

**Streifen- und Untersaaten von Futterleguminosen im
Feldgemüsebau als Möglichkeit der Regulierung mono- und
polyphager Schädlinge im Hochland von Ecuador**

Endbericht zum Projekt 6/98 Zebitz/Monje

Bearbeiter:

Dr. J.C. Monje, Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin
Dipl. Ing. agr. F. Ponce, Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador, Riobamba,
Ecuador
Dipl. Ing. agr. A. Benzing, Hinter den Höfen 2, Witzenhausen

1. Einleitung

Die "Grüne Revolution" führte auch im Hochland von Ecuador zur Erhöhung der Erträge, z.B. bei Kartoffeln und Gemüsekulturen, wenn auch längst nicht in dem Ausmaß, wie die verantwortlichen Politiker und Wissenschaftler das erwartet hatten. Gleichzeitig nahmen aber die Umwelt- und Gesundheitsprobleme durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln teilweise bedrohliche Formen an. So wiesen Bolaños *et al.* (1986) nach, daß z.B. die Rückstände in der täglichen Nahrung der Bewohner der Hauptstadt Quito bis zum fünffachen (Aldrin) bzw. zwölffachen (DDT) der vom Codex Alimentarius (WHO/FAO) festgesetzten Höchstmenge betragen. Crissman *et al.* (1994) stellten bei einer Feldstudie unter Kartoffelbauern im nördlichen Hochland von Ecuador 171 offiziell registrierte Fälle von akuten Pflanzenschutzmittel-Vergiftungen pro 100 000 Einwohner in einem Jahr fest, eine Rate, die weltweit nur von wenigen Regionen übertroffen wird. Feldbefragungen ergaben eine um ein Mehrfaches höhere Dunkelziffer. Bei fast allen neuropsychologischen Standardtests schnitten die Bauern, die Pestizide anwenden, deutlich schlechter als eine Vergleichsgruppe ab.

Die bekannte "Tretmühle der Pestizide" (Bull, 1982) bringt zunehmende Pflanzenschutzprobleme mit sich, einerseits durch Ausschalten der natürlichen Feinde und andererseits durch das Auftreten von Resistenz bei Schädlingen und Krankheitserregern. In einer Kurzstudie konnte Götz (1992) z.B. zeigen, daß auf Gemüsefeldern in der Region Riobamba, bei denen häufig Insektizide appliziert werden, Florfliegen (Chrysopidae), Schwebfliegen (Syrphidae) und Marienkäfer (Coccinellidae) praktisch nicht zu finden sind, während sie in ökologisch bewirtschafteten Gemüsebeständen derselben Region mit großer Häufigkeit auftreten.

Schadlepidopteren der Familie Noctuidae ("Eulen"), insbesondere die Arten *Agrotis deprivata*, *A. ipsilon* Hufnagel, *Copitarsia turbata* Walker, *C. consueta* Heinrich-Schäffer, *Dargida gramnivora* Walker und *Peridroma saucia* Hübner, spielen im zentralen Hochland von Ecuador eine wichtige Rolle in Gemüse, bei Kartoffeln und in Mais. Weitere Schlüsselschädlinge sind die Kohlmotte, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) sowie Blattläuse wie *Brevicoryne brassicae* (L.) an Kohlarten und *Myzus persicae* (Sulz.) an Eisbergsalat (MAG/GTZ, 1986, Guevara & Santillán, 1985; Maldonado & Espinoza, 1988). Untersuchungen zu alternativen Methoden bei der Kontrolle dieser Schädlinge blieben bisher meist im Ansatz stecken, wobei institutionelle Ursachen im Vordergrund standen (Benzing & Götz, 1993). U.a. wurden Schildwanzen (*Podisus connexivus*, Heteroptera: Pentatomidae), entomopathogene Nematoden und Pilze, sowie Raupenfliegen (*Incamiya* sp., Diptera: Tachinidae) als potentielle Antagonisten untersucht und Extrakte nativer Pflanzen getestet (Merino, 1987; Guevara *et al.*, 1989a und b; Andrade, 1989 und 1990; Götz, 1992). Einzig die Vermehrung der einheimischen Art *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) als Eiparasitoid von verschiedenen Noctuiden wird seit 1995 mit einer gewissen Kontinuität von der Polytechnischen Hochschule von Chimborazo (ESPOCH) betrieben, wenn auch in sehr kleinem Rahmen und mit gravierenden Qualitätsmängeln (Benzing, 1997). Dagegen wurde das Studium der heimischen natürlichen Gegenspieler, ihrer Ökologie, Phänologie und der Möglichkeit, sie gezielt zu fördern oder einzusetzen, weitgehend vernachlässigt.

Merino (1987), Maldonado & Espinoza (1988), Andrade (1990) sowie Evan & Zambrano (1991) sammelten erste Erkenntnisse über natürliche Gegenspieler der Noctuidae im ecuadorianischen Hochland, die sich allerdings meist auf die Beschreibung einzelner Funde beschränkten und in den wenigsten Fällen eine gesicherte Bestimmung jenseits der Familien- oder Gattungsebene zuließen. Dabei handelte es sich neben der bereits erwähnten Schildwanze, meist um Schlupfwespen der Familien Braconidae und Ichneumonidae, sowie um Raupenfliegen (Tachinidae). Die heimischen Gegenspieler von Blattläusen und der Kohlmotte wurden bisher weder taxonomisch noch ökologisch untersucht. Benzing (1997) untersuchte das Vorkommen natürlicher Gegenspieler von Noctuiden in Lokalitäten zwischen 2400 und 3030 m.ü.M. auf Mais, Kartoffeln, Gemüse, Agave und Amaranth in der Provinz Chimborazo. Die natürliche Eiparasitierungsrate betrug 26,1%, die Larvenparasitierungsrate 22,4%. Der wichtigste Eiparasitoid war *Trichogramma pretiosum* Riley, gefolgt von *Encarsia porteri* Mercet. *Trichogramma fasciatum* Perk. und eine unbeschriebene *Telenomus*-Art waren von geringerer Bedeutung. Wichtige ökologische Erkenntnisse wurden gewonnen: die Parasitierungsrate der Eier nimmt mit zunehmender Höhe ab und die Effektivität der Parasitoiden auf bewässerten Feldern ist besser aufgrund dauerhafter Wirtsverfügbarkeit. Es wurden sieben verschiedene Larvalparasitoiden gefunden, darunter je zwei Arten der Gattungen *Cotesia* und *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae, s. jedoch Tab. 6), sowie je eine Art von *Prosopochaeta*, *Incamiya* und *Linnaemyia* (Diptera: Tachinidae). Außerdem wurden zwei Mikrosporidienisolate, ein Granulosevirus, ein Kernpolyedervirus und ein entomopathogener Pilz der Ordnung Entomophthorales als Mortalitätsursachen von Noctuidenlarven gefunden.

Neben dem gezielten Einsatz natürlicher Antagonisten besteht die Möglichkeit, sie durch gezielte Anbaumaßnahmen zu fördern. Nach Altieri *et al.* (1993) gehören die Reduzierung oder Eliminierung des Pestizideinsatzes, die Schaffung komplementärer Ressourcen (Wirte, andere Nahrungsquellen, Wasser, Rückzugsorte), die Diversifizierung der Feldrandstrukturen und der Feldvegetation zu den entscheidenden Faktoren, welche die Effizienz von Parasitoiden beeinflussen. Risch *et al.* (1983) werteten die Ergebnisse von 150 Untersuchungen zur Schädlingsabundanz in Mischkulturen aus: Von 198 Phytophagen kamen 53% in Mischkulturen seltener vor, 18% häufiger, 9% gleich häufig und bei 20% konnte keine eindeutige Aussage gemacht werden. Als mögliche Ursachen für die Schädlingsregulierung durch Mischkulturen werden aufgeführt:

- (a) Für verschiedene phytophage Insekten, z.B. Blattläuse und den asiatischen Maiszünsler (*Ostrinia furnacalis* (Gn.), Lepidoptera: Pyralidae), stellt der Kontrast von grünen Pflanzen und brauner Erde einen visuellen Reiz zur Erkennung ihrer Habitate bzw. Wirtspflanzen dar. Bei Mischkulturen sind die Pflanzendichten im allgemeinen höher und der visuelle Kontrast weniger deutlich ausgeprägt (Steiner, 1984; Costello, 1993).
- (b) Die olfaktorischen Signale von Pflanzen, die entscheidend zur Wirtsfindung der Phytophagen beitragen, sind in Mischkulturen wesentlich undeutlicher als in Monokulturen. Einige Pflanzen besitzen repellente Wirkung auf bestimmte

- Phytophagen, andere toxisch wirkende Inhaltsstoffe, z.B. Trypsininhibitoren in verschiedenen Leguminosen (vgl. Panda & Khush, 1995).
- (c) Polyphage Schädlinge können durch wirtschaftlich weniger wichtige Unter- oder Zwischensaat von der wichtigeren Hauptkultur abgelenkt werden.
 - (d) Für viele Schädlinge stellen die größeren Zwischenräume zwischen Pflanzen der gleichen Art und/oder die assoziierten Pflanzen in Mischkulturen räumliche Hindernisse bei der Fortbewegung von Pflanze zu Pflanze dar. Sie können sich deshalb weniger schnell im Bestand ausbreiten.
 - (e) Die Diversifizierung von Agrarökosystemen kann die Abundanz, Diversität und Effektivität natürlicher Feinde erhöhen (Risch *et al.*, 1983).

Lehmhus *et al.* (1995; 1997) und Weber *et al.* (1997) arbeiteten in Deutschland bei Weißkohl und Porree mit einer ähnlichen Versuchsanstellung wie der hier vorgeschlagenen (Untersaat mit Kleearten) und erzielten hierdurch eine deutliche Reduzierung des Befalls durch verschiedene Schädlinge. Sie verwarfen aber bei der Interpretation dieser Versuche die "Feindhypothese" (e) und nahmen an, daß nur die "Ressourcen-Konzentrations-Hypothese", d.h. die unter (a), (b) und (d) beschriebenen Mechanismen, die Unterschiede zwischen Kontroll- und Untersaatparzellen erklären könne.

Autoren wie Altieri (1983), Hernández *et al.* (1984), Wu (1986), Zúñiga (1987), Letourneau (1987), van Emden (1990), Prager (1993), Godfrey & Leigh (1994) und Murphy *et al.* (1996) fanden dagegen eine eindeutige positive Korrelation zwischen natürlicher Schädlingsregulierung durch Parasitoide und Räuber einerseits und Diversität der Vegetation andererseits. Sie erklärten diesen Zusammenhang durch ein verbessertes "Ressourcenangebot" (Nektar, Alternativwirte, Rückzugshabitate) bei größerer botanischer Diversität.

Allerdings ist auch das gegenteilige Phänomen beobachtet worden. So war in den Versuchen von Andow & Risch (1987) und Andow & Prokrym (1990) die Parasitierung von Zünsler-Eiern (Lepidoptera: Pyralidae) durch *Trichogramma* spp. in komplexen Strukturen im Labor und in Mischkulturen auf dem Feld geringer als in einfachen Strukturen und Monokulturen. Williams *et al.* (1995) fanden keine Unterschiede zwischen Sojabohnen in Reinkultur und im Streifenanbau mit Sorghum, was die Parasitierung der Larven von *Plathypena scabra* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) angeht. In der bereits erwähnten Studie von Lehmhus *et al.* (1995) wurde die Abundanz der polyphagen Gammaeule (*Autographa gamma* (L.)) durch die Untersaaten erhöht. Vidal (1995) kommt bei der Interpretation der Ergebnisse von Risch *et al.* (1983) zu dem Ergebnis, daß Mischkulturen bei monophagen Herbivoren in den meisten Fällen eine Reduktion der Population zur Folge hat, bei polyphagen Arten dagegen selten.

Die meisten der erwähnten Studien beziehen sich auf Agrarökosysteme mit deutlich ausgeprägten Zeiten der Diapause oder stark verminderten Aktivität der Herbivoren durch Kälte oder Trockenheit. Kaum etwas ist dagegen über vergleichbare Zusammenhänge in tropischen Bewässerungskulturen (wie in der Untersuchungsregion) bekannt, bei denen nur geringe Schwankungen der biotischen und abiotischen Bedingungen im Jahresverlauf auftreten.

Bei Untersuchungen von Frei & Manhart (1992) gehörten beim Vergleich von insgesamt 52 Blütenpflanzenarten Futterleguminosen wie *Medicago sativa*, *Trifolium*

pratense, *T. repens*, *T. hybridum* und *T. incarnatum* zu den attraktivsten Arten für parasitische Hymenopteren der Überfamilien Ichneumonidea, Proctotrupeoidea, Chalcidoidea und Cynipoidea. Entscheidende Kriterien sind u.a. die Länge der Blütezeit und die leichte Zugänglichkeit des Nektars.

Bei den Untersuchungen von Augstburger (1996) in den bolivianischen Anden konnten zum Teil deutlich höhere Erträge bei Mais mit Leguminosenuntersaaten erzielt werden, zusätzlich zu einem Futterertrag, der für die meisten Kleinbauern von entscheidender Bedeutung ist. Vergleichbare Untersuchungen über Gemüsekulturen gibt es in der Andenregion nicht. Lehnhus *et al.* (1997) erzielten bei Weißkohl deutlich niedrigere Kopfgewichte in den Untersaatparzellen aufgrund der Konkurrenzwirkung. Gleichzeitig war aber der Anteil nicht vermarktungsfähiger Köpfe in den Kontrollparzellen zum Teil um ein mehrfaches höher. Die Konkurrenzwirkung von Untersaaten hängt sehr stark von der gewählten Pflanzenart sowie von der Aussaatdichte und -zeitpunkt ab. Die Optimierung dieser Faktoren bei solchen Systemen steht noch aus.

2. Ziele

Primäres Ziel der Studie war es, durch Entwicklung von Alternativen zur Regulierung von Nektiden im Gemüsebau zu einer nachhaltigen Landwirtschaft im Hochland von Ecuador beizutragen. Projektziele waren:

- Erhöhung der Effektivität von natürlichen Gegenspielern durch Streifen- und/oder Untersaaten von Futterleguminosen;
- Vertiefung der taxonomischen und ökologischen Kenntnis der lokal auftretenden Antagonisten (Parasitoide und Prädatoren).
- Reduktion des Insektizideinsatzes im Gemüsebau durch Anbieten alternativer Verfahren.

Arbeitsregion war die Provinz Chimborazo im zentralen Hochland von Ecuador. Der größte Teil der Provinz und die wichtigsten landwirtschaftlichen Flächen liegen zwischen 2 000 und 3 500 m.ü.M. Die Jahresdurchschnitts-Temperaturen bewegen sich in dieser Region, in Abhängigkeit von der Höhe ü.M., zwischen 8 und 18°C. Die jährlichen Niederschläge können an den äußeren Abhängen der Anden fast 2 000 mm erreichen, während sie in Regenschattengebieten der interandinen Täler oft nur zwischen 300 und 500 mm liegen (INAMHI 1992, 1994; Cañadas, 1983).

Die Böden sind fast ausschließlich aus Vulkanaschen entstanden. In den trockeneren Tälern finden sich überwiegend Entisole (US Soil Taxonomy), die wenig verwittert sind und sich durch eine neutrale bis leicht alkalische Reaktion, sehr geringe Humusgehalte und extrem niedriges Wasserhaltevermögen auszeichnen. Je stärker die Niederschläge, um so fortgeschrittener ist die Verwitterung. Auf den stärker verwitterten Böden finden sich niedrigere pH-Werte und höhere Humusgehalte. Sie gehören zu den Andi- und Mollisolen (Maldonado *et al.* 1984, Shoji *et al.* 1993). Vor allem in Hanglagen sind die Auswirkungen der Bodenerosion teilweise verheerend.

Die wichtigsten Kulturen sind Kartoffeln, Gerste, Mais, Körnerleguminosen, Luzerne und Feldgemüse. Rinder-, Schaf- und Meerschweinchenhaltung spielen

eine große Rolle (INEC & Colegio Riobamba, o.J.). Der größte Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche ging im Lauf der letzten drei Jahrzehnte aus dem Großgrund- in kleinbäuerlichen Besitz über. Trotzdem werden noch beträchtliche Flächen, vor allem in den fruchtbarsten Tälern, von größeren Betrieben bewirtschaftet, deren Besitzer in den Städten wohnen.

Feldgemüsebau spielt in der weiteren Umgebung der Provinzhauptstadt Riobamba wirtschaftlich eine zentrale Rolle auf bewässerbaren Flächen. Die Region erzeugt einen beträchtlichen Anteil der ekuadorianischen Gesamtproduktion von Möhren, Zwiebeln, Salat, Kohl und Roter Beete (INEC & Colegio Riobamba, o.J.). Von dieser weitgehend kleinbäuerlichen Aktivität hängen sehr viele Arbeitsplätze nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch im vor- und nachgelagerten Bereich in der Stadt Riobamba ab.

5. Diskussion

Bei der vorliegenden Studie wurde der Einfluß von Streifen- und/oder Untersaaten sowohl auf den Ertrag der Kulturpflanzen (Möhren, Kohl und Eisbergsalat) als auch auf das Auftreten wirtschaftlich wichtiger Schaderreger und deren Antagonisten. Im folgenden werden Aspekte angeschnitten, welche die Relevanz der Ergebnisse für die Praxis und für weiterführende Untersuchungen darlegen.

5.1 Das System Streifen- und/oder Untersaat im Vergleich zum konventionellen Anbau

Der Einsatz von Leguminosen als Streifensaaten oder derjenige ausgewählter Arten als Untersaat bietet einen alternativen Weg zum konventionellen Anbau mit Einsatz von Insektiziden und mineralischen oder organischen Düngern anderer Art (z.B. Gülle) in mehrfacher Hinsicht. Es sei betont, daß die folgenden Aufführungen Gültigkeit im besonderen für Klein(st)betriebe besitzen. Vor allem die Luzerne stellt durch ihre Natur als mehrjährige Pflanzenart eine Alternative zum Einsatz von mineralischen Düngern, welche sich Kleinbauern in der Region i.d.R. nicht leisten können. Anschließend wird sowohl eine ökonomische Bewertung als auch eine Bewertung aus der Sicht des Pflanzenschutzes vorgenommen.

5.1.1 Ökonomische Bewertung

Es war nicht Ziel der vorliegenden Arbeit, den ökonomischen Wert der Streifen- und Untersaaten zu bewerten, da lediglich ihr potentieller Einsatz zur Regulierung von Schadlepidopteren und ihr Einfluß die Aktivität von Antagonisten im Vordergrund stand. Die Deckungsbeitragsrechnung (Tab. 4) zeigt jedoch, daß sowohl die Streifensaat als auch die Untersaaten einen positiven Deckungsbeitrag erbrachten, weswegen sie als Komponente eines alternativen Anbauverfahrens auch ökonomisch bewertet werden sollten. Aus ökonomischer Sicht kann vermerkt werden, daß die Streifensaat und die Untersaaten einen eigenen monetären Beitrag leisten. Als indirekter Beitrag kann ein positiver Effekt auf das Wachstum der Hauptkulturen –mit Ausnahmen– und eine Ablenkung der Schaderreger von den Kulturpflanzen. Letztere müßten noch genauer quantifiziert werden (vgl. jedoch 5.1.2). In diesem Kontext scheint vor allem die Luzerne als vielversprechender Kandidat für ein verbessertes Verfahren in Frage zu kommen. Sollten Untersaaten auch ein Teil des Verfahrens werden, so scheint nach Tab. 4 die Zottelwicke auszuscheiden. Gegen den Gelbklee spricht die Tatsache, daß er vom Vieh nicht gern genommen wird (Geisler, 1988). Für weitere Optimierungsversuche wäre daher entweder das System mit Luzerne als Streifensaat allein oder mit Weißklee oder andere Untersaaten näher zu untersuchen.

Leguminosen haben im allgemeinen ein großes Potential als Lieferant von Stickstoff (N). Dies ist besonders wichtig für kleine Produzenten in Entwicklungsländern, welche i.d.R. keinen Zugang zu mineralischen Düngern haben und nur bedingt zu organischen Düngern tierischer Art. Allerdings wird der Einsatz von Leguminosen als Teil der Fruchtfolge (20-30%, Benzing, 2001) angestrebt und nicht wie in unserem Fall als Streifen- oder Untersaat. Im ersten Fall würde die

Luzerne eine Hauptkultur darstellen und die Klee- oder Wickenarten kämen einer Art der Gründüngung gleich. Die Leguminosen, so wie sie in dieser Studie eingesetzt wurden, dienten in erster Linie der Ablenkung von polyphagen Schaderregern von der Hauptkultur und zur Förderung ihrer Antagonisten sowie zur Gewinnung von Grünfutter mit eigenem Marktwert. Vor allem die Luzerne erbrachte einen verhältnismäßig hohen Deckungsbeitrag, wenn man bedenkt, daß er teilweise gar höher als derjenige vom Eisbergsalat war (Tab. 4). Aus dieser Tatsache heraus ergibt sich auch die Frage, ob die in der Studie verwendete Fruchtfolge aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist. Es wäre eventuell zu überlegen, ob der Eisbergsalat durch eine andere Kulturpflanze ersetzt werden sollte. Ein anderer Aspekt, der noch zu berücksichtigen wäre, ist die Tatsache, daß nicht alle Kulturpflanzen gleich auf die Gegenwart der Leguminosen reagierten. Die Luzerne scheint im allgemeinen einen positiven Einfluß auf den Ertrag ausgeübt zu haben. Eine Ausnahme bildet der Kohl, bei dem dieser Effekt nicht bemerkbar war. Diese Kulturpflanze scheint mehr von den Untersaaten Zottelwicke oder Weißklee zu profitieren, wobei auch diese Aussage ohne Wiederholungs- bzw. Optimierungsversuche mit Vorsicht zu betrachten ist.

Es kann festgehalten werden, daß die nächsten Aufgaben darin bestehen werden, eine geeignete Fruchtfolge mit Luzerne als Streifensaart zu finden. Wie bereits erwähnt, sollte der Weißklee weiter geprüft und nach Möglichkeit andere Arten als Untersaat getestet werden.

5.1.2 Bewertung aus der Sicht des Integrierten Pflanzenschutzes

Streifensaaten und ausgewählte Arten als Untersaat können ein Mittel zur Regulierung von Schaderregerpopulationen darstellen. Aus der vorliegenden Studie geht hervor, daß vor allem Luzerne zusätzlich zu ihrem positiven Beitrag zum Wachstum der Kulturpflanzen, Schädlinge von der Hauptkultur ablenken kann. Dies ist zwar keine neue Erkenntnis, denn Luzerne wird schon lange als Streifensaart zu diesem Zweck experimentell getestet. Auch neuere Arbeiten belegen, daß das Interesse an der Luzerne noch immer vorhanden ist (z.B. Giles & Obricky, 1997, Paoletti *et al.*, 1997). Nach unserer Kenntnis hat diese Maßnahme bislang jedoch keine allgemeine Anwendung in der Praxis gefunden.

Der Einsatz von Streifen- und Untersaaten birgt, zumindest theoretisch, auch die Gefahr, Populationen von Schaderregern auf hohen Dichten aufrechtzuerhalten, und somit eventuell einen höheren Schaden zu verursachen. Diese Bedenken werden beispielsweise von Populationsökologen wie Felix Wäckers (Netherlands Institute of Ecology, Heteren, Niederlande) oder Jörg Romeis (FAL, Zürich, Schweiz) gemeldet und sie sollten auf jeden Fall berücksichtigt werden, bevor ein derartiges Verfahren für praxisreif erklärt wird. Hier wären mittelfristige Studien notwendig, welche die Datenbasis bezüglich dieses Aspektes auf solide Füße stellen.

Unsere Ergebnisse zeigen dennoch, daß die Kombination aus Streifensaart mit Weißklee als Untersaat zu einer erheblichen Reduzierung der Mortalität durch Befall von Noktuiden beim Kohl und teilweise beim Eisbergsalat führte. Aber auch der Vergleich zwischen Kontrollparzellen mit und ohne Streifensaart zeigt, daß durch die Streifensaart eine merkliche Reduzierung der Mortalität erzielt wurde. Die Daten aus Parzellen mit Gelbklee waren insofern widersprüchlich, als daß niedrige Mortalitätsraten beim Kohl, aber vergleichsweise sehr hohe Werte beim Eisbergsalat

erzielt wurden. Somit scheidet der Gelbklee zumindest für die hier angestrebten Zwecke und für die gegenwärtige Fruchtfolge aus (vgl. aber auch 5.1.1).

Ein bemerkenswertes Ergebnis betrifft die Aktivität der Parasitoide. Es zeigte sich, daß vor allem die Eiparasitoide von Noktuiden und die Parasitoide von Aphiden auf den Kulturpflanzen aktiver als auf der Streifensaat und auf den Untersaaten waren (Abb. 4, Abb. 14). Die Parasitoide von Aphiden waren auf den Möhren stärker aktiv auf Parzellen mit Streifensaat im Vergleich mit denjenigen ohne Streifensaat. Die Larvenparasitoide von Noktuiden waren teilweise aktiver auf den Untersaaten, wiesen aber bessere Ergebnisse auf den Parzellen mit Streifensaat auf (Abb. 9). In diesen Parzellen war die Parasitierung auf den Kulturpflanzen vergleichsweise auch hoch. In der Gesamtbetrachtung kann festgestellt werden, daß dieses System aus Sicht des Pflanzenschutzes ein gutes Potential besitzt, um die Aktivität von Antagonisten nicht nur zu erhalten, sondern wahrscheinlich auch zu erhöhen. Obwohl Optimierungsversuche in jedem Fall noch durchgeführt werden sollten, kann dieses System als Alternative zum konventionellen Pflanzenschutz im Gemüsebau in der Region angesehen werden. Somit wären aus unserer Sicht zwei Ziele dieser Arbeit erzielt, nämlich (1) die Erhöhung der Aktivität von Antagonisten durch Streifen- und Untersaaten und (2) die Entwicklung eines Verfahrens, dessen Anwendung zu einer Reduzierung des Insektizideinsatzes führen könnte.

5.2 Phänologie von Angehörigen der Noctuidae

Die gewonnenen Daten zeigen, daß die Artenvielfalt der Familie Noctuidae in der Untersuchungsregion groß ist. Dennoch ist es klar, daß vier Arten dominieren, nämlich die zwei *Copitarsia*-Arten sowie *Agrotis ipsilon* und *A. deprivata*. Es sei jedoch auch erwähnt, daß *Peridroma saucia* ein potentieller Schädling darstellt, der im Auge behalten werden sollte. Aus den Daten zum Eistadium kann abgeleitet werden, daß *Copitarsia* sp. 1 entweder die höchste Eiablagekapazität hat oder daß ihre Eier besonders leicht zu finden sind. Letzteres scheint nicht der Fall zu sein, da die Pflanzenproben wurden im Labor nach Eiern durchsucht und somit war die Wahrscheinlichkeit gleich, Eier irgendeiner Art zu finden. Die Daten sprechen vielmehr für die erste Hypothese, da Eier von *Copitarsia* sp. 1 während der ganzen Vegetationsperiode gefunden wurden (s. auch 5.3). Allerdings ist zu erwähnen, daß die meisten Eier dieser Art auf den Möhren gefunden wurden, was der Besiedlungsphase neuer Habitate entsprechen dürfte. Im Laufe der Vegetationsperiode scheint *Copitarsia* sp. 1 durch *A. ipsilon* abgelöst zu werden. Eier der letzteren Art wurden verstärkt vor allem auf dem Eisbergsalat gefunden. Die Daten zur Larvendichte bestätigen die gemachten Angaben insofern, als daß die Mehrzahl der Larven auf der zweiten Kulturpflanze, dem Kohl, gesammelt wurden. Dies bedeutet, daß der Aufbau der Population auf dieser Kulturpflanze stattfand. Die Artzusammensetzung (Abb. 8a,b) spricht jedoch dafür, daß die Verhältnisse nicht die gleichen wie im Eistadium waren. Im Larvenstadium war nämlich nicht *Copitarsia* sp. 1 die dominierende Art, sondern die Beteiligung am Artenspektrum verteilte sich auf mehrere Arten. Beim Eisbergsalat war ein steigender Anteil von *A. ipsilon* zu verzeichnen, was darauf hindeutet, daß der Populationsaufbau dieser Art in dem betreffenden Zeitraum stattfand.

Die Ergebnisse sprechen dafür, daß der Populationsaufbau der gefundenen Nektuiden-Arten nicht parallel verläuft, sondern daß vielmehr eine Sukzession stattfindet. Allem Anschein nach spielen *Copitarsia* sp. 1 und *A. ipsilon* die wichtigste Rolle in der Untersuchungsregion. Gefolgt werden sie von *A. deprivata*, *Copitarsia* sp. 2 und *P. saucia*. All die anderen Arten scheinen eine marginale Rolle zu spielen. Nach nur einer Vegetationsperiode gelten die Angaben natürlich nur unter Vorbehalt, da Wiederholungsversuche auf jeden Fall ratsam wären.

5.3 Rolle von Antagonisten zur Unterdrückung von Schaderregern

Antagonisten spielen in der Untersuchungsregion eine gewichtige Rolle. Das gilt zumindest für diese Studie unter den getesteten Bedingungen. Darüber hinaus kann angenommen werden, daß das gleiche Potential in Abhängigkeit von mehreren Faktoren vorhanden ist nicht nur erhalten, sondern auch erhöht werden kann.

5.3.1 Parasitoide

Die Ergebnisse zeigen, daß die Streifen- und die Untersaaten einen positiven Effekt auf die Aktivität natürlicher Gegenspieler von Schadschmetterlingen und Aphiden ausüben. Bei den Eiparasitoiden von Nektuiden ist die Tatsache interessant, daß sie merklich effektiver auf den Hauptkulturen und auf den Untersaaten als auf der Streifensaart waren. Aufgrund der relativ hohen Eidichte auf der Streifensaart wäre eine relativ starke Aktivität der Eiparasitoiden zu erwarten gewesen, aber das Gegenteil war der Fall. Diese Erscheinung wurde aus der Sicht des Pflanzenschutzes bereits bewertet (vgl. 5.1.2). Aus ökologischer Sicht kämen drei Hypothesen in Frage: (1) Das System Kulturpflanze-Untersaat ist für diese sehr kleinen Tiere (durchschnittl. 0,5 mm) leichter zu besiedeln, (2) die vorhandene Population von *Trichogramma pretiosum* reicht nicht aus, alle Eier auf der Luzerne zu parasitieren oder (3) die Luzerne ist nicht attraktiv für Eiparasitoide, in diesem bestimmten Fall für *T. pretiosum*, was auch immer dies bedingen mag. Wir sind der Meinung, daß die erste und die zweite Hypothese oder eine Wechselwirkung aus beiden eher als die dritte zutreffend sind. Gegen die dritte Hypothese spricht einerseits die Tatsache, daß die Wirtsdichte auf der Luzerne am höchsten war. Andererseits stellt sie als blühende Pflanze eine potentielle Nahrungsquelle dar. Beide Faktoren machen dieses Habitat für *T. pretiosum* eigentlich interessant. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß eine potentielle Nahrungsquelle nicht unbedingt auch genutzt wird, da die Länge der Blütezeit und wahrscheinlich in diesem Falle auch die leichte Zugänglichkeit des Nektars von entscheidender Bedeutung sind. Wir vermuten vielmehr, daß die Komplexität des Habitats im Zusammenhang mit den hohen Eidichten eine wichtigere Rolle spielt. Es sei betont, daß das System „Kulturpflanze-Untersaat“ oder „Kulturpflanze allein“ für uns ein einfacher strukturiertes System als das System „Luzerne als Streifensaart“ darstellt. Obwohl folgende Aussagen experimentell geprüft werden müssen, so scheint es, als kämen Weibchen von *T. pretiosum* mit der Pflanzenstruktur der Luzerne nicht so gut zurecht im Vergleich vor allem mit den Kulturpflanzen. Ein Beleg hierfür ist die Tatsache, daß vergleichsweise sehr hohe Parasitierungsraten auf den Kontrollparzelle ohne Streifensaart erzielt wurden (vgl. Abb. 4). Andow & Prokrym (1990) zeigten mittels

einfacher Versuche, daß sowohl die Suchzeit als auch der Parasitierungserfolg von *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis auf einfachen Flächen wesentlich höher als auf komplexen Flächen war. In unserem Fall kam wahrscheinlich zudem, daß zusätzlich zur Schwierigkeit, mit dem Habitat zurechtzukommen, die hohe Eidichte auf der Luzerne für die vorhandene Population von *T. pretiosum* nicht mehr zu bewältigen war.

Im Gegensatz zu den Eiparasitoiden scheinen die Larvalparasitoide durch die Streifensaat begünstigt zu werden (vgl. Abb. 9). Dieses Ergebnis ist genau genommen nicht verwunderlich. Larvalparasitoide sind im allgemeinen größer als Eiparasitoide. Dies bedeutet auch, daß sie über eine größere Beweglichkeit, im Sinne von Ausbreitung, verfügen. Sie erlaubt ihnen letztendlich, größere Areale im Vergleich zu Eiparasitoiden zu besiedeln. Vor allem bei Tachinen ist auch noch davon auszugehen, daß sie Futterquellen, wie beispielsweise Pollen, überhaupt oder besser als Eiparasitoide oder als Larvalparasitoide der Ordnung Hymenoptera nutzen können. Insofern scheinen Larvalparasitoide durch dieses Anbausystem eher gefördert zu werden als Eiparasitoide. Dies soll keine Abwertung der Eiparasitoide darstellen. Da sie die Schaderreger in einem Stadium kontrollieren, bevor letztere ein Schaden anrichten konnten, ist der Beitrag der Eiparasitoide doch bemerkenswert. Es scheint auch ein Vorteil zu sein, daß Larvalparasitoide durch das Anbausystem in größeren Zahlen vorhanden sind, da hierdurch die Wahrscheinlichkeit zu einer weiteren Reduzierung der Schädlinge in dem wichtigsten Stadium größer ist.

Diese Form des Anbaus bietet, soweit die vorliegenden Ergebnisse die Aussage erlauben, eine vielversprechende Alternative zum gezielten Einsatz von Antagonisten, da sich vor allem Tachinen und zum Teil auch Braconidae im Vergleich zu anderen Organismen in großen Zahlen nur schwer züchten lassen. Massenfreilassungen leicht züchtbarer Antagonisten, insbesondere *Trichogramma*, wären immer noch als zusätzliche Maßnahme zur Unterstützung der Larvalparasitoide unter Freilandbedingungen denkbar.

5.3.2 Prädatoren

Der Beitrag der Prädatoren konnte während der vorliegenden Studie nicht quantifiziert werden. Dies ist ein Aspekt, der mit Sicherheit noch näher untersucht werden sollte. Es sei am Rande erwähnt, daß Prädatoren von Noktuiden (z.B. Ameisen, Spinnen, etc.) nicht erfaßt wurden, da sie im Gegensatz zu Prädatoren von Aphiden nicht unbedingt als solche erkannt werden. Prädatoren von Noktuiden sind besonders im Eistadium effektiv, aber eine Erfassung der natürlichen Prädationsrate ist nicht einfach. Die gefundenen Prädatoren von Aphiden stellen allesamt Generalisten dar. Daher kann davon ausgegangen werden, daß bei der beobachteten Aphidendichte die Aufrechterhaltung einer hohen Population im Regelfall gegeben sein dürfte. Ob zusätzliche Freilassungen erforderlich wären, müßte in speziellen Untersuchungen ermittelt werden. Die Zucht von Prädatoren ist im allgemeinen gut etabliert. In Deutschland werden beispielsweise Angehörige der Gattungen *Hippodamia*, *Orius* und *Chrysoperla* kommerziell vertrieben. In der Untersuchungsregion wurden Arten dieser Gattungen auch festgestellt (vgl. Tab. 7), d.h. ein eventueller Bedarf an Prädatoren könnte durch entsprechende Anpassung der Zuchtverfahren abgedeckt werden.

5.3.3 Die mangelnde Kenntnis der einheimischen Fauna und die Konsequenzen für den integrierten Pflanzenschutz

Ein Antagonistenkomplex bestehend aus 45 Arten konnte in der Untersuchungsregion ausgemacht werden. Dies ist zunächst aus Sicht der Biodiversität ein sehr interessantes Ergebnis, das an dieser Stelle jedoch nicht weiter bewertet werden soll. Aus Sicht der biologischen Schädlingsbekämpfung kann festgestellt werden, daß hierdurch ein erster, bedeutender Schritt bezüglich der Erfassung potentieller Kandidaten für den Einsatz in der Praxis gemacht wurde. Die Suche nach potentiellen Kandidaten wird im allgemeinen als einer der kritischen Faktoren zur Implementierung von Bekämpfungsprogrammen betrachtet. Die mangelnde Kenntnis der einheimischen Fauna in Entwicklungsländern ist eins der größten Hindernisse zur Etablierung von alternativen Verfahren zum konventionellen Pflanzenschutz, sei es der biologischen Bekämpfung oder des integrierten Pflanzschutzes. Die Erfahrung zeigt, daß die einzelnen Länder diese Aufgabe aus eigenen Mitteln meistens nicht meistern können, wobei hier nicht nur finanzielle, sondern oft auch institutionelle Faktoren eine Rolle spielen. Das vorliegende Projekt zeigt dennoch, daß sehr gute Erkenntnisse mit Einsatz von vergleichsweise geringen Mitteln gewonnen werden können. Die während dieses Projektes gewonnenen Daten stellen eine gute Basis dar, Antagonisten von wirtschaftlich wichtigen Schaderregern entweder zu fördern oder gezielt einzusetzen. Beides wäre Teil eines integrierten Pflanzschutzkonzeptes. Weiterführende Untersuchungen müßten natürlich folgen.

5.3 Möglichkeiten eines angepaßten Verfahrens

Zielgruppe dieser Studie waren Klein(st)betriebe. Bevor dieses Anbausystem jedoch eine praxisreife Form annehmen kann, müßten neben eigenen Optimierungsversuchen auch die Produzenten eingebunden werden. Diese Studie hat gezeigt, daß das vorgeschlagene System ein gutes Potential hat, um Schäden von den Hauptkulturen ohne den Einsatz von Insektiziden abzuwenden, und auch um den Ertrag zu erhöhen. Beide Faktoren haben auch einen finanziellen Wert, der zur Einsparung wertvoller Devisen (Verzicht auf den Kauf von Insektiziden oder Düngemittel) führen kann. Ein angepaßtes Verfahren müßte so aussehen, daß die Rolle der Untersaaten vollständig geklärt sein müßte. Der Einsatz von Luzerne als Streifensaart scheint nach den vorliegenden Ergebnissen empfehlenswert zu sein. Empfehlenswert wäre auch, den Einsatz von organischen Düngern tierischer Art je nach Verfügbarkeit zu testen und mit dem vorgeschlagenen System zu vergleichen. Letzteres wurde für diese Studie vor allem aus der Sicht des Pflanzschutzes konzipiert. In der Optimierungsphase sollte die ökonomische Seite und Fragen der Produktqualität stärker berücksichtigt werden.

5.4 Aussichten des ökologischen Gemüsebaus

Ein ökologischer Gemüsebau in der Region sollte sich zunächst danach richten, die Problematik des Insektizideinsatzes einzudämmen und vor allem danach, das Einkommen kleiner Produzenten durch Erzeugung zusätzlicher Produkte bei vertretbarem Mehraufwand zu erhöhen. Nur so kann ein Anreiz für Veränderungen

im traditionellem Anbausystem erzielt werden. Das eigentliche Ziel wäre eine Erhöhung der Produktivität bei minimaler Umweltbelastung und minimalem Einsatz externer Produktionsfaktoren. Die Aussichten eines ökologischen Gemüsebaus nach deutschem Muster sind mit Sicherheit noch als gering einzuschätzen, da die Kaufkraft der Verbraucher in der Untersuchungsregion nicht ausreicht, um den Mehrpreis für ökologisch erzeugte Produkte zu bezahlen. Es ist auch fraglich, ob das Bewußtsein der Verbraucher bezüglich ökologischer Produkte im Gegensatz zu beispielsweise Deutschland überhaupt vorhanden ist. Vielleicht werden die immer ernster werdenden Probleme, welche der Einsatz von Insektiziden verursacht, dazu beitragen, daß sich die Situation ändert. Das Interesse an alternativen Anbauverfahren ist in der Untersuchungsregion mit Sicherheit vorhanden, aber es fehlt noch an experimenteller Arbeit und an on-farm-Versuchen. An dieser Stelle sei das Werk von Benzing (2001) hervorgehoben, welches einen hervorragenden Leitfaden für Wissenschaftler, Studierende, Berater und Produzenten darstellt. Es wäre wünschenswert, daß der Inhalt dieses Werkes soweit wie möglich zu einer nachhaltigen Landwirtschaft nicht nur in Ecuador sondern in der gesamten Andenregion beitragen wird.

6. Ausblick

Es ist verfrüht, nach nur einer Vegetationsperiode abschließende Aussagen zu treffen. Und dennoch, die Ergebnisse aus dieser Studie haben gezeigt, daß der Einsatz von Streifensaaten und die vorsichtige Wahl von Untersaaten einen merklichen, positiven Einfluß auf den Ertrag von Kulturpflanzen haben können. Somit besitzen sie einen potentiellen Wert für die Praxis, den es auszuschöpfen gilt. Nach vorliegenden Ergebnissen können Streifen- und Untersaaten außerdem Schaderreger von der Hauptkultur ablenken und dadurch den Schaden vermindern. Zudem konnte gezeigt werden, daß Streifensaaten die Aktivität vor allem von Larvalparasitoiden und Antagonisten von Aphiden und Untersaaten die Aktivität und vermutlich auch die Effektivität von Antagonisten im allgemeinen erhöhen oder zumindest erhalten können. Von letzteren wurden insgesamt 45 Arten gefunden, was zeigt, daß die Antagonisten eine beträchtliche Vielfalt in der Untersuchungsregion besitzen. Diese Vielfalt erlaubt ihnen mit hoher Wahrscheinlichkeit, sich zumindest zum Teil der Populationsdichte der Wirte anzupassen.

Es sind mit Sicherheit noch weitere Untersuchungen notwendig, um das System zu optimieren und mit weiteren, in der Region gängigen Anbausystemen des konventionellen Typs zu vergleichen. Es sei nochmals betont, daß die Zielgruppe der Studie Klein(st)betriebe waren. Wir sind der Meinung, daß ein optimiertes Anbausystem auch aus ökonomischer Sicht für die Kleinproduzenten in der Region durchaus interessant wäre. Zur Optimierung des Systems wäre die Einbindung der Produzenten neben eigenen Untersuchungen unerläßlich. Ohne die Teilnahme der Produzenten besteht keine Möglichkeit darauf, daß ein optimiertes Verfahren in absehbarer Zeit von der Praxis angenommen und umgesetzt wird. Die Verfügbarkeit an Fördermitteln wird letztendlich darüber entscheiden, ob dieses Unternehmen durchführbar ist. Eine Projektskizze liegt bereits vor.