

Blühstreifen regulieren Schädlinge im Gemüsebau und werten Kulturland ökologisch auf

Henryk Luka¹, Guendalina Barloggio^{1,2} und Lukas Pfiffner¹

¹Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 5070 Frick, Schweiz

²Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, 4056 Basel, Schweiz

Auskünfte: Henryk Luka, E-Mail: henryk.luka@fibl.org



Blühstreifen fördern Nützlinge, die den Schädling Kohleule dezimieren. (Foto: Henryk Luka, FiBL)

Einleitung

Die Biodiversität beeinflusst viele Ökosystemdienstleistungen und Prozesse in landwirtschaftlichen Anbausystemen (Moonen und Barberi 2008). Mit dem Einsatz funktionaler Agro-Biodiversität wird versucht, diese Leistungen für die Schädlingsregulation zu nutzen (Crowder und Jabbour 2014; Uyttenbroeck *et al.* 2015). Damit Nützlinge Schädlinge effizient reduzieren können, müssen sie mit verschiedenen Massnahmen auf Landschaftsebene gezielt gefördert werden (Pfiffner *et al.* 2005; Tschumi *et al.* 2016). Sie benötigen dazu Lebensräume, in denen sie ausreichend Nahrungsquellen und geeigneten Unterschlupf finden. Für jede Kultur braucht es in Abhängigkeit des Schädlings-Nützlings-Komplexes massgeschneiderte Aufwertungen: Von Blühstreifen und mehrjährigen

Ökoflächen als Quelle am Feldrand bis hin zu blühenden Beipflanzen in den Kulturen, welche die Nützlinge ins Feld locken (Balzan *et al.* 2016). Die Blühpflanzen sollen nur die Nützlinge, nicht aber die Schädlinge fördern (Wäckers *et al.* 2005; Van Rijn und Wäckers 2016). Manche Nützlinge sind parasitoide Wespen, die aufgrund ihrer kurzen Mundwerkzeuge Blüten mit leicht zugänglichen Nektarquellen benötigen, das heisst offene, flache Blütenstände mit weitem Kronröhrendurchmesser (Vattala *et al.* 2006) oder Nektar ausserhalb der Blüten (Winkler *et al.* 2009). Zudem muss sich die Nektarqualität positiv auf Lebensdauer und Fruchtbarkeit der parasitoiden Wespen auswirken (Lavandero *et al.* 2006; Winkler *et al.* 2006; Lee und Heimpel 2008; Witting-Bissinger *et al.* 2008; Nafziger und Fadamiro 2011).

Für unsere Versuche haben wir Weisskohl als Modell gewählt. Kohlarten werden von einer Vielzahl von Schädlingen befallen, denen wiederum mehrere Gegenspieler (Nützlinge) gegenüberstehen (Ahuja *et al.* 2010). Die lange Kulturdauer von Weisskohl ermöglicht den Aufbau von Nützlingspopulationen durch ein Habitatmanagement. Die wirtschaftliche Relevanz der Schädlinge und der vergleichsweise intensive Einsatz von Insektiziden sind weitere Gründe für die Wahl von Kohl als Modellkultur. Unsere Arbeiten konzentrierten sich auf die Kohleule (*Mamestra brassicae*). Ihre wichtigsten Gegenspieler sind parasitoide Schlupfwespen wie *Trichogramma evanescens* und *Telenomus* sp., welche die Eier der Kohleule parasitieren, sowie die Brackwespe *Micropilitis mediator*, ein Larvenparasitoid (Abb. 1).

Unsere Ziele waren:

1. Auswahl geeigneter Blühpflanzen für die Nützlingsförderung im Kohlanbau basierend auf Literaturangaben
2. Laborprüfung des Einflusses ausgewählter Pflanzen auf die Eiablageleistung und Lebensdauer der Parasitoide. Prüfung der Geruchsattraktivität für die Wespen
3. Entwicklung, Prüfung und Optimierung einer Blühstreifenmischung unter Praxisbedingungen
4. Prüfung der Auswirkungen der Blühstreifen am Feldrand sowie der Beipflanzen im Kohlfeld auf Schädlingsregulation und Artenvielfalt
5. Erhebung der Auswirkungen auf den Kohlertrag

Zusammenfassung

Die Regulation von Schädlingen kann im Bio-Gemüsebau mit Hilfe von Biodiversitätsflächen verbessert werden. Dies zeigen mehrjährige Untersuchungen am Modellsystem Kohl, am Schädling Kohleule und an dessen Ei- und Larvenparasitoiden (Nützlinge). Gefördert wurden die Nützlinge durch Blühstreifen am Feldrand und Beipflanzen innerhalb des Feldes. Geeignete Pflanzen für die Blühstreifen wurden aufgrund der Fachliteratur und eigener Laborexperimente ausgewählt und in Feldversuchen überprüft. In Laborversuchen verlängerte das Angebot von Buchweizen, Kornblumen oder Futterwicken die Lebensdauer der Kohleulen-Parasitoide um 43 bis 85 %. Die Parasitierung der Kohleule-Larven erhöhte sich im Vergleich zur Kontrolle um das Drei- bis Sechsfache. In den Feldversuchen erhöhten Blühstreifen die Parasitierung von Kohleuleneiern in einem von zwei Jahren um das Zweifache. Die Kornblume als Beipflanze im Kohlfeld konnte den Frass von Kohleuleneiern um 8 bis 95 % und die Parasitierung der Larven um 35 bis 68 % steigern. Die Artenvielfalt breiter wirksamer Nützlingsgruppen (Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen) erhöhte sich in den Blühstreifen um durchschnittlich 46 %. Kohlköpfe mit Beipflanzen waren in einem von zwei Jahren 18 % schwerer als ohne Kornblumen und wiesen 41 % weniger Blätter mit Frassspuren auf.



Abb. 1 | Die Kohleule (links) und ihre Gegenspieler: Schlupfwespen parasitieren die Eier (Mitte), Brackwespen befallen die Larven (rechts). (Fotos: Henryk Luka, FiBL; Claudia Daniel, FiBL; Henryk Luka, FiBL [von links nach rechts])

Tab. 1 | Übersicht über das Versuchsdesign sowie Ziel-Organismen und erhobene Zielgrößen

Jahr	Anzahl Felder (Plots pro Verfahren)	Organismen	Zielgrößen	Verfahren	Entfernung zum Blühstreifen oder Feldrand	
					Nahbereich	Fernbereich
2007 mit Blühstreifen	2 (4)	> Kohleulen (<i>M. brassicae</i>)-Eier- und Larven	1) Ei-Prädation und -Parasitierung 2) Larven-Parasitierung	mit Kornblume	3–10 m	29–32 m
				ohne Kornblume (Kontrolle)	3–10 m	29–32 m
2009 ohne Blühstreifen	8 (1)	> <i>M. brassicae</i> -Eier- und Larven	1) Ei-Prädation und -Parasitierung 2) Larven-Parasitierung	mit Kornblume	keine Aufnahmen	22–30 m
				ohne Kornblume (Kontrolle)	keine Aufnahmen	22–30 m
2010 mit Blühstreifen	7 (1)	> <i>M. brassicae</i> -Eier- und Larven > Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen	1) Ei-Prädation- und -Parasitierung 2) Larven-Parasitierung 3) Artendiversität	mit Kornblume	3–6 m	19–22m
				ohne Kornblume (Kontrolle)	3–6 m	19–22m

Material und Methoden

Auswahl der Blühpflanzen

Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche wurden sechs aussichtsreiche einjährige Pflanzenarten wie Knorpelmöhre (*Ammi majus*), Kornblume (*Centaurea cyanus*), Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), Schleifenblume (*Iberis amara*), Oregano (*Origanum vulgare*) und Futterwicke (*Vicia sativa*) ausgewählt. Ihr Einfluss auf die Parasitierungsleistung und Lebensdauer der parasitoiden Brackwespe *Microplitis mediator*, sowie auf deren Wirt, die Kohleule (*Mamestra brassicae*), wurde mit Käfigversuchen (zehn Wiederholungen pro Pflanzenart) im Labor untersucht (Géneau *et al.* 2012).

Um das Anlockungspotenzial der Pflanzenduftstoffe für *M. mediator* zu testen, wurden im Labor (Belz *et al.* 2013) und im Freiland (Barloggio *et al.* eingereicht) Versuche mit einem Y-Olfaktometer durchgeführt. Als Vergleich dienten duftfreie Luft (Kontrolle), Honig, Pflanzen-Stängel und Blüten.

Blühstreifen und Beipflanzen für Kohlanbau

Die Blühstreifenmischung bestand aus den Hauptarten Kornblume, Buchweizen und Futterwicke sowie den Begleitarten Knorpelmöhre und Klatschmohn und wurde von 2007 bis 2015 in verschiedenen Mischungsverhältnissen in drei biogeographischen Regionen entomologisch und botanisch-herbologisch untersucht. Aufgrund der botanischen (Deckungsgrad von angesäten und spontanen Arten) und entomologischen Eignung (Schädlingsregulation sowie Artendiversitätsförderung) wurde diese Mischung laufend weiterentwickelt.

Ergänzend zu den Nützlingsblühstreifen wurden im Kohl sechs bis acht Wochen alte Kornblumen-Setzlinge im Juni als Beipflanzen in die Kulturen gepflanzt, um die Nützlinge stärker ins Feld zu locken und durch das zusätzliche Nahrungsangebot ihre Parasitierungsleistung zu steigern.

Schädlings- und Nützlingerfassung im Freiland

In der Periode 2007 bis 2010 wurden auf insgesamt 17 Standorten im Schweizer Mittelland Feldversuche durchgeführt. Erfasst wurden die Raub- und Parasitierungsraten der Kohleulen-Eier und -Larven in Verfahren mit und ohne Kornblumen in zwei Distanzen zum Blühstreifen (Tab. 1).

Zur Erhebung der Raub- und Parasitierungsrate der Eier wurden im Labor produzierte Kohleuleneier-Gelege (24 bis 48 Eier pro Gelege) zwei bis drei Tage im Feld exponiert. Zur Erhebung der Larvenparasitierung wurden natürlich auftretende Larven der Schadschmetterlinge im Feld gesammelt und im Labor mithilfe der PCR-Methode (Polymerase-Kettenreaktion) auf Parasitierung untersucht.

Die Artendiversität und Abundanz der auf der Bodenoberfläche räuberisch lebenden Nützlinge wie Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen wurden 2010 mit Hilfe von vier Trichterbodenfallen pro Verfahren erfasst (Tab. 1).

Bonitur des Ernteverlusts durch Schädlinge

Zur Erfassung des Ernteverlusts wurde in zwei Feldversuchen (2009 und 2010) die Anzahl durch Larvenfrass beschädigter Blätter sowie das Gewicht der Kohlköpfe in den Bereichen mit und ohne Kornblumen (beide insektizidfrei) sowie in einem mit Insektizid (Bt-Präparat oder Spinosad) behandelten Kohlfeld-Bereich erhoben.

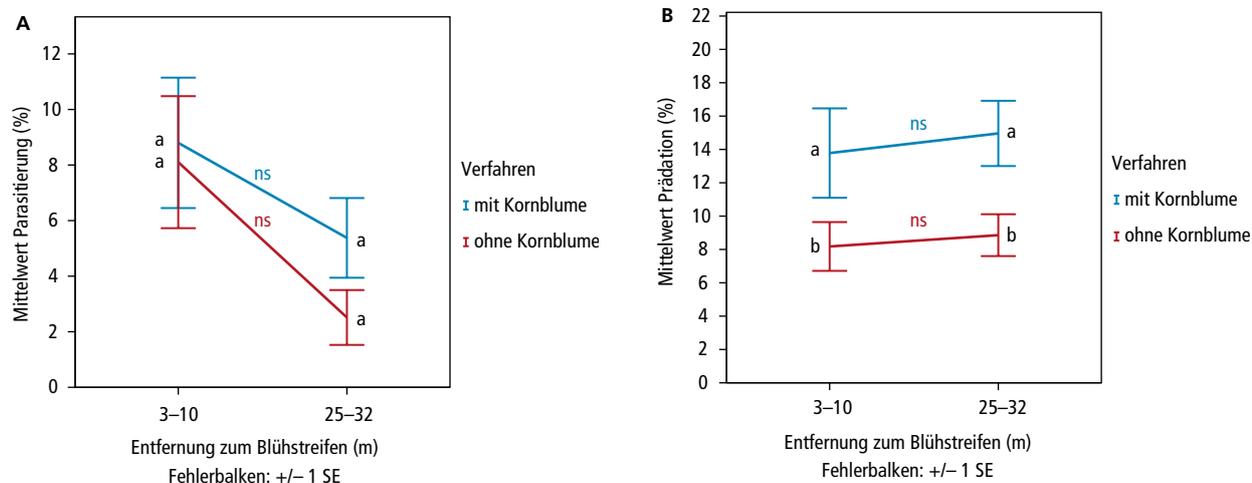


Abb. 2 | Parasitierung (A) und Prädation (B) von Kohleulen-Eiern in zwei Entfernungsbereichen zum Blühstreifen im Verfahren mit und ohne Kornblume (Kontrolle) im Jahr 2007. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$), ns: nicht signifikant, SE: Standardfehler.

Resultate und Diskussion

Pflanzenauswahl

Die Laborversuche haben gezeigt, dass einige der getesteten Pflanzen die Lebensdauer der Brackwespe (*M. mediator*) signifikant erhöhen ($p < 0,0001$): Die Lebensdauer weiblicher Wespen erhöhte sich auf 16 bis 28 Tage, wenn sie sich von Buchweizen, Kornblume (Blütennektar und extrafloraler Nektar [EFN]) und *V. sativa* (EFN) ernährten. Bei der Knorpelmöhre und der Schleifenblume lag die Lebensdauer wie bei der Wasser-Kontrolle bei nur drei bis sieben Tagen (Géneau *et al.* 2012). Die Parasitierungsrate (Eiablage) wurde durch einige der getesteten Pflanzen ebenfalls signifikant erhöht ($p = 0,001$). Die höchsten Parasitierungsraten wurden mit Buchweizen, gefolgt von Kornblume (Blütennektar und EFN) und Futterwicke (EFN) festgestellt. Jede Wespe parasitierte in der Variante mit Buchweizen durchschnittlich 202 Larven, in der Wasserkontrolle nur 14,4 Larven. Die schädlichen Kohleulen wurden durch die getesteten Pflanzenarten nicht gefördert (Géneau *et al.* 2012).

Die Olfaktometerversuche zeigten, dass die Brackwespe (*M. mediator*) durch den Duft von Blütenpflanzen oder Honig stärker angezogen wurde als durch eine geruchsneutrale Kontrolle ($p < 0,05$). Dabei war die Kornblume für die Parasitoiden attraktiver als Buchweizen und Futterwicke (Belz *et al.* 2013). Aufgrund weiterer positiver Eigenschaften wie Ausscheidung von extrafloralen, leicht zugänglichem Nektar und geringer Wuchshöhe wurde die Kornblume als geeignetste Beipflanze für den Kohlanbau ausgewählt.

Mischungsversuche

Die Blühstreifen etablierten sich an sechs von neun Standorten mit einer Bodenbedeckung der eingesäten Arten von 42 bis 61 % recht gut. Drei Streifen, die im Seeland (Grosses Moos) auf organischen Böden angelegt worden waren, mussten wegen sehr starker Verunkrautung umgebrochen werden.

Die aktuell empfohlene Blühstreifen-Mischung für Kohlanbau besteht aus 18,3 % Buchweizen, 74,7 % Futterwicke, 6,8 % Kornblume und 0,2 % Klatschmohn. Diese Mischung ist für das Jahr 2016 als Biodiversitätsförderfläche durch das Bundesamt für Landwirtschaft BLW zugelassen und damit beitragsberechtigt.

Schädlingsregulierung im Freiland

In Freilandversuchen mit Beipflanzen (2009) sowie mit der Kombination von Blühstreifen und Beipflanzen (2007 und 2010) wurde die Parasitierung von Eiern und Larven von *M. brassicae* untersucht.

Ei-Parasitierung und Prädation dank Blühstreifen

Die Versuche 2007 (2A) und 2010 zeigten einen Distanzeffekt bei der Parasitierung der Kohleulen-Eier: In den Nahbereichen wurden tendenziell (aber nicht signifikant) mehr Eier parasitiert als in den Fernbereichen (Abb. 2A). Ein negativer Distanzeffekt wurde auch in anderen Arbeiten festgestellt (Skirvin *et al.* 2011; Sigsgaard *et al.* 2013; Tschumi *et al.* 2016). Da die ca. 0,6 bis 1 mm kleinen Eiparasitoide keine aktiven Flieger sind, ist offenbar keine effektive Anlockung von umliegenden Habitaten zu den Blühstreifen und keine aktive

Ausbreitung im Feld möglich. Bei der Prädationsrate der Kohleulen-Eier hingegen hatte die Distanz zum Blühstreifen sowohl 2007 (Abb. 2B) wie auch 2010 keinen signifikanten Einfluss.

Larven-Parasitierung dank Blühstreifen

Die Distanz zum Blühstreifen hatte 2007 und 2010 keinen signifikanten Einfluss auf die Parasitierung der Kohleulen-Larven. Die Parasitierungswerte waren aber 2007 im Nahbereich tendenziell höher als im Fernbereich zum Blühstreifen, 2010 gab es keine Unterschiede. Dies kann auf die hohe Mobilität der Larvenparasitoide zurückgeführt werden. Im Unterschied zu den Eiparasitoiden sind die Larvenparasitoide der Kohlschädlinge deutlich grösser (3–5 mm) und können daher aktiv grössere Entfernungen zurücklegen. Yu et al. (2009) stellten für *M. mediator* Flugstrecken von 5–6 km fest, die in rund 85 Minuten zurückgelegt wurden. Weshalb hat in unserem Fall die Parasitierung bereits in 20 bis 30 m Entfernung zum Blühstreifen abgenommen? Im Feldexperiment mit dem Y-Olfaktometer haben wir festgestellt, dass die Düfte der Blühstreifen in einer Entfernung von 16 m so stark abnehmen, dass sie für *M. mediator* nicht mehr attraktiv sind. Auch Tschumi et al. (2016) stellten fest, dass die Blühstreifenwirkung auf die Regulation von Getreidehähnchen (*Oulema* sp.) im Getreide ab 20 m Entfernung abnimmt. Sigsgaard et al. (2013) zeigten ebenfalls, dass bereits ab 11 m die Wirkung eines Blühstreifens auf die Schädlingsregulation stark sinkt. Wir vermuten, dass die Insekten trotz hoher Mobilität die Blumen nicht finden, weil sie sich über grössere Distanzen nicht mehr an den Pflanzendüften orientieren können.

Ei-Parasitierung und Prädation dank Beipflanzen

Um negative Distanzeffekte auf die Eiparasitierung und -prädation zu kompensieren, wurden Kornblumensetzlinge als Beipflanzen ins Feld gepflanzt. Die Ei-Parasitierung wurde durch die Kornblume erhöht, die Unterschiede zur Kontrolle ohne Kornblumen waren aber alle nicht signifikant (2007, Abb. 2A). Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass den Parasitoiden andere Nahrungsquellen zur Verfügung standen (z. B. Honigtau von Blattläusen) oder dass sich die Parasitoiden nach der Eiablage auch von den angestochenen Schädlingeiern ernährten (Rivero und West 2005, Ferracini et al. 2006, Vollhardt et al. 2010; Van Rijn et al. 2013). Begleitende Untersuchungen zeigten, dass die Blattlausdichte in den Bereichen ohne Kornblumen höher war als in den Bereichen mit Kornblumen, wo Blattlausfresser, insbesondere Florfliegen und Schwebfliegen, häufiger auftraten. Als adulte Tiere profitieren diese Fliegen von Blühpflanzen

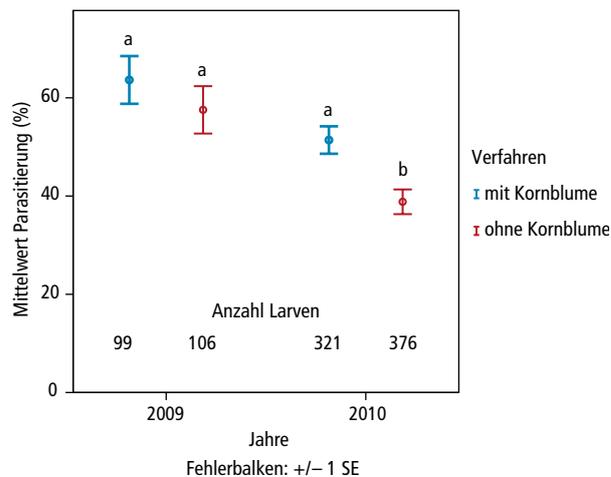


Abb. 3 | Parasitierung von Kohleulen-Larven in den Jahren 2009 und 2010 in Kohl mit und ohne Kornblumen als Beipflanzen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$), SE: Standardfehler.

als Nahrungsquellen (Tschumi et al. 2016; Van Rijn und Wäckers 2016).

Der Anteil von Räubern gefressener Eier wurde 2007 in den Parzellen mit Kornblume als Beipflanze in beiden Distanzen zum Blühstreifen signifikant erhöht (Abb. 2B). Auch 2010 war die Ei-Prädation in den Parzellen mit Kornblumen signifikant höher ($p = 0,045$). 2009 wurden ähnliche Effekte beobachtet, die Unterschiede waren jedoch knapp nicht signifikant ($p = 0,072$).

Die 2010 ermittelten Individuendichten der räuberischen Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie der Spinnen waren in allen drei Fällen in den Parzellen mit Kornblumen höher als in den Parzellen ohne Kornblumen (Abb. 5B). Dies könnte auch zu einer höheren Prädation der Kohleulen-Eier beigetragen haben.

Larven-Parasitierung dank Beipflanzen

Die Parasitierung der Kohleulen-Larven war 2007 und 2009 (Abb. 3) im Verfahren mit Kornblumen höher als in der Kontrolle, die Unterschiede waren aber nicht signifikant. Nur im Jahr 2010 wurden signifikant mehr Larven in den Parzellen mit Kornblumen parasitiert als ohne Kornblumen (Abb. 3).

Der Schädlingsbesatz (Anzahl Larven) war 2007 und 2010 im Bereich ohne Kornblume höher. Dies deutet auf eine positive Wirkung der Kornblume auf die Parasitoiden und Räuber hin. Manandhar und Wright (2015) zeigten, dass Buchweizen als Beipflanzen die Parasitierungsraten durch *Trichogramma*-Wespen und die Dichte von räuberischen Wanzen (*Orius* spp.) positiv beeinflussen können.

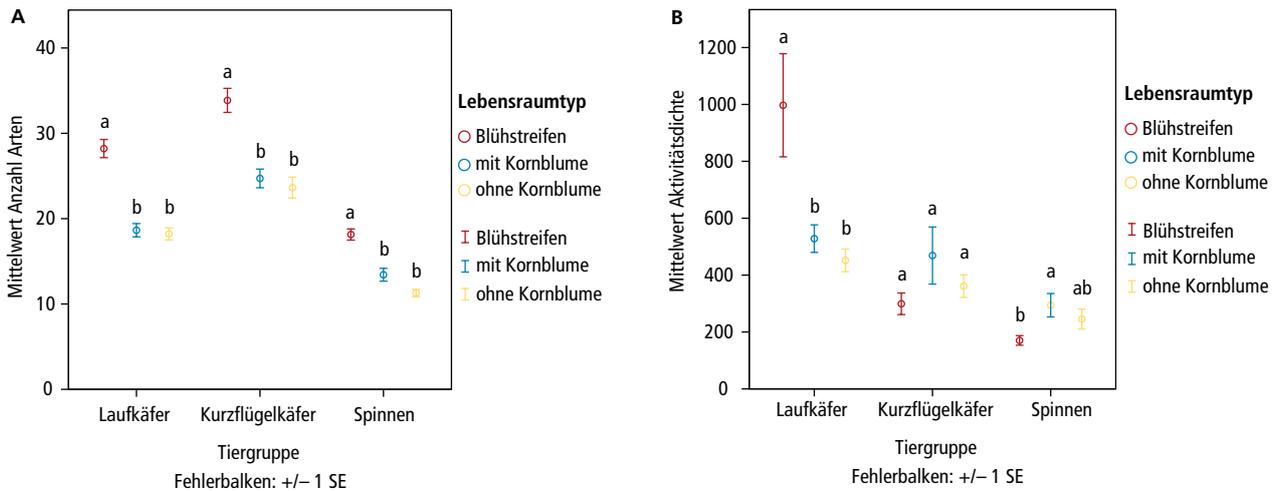


Abb. 4 | Mittlere Anzahl Arten (A) und mittlere Aktivitätsdichten (B) der Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen im Blühstreifen sowie im Kohlfeld mit und ohne Kornblumen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$), SE: Standardfehler.

Effekte der Blühstreifen auf räuberische Nützlinge

Um die Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität zu erfassen, wurden 2010 insgesamt 53431 Laufkäfer- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen untersucht, es wurden über alle drei Gruppen hinweg 252 verschiedene Arten gefunden (Ditner *et al.* 2013; Luka *et al.* in Vorbereitung). Laufkäfer und Spinnen sowie Kurzflügelkäfer sind wichtige Nützlinge und geeignete Bioindikatoren (Hänggi 1989; Bohac 1999; Holland 2002; Luka 2004). Die Artenzahlen aller drei Gruppen (Abb. 4A) und die Anzahl Individuen (Aktivitätsdichten) der Laufkäfer waren in den Blühstreifen signifikant höher als im Kohlfeld (Abb. 4B). Bei allen drei Tiergruppen war die Aktivitätsdichte in den Parzellen mit Kornblumen-Beipflanzen höher als in den Parzellen ohne Kornblumen (Abb. 4B). Diese positive Wirkung von Blühstreifen und Beipflanzen auf die Abundanz von Räubern wird von anderen Studien bestätigt (Nilsson *et al.* 2015; Westphal *et al.* 2015).

Die Blühstreifen bieten zudem einen Lebensraum für viele anspruchsvolle und seltene Arten wie die Laufkäfer *Amara littorea*, *Amara aulica* sowie die Spinnen *Diplocephalus latifrons*, *Dicymbium nigrum brevisetosum* oder *Xerolycosa miniata*. Diese Arten kamen ausschliesslich im Blühstreifen vor. Zudem wurde in den Blühstreifen erstmals in der Nordostschweiz die Laufkäferart *Dolichus halensis* und erstmals in der Schweiz die Weberknechtart *Nemastoma bidentatum* nachgewiesen. Das individuenreiche Auftreten seltener Arten ausschliesslich in Blühstreifen unterstreicht den ökologischen Wert dieser Biodiversitätsförderfläche.

Auswirkungen auf den Ertrag

Das Hauptziel der Versuche war, Frassschäden der Kohleule zu reduzieren. Das mittlere Kopfgewicht war 2009 in den Parzellen mit Beipflanzen um 18 % höher als in den Parzellen ohne Beipflanzen (Abb. 5). 2010 wurde kein Ertragsunterschied festgestellt, auch nicht im Vergleich zu den betriebsüblich mit Insektizid behandelten Parzellen (Abb. 5). Die Anzahl geschädigter Kohlblätter war im Jahr 2009 in den Parzellen mit Beipflanzen um 41 % signifikant reduziert ($p = 0,0005$). Trotz höherer Parasitierung im Verfahren mit Kornblume wurden 2010 keine Ertragsunterschiede gemessen (Abb. 5; Balmer *et al.* 2014).

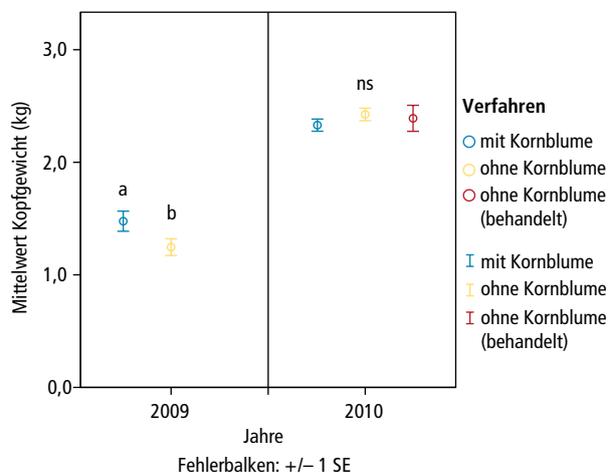


Abb. 5 | Mittleres Kohl-Kopfgewicht nach Entfernen der beschädigten Blätter. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$), SE: Standardfehler, ns: nicht signifikant.

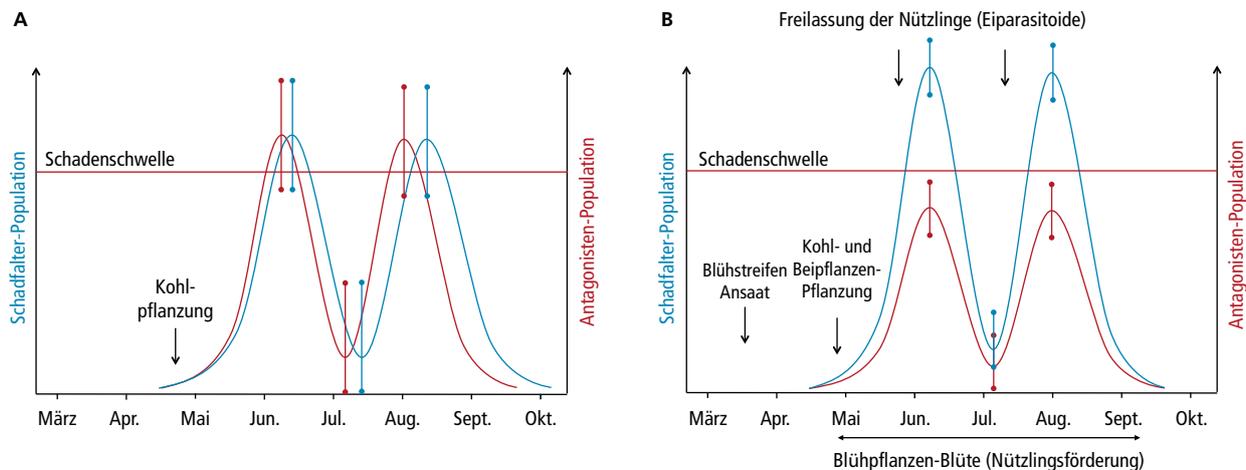


Abb. 6 | Theoretisches Modell der Wechselwirkungen zwischen Schadfalter- und Parasitoiden-Populationen im Kohlanbau ohne Low-Input-Pflanzenschutzsystem (A) und mit einem Low-Input-Pflanzenschutzsystem (B), Zeitperiode April bis September.

Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Labor- und Feldversuche zeigen, dass im biologischen Kohlanbau durch die gezielte Anlage von massgeschneiderten Blühstreifen und Beipflanzen die Gegenspieler von Schadfaltern gefördert werden können.

Betrachtet man die Populationsdynamik der parasitoiden Wespen (Nützlinge) sowie ihrer Wirte (Schadfalter), kommen die Nützlinge mit einer Verzögerung vor (Abb. 6A). In Zukunft sollen die Nützlingspopulationen durch gezielte Förderung kombiniert mit einer Massenfrelassung des Eiparasitoiden *Telenomus* sp. schon ab April so aufgebaut werden, dass sie die Schädlinge in der Anfangsentwicklung reduzieren und so unter der ökonomischen Schadensschwelle halten können (Abb. 6B).

In den nächsten drei Jahren wird das Low-Input-Pflanzenschutzsystem auf seine Wirkung betreffend Regulation von Schadfaltern geprüft. Dabei wird ein weiterer Schädling-Nützling-Komplex untersucht: Der Kohlweissling (*Pieris rapae*) und eine Brackwespe (*Cotesia rubecula*). ■

Dank

Finanzierung: Bristol-Stiftung, Bundesamt für Umwelt BAFU, Coop Fonds für Nachhaltigkeit, Ernst Göhner Stiftung, Parrotia-Stiftung, Schöni Swissfresh AG, Singenberg Stiftung, Spendenstiftung Bank Vontobel, Stiftung Dreiklang, Stiftung Werner Steiger, Stiftung zur internationalen Erhaltung der Pflanzenvielfalt und EU (Entwicklung des Biokontrollorganismus *Telenomus* sp.).

Zusammenarbeit: Alle Landwirte, Prof. Peter Nagel, PD Dr. Jan Beck, Prof. Mathias Kölliker, Prof. Walter Salzburger (Universität Basel), Prof. Felix Wäckers (Universität Lancaster), PD Dr. Michael Traugott (Universität Innsbruck) sowie Dr. Werner Marggi und Dr. Hannes Baur (Naturhistorisches Museum Bern), Pius Andermatt und Oliver Kindler (Syngenta, Stein), Johannes Burri (Fenaco), Dr. Oliver Balmer (Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut), Dr. Elodie Belz (Vannes), Dr. Céline Généau (Syngenta Basel), Dr. Claudia Daniel und Dr. Thomas Alföldi (FiBL) danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Riassunto

Le strisce fiorite regolano i parassiti nell'orticoltura e rivalutano le terre coltivate dal profilo ecologico

Studi pluriennali aventi le culture di cavolo come sistema modello, così come il suo parassita la nottua del cavolo e i parassitoidi delle sue uova e larve (organismi utili), mostrano come i parassiti nell'orticoltura possano essere regolati attraverso la promozione della biodiversità. Gli organismi utili sono stati promossi mediante strisce fiorite ai margini del campo e specifici fiori piantati al suo interno. Le piante adatte alle strisce fiorite sono state selezionate sulla base della letteratura scientifica e di alcuni esperimenti in laboratorio, e successivamente verificate sul campo. Negli esperimenti in laboratorio l'apporto di grano saraceno, fiordaliso o veccia dolce ha prolungato la durata di vita dei parassitoidi delle larve di nottua del cavolo dal 43 all'85 per cento. La parassitizzazione delle larve di nottua del cavolo, rispetto al controllo, è aumentata da 3 a 6 volte. Negli esperimenti sul campo mediante le strisce fiorite la parassitizzazione delle uova di nottua del cavolo in un anno su due è raddoppiata. Il fiordaliso inserito nel campo di cavolo ha potuto incrementare la predazione delle uova di nottua del cavolo dall'8 al 95 per cento e la parassitizzazione delle larve dal 35 al 68 per cento. La diversità delle specie di gruppi di organismi utili generalisti (coleotteri carabidi e stafilinidi nonché ragni) è aumentata nelle strisce fiorite in media del 46 per cento. I cavoli intercalati con i fiordalisi, un anno su due, hanno presentato un peso maggiore del 18 per cento rispetto a quelli senza fiordaliso e il 41 per cento in meno di foglie danneggiate da insetti erbivori.

Literatur

- Ahuja I., Rohloff J. & Bones A., 2011. Defence mechanisms of Brassicaceae: implications for plant-insect interactions and potential for integrated pest management. In: Sustainable Agriculture, vol. 2 (Eds. E. Lichtfouse et al.). Springer, Netherlands, 623–670.
- Balmer O., Pfiffner L., Schied J., Willareth M., Leimgruber A., Luka H. & Traugott M., 2013. Noncrop flowering plants restore top-down herbivore control in agricultural fields. *Ecology and Evolution* 3 (8), 2634–2646.
- Balmer O., Géneau C., Belz E., Weishaupt B., Förderer G., Moos S., Ditner N., Juric I. & Luka H., 2014. Wildflower companion plants increase pest parasitism and yield in cabbage fields: Experimental demonstration and call for caution. *Biological Control* 76, 19–27.
- Balzan M.V., Bocci G. & Moonen A.-C., 2016. Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 158, 304–319.
- Barloggio G., Tamm L., Oberhänsli T., Nagel P. & Luka H., 2015. The egg parasitoid *Telenomus* sp. as a novel biocontrol agent to prevent the cabbage moth. *Acta fytotechn. zootechn.* 18, 47–49 (online).
- Belz H., Kölliker M. & Balmer O., 2013. Olfactory attractiveness of flowering plants to the parasitoid *Microplitis mediator*: potential implications for biological control. *BioControl* 58, 163–173.
- Crowder D.W. & Jabbour E., 2014. Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: Current status and future challenges. *Biological Control* 75, 8–17.

Summary

Flower strips control pests in vegetable production and ecologically upgrade arable land

Multi-year studies of the model system 'cabbage', the pest 'cabbage moth' and the latter's egg and larval parasitoids (beneficials) demonstrate how pests can be controlled in vegetable production with the help of tailored biodiversity areas. Beneficials were encouraged by means of flower strips on field margins and companion plants within the field. Suitable plants for the flower strips were selected on the basis of the scientific literature and in-house laboratory experiments, and tested in field trials. In laboratory trials, the provision of buckwheat, cornflowers or common vetch extended the lifespan of the cabbage-moth parasitoids by 43% to 85%. Parasitisation of the cabbage-moth larvae increased three- to six-fold over that of the control. In the field trials, flower strips increased the parasitisation of cabbage-moth eggs twofold in one of two years. Used as a companion plant in the cabbage field, cornflowers increased predation on cabbage-moth eggs by 8% to 95% and the parasitism of the larvae by 35% to 68%. The species diversity of broadly effective groups of beneficials (ground beetles, short-winged beetles and spiders) increased by an average of 46% in the flower strips. In one of two years, cabbage heads grown with companion plants were 18% heavier than those grown without cornflowers, and had 41% fewer leaves with feeding damages.

Key words: flowering strips, conservation biological control, cabbage, companion plants, floral subsidies, natural enemies.

- Ditner N., Balmer O., Beck J., Blick T., Nagel P. & Luka H., 2013. Effects of experimentally planting non-crop flowers into cabbage fields on the abundance and diversity of predators. *Biodivers Conserv* 22, 1049–1061.
- Géneau C.E., Wäckers F.L., Luka H., Daniel C. & Balmer O., 2012. Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids: *Basic and Applied Ecology* 13 (1), 85–93.
- Barloggio G., Kölliker M. & Balmer O., eingereicht. Testing the attractiveness of flower volatiles for insects in the field: a new approach. *Arthropod-Plant Interactions*.
- Pfiffner L., Luka H. & Schlatter C., 2005. Schädlingsregulation gezielt verbessern. *Ökologie & Landbau* 134 (2), 51–53.
- Tschumi M., Albrecht M., Bärtschi C., Collatz J., Entling M.H. & Jacot K., 2016. Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 220, 97–103.
- Van Rijn P.C.J., Kooijman J. & Wäckers F.L., 2013. The contribution of floral resources and honeydew to the performance of predatory hoverflies (*Diptera: Syrphidae*). *Biological Control* 67, 32–38.
- Wäckers F.L., Van Rijn P.C.J. & Bruin J., (Ed.) 2005. Plant-Provided Food for Carnivorous Insects. Cambridge University Press, 356 S.
- Yu H., Zhang Y., Wu K., Wyckhuys K. & Guo Y., 2009. Flight potential of *Microplitis mediator*, a parasitoid of various lepidopteran pests. *BioControl* 54 (2), 183–193.

Ein ausführliches Literaturverzeichnis ist bei den Autoren erhältlich.