84						
Riddes	96		3	20	44			47	68	29	46		55	100
Saillon	100			42				53						
Saxon	90	35	25	22	39	30	22	46	73	22	57	19	46	100
Sierre	100			57							52			
Sion	90			57	53			78		85				
Saint-Léonard	95			46	54			68		65	76	46		100

Höhn H., Siegfried W., Rüegg J., Holliger E., Gut D. und Neuweiler R.: Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstbau 2004. Schweiz. Z. Obst-Weinbau Nr. 01/04, 55 Seiten, 2004.

Riedl H. und Zelger R.: Erste Ergebnisse der Untersuchungen zur Resistenz des Apfelwicklers gegenüber Diflubenzuron. Obstbau-Weinbau 31, 107–109, 1994.

Sauphanor B. und Bouvier J.C.: Cross-resistance between benzoylureas and tebufenozide in the codling moth, *Cydia pomonella* L. Pestic.Sci. 45, 369–375, 1995.

Sauphanor B., Avilla J., Charmillot P.-J., Ioriatti C., Micheles S., Matias C. und Waldner W.: Coping with insecticide resistance in fruit production: the example of codling moth resistance in Europe. Abstract 6th European Congress of Entomology. Ceske Budejovice, August 23–29, 619–620, 1998.

Tab. 3: Wirksamkeit der Testprodukte bei einer Behandlung von diapausierenden Larven aus verschiedenen Erwerbsanlagen des Kantons Wallis.

RÉSUMÉ

Progression de la résistance du carpopapse aux insecticides

Au cours de ces dernières années de nombreux arboriculteurs ont signalé des cas de «résistance supposée» du carpopapse aux insecticides. Il s'est avéré que cette perte d'efficacité ne concerne pas qu'un seul groupe de produits. Des tests portant sur treize insecticides, appartenant à neuf groupes différents de produits, ont été réalisés par Agroscope RAC Changins sur des chenilles collectées dans plus de vingt vergers commerciaux de Suisse romande, afin d'obtenir des informations sur la répartition de la résistance et les produits concernés. Les résultats ont montré que la résistance est déjà assez étendue et que son intensité varie beaucoup selon les provenances. Ces résultats sont aussi confirmés par différentes observations en verger.