

Einfluss von Insektiziden auf Nützlinge in Getreide- und Kartoffelkulturen

Stève Breitenmoser¹ und Robert Baur²

¹Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1, Schweiz

²Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil, Schweiz

Auskünfte: Stève Breitenmoser, E-Mail: steve.breitenmoser@agroscope.admin.ch, Tel. +41 22 363 43 17



Abb. 1 | Gruppen wichtiger Nützlinge im Getreide und in den Kartoffeln. A) Larve und Adulttier von *Coccinella septempunctata* (Linnaeus 1758). B) Larve und Adulttier von *Episyrrhus balteatus* (De Geer 1776). C) Larve und Adulttier von *Chrysoperla carnea* (Stephens 1836). D) Adulttiere und durch *Aphidius rhopalosiphi* de Stefani-Perez 1902 parasitierte Läuse. (Fotos: Mario Waldburger, Agroscope; ausser die Larve von *Episyrrhus* [Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège – Belgique)] und *Aphidius* © INRA, Bernard Chaubet.

Einleitung

Der integrierte Pflanzenschutz setzt sich zum Ziel, die Nebenwirkungen der Pflanzenschutzmittel auf die Nützlingsfauna zu minimieren. Es sollen vorzugsweise Insektizide zum Einsatz kommen, welche die Nützlingsfauna schonen, die für die Regulierung der Schädlinge wichtig sind. In der Direktzahlungsverordnung (DZV) sind im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) jene Insektizide aufgeführt, die im Ackerbau zugelassen sind. Die Verordnung führt jene Insektizide auf, die nach Überschreiten der Schadschwelle, frei eingesetzt werden können, beziehungsweise jene, welche eine kantonale Sonderbewilligung benötigen. Die aktuellen Kenntnisse zum Einfluss der Wirkstoffe auf die Nützlinge sind jedoch oft ungenügend oder unvollständig. Es wurde daher im Rahmen einer Aktualisierung der im Getreide und in den Kartoffeln zugelassenen Insektizide eine Neubewertung ihres Einflusses auf die Nützlingsfauna durchgeführt. Diese Bewertung soll auch zu einer fundierteren Erteilung kantonaler Sonderbewilligungen beitragen.

Material und Methoden

Die Bewertung stützt sich einerseits auf den Einfluss einer Behandlung mit einer Aktivsubstanz auf jede Nützlingsgruppe ab, andererseits wird der Einfluss von Pflanzenschutz-Szenarien (Mouron *et al.* 2013) mit mehreren Insektizid- und Fungizidbehandlungen auf jede Nützlingsgruppe begutachtet. Diese Szenarien beinhalten Behandlungen gegen die Getreidehähnchen (*Oulema* spp.) und die Pilzkrankheiten im Wintergetreide sowie die Behandlungen gegen den Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* [Say 1824]), die Blattläuse (verschiedene Arten) und die Pilzkrankheiten in den Speisekartoffeln. Der Einfluss der Pflanzenschutz-Szenarien auf die Gesamtheit der Nützlingsgruppen wird in einer umfassenden Beurteilung dargestellt.

Auswahl der Gruppen von Nützlingen

Die taxonomischen Gruppen von Nützlingen, die im Getreide und in den Kartoffeln bedeutsam sind, wurden auf Grund ihrer Rolle bei der Regulierung der wichtigsten Schädlinge (Getreidehähnchen, Kartoffelkäfer)

sowie bei der Regulierung der sekundären Schädlinge (Läuse auf Ähren oder Blättern) ausgewählt. Zum Zeitpunkt des Pflanzenschutzmitteleinsatzes sind die vorherrschenden Gruppen von Nützlingen die Marienkäfer, die Florfliegen, die Schwebefliegen und die Schlupfwespen (Hymenopteren), (Borgemeister 1991; Radtke und Rieckmann 1991; Obst und Volker 1993) (Abb. 1; Tab. 1). Die Laufkäfer und die Spinnen, welche als nicht spezifische Räuber vorwiegend auf dem Boden aktiv sind, blieben als weniger wichtig unberücksichtigt. Der Einfluss der insektenpathogenen Pilze wurde nicht berücksichtigt, da dieser schwierig zu erfassen ist und wenig Literaturangaben verfügbar sind. Gemäss der Direktzahlungsverordnung gelten Bienen nicht als Nützlinge. Nach Definition muss ein Nützing in Bezug auf einen Schädling eine regulierende Funktion erfüllen. Die Toxizität der Pflanzenschutzmittel gegenüber Bienen wird gemäss Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV) innerhalb des Zulassungsverfahrens beurteilt.

Herkunft der Daten

Die Informationen bezüglich der negativen Nebeneffekte einer Anwendung von Aktivsubstanzen auf eine Nützlingsgruppe stammen aus folgenden Quellen: Interne Berichte der Forschungsgruppe Ökotoxikologie von ACW (2008), Datenbank der IOBC/OILB (2005), die ACW-Pflanzenschutzverzeichnisse für den Obst- und Weinbau (Wirth *et al.* 2011a, Wirth *et al.* 2011b); Biobest (2012) sowie die Datenbank der in Frankreich bewilligten Pflanzenschutzmittel (E-phy 2005). Die Informationen sind nicht immer ausreichend und manchmal sogar widersprüchlich. Die verfügbaren Daten für jede Aktivsubstanz und Nützlingsgruppe sind nicht immer gleichwertig; in solchen Fällen haben wir den Mittelwert aus

Zusammenfassung

Im Rahmen der geltenden Richtlinien des ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) sind im schweizerischen Ackerbau nur bestimmte, nützlingsschonende Insektizide frei zugelassen. In den letzten Jahren sind neue Pflanzenschutzmittel auf den Markt gekommen. Eine neue Bewertung der Toxizität der Insektizide wird sowohl von den Behörden wie von der Praxis gewünscht. Auf Grund von Literaturangaben konnten jene Aktivsubstanzen ermittelt werden, welche für vier vorgängig ausgewählte und relevante Gruppen von Nützlingen schonend – oder eben nicht schonend – sind (*Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* und Schlupfwespen). Weiter wurde die Toxizität von Insektiziden und Fungiziden gegenüber diesen vier Gruppen von Nützlingen anhand verschiedener bereits etablierter Pflanzenschutz-Szenarien bewertet (Mouron *et al.* 2013). Diese Szenarien betreffen die Bekämpfung der Getreidehähnchen im Winterweizen, sowie jene des Kartoffelkäfers und der Blattläuse in den Speisekartoffeln. Die Resultate haben gezeigt, welche Szenarien und insbesondere welche Aktivsubstanzen einen negativen Einfluss auf diese Nützlingsgruppen haben. Überdies zeigen die Resultate, dass einige Fungizide oder ihre wiederholte Anwendung ebenfalls einen negativen Effekt auf die Nützlinge haben können. Alle diese Angaben stützen sich auf Versuche im Labor oder auf solche unter kontrollierten, geschützten Bedingungen ab. Es wäre jedoch wünschenswert, dass diese Resultate in Feldversuchen verifiziert würden.

Tab. 1 | Beschreibung des Einflusses betreffend Schädlinge der verschiedenen anwesenden Nützlingsgruppen im Getreide und Kartoffeln.

Nützlingsgruppen (NG)		Vorgehen der Nützlingsgruppen	Relevanz ¹⁾
Marienkäfer (<i>Coccinellidae</i>)	Beispiele: <i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus 1758). <i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus 1758).	Larven und Adulte sind unspezifische Räuber, fressen Blattläuse, Eier von Getreidehähnchen (GH) und Kartoffelkäfer (KK), in Getreide auch Thripse. Eine Generation pro Jahr, relativ mobil	relevant
Florfliege (<i>Chrysopidae</i>)	Beispiel: <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens 1836)	Larven sind unspezifische Räuber, fressen Blattläuse, evtl. auch Eier von GH und KK, und Thripse. Zwei Generationen, relativ mobil	relevant
Schwebfliege (<i>Syrphidae</i>)	Beispiel: <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer 1776).	Larven sind unspezifische Räuber, fressen Blattläuse, drei Gen., relativ mobil	relevant
Parasitoide (<i>Hymenoptera</i>)	Beispiele: <i>Aphidius rhopalosiphi</i> (de Stefani-Perez 1902). <i>Aphidius colemani</i> (Viereck 1912).	Relativ spezifisch, wichtig sind v.a. Blattlausparasitoide (z.B. <i>Aphididae</i>), mehrere Generationen, wenig mobil (klein)	relevant
Laufkäfer (<i>Carabidae</i>), Spinnen (<i>Araneae</i>), Kurzflügler (<i>Staphilinidae</i>)	Beispiele: <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus 1758). <i>Pardosa</i> spp. <i>Aleochara bilineata</i> (Gyllenhaal 1810).	Larven und Adulte sind unspezifische Räuber, leben v.a. am Boden, d.h. eher nicht dort, wo Blattläuse und GH, resp. KK sind.	Alle drei Gruppen sind weniger relevant.

¹⁾Relevanz der Nützlingsgruppen hinsichtlich der Schädlinge und der betreffenden Kulturen.

Tab. 2 | Szenarien für den Winterweizen

Szenario	Strategie Getreidehähnchen		Bemerkungen
	Handelsname	Wirkstoff (g ws/ha)	
A1	Biscaya	Thiacloprid (48-72)	ohne Einschränkung
B1	Nomolt	Teflubenzuron (60)	sehr restriktiv
B2	Nomolt+Audienz	Teflubenzuron (60) + Spinosad (48)	sehr restriktiv
C1	Nomolt+Biscaya	Teflubenzuron (60) + Thiacloprid (48-72)	mit kantonaler Sonderbewilligung

der beobachteten Mortalität in den verschiedenen Studien berücksichtigt. Für einige Aktivsubstanzen gibt es überhaupt keine verfügbaren Informationen.

Pflanzenschutz-Szenarien

Die verschiedenen in unserer Bewertung verwendeten Pflanzenschutz-Szenarien sind bei Mouron *et al.* (2013) beschrieben. Sie umfassen alle Pflanzenschutzmitteleinsätze (Herbizide, Fungizide und Insektizide), welche üblicherweise in Wintergetreide und Speisekartoffeln während einer Saison durchgeführt werden. Die Insektizide richten sich gegen die Getreidehähnchen im Weizen, den Kartoffelkäfer und die Blattläuse in den Kartoffeln. Die eher seltenen Anwendungen, wie beispielsweise jene gegen die Ährenläuse oder die Gelbe Getreidehalmfliege (*Chlorops pumilionis* [Bjerkander 1778]) im Weizen, wurden nicht berücksichtigt. Im Weizen wurden vier Szenarien für den Einsatz von Insektiziden definiert (A1, B1, B2 und C1; Tab. 2). In all diesen Varianten wurde ein und dasselbe Fungizidszenario befolgt, nämlich eine Behandlung mit **Azoxystrobin+Cyproconazole** (Amistar Xtra) und eine Behandlung mit **Spiroxamin+Prothioconazole** (Input).

In den Kartoffeln wurden sieben Einsatzszenarien für Insektizide definiert (A1, A2, B1, B2, B3, C1 et C2; Tab. 3). In all diesen Varianten wurde ein und dasselbe Fungizidszenario befolgt; es umfasst die Anwendung der folgenden Aktivsubstanzen:

Mancozeb (kumulierte Dosis = 4,5 x die Anwendungsdosis), **Metalaxyl-M**, **Fluazinam**, **Benthiavalicarb**, **Mandipropamid**, **Cymoxanil**, **Zoxamid**, **Dimetomorph**, **Cyazofamid**, **Difenoconazol** und **Chlorothalonil** (für alle andern Aktivsubstanzen entspricht die angewendete Menge der maximalen Anwendungsdosis).

Bewertungsmethode

Die verschiedenen Quellenangaben teilen allgemein die Aktivsubstanzen in drei oder vier Toxizitätsklassen ein. Zur Vereinfachung und für eine robuste Aussage wurden drei Klassen beibehalten: N = unschädlich oder wenig toxisch (0–50 % Mortalität); M = mittlere Toxizität (50 – 75 % Mortalität); T = toxisch (>75 % Mortalität). Die Bewertung bezog sich vorerst auf den Einfluss einer einzigen Anwendung einer Aktivsubstanz auf jede Nützlingsgruppe. Danach wurde der Einfluss auf die Gesamt-

Tab. 3 | Szenarien für die Speisekartoffeln

Szenario	Strategie Kartoffelkäfer		Strategie Blattläuse		Bemerkungen
	Handelsname	Wirkstoff I (g ws/ha)	Handelsname	Wirkstoff II (g ws/ha)	
A1	Karate	Lambda-cyhalotrin (7,5)	Biscaya	Thiacloprid (72)	ohne Einschränkung
A2	Biscaya	Thiacloprid (48)	Biscaya	Thiacloprid (72)	ohne Einschränkung
B1	Nomolt+Audienz	Teflubenzuron+Spinosad (37,5 + 24)	Plenum oder Teppeki	Pymetrozin (150) oder Fonicamid (80)	sehr restriktiv
B2	Novodor+Audienz	<i>Bacillus thuringiensis</i> +Spinosad (90-150 + 24)	Plenum oder Teppeki	Pymetrozin (150) oder Fonicamid (80)	sehr restriktiv
B3	Novodor (2x)	<i>Bacillus thuringiensis</i> (90-150)	Plenum oder Teppeki	Pymetrozin (150) oder Fonicamid (80)	sehr restriktiv
C1	Audienz	Spinosad (24)	Plenum oder Teppeki	Pymetrozin (150) oder Fonicamid (80)	mit kantonaler Sonderbewilligung. Kartoffelkäfer treffen NICHT mit Blattläusen zusammen.
C2	Audienz	Spinosad (24)	Biscaya	Thiacloprid (72)	mit kantonaler Sonderbewilligung. Kartoffelkäfer treffen mit Blattläusen zusammen.

Tab. 4 | Beurteilung des Einflusses der Toxizität der Wirkstoffe auf die vier relevanten Nützlingsgruppen (NG)

Endnote	Einfluss auf die einzelnen NG	Verbale Umschreibung des Einflusses auf NG und ihre Regulation der Schädlinge
1	+/- alle N	Keine NG ist signifikant beeinträchtigt.
2	Mehrheitlich N, einzelnes M (ev. einzelnes T)	Einzelne NG mittel bis stark beeinträchtigt, aber regulierende Funktion bleibt klar erhalten
3	Mindestens eine relevante NG mit N	NG mehrheitlich beeinträchtigt, aber mindestens eine NG eindeutig nicht beeinträchtigt. Regulierung weitgehend erhalten.
4	Kombination von M und T (oder alle M)	Klare Hinweise, dass Regulierung nicht mehr gegeben, resp. stark beeinträchtigt ist.
5	Alle T	Alle NG werden durch die PS-Strategie stark geschädigt. Regulation der NG kann nicht erwartet werden.

N = harmlos bis wenig toxisch 0-50% Mortalität; M = mittel toxisch 50-75% Mortalität; T = toxisch >75% Mortalität

heit der vier Nützlingsgruppen beurteilt. Um eine regulierende Funktion auf die Schädlinge der beiden Kulturen sicher feststellen zu können, muss mindestens eine wichtige Nützlingsgruppe durch die Aktivsubstanz verschont bleiben. In dieser Studie nimmt man an, dass das Regulierungspotenzial der vier Nützlingsgruppen analog ist. Bei der Bewertung werden Endnoten von 1 bis 5 vergeben. Bei Noten über 3 ist die Regulierungsfunktion der hauptsächlichen Nützlinge nicht mehr gesichert (Tab. 4). In einem zweiten Schritt wurde der kombinierte Einfluss mehrerer Aktivsubstanzen auf jede Nützlingsgruppe in multiplikativer Weise beurteilt. Dies bedeutet, dass ein Überlebensniveau von 25 % erreicht wird, wenn von zwei Behandlungen jede eine Mortalität von 50 % für eine Nützlingsgruppe verursacht, was der Klassifizierung T entspricht (Berechnung: $(1 - 0,5) \times (1 - 0,5) = 0,25$). Ebenso erhält man eine Überlebensrate von 18,7 %, wenn eine Behandlung mit 75 % Mortalität und eine mit 25 % Mortalität kumuliert werden (Berechnung: $(1 - 0,75) \times (1 - 0,25) = 0,187$). Diese Methodik ist auch für drei oder mehr Behandlungen gültig. Tabelle 5 führt die verschiedenen Kategorien auf, welche durch die Kombination der drei Klassen N, M und T erhalten wurden. Diese Methode erlaubt den Einfluss eines Pflanzenschutz-Szenarios auf die Gesamtheit der vier wichtigen Nützlingsgruppen zu beurteilen, wobei mehrere insektizide und fungizide Wirkstoffe zum Einsatz kommen. Wie bei der Einzelbeurteilung der Aktivsubstanzen erhält auch das Szenario eine Endnote von 1 bis 5, wobei die Note 3 den Grenzwert darstellt (Tab. 4).

Tab. 5 | Kombination der Effekte mehrerer Mortalitätsklassen, wenn mehrere Behandlungen (Wirkstoffe) gegen eine Nützlingsgruppe (NG) benutzt wurden

T und T = T	M und M = T	N und N = N oder M (detailliert beurteilen)
T und M = T	M und N = M	
T und N = T		

N = harmlos bis wenig toxisch 0-50% Mortalität; M = mittel toxisch 50-75% Mortalität; T = toxisch >75% Mortalität.

Resultate

Einfluss einer einzigen Aktivsubstanz

In Tabelle 6 sind die Resultate zum Einfluss einer einzigen Aktivsubstanz auf die Gesamtheit der vier Gruppen von Nützlingen zusammengestellt. Die Insektizide auf der Basis von *Bacillus thuringiensis*, **Fonicamid** und **Pymetrozin** beeinträchtigen keine der wichtigen Nützlingsgruppen im Getreide oder in den Kartoffeln; sie sind somit gegenüber der Nützlingsfauna als günstig zu beurteilen. Die Aktivsubstanzen **Azadirachtin**, **Diflubenzuron**, **Novaluron**, **Pirimicarb**, **Spinosad** und **Teflubenzuron** ermöglichen mindestens einer Gruppe wichtiger Nützlinge eine gegenüber den Schädlingen regulierende Funktion in diesen beiden Kulturen zu übernehmen. **Acetamiprid** und **Chlorantraniliprol** stellen gegenüber den Nützlingsgruppen eine Kombination mittlerer bis starker Toxizität dar (Note 4). Die übrigen beurteilten Substanzen sind alle toxisch (**Alpha-cypermethrin**, **Bifenthrin**, **Chlorpyrifos-ethyl**, **Chlorpyrifos-methyl**, **Cypermethrin**, **Deltamethrin**, **Lambda-cyhalothrin**, **Thiacloprid**, **Thiamethoxam** und **Zeta-cypermethrin**).

Einfluss eines Pflanzenschutz-Szenarios

Die Ergebnisse der Beurteilungen des Einflusses eines Pflanzenschutz-Szenarios auf die Gesamtheit der Nützlingsgruppen sind für das Wintergetreide in Tabelle 7 und für die Speisekartoffeln in Tabelle 8 zusammengestellt.

Wintergetreide

Beim Wintergetreide ergeben sich für alle beurteilten Szenarien Noten von 3 bis 5 in Bezug auf die Nützlinge. Bei den Fungiziden zeigt sich, dass **Spiroxamin** für die Marienkäfer und die parasitierenden Nützlinge eine mittlere Toxizität aufweist. Die Varianten A1 und C1 mit dem Insektizid **Thiacloprid** erhalten die Endnote 5, da diese Substanz für drei der betrachteten Nützlingsgruppen toxisch ist. Die Varianten B1 und C1 mit **Teflubenzuron** ergeben uneinheitliche Resultate, da diese Substanz für die Marienkäfer toxisch und für die Flurfiegen mit- ➤

Tab. 6 | Kategorisierung der Auswirkungen von Insektiziden auf die Nützlingsgruppe (NG): *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae*, *Hymenoptera*-Parasitoide in Getreide und Kartoffeln. In jeder Endnoten-Kategorie sind die verschiedenen Wirkstoffe in alphabetischer Reihenfolge klassiert

Endnote	Wirkstoff	Einfluss auf die einzelnen NG	Einfluss auf die regulatorische Funktion
1	<i>Bacillus thuringiensis</i> , Flonicamid, Pymetrozin	+/- alle N	regulatorische Funktion gesichert
2	Rapsöl, Paraffinöl	Mehrheitlich N, einzelnes M (evt. einzelnes T)	
3	Azadirachtin, Diflubenzuron, Novaluron, Pirimicarb, Spinosad, Teflubenzuron	Mindestens 1 relevante NG mit N	
4	Acetamidrid, Chlorantraniliprol	Kombination von M und T (1 NG mit M)	regulatorische Funktion nicht mehr gesichert
5	Alpha-cypermethrin, Bifenthrin, Chlorpyrifos-ethyl, Chlorpyrifos-methyl, Cypermethrin, Deltamethrin, Lambda-cyhalothrin, Thiacloprid, Thiamethoxam, Zeta-cypermethrin	alle T (alle NG = T)	

N = harmlos bis wenig toxisch 0-50 % Mortalität; M = mittel toxisch 50-75 % Mortalität; T = toxisch >75 % Mortalität.

teltoxisch ist. Die Variante B2 mit dem Insektizid-Wirkstoff **Spinosad** ergibt das beste Resultat (Note 3), da diese Aktivsubstanz in Bezug auf zwei der vertretenen Nützlingsgruppen neutral ist. Dies ist das einzige Szenario, welches eine regulierende Funktion für mindestens eine Nützlingsgruppe zulässt trotz der Verwendung eines Fungizides mit dem Wirkstoff **Spiroxamin**, welcher die Endnote etwas verschlechtert. Würde man auf diesen fungiziden Wirkstoff verzichten oder andere nicht-toxische auswählen, erhielte die Variante B2 die Note 2. Diese Option würde die Endnote der anderen Varianten nicht ändern.

Speisekartoffeln

In den Speisekartoffeln werden den beurteilten Szenarien Noten von 4 bis 5 zugewiesen. Die Resultate lassen erkennen, dass die Kumulierung der Fungizide sich als mitteltoxisch für die vier beurteilten Nützlingsgruppen erweisen. Dies ist einzig und allein auf die wiederholte Verwendung von **Mancozeb** zurückzuführen, welches die Nützlingspopulationen beeinträchtigt. Mit fünf Applikationen (davon einige mit reduzierter Dosis) ergibt sich eine kumulierte Dosis dieses Fungizids, welche dem 4,5-fachen der einfachen Dosis von 10 kg Aktivsubstanz pro Hektare entspricht. Die Resultate von Mills

Tab. 7 | Beurteilung der Toxizität bezüglich Nützlingsgruppe pro Szenario für Winterweizen. Fungizide: eine Behandlung mit Amistar Xtra (Azoxytrobilin + Cyproconazole) und dann eine Behandlung mit Input (Spiroxamin + Prothioconazole)

	Szenario	Schwebfliege (<i>Syrphidae</i>)	Marienkäfer (<i>Coccinellidae</i>)	Florfliege (<i>Chrysopidae</i>)	Parasitoide (<i>Hymenoptera</i>)	Endnote
A1	Biscaya (Thiacloprid)	?	T	T	T	
	Fungizide (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthese	?	T	T	T	5
B1	Nomolt (Teflubenzuron)	N	T	M	N	
	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Fungizide (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthese	?	T	M	T	4
B2	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Fungizide (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthese	?	M	N	T	3
C1	Nomolt (Teflubenzuron)	N	T	M	N	
	Biscaya (Thiacloprid)	?	T	T	T	
	Fungizide (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthese	?	T	T	T	5

N = harmlos bis wenig toxisch 0-50 % Mortalität; M = mittel toxisch 50-75 % Mortalität; T = toxisch >75 % Mortalität. ? = Keine Daten verfügbar.

Tab. 8 | Beurteilung der Toxizität bezüglich Nützlingsgruppe pro Szenario für Speisekartoffeln. Fungizide: Mancozeb (kumulative Dosis = 4,5x die Verwendungsdosis), Metalaxyl-M, Fluazinam, Bentiavalicarb, Mandipropamid, Cymoxanil, Zoxamid, Dimetomorph, Cyazofamid, Difenconazole und Chlorothalonil (Für den letzten Wirkstoff entspricht die eingesetzte Menge der Verwendungsdosis)

Szenario		Schwebfliege (Syrphidae)	Marienkäfer (Coccinellidae)	Florfliege (Chrysopidae)	Parasitoide (Hymenoptera)	Endnote
A1	Karate (Lambda-cyhalothrin)	?	T	T	T	
	Biscaya (Thiacloprid)	?	T	T	T	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	T	T	T	5
A2	Biscaya 2x (Thiacloprid)	?	T	T	T	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	T	T	T	5
B1	Nomolt (Teflubenzuron)	N	T	M	N	
	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (Pymetrozin) oder Teppeki (Fonicamid)	? oder N	N oder N	N oder N	N oder N	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	T	T	T	5
B2	Novodor (Bacillus thuringiensis)	N	N-M	N	N	
	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (Pymetrozin) oder Teppeki (Fonicamid)	? oder N	N oder N	N oder N	N oder N	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	M	M	T	4
B3	Novodor 2x (Bacillus thuringiensis)	N	N-M	N	N	
	Plenum (Pymetrozin) oder Teppeki (Fonicamid)	? oder N	N oder N	N oder N	N oder N	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	? ou M	M	M	M	4
C1	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (Pymetrozin) oder Teppeki (Fonicamid)	? oder N	N oder N	N oder N	N oder N	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	M	M	T	4
C2	Audienz (Spinosad)	?	N	N	T	
	Biscaya (Thiacloprid)	?	T	T	T	
	Fungizide	M	M	M	M	
	Synthese	?	T	T	T	5

N = harmlos bis wenig toxisch 0–50 % Mortalität; M = mittel toxisch 50–75 % Mortalität; T = toxisch >75 % Mortalität; ? = keine Daten verfügbar

(2006) zeigen, dass bei wiederholter Anwendung dieses Fungizids (6,3 bis 7,7 kg Aktivsubstanz pro Hektare) die Populationen der parasitierenden Nützlinge wie *Aphidius rhopalosiphi* de Stefani-Perez 1902 und von *Chrysoperla carnea* (Stephens 1836) leicht verschlechtert werden. Die wiederholte Anwendung von **Mancozeb** wird daher gegenüber den vier Nützlingsgruppen als mitteltoxisch betrachtet, während eine einzige Anwendung dieses Wirkstoffes als neutral bis leicht toxisch eingestuft wird. Die Szenarien A1, A2 und C2 mit dem insektiziden

Wirkstoff **Thiacloprid** erhalten die Note 5, da diese Substanz für drei Nützlingsgruppen toxisch ist. Das Szenario B1 mit **Teflubenzuron** ergibt uneinheitliche Resultate, da diese Substanz für die Marienkäfer toxisch und für die Florfliegen mitteltoxisch ist. Der Einsatz von **Fonicamid** oder **Pymetrozin** gegen Blattläuse hat keinerlei Einfluss auf das Schlussresultat des Szenarios, da diese beiden Aktivsubstanzen neutral oder wenig toxisch gegenüber den vier Nützlingsgruppen sind (und dies obwohl für Pymetrozin keine Daten in Bezug auf die Schwebefliegen

vorliegen). Bei der Verwendung von **Mancozeb** erhält keine Variante eine Endnote unter 4. Somit können die Varianten B2, B3 und C1 mit der Endnote 4 als die am wenigsten schädlich bezeichnet werden. Wenn die Verwendung dieses Fungizides eingeschränkt oder gänzlich darauf verzichtet würde, oder wenn andere für die vier Nützlingsgruppen nicht-toxische Fungizide gewählt würden, erhielte die Variante B3 die beste Note 1 – 2 (anstatt 4). Dies würde allerdings nur bei einem schwachen Auftreten des Kartoffelkäfers gelten, da **Bacillus thuringiensis** nur gegen die jungen Larven im Stadium L1 und L2 wirksam ist. In gleicher Weise würden die Varianten C1 und B2 die Note 2 beziehungsweise 2–3 (anstatt 4) erhalten. **Spinosad** erlaubt eine effiziente Bekämpfung des Kartoffelkäfers, da dieser Wirkstoff gegen alle Stadien des Schädling wirksam ist. Die Szenarien ohne **Mancozeb** würden jedoch die Endnote 5 für die Varianten A1, A2 und C2 nicht ändern.

Diskussion

Die Studie ermöglichte es, diejenigen Aktivsubstanzen und Szenarien zu identifizieren und zu klassifizieren, welche negative Einflüsse auf die regulierende Wirkung der in Getreide und in Kartoffeln vertretenen Nützlingsgruppen haben. Die Anwendungseinschränkungen für den Pflanzenschutzmitteleinsatz im ÖLN betreffen im Ackerbau nur Insektizide. Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass auch gewisse Fungizide negative Einflüsse auf die Nützlinge haben können. Die Verwendung von **Spiroxamin** im Getreide und die wiederholte Anwendung von **Mancozeb** in den Kartoffeln können einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Nützlinge haben. Obwohl die in dieser Studie verwendete Methodik ein reproduzierbares, kohärentes Analyseschema erlaubt, so hat sich trotzdem gezeigt, dass die verwendeten Informationsquellen für einige Substanzen unvollständig, mangelhaft und in einigen Fällen gar widersprüchlich sind. Diese Daten beruhen hauptsächlich auf Studien, die im Labor oder unter kontrollierten Bedingungen («*semi-field tests*») durchgeführt wurden. In einem umfassenden Kontext würde der alleinige Einfluss der Wirkstoffe oder jener von Szenarien, welche alle externen Parameter und das ganze Agroökosystem (Klimate, Regionen, Interaktionen zwischen Populationen von Schädlingen und Nützlingen usw.) miteinbeziehen, eine realistischere Sicht der Situation im Feld (*field tests*) erlauben. Oft fehlen solche Feldstudien, doch wären diese wünschenswert, um die Bewertungen zu verfeinern und zu validieren. Ob die Nicht-Berücksichtigung der auf dem Boden lebenden Räuber, wie Laufkäfer und Spinnentieren, kohärent ist mit dem Ziel, die

relevanten Nützlinge zu berücksichtigen, müsste überprüft werden. Biondi *et al.* (2012) erwähnen in ihrer Zusammenfassung ähnliche Resultate bezüglich **Spinosad** unter Labor- oder Feldbedingungen wie wir sie erhalten haben. So haben die Rückstände von Spinosad wohl keinen signifikanten Einfluss auf *Chrysoperla carnea*, die weiblichen Tiere von *Coccinella septempunctata* Linnaeus 1758 und die Larven und Adulten von *Adalia bipunctata* (Linnaeus 1758). Sie haben jedoch eine ausgeprägte Toxizität gegenüber 22 parasitierenden Hautflüglern wie *Aphidius colemani* Viereck 1912 und *Trichogramma* spp.

Schlussfolgerungen

- Die Bewertung der Toxizität der Insektizide gegenüber den wichtigsten Nützlingsgruppen im Wintergetreide und in den Speisekartoffeln hat es erlaubt, Wirkstoffe oder Pflanzenschutzregime zu definieren, welche einen negativen Einfluss auf die natürliche Schädlingsregulierung in diesen Kulturen haben.
- Diese Resultate können als Entscheidungshilfen dienen.
- Bei der Bekämpfung der Getreidehähnchen im Wintergetreide sollte **Spinosad** oder **Teflubenzuron** der Vorzug gegeben werden, um die Nützlinge zu schonen. Im Falle einer Teflubenzuron-Anwendung sollte auf **Spiroxamin** verzichtet werden, um die Nützlinge zu schonen.
- Bei der Bekämpfung des Kartoffelkäfers sollten zur Schonung der Nützlinge vorzugsweise **Bacillus thuringiensis** und/oder **Spinosad** zum Einsatz kommen. Gegen die Blattläuse sollten **Pymetrozin** oder **Fonicamid** die Wirkstoffe erster Wahl sein. Gemäss unseren Szenarien sollte die Anwendungen von **Mancozeb** begrenzt werden.
- Die gegenwärtigen Kenntnisse zur Toxizität der Insektizide und insbesondere der Fungizide stützen sich vorwiegend auf Daten aus Laborversuchen und aus Versuchen unter kontrollierten Bedingungen (*semi-field tests*). Die Schlussfolgerungen aus den Analysen der Szenarien sollten unter realen Bedingungen in Feldversuchen (*field tests*) validiert werden. ■

Dank

Wir danken Bernard Chaubet von INRA und Encyclop'aphid (www.inra.fr/encyclopedie-pucerons) INRA- UMR IGEPP (www.rennes.inra.fr/igepp), welche uns das Foto von *Aphidius rhopalosiph* zur Verfügung gestellt haben, sowie François Verheggen (Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège – Belgique) für die Bereitstellung der Bilder der Larve von *Episyrphus balteatus* und schließlich danken wir Mario Waldburger von Agroscope für die restlichen sechs Fotos.

Riassunto**Influenza degli insetticidi sugli ausiliari presenti nelle colture di cereali e di patate**

Nelle prestazioni ecologiche richieste (PER) solamente alcuni insetticidi, rispettosi nei confronti degli ausiliari (insetti utili) sono liberamente omologati per la campicoltura svizzera. Con l'arrivo di nuovi prodotti fitosanitari negli ultimi anni sia le autorità, sia la pratica auspica una nuova valutazione della tossicità degli insetticidi. Una valutazione basata sulle indicazioni della letteratura ha permesso di evidenziare quali sostanze attive rispettano – o non rispettano – quattro gruppi d'ausiliari pertinenti precedentemente selezionati (*Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* e imenotteri parassitoidi). In un secondo tempo si è valutata la tossicità nei confronti dei quattro gruppi d'ausiliari sulla base di diversi scenari fitosanitari prestabiliti (Mouron *et al.* 2013), comprendenti insetticidi e fungicidi. Questi scenari concernono la lotta contro le crioce del frumento autunnale e la lotta contro la dorifora e gli afidi del fogliame della patata di consumo. I risultati hanno mostrato quali scenari e, soprattutto, quali sostanze attive hanno un effetto negativo su questa fauna utile. Inoltre, essi mostrano anche che alcuni fungicidi o la loro ripetuta applicazione possono aver un impatto negativo sugli ausiliari. Tutti questi dati si basano principalmente su prove in laboratorio e in condizioni controllate in coltivazione protetta. Meriterebbero tuttavia, di essere verificate in pieno campo.

Literatur

- Biondi A., Mommaerts V., Smagghe G., Viñuela E., Zappala L. & Desneux N., 2012. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Manag Sci* **68**, 1523–1536.
- Biobest 2012, Biological systems for sustainable crop management. Zugang: <http://www.biobest.be/neveneffecten/2/search-itmq/> [20.06.2012].
- Borgemeister C., 1991. Primär- und Hyperparasitoiden von Getreideblattläusen: Interaktionen und Beeinflussung durch Insektizide. Agrarökologie Band 3, Verlag P. Haupt, Bern, Stuttgart und Wien, 191 p.
- E-phy, 2012. Catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. Ministère français de l'agriculture et de la pêche. Zugang: <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> [20.06.2012].
- Groupe Ecotoxicologie de Agroscope Changins-Wädenswil, 2008. Interne Berichte zu den Nebenwirkungen der Produkte / Aktivsubstanzen auf Nicht - Ziel - Arthropoden (Nützlinge).
- IOBC/OILB, IOBCwrps Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms & IOBCwrps Commission «IP Guidelines and Endorsement», 2005. Zugang: http://www.iobc-wrps.org/ip_ipm/IOBC_IP_Tool_Box.html [20.06.2012].
- Mills M., 2006. Mancozeb: A profile of effects on beneficial and non-target arthropods. *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wrps Bulletin* **29** (10), 67–79.

Summary**Influence of insecticides on beneficial arthropods in cereals and potatoes**

The Swiss program on ecological production restricts the range of insecticides approved for pest control to those with relatively little impact on beneficial arthropods. With the arrival of new crop protection products over the last few years, a re-evaluation of the toxicity of insecticides has been requested by both the official authorities and farmers. The present study used data from the scientific literature to rank several insecticides based on their side effects on selected groups of beneficial insects: *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* and parasitic wasps. In a second step, different plant protection scenarios, including the use of insecticides and fungicides, were evaluated for their impact on beneficial insects. The scenarios focused on the control of the cereal leaf beetle in wheat as well as the control of Colorado beetle and aphids in potato. The results showed that certain scenarios and especially certain active substances will likely have adverse effects on the beneficial fauna. Furthermore, some fungicides may also have a negative impact on beneficials if applied repeatedly. All available data on non-target effects was obtained in laboratory or semi-field experiments. Validation under the field conditions would be very valuable.

Key words: sustainable agriculture, plant protection strategies, insecticide, toxicity evaluation, beneficial's arthropods, side effects, potato, wheat.

- Mouron P., Calabrese C., Breitenmoser S., Spycher S. & Baur R., 2013. Nachhaltigkeitsbewertung von Pflanzenschutzvarianten im Getreide- und Kartoffelbau. *Agrarforschung Schweiz* **4** (9), 368–375.
- Obst A. & Volker H. P., 1993. Krankheiten und Schädlinge des Getreides. Ed. Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 159–165.
- Radtke W. & Rieckmann W., 1991. Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel. Ed. Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 85–140.
- Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998 (Stand 1. Januar 2013) RS 910.13. Zugang: <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983379/index.html> [05.06.2013].
- Verordnung über die Inverkehrsetzung von Pflanzenschutzmitteln vom 12. Mai 2011 (Stand 1. Februar 2013) RS 916.161. Zugang: <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20100203/index.html> [05.06.2013].
- Wirth J., Linder Ch., Höhn H., Dubuis P.-H. & Gölles M., 2011a. Pflanzenschutzmittelverzeichnis für den Obstbau 2011. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **43** (1).
- Wirth J., Linder Ch., Höhn H., Dubuis P.-H. & Naef A., 2011b. Pflanzenschutzmittelverzeichnis für den Rebbau 2011. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **43** (1).