

Schädlinge und Krankheiten im Kohl-Raps- Agrarökosystem

Ute Vogler, Romana Schmon, Melanie Jänsch und Werner E. Heller

Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 8820 Wädenswil, Schweiz

Auskünfte: Ute Vogler, E-Mail: ute.vogler@agroscope.admin.ch



Die Kleine Kohlfliege *Delia radicum* auf einem Kohlblatt. (Foto: Agroscope)

Einleitung

Das Kohl-Raps-Agrarökosystem ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kulturpflanzen der Pflanzenfamilie der Kreuzblütler (*Brassicaceae*) angehören. Vertreter der Kreuzblütler besitzen eine Vielzahl an Gemeinsamkeiten, zum Beispiel enthalten sie Senföle, die auch Glucosinolate genannt werden. Glucosinolate spielen bei einer Vielzahl von Schädlingen eine Rolle in der Erkennung ihrer Wirtspflanzen (Hopkins et al. 2009). Daher sind Kreuzblütler attraktive Wirtspflanzen und prädestiniert, um von verschiedenen Schädlingen und Krankheiten befallen zu werden. Durch die Vermarktung ober- und unterirdischer Pflanzenteile werden hohe Qualitätsanforderungen an die Ernteprodukte im Gemüsebau gestellt, die nur durch tiefe Schadschwellen eingehalten werden können. Vor allem in kleinräumigen Anbaubieten können daraus Konfliktsituationen entstehen. Schädlings- oder Krankheitsbefall, der im Anbau von

Gemüsekohl nur bis zu einer bestimmten Schadschwelle toleriert werden kann, gilt im Anbau von Raps als tolerierbar und nicht bekämpfenswert. Die Folge für Gemüsekulturen ist ein höherer Aufwand an Pflanzenschutzmassnahmen.

Die Kleine Kohlfliege *D. radicum*

Ein Schädling, der an Gemüse aus der Familie der Kreuzblütler zu hohen Qualitätseinbussen führen kann, ist die Kleine Kohlfliege *Delia radicum* (Diptera: Anthomyidae). In Deutschland (Erichsen und Hünmölder 2005) und Kanada (Dosdall et al. 1996b) hat *D. radicum* außerdem im Anbau von Raps in der Bedeutung als Schädling zugenommen. In der Schweiz ist *D. radicum* als Schädling in Raps bisher nicht erwähnt (BLW 2014). Aufgrund von Neubeurteilungen der Höchstkonzentrationen für einzelne Wirkstoffe durch die Abteilung Lebensmittelsicherheit des Bundesamt für Gesundheit im Jahr 2010 wurden die betroffenen Bewilligungen

überprüft (Baur 2010). In der Folge sind Insektizide zur Bekämpfung von *D. radicum* weggefallen oder ihr Einsatz wurde stark eingeschränkt, so dass in vielen Indikationen nur eine Teilwirkung erzielt werden kann (Baur 2010). Die Population von *D. radicum* und der durch sie verursachte Schaden ist durch vorbeugende Massnahmen wie Bodenbearbeitung, Einsatz von Kulturschutznetzen, Feldhygiene und Fruchtfolge nicht zurückgegangen.

Bei *D. radicum* handelt es sich um einen multivoltinen Schädling mit vier Generationen pro Jahr (Collier et al. 1991). Die Fliegen der ersten Generation treten in der Regel im April auf, abhängig von Region und klimatischen Bedingungen. Die Weibchen legen in der Regel ihre Eier an den Wurzelhals in der Erde ab (Collier et al. 1991). Eine Ausnahme bilden Rosenkohl und Chinakohl. Bei diesen Gemüsekohlen können die Eier auch an den oberirdischen Pflanzenteilen abgelegt werden (Crüger et al. 2002). Die aus den Eiern geschlüpften Larven fressen im Pflanzengewebe und verursachen dadurch Welke und Hemmung des Pflanzenwachstums. Anschliessend verpuppen sie sich im Boden und aus den Puppen schlüpft die nächste Generation. Die Flugaktivität von *D. radicum* wird im Gemüsebau mit Wassergelbfallen überwacht und mit Hilfe des SWAT-Simulationsmodell (Gebelein et al. 2011) kann die Populationsdynamik berechnet werden.

Der pilzliche Erreger *H. parasitica*

Das Pflanzenwachstum kann auch von dem pilzlichen Erreger *Hyaloperonospora* (= *Peronospora*) *parasitica* (Oomycetes: Peronosporales) negativ beeinflusst werden. *H. parasitica* verursacht den Falschen Mehltau an Kreuzblütlern (Agrios 2005; Hoffmann et al. 1994) und kann zu Qualitätsminderung und Ernteausfällen führen. Der Pilz ist samenbürtig und infiziert Sämlinge oder junge Pflanzen systemisch. Im fortgeschrittenen Stadium ➤

Zusammenfassung

Das Kohl-Raps-Agrarökosystem besteht aus Kulturpflanzen der Familie der Kreuzblütler mit unterschiedlicher Produktivität und unterschiedlich hohem Arbeitsaufwand. Kreuzblütler sind Wirtspflanzen für Schädlinge und Krankheiten, allerdings unterscheidet sich die Relevanz des Befalls je nach Grad der Wertschöpfung.

Um Zusammenhänge im Kohl-Raps-Agrarökosystem zu untersuchen, wurde eine Standortanalyse am Beispiel der Kleinen Kohlfliege und dem Falschen Mehltau durchgeführt. Während einer Vegetationsperiode wurde die Flugaktivität und die Eiablage der Kleinen Kohlfliege in Kohl- und Rapsfeldern überwacht. Die Überwachung hat ergeben, dass die Fangzahlen in Kohl niedriger sind als in Raps, und die Kleine Kohlfliege vor allem während der ersten und zweiten Generation in Raps aktiv ist.

Pflanzenproben wurden mit molekularer Analysen auf Befall mit Falschem Mehltau untersucht. Der Falsche Mehltau ist bereits auf dem Saatgut von Raps nachweisbar. Zudem wurde belegt, dass es sich bei dem Falschen Mehltau an Kohl und Raps um die gleiche Population handelt.

Der kleinräumige Anbau von Kohl und Raps schafft somit optimale Bedingungen, damit sich Schädlinge und Krankheiten verbreiten und etablieren können.

Tab. 1 | Übersicht zu Aufbau, Platzierung und Abbau der Wassergelbfallen im Kohl-Raps-Agrarökosystem in 2012

	Gemüsekohl		Raps, Ausfallraps	
	Bewuchs	Wassergelbfalle	Bewuchs	Wassergelbfalle
2011	Brokkoli		Rapsfelder 1–3	
26.03.2012	Brache «2011»	Aufbau	Rapsfelder 1–3	Aufbau
29.05.2012	Blumenkohl 1. Satz «CF1»	Standortwechsel Nachbarparzelle		
26.07.2012			Rapsfelder 1–3	Abbau
30.07.2012			Rapsfelder 1–3 Ausfallraps	Aufbau
23.08.2012	Blumenkohl 2. Satz «CF2»			
28.08.2012				Abbau
28.10.2012		Abbau		

Tab. 2 | Übersicht zum Abstand in Metern (m) zwischen den Wassergelbfallen in Kohl und Raps bzw. Ausfallraps

	Kohl	Raps 1	Raps 2	Raps 3
Kohl	–	1400	1000	330
Raps 1	1400	–	470	1070
Raps 2	1000	470	–	710
Raps 3	330	1070	710	–

ist der Befall als Pilzrasen auf der Blattunterseite oder auf beiden Blattseiten sichtbar. Vorbeugende Bekämpfungsmassnahmen, wie Bodenentseuchung und Saatgutdesinfektion müssen vor Kulturbeginn durchgeführt werden, während kurative Bekämpfungsmassnahmen während der Kultur eingesetzt werden. Allerdings zeigen kurative chemische Bekämpfungsmassnahmen bei starkem Befall oder zum falschen Einsatzzeitpunkt meist keine genügende Wirkung.

Im integrierten Anbau von Gemüsekohlen ist daher der Befalls- und Infektionsdruck von grosser Bedeutung. Mit Hilfe einer Standortanalyse im Kohl-Raps-Agrarökosystem wurde stellvertretend für Schädlinge *D. radicum* und für Krankheiten *H. parasitica* während der Vegetationsperiode beobachtet, um Zusammenhänge zu untersuchen.

M a t e r i a l u n d M e t h o d e n

Untersuchungen zur Aktivität von *D. radicum*

Die Aktivität von *D. radicum* wurde bei Ruswil im Kanton Luzern mit Hilfe von Wassergelbfallen (Finch und Skinner 1974) im Jahr 2012 überwacht. Dafür wurden die

Wassergelbfallen in einem Kohlfeld und in drei Rapsfeldern aufgestellt (Tab. 1 und 2), wöchentlich gewechselt und im Labor ausgewertet. Zusätzlich wurde die Eiablage von *D. radicum* bei Kohl- und Rapsplatten wöchentlich geprüft. Dafür wurde bei zehn zufällig ausgewählten Pflanzen pro Feld die Erde rund um den Wurzelhals entnommen, in einem Gefäß aufgeschwemmt und die Eier ausgezählt. In den Rapsfeldern wurde die Eiablage ab dem 26.3.12 bis zur Ernte und in Blumenkohl ab dem 06.6.12 bis zum 22.10.12 kontrolliert.

Populationsstudie zu *H. parasitica*

Für molekulare Analysen zur Untersuchung der Populationen von *H. parasitica* wurde unterschiedliches Pflanzenmaterial verwendet (Tab. 3). Gebeiztes Saatgut von drei Rapssorten 'Nodari', 'Intense' und '13090 (CSZ9222)' wurde gewaschen und anschliessend im Gewächshaus zu Jungpflanzen herangezogen (SS1 – SS3, Tabelle 3). Pflanzen mit und ohne Symptome von *H. parasitica* wurden untersucht, um mögliche Infektionsquellen im Kohl-Raps-Agrarökosystem zu identifizieren. Zur Extraktion der Desoxyribonukleinsäure (DNS) aus den Jungpflanzen von Blumenkohl, Kohlrabi, und Raps wurden die Blätter über Nacht gefriergetrocknet (ALPHA 1–2 LO plus) und pulverisiert (Fast Prep FP 120). Die DNS wurde mit dem DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Sample & Assay Technologies) (Qiagen 2006) extrahiert. Das Protokoll wurde in den Schritten 18 und 19 modifiziert, indem 50 µl Wasser anstelle von 100 µl AE Puffer verwendet wurde. Um DNS aus Rapssamen zu isolieren, wurden diese mit flüssigem Stickstoff gemörsernt. Die weiteren Schritte entsprechen den bereits genannten Schritten zur Extraktion der DNS

Tab. 3 | Zusammenstellung des Pflanzenmaterials, das auf *H. parasitica* untersucht wurde

	Saatgut-beizung	Wirkstoff	Symptom <i>H. parasitica</i>	Pflanzenstadium	Abkürzung	Herkunft
Blumenkohl	–	–	x	Jungpflanze	CF	Bio Jungpflanzen Beat Jud, Tägerwilen, Schweiz
Kohlrabi	–	–	x	Jungpflanze	CT	
Raps 'Nodari'	x	Methiocarp	–	Saatgut	ST 1	
Raps 'Nodari'	x	Methiocarp	–	Jungpflanze (Gewächshaus)	SS 1	
Raps 'Intense'	x	Fludioxonil, Metalaxyl-M, Thiamethoxam	–	Saatgut	ST 2	
Raps 'Intense'	x	Fludioxonil, Metalaxyl-M, Thiamethoxam	–	Jungpflanze (Gewächshaus)	SS 2	
Raps '13090 (CSZ9222)'	x	Fludioxonil, Metalaxyl-M, Thiamethoxam	–	Saatgut	ST 3	
Raps '13090 (CSZ9222)'	x	Fludioxonil, Metalaxyl-M, Thiamethoxam	–	Jungpflanze (Gewächshaus)	SS 3	
Raps	unbekannt	unbekannt	x	Jungpflanzen (Feld)	OR 1 OR 2 OR 3	Rapsfelder Ruswil

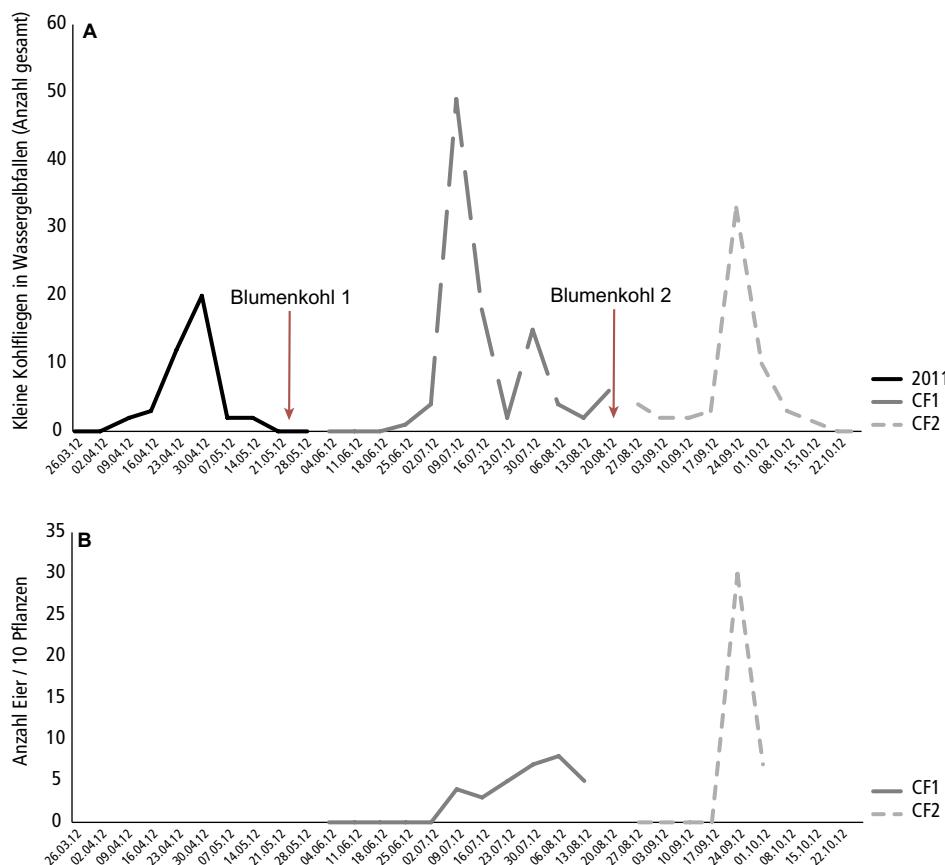


Abb. 1 | Resultate der Überwachung von *D. radicum* in Gemüsekohl während der Vegetationsperiode

in 2012 (2011 = Brache nach Brokkoli in 2011, CF1 = Blumenkohl 1. Satz, CF2 = Blumenkohl 2. Satz).

A) Flugaktivität von *D. radicum*, gemessen an der Anzahl *D. radicum* in Wassergelbfallen. **B)** Eiablage von *D. radicum* an Blumenkohlpflanzen, gemessen an der Anzahl Eier an 10 zufällig ausgewählten Pflanzen (1. und 2. Satz).

Tab. 4 | A) Modifiziertes PCR Programm nach dem Protokoll von (Brouwer et al. 2003). **B)** PCR MasterMix

A)		
PCR Programm	95°C	15 Min
40 Zyklen	94°C	30 Sek
	60°C	30 Sek
	72°C	10 Min
	10°C	∞

B)		
PCR MasterMix		
PCR Volumen	10 µl	
HotStar Taq	5 µl	
Primer AFP293 (for)	1 µl	
Primer AFP294 (rev)	1 µl	
H ₂ O	2 µl	
DNS	1 µl	

aus Jungpflanzen. Im Anschluss an die Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) (Tab. 4) und Gelelektrophorese wurden die PCR-Produkte sequenziert. Für die Sequenzierung wurde der ABI PRISM 3130xl Genetic Analyzer verwendet. Die sequenzierten PCR-Produkte wurden mit dem Geneious Programm (www.geneious.com) angepasst und mit dem MultiAlign bestätigt (Corpet 1988). Anschliessend wurden die Sequenzen mit der Datenbank des National Center for Biotechnology Information verglichen (www.ncbi.nlm.nih.gov).

Resultate

Die Kleine Kohlfliege *D. radicum*

In der Vegetationsperiode 2012 konnten in Gemüsekohlkulturen drei Generationen von *D. radicum* beobachtet werden (Abb. 1). Die Flugaktivität der ersten Generation wurde im brachliegenden Feld mit vorjährigem Brokkolianbau im Zeitraum vom 2.4.12 bis zum 10.4.12 beobachtet (Abb. 1A). Die Flugaktivität der ersten Generation hielt über eine Periode von sieben Wochen an. Die maxi-

>

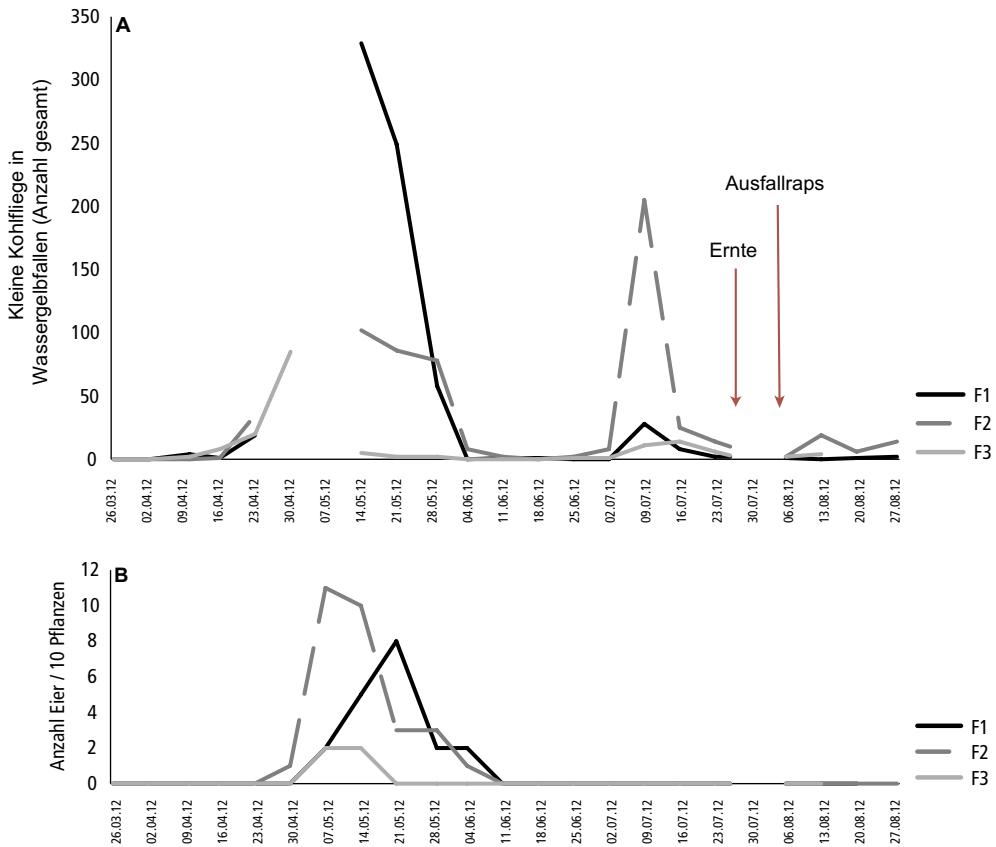


Abb. 2 | Resultate der Überwachung von *D. radicum* in den drei Rapsfeldern F1, F2 und F3. A) Flugaktivität von *D. radicum*, gemessen an der Anzahl *D. radicum* in Wassergelbfallen. B) Eiablage *D. radicum* an Rapspflanzen, gemessen an der Anzahl Eier an 10 zufällig ausgewählten Pflanzen.

male Anzahl gefangener *D. radicum* an einem Kontrolltermin lag bei 20 Fliegen. Während der Flugaktivität der ersten Generation waren keine geeigneten Wirtspflanzen verfügbar, so dass keine Kontrolle der Eiablage von *D. radicum* in Gemüsekohl möglich war (Abb. 1B). Die ersten *D. radicum* der zweiten Generation wurden im Zeitraum vom 25.6.12 bis zum 2.7.12 gefangen und über einen Zeitraum von acht Wochen mit einem Maximum von 50 Fliegen in einer Woche beobachtet. Die ersten Eier wurden eine Woche nach Beginn der Flugaktivität an Gemüsekohl gefunden. Direkt im Anschluss an den Flug der zweiten Generation startete die Flugaktivität der dritten Generation. Diese war während acht Wochen aktiv, mit einem Maximum an 30 gefangenen *D. radicum* pro Woche. Die letzten *D. radicum* wurden im Zeitraum vom 8.10.12 bis zum 15.10.12 gefangen. Die Eiablage der dritten Generation begann am 24.9.12.

In den drei überwachten Rapsfeldern wurde die Flugaktivität von zwei Generationen *D. radicum* beobachtet (Abb. 2). Die ersten *D. radicum* wurden zwischen dem 2.4.12 und dem 10.4.12 in den Rapsfeldern F1 und F2 gefangen, und im Rapsfeld F3 ab dem Zeitraum 10.4.12 bis zum 16.4.12 (Abb. 2A). Die Flugaktivität der

ersten Generation *D. radicum* in Raps dauerte sieben Wochen und es wurden zu einem Kontrolltermin maximal 329 *D. radicum* gefangen (Abb. 2A). Aufgrund ungünstiger Wetterverhältnisse sind für den Zeitraum vom 23.4.12 bis zum 14.5.12 keine Fangzahlen vorhanden. Während der Flugaktivität der ersten Generation *D. radicum* wurde in allen drei Rapsfeldern Eiablage nachgewiesen (Abbildung 2B). Die zweite Generation *D. radicum* startete zwischen dem 2.7.12 und dem 9.7.12 im Rapsfeld F1, und eine Woche später in den beiden Rapsfeldern F2 und F3. Der Flug dauerte vier Wochen mit einem Maximum von 200 *D. radicum* pro Woche. Während der zweiten Generation wurde keine Eiablage in Raps festgestellt (Abbildung 2B). Nach der Rapsernte wurde die Flugaktivität in Ausfallraps in den drei Feldern F1, F2 und F3 fortgeführt (Tabelle 1). Die Flugaktivität von *D. radicum* war mit einem Maximum an 20 gefangenen Fliegen in einer Woche geringer als in der vorhergehenden Rapskultur, allerdings höher als in Gemüsekohl im gleichen Zeitraum. Ende August musste die Überwachung der Flugaktivität und der Eiablage in den drei Rapsfeldern eingestellt werden.

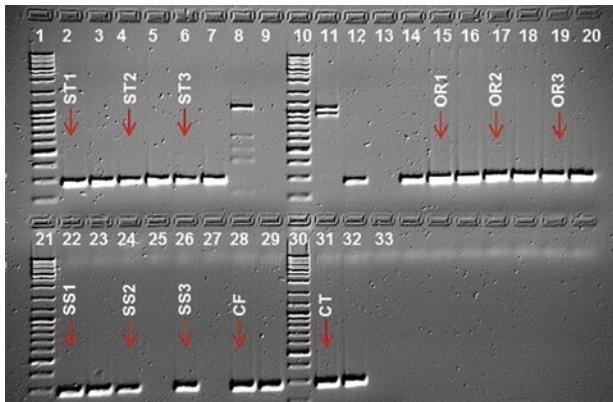


Abb. 3 | Ergebnis der Gel-Elektrophorese mit PCR-Produkten amplifiziert aus Rapssaatgut (2-9, 11-14), Raps- und Kohljungpflanzen (15-20, 22-29, 31-32) und negativer Kontrolle (33) mit Verwendung der AFP293 und AFP249 Primer. Die Pfeile markieren die Amplicons von *H. parasitica*, die für die anschliessende Sequenzierung ausgewählt wurden. Saatgut ohne sichtbare Symptome von *H. parasitica* (ST1-ST3), Rapsjungpflanzen von drei Standorten (OR1-OR3), Rapsjungpflanzen aus dem Gewächshaus (SS1-SS3), und Blumenkohl (CF) - und Kohlrabijungpflanzen (CT). Linien 1, 10, 21, 30 mit Standard ladder mix (Fermentas, Thermo scientific life science research www.thermoscientificbio.com).

achtet, um grundlegende Zusammenhänge zu untersuchen und Schlüsse für den integrierten Anbau von Gemüse zu ziehen.

Die Anzahl gefangener *D. radicum* war in den Rapsfeldern während der Flugaktivität der ersten und zweiten Generation höher als in den überwachten Gemüsekohlfeldern. Daraus hat sich die Frage ergeben, welchen Einfluss die Überwinterung des Schädlings hat, und ob Rapsfelder eine wenig gestörte Überwinterungsmöglichkeit bieten, verglichen mit Feldern auf denen Gemüsekohl angebaut werden. Es ist bereits bekannt, dass kulturtechnische Parameter wie zum Beispiel Bodenbearbeitung (Valantin-Morison et al. 2007), Aussaattermin (Dosdall et al. 1996a) und Düngung (Marazzi und Städler 2005) einen Einfluss auf den Befall mit *D. radicum* haben. Das legt die Vermutung nahe, dass die Unterschiede im Kohl-Raps-Agrarökosystem ebenfalls auf unterschiedlichen kulturtechnischen Massnahmen beruhen.

Felder für den Anbau von Gemüsekohlen werden in der Regel häufiger mechanisch bearbeitet, einerseits um die Fläche für das Setzen der Jungpflanzen vorzubereiten, andererseits um während der Kultur das Unkraut zu bekämpfen (Bauermeister et al. 2005). Während einer Vegetationsperiode werden im Gemüsebau mehrere Sätze angebaut und der Boden mehrfach bearbeitet. Da *D. radicum* im Gemüsebau ein gefürchteter Schädling ist, werden vorbeugende Bekämpfungsmassnahmen wie zum Beispiel Kulturschutznetze eingesetzt, und entsprechend der aktuellen Bewilligungssituation Behandlungen durchgeführt.

Anders ist der Anbau von Raps. Raps wird in der Schweiz in der Regel als Winterraps angebaut. Die Aussaat erfolgt im Spätsommer, der Raps keimt, überwintert im Rosettenstadium und wächst und blüht im darauffolgenden Jahr, bevor er im Sommer gedroschen wird. Im gesamten Zeitraum zwischen Aussaat und Ernte steht *D. radicum* diese Wirtspflanze zur Verfügung. Ein weiterer Vorteil für *D. radicum* ist, dass der Boden in diesem Zeitraum nicht bearbeitet wird. Zusätzlich finden frisch geschlüpfte *D. radicum* der ersten Generation an dem Platz, wo sie schlüpfen, attraktive Wirtspflanzen vor.

Für *H. parasitica* bedeutet der Anbau von Winterraps, dass die Inokulum- und Infektionsdichte im Kohl-Raps-Agrarökosystem zunehmen wird. *H. parasitica* kann ungestört überwintern, da in Raps keine Pflanzenschutzmassnahmen zur Bekämpfung durchgeführt werden. Mit einer zunehmenden Rapsanbaufläche nimmt der Infektionsdruck auf Flächen mit Gemüse stark zu. Für Ernteprodukte mit hochstehendem Qualitätsanspruch und hoher ökonomischer Wertschöpfung wie Gemüsekohl bedeutet das, dass zusätzliche Pflanzenschutzmassnahmen notwendig werden.

Proben mit Befall durch *H. parasitica*

Die molekularen Analysen von Pflanzenmaterial (Tab. 3) haben ergeben, dass alle Proben mit *H. parasitica* infiziert waren (Abb. 3). Saatgut der drei Rapssorten 'Nodari', 'Intense' und '13090 (CSZ9222)' wurde untersucht. Obwohl keine sichtbaren Symptome vorhanden waren, wurde *H. parasitica* in den Proben nachgewiesen. Somit stellt bereits die Verwendung von nicht-desinfiziertem Saatgut eine Infektionsquelle dar. Um zu prüfen, ob der auf Raps nachgewiesene *H. parasitica* auch Kohlarten infizieren kann, wurden die DNS des Falschen Mehltaus sowohl von Raps als auch von Gemüsekohl sequenziert. Die Sequenzen zeigten keinen genetischen Unterschied zwischen den untersuchten Proben. Die zusätzliche BLAST-Analyse ergab eine 100 % Übereinstimmung von der als Referenz gewählten ST1-Probe mit der in der NCBI Datenbank für *H. parasitica* hinterlegten Sequenz. Somit ist belegt, dass die gesammelten Proben aus dem Kohl-Raps-Agrarökosystem einer Population angehören.

Diskussion

Die Kleine Kohlfliege *D. radicum* und der Falsche Mehltau *H. parasitica* wurden im Kohl-Raps-Agrarökosystem beob-



Schlussfolgerungen

Für *D. radicum* und *H. parasitica* heisst das, dass mit einer Flächenzunahme im Rapsanbau ungestörte Vermehrungs- und Überwinterungsmöglichkeiten zunehmen. Damit nimmt auch der Befallsdruck mit *D. radicum* und der Infektionsdruck mit *H. parasitica* im Anbau von Gemüsekohl zu.

Allerdings stellen der untersuchte Schädling und die untersuchte Krankheit nur einen kleinen Ausschnitt der Interaktionen im komplexen Agrarökosystem dar.

Raps ist auch für andere Schädlinge an Gemüsekohlen eine Wirtspflanze und fördert deren Vermehrung, Verbreitung und bedingt damit auch einen intensivierten Pflanzenschutz in Gemüsekulturen. Neben den Schädlingen werden auch Krankheiten gefördert, zum Beispiel die bodenbürtige Kohlhernie *Plasmodiophora brassicae* (Neuweiler et al. 2009) oder der bodenbürtige Schwärzepilz *Chalara elegans* (Heller 2012; Yarwood 1981).

Für ein nachhaltiges Agrarökosystem, gesunde Nahrungsmittelproduktion und eine hochwertige Ernährung sind Massnahmen auf verschiedenen Ebenen anzuwenden.

So könnte zum Beispiel mit Hilfe der Saatgutdesinfektion mit belüftetem Dampf gesundes Saatgut bereitgestellt und dadurch der Infektionsdruck im Kohl-Raps-Agrarökosystem reduziert werden. ■

Literatur

- Agrios G. N., 2005. Plant Pathology. Academic Press, New York.
- Bauermeister R., Total R., Baumann D., Bleeker P., Koller M. & Lichtenhahn M., 2005. Unkrautpraxis: Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Band 1. Agroscope
- Baur R., 2010. Anwendungsverbote und Anpassung von Bewilligungen wegen gesenkter Höchstkonzentrationen. *Gemüsebau Info* (32/10).
- BLW (2014) *Pflanzenschutzmittelverzeichnis*. 05.03.2014. Zugang: <http://www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de>.
- Brouwer M., Lievens B., Van Hemelrijck W., Van den Ackerveken G., Cammue B. P. A. & Thomma B. P. H. J., 2003. Quantification of disease progression of several microbial pathogens on *Arabidopsis thaliana* using real-time fluorescence PCR. *FEMS Microbiology Letters* **228**, 241–248.
- Collier R. H., Finch S., Phelps K. & Thompson A. R., 1991. Possible impact of global warming on cabbage root fly (*Delia radicum*) activity in the UK. *Annals of Applied Biology* **118**, 261–271.
- Corpet F., 1988. Multiple sequence alignment with hierarchical clustering. *Nucleic Acids Research* **16**, 10881–10890.
- Crüger G., Backhaus G. F., Hommes M. & Smolka S., 2002. Pflanzenschutz im Gemüsebau. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.
- Dosdall L. M., Herbut M. J., Cowle N. T. & Micklich T. M., 1996a. The effect of seeding date and plant density on infestations of root maggots, *Delia* spp. (Diptera: *Anthomyiidae*), in canola. *Canadian Journal of Plant Science* **76**, 169–177.
- Dosdall L. M., Herbut M. J., Cowle N. T. & Micklich T. M., 1996b. The effect of tillage regime on emergence of root maggots (*Delia* spp.) (Diptera: *Anthomyiidae*) from canola. *Canadian Entomologist* **128**, 1157–1165.
- Erichsen E. & Hünnröder S., 2005. Kohlfliegenauftreten im Raps. *Gesunde Pflanze* **57**, 149–157.
- Finch S. & Skinner G., 1974. Some factors affecting efficiency of water-traps for capturing cabbage root flies. *Annals of Applied Biology* **77**, 213–226.
- Gebelein D., Hommes M. & Otto M., 2011. SWAT: Ein Simulationsmodell für Kleine Kohlfliege, Möhrenfliege und Zwiebelfliege (Access: 21.December 2011). Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen; Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst. Zugang: http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_GF/swat/Programmschreibung%20SWAT.pdf.
- Heller W. E., 2012. A new method of quantitative detection of *Chalara elegans* and *C. thielavioides* in soil using carrot discs. *Journal of Plant Diseases and Protection* **119**, 169–173.
- Hoffmann G. M., Nienhaus F., Poehling H.-M., Schönbeck F., Weltzien H. C. & Wilbert H., 1994. Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin.
- Hopkins R. J., Van Dam N. M. & Van Loon J. J. A., 2009. Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology* **54**, 57–83.
- Marazzi C. & Städler E., 2005. Influence of sulphur plant nutrition on oviposition and larval performance of the cabbage root fly. *Agricultural and Forest Entomology* **7**, 277–282.
- Neuweiler R., Heller W. E. & Krauss J., 2009. Bekämpfung der Kohlhernie durch gezielte Düngungsmassnahmen. *Agrarforschung Schweiz* **16**, 360–365.
- Qiagen, 2006. Protocol: Purification of total DNA from plant tissue (Mini Protocol). In: DNeasy Plant Handbook
- Valantin-Morison M., Meynard J.-M. & Doré T., 2007. Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Protection* **26**, 1108–1120.
- Yarwood C. E., 1981. The occurrence of *Chalara elegans*. *Mycologia* **73**, 524–529.

Riassunto

Parassiti e malattie nel sistema agro-ecologico di brassicacee e colza
Il sistema agro-ecologico di brassicacee e colza è composto da piante coltivate della famiglia delle crocifere con diversa produttività e diversi livelli di carico. Le crocifere sono piante ospiti per parassiti e malattie, anche se l'importanza dell'infestazione si differenzia in base al grado del valore aggiunto. Per esaminare le correlazioni nel sistema agro-ecologico di brassicacee e colza si è effettuato un sopralluogo sull'esempio della piccola cavolaia e della peronospora. Durante un periodo vegetativo è stata monitorata l'attività di volo e di deposizione della piccola cavolaia nei campi di brassicacee e colza. Da questo monitoraggio è emerso che le catture nelle brassicacee sono inferiori a quelle nella colza e che soprattutto la prima e seconda generazione della piccola cavolaia sono attive nella colza. Mediante analisi molecolare si sono analizzati campioni vegetali sulla presenza di peronospora, che è già rilevabile nella semente di colza. Inoltre, si è dimostrato che nel caso della peronospora si tratta della stessa popolazione sia su brassicacee, sia su colza. La coltivazione su piccola scala crea condizioni ottimali per la diffusione e lo stabilimento di malattie e parassiti.

Summary

Pests and pathogens in the cabbage-oilseed rape agroecosystem
The cabbage – oilseed rape agroecosystem consists of cruciferous crop plants with different levels of productivity and labour intensity. In Switzerland, such crop plants are cultivated mostly in small-scale agricultural settings. Cruciferous crop plants are hosts for a wide range of pest insects and plant pathogens. However, the importance of the damage caused by pests and pathogens varies according to the perceived value of the crop plants. The aim of the present study was to investigate the relationships within the cabbage – oilseed rape agroecosystem. Therefore, a production site analysis was conducted based on the abundance of the cabbage root fly and downey mildew. Flight activity and oviposition rates of the cabbage root fly were observed in cabbage and oilseed rape fields during the growing season. In addition, samples of cabbage and oilseed rape plants were analysed using molecular methods to detect possible infections with downey mildew. Results showed that fewer cabbage root flies were captured in cabbage fields compared with oilseed rape fields. In oilseed rape, main flight and oviposition activity of cabbage root flies were during the first and second generation. Furthermore, the downey mildew found on cabbage and oilseed rape belonged to the same population. These findings show that the cultivation of cabbage and oilseed rape in small-scale agricultural settings offers optimal conditions for pests and pathogens to spread and establish themselves.

Key words: cabbage root fly *Delia radicum*, downy mildew *Hyaloperonospora (= Peronospora) parasitica*, *Brassicaceae*, integrated pest management.