

MÖGLICHKEITEN DES EINSATZES VON DUFTSTOFFEN IN DER SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG



Dr. Gerhard Karg

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger

für Schädlingsbekämpfung

Burgherrenstr. 17

67661 Kaiserslautern

www.karg-bugs.de

Um mit ihrer Umwelt zu kommunizieren und Informationen auszutauschen, stehen den Tieren eine ganze Reihe von Sinnesmodalitäten zur Verfügung (z.B. Sehen, Hören, Riechen), aber in vielen Fällen dominiert jeweils eine Modalität. So gibt es Tiere, bei denen der optische Sinn sehr ausgeprägt ist, dafür andere Sinne weniger, aber auch Tiere, wo der Geruchssinn eine übergeordnete Rolle spielt. Dies ist auch bei vielen Schädlingen, insbesondere bei Insekten der Fall. Der Einsatz von Duftstoffen spielt in der professionellen Schädlingsbekämpfung eine immer bedeutendere Rolle.

EINLEITUNG

Manche Duftstoffe enthalten Informationen, die für den Empfänger wichtig sind, zum Beispiel über das Vorhandensein von Nahrungsquellen etc. und können oft ein spezifisches Verhalten auslösen. Die Gruppe dieser Duftstoffe wird daher als Signalstoffe oder Semiochemikalien (engl: chemiochemicals) bezeichnet. Der Begriff *Semion* kommt aus dem Griechischen und bedeutet Signal. Die Signalwirkung von Duftstoffen kann vom Menschen unter Umständen dazu eingesetzt werden, um bei einem Tier ein spezifisches Verhalten auszulösen. Zu den Signalstoffen gehören unter anderem Pheromone und Kairomone. Das Potential von Duftstoffen zum Einsatz in der Schädlingsbekämpfung ist schon recht lange bekannt. So wurden zum Beispiel bereits in den 40-iger Jahren Lockstoffe (aus fermentierendem Traubensaft) zum Anlocken und zur Bekämpfung von Motten im Weinbau eingesetzt.

Die abstoßende (repellierende) Wirkung von anderen Pflanzeninhaltsstoffen (zum Beispiel ätherischen Ölen) ist schon seit der Antike bekannt. Pheromone und Kairomone sind heute Bestandteil vieler Schädlingsbekämpfungsstrategien vor allem im Obstbau und in der Landwirtschaft. Allerdings erfordert ihre Anwendung detailliertes Verständnis über das Verhalten der Insekten und wie es modifiziert werden kann.

Der Einsatz von Lockstoffen hat in den letzten Jahren bedeutend Fortschritte gemacht. Verbesserte Analysemethoden (chemische, elektrophysiologische und verhaltensphysiologische) erleichtern die Identifikation von relevanten Komponenten, und verbesserte Synthesemethoden ermöglichen eine kostengünstige Synthese. Jetzt, da uns diese hochwirksamen Stoffe zur Verfügung stehen, wird es uns möglich sein, die oft noch in

den Anfängen steckenden Schädlingsbekämpfungsmethoden mit Hilfe von Duftstoffen zu optimieren.

In den folgenden Artikeln wird auf Möglichkeiten des Einsatzes von Duftstoffen in der Schädlingsbekämpfung, insbesondere bei Insekten eingegangen. Dabei wird aufgezeigt, wo solche Stoffe bereits eingesetzt werden und was dabei zu beachten ist. Zusätzlich werden Möglichkeiten und Methoden des Einsatzes aufgezeigt, die in der Landwirtschaft und im Obstbau schon seit einiger Zeit erfolgreich eingesetzt werden und deren Umsetzung auch Möglichkeiten in der Schädlingsbekämpfung bieten können.

EINTEILUNG DER DUFTSTOFFE

Duftstoffe können unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien in Gruppen eingeteilt werden (siehe Tabelle 1). Primär wird unterschieden, ob die Stoffe zur innerartlichen Kommunikation dienen, oder ob sie bei der zwischenartlichen Informationsübertragung benutzt werden. (Die Bezeichnung **Art** wird hier nicht im strikten biologischen Sinne, sondern im weiteren Sinne incl. Pflanzen etc. benutzt).

Pheromone

Als Pheromone werden diejenigen Duftstoffe bezeichnet, die von einer Tierart in sehr geringen Mengen an die Umwelt abgegeben werden und bei einem Tier derselben Art oft über eine Distanz hinweg ein spezifisches Verhalten auslösen. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Anlockung männlicher Motten durch einen weiblichen Falter mit Hilfe von Sexualpheromonen. Pheromone stellen die bekannteste und am weitesten erforschte Gruppe der Signalstoffe dar. Inzwischen sind die Pheromonkomponenten von über 1000 Insektenarten, darunter viele Motten und Käfer bekannt, und

sie werden in einer ganzen Reihe von IPM Maßnahmen vor allem in der Landwirtschaft eingesetzt.

Normalerweise besteht das Pheromon eines Insekts aus einer Mischung von mehreren Einzelkomponenten. Diese werden in einem bestimmten Mischungsverhältnis abgegeben, welches normalerweise spezifisch für eine einzige Insektenart ist. Nahe verwandte Arten benutzen häufig sehr ähnliche Komponenten oder identische Komponenten, jedoch in einem anderen Mischungsverhältnis. Die Komponenten sind leicht flüchtig, und breiten sich auch über größere Entfernungen aus (Fernwirkung).

Sexual Pheromone

Sexual-Pheromone dienen der Partnerfindung, die oft über eine räumliche Distanz hinweg stattfinden muss. Sie werden meistens nur von einem der Partner (oft dem Weibchen) abgegeben. Sexual-Pheromone von Motten sind oft chemisch relativ einfach gebaute Moleküle, (z.B. langkettige aliphatische, lipophile Azetate, Aldehyde oder Alkohole), die aber oft ein oder zwei Doppelbindungen besitzen und daher anfällig sein können gegenüber UV-Licht (Isomerisierung) und Oxidation. Bei anderen Insekten kommen dagegen oft relativ komplexe Sexual-Pheromone vor.

Aggregations-Pheromone

Unter Aggregations-Pheromonen versteht man Substanzen, die Individuen einer Art unabhängig von ihrem Geschlecht anlocken (Aggregation). Am besten ist diese Gruppe der Pheromone bei Käfern und Schaben untersucht. Wie im Falle der Sexual-Pheromone sind sie flüchtig und wirken über größere Entfernungen. Mit Ihrer Hilfe können oft mehrere tausend Insekten angelockt werden. Sie bieten von daher ein großes Potential für den Einsatz in der Schädlingsbekämpfung (siehe unten). Aggregations-Pheromone sind häufig wieder relativ komplexe chemische Substanzen und von daher in aller Regel schwerer zu synthetisieren und vergleichsweise instabil. Zudem werden sie vom Tier oft in komplexeren Verhaltensabläufen eingesetzt, die weniger einfach zu manipulieren sind.

Alarm-Pheromon

Alarm-Pheromone sind vor allem bei sozialen Insekten verbreitet (z.B. bei Wespen, Ameisen und Termiten). In vielen Fällen handelt es sich hier wieder um ein Gemisch aus verschiedenen Komponenten. Die Funktion dieser Gruppe von Pheromonen ist es, weitere Individuen aus dem Sozialverband auf Gefahren hinzuweisen, sie zu alarmieren und gegebenenfalls Abwehr- bzw. Fluchtreaktionen auszulösen.

Spuren-Pheromone

Spuren-Pheromone kommen hauptsächlich bei Hymenopteren sowie bei Larven (Raupen) von einigen Lepidopteren vor. Sie werden zum Beispiel zur Markierung von Wegen von und zum Nest sowie zu Futterquellen benutzt (z.B. bei Ameisen und Termiten). Charakteristisch für die Spuren-Pheromone ist, daß sie weniger flüchtig sind, so daß sie länger verbleiben und die Spuren somit längerfristig markieren.

Kairomone und Allomone

Bei den Duftstoffen, die bei der Kommunikation zwischen verschiedenen Arten benutzt werden, werden weitere Unterscheidungen vorgenommen. Als **Kairomone** werden Stoffe bezeichnet, die für den Empfänger des Signals (denjenigen, der sie riecht) von Vorteil sind, jedoch nicht aber für den Sender. Zu den Kairomonen gehören zum Beispiel Pflanzeninhaltsstoffe (Wirtspflanzenengeruch), oder sonstige Duftstoffe, die die Schädlinge attraktiv finden und anlocken. Eine Motte, die einen Apfel riecht und deshalb hinfliegt und ihre Eier dort ablegt, wird von einem Kairomon angelockt. Auf

diesem Prinzip beruhen einige Präparate, die bei der Gel-Technik eingesetzt werden, wo Schädlinge mit Hilfe von Kairomonen (Geruch nach Nahrung) angelockt werden (allerdings kommen bei der Gel-Technik auch Pheromone zum Einsatz).

Als **Allomone** bezeichnet man Stoffe, die für den, der sie sendet von Vorteil sind, nicht aber für den Empfänger. Ein Duftstoff, der von einer Pflanze abgegeben wird, dem Schädling unangenehm ist und ihn deshalb von der Pflanze abhält, stellt ein Allomon dar. Er ist nützlich für den Sender (die Pflanze), nicht aber für den Empfänger (den Schädling). Zu dieser Stoffklasse gehören zum Beispiel viele ätherische Öle, die für ihre repellierende Wirkung bekannt sind und zum Vertreiben von Schädlingen benutzt werden können.

Tabelle 1: Einteilung der Duftstoffe

Stoffklasse	Kommunikation	nützlich für	Beispiel
Pheromone	innerhalb der selben Art	unterschiedlich	Sexual-Pheromone Aggregations-Pheromon
Kairomone	zwischen verschiedenen „Arten“	Empfänger	Geruch von „Nahrung“ Geruch von Wirtspflanzen
Allomone	zwischen verschiedenen „Arten“	Sender	„abstoßende“ Gerüche z.B. ungenießbar oder „Feind“

EINSATZ VON DUFTSTOFFEN

Monitoring

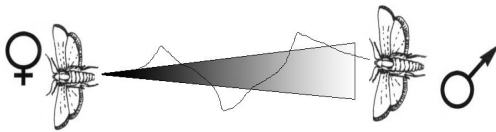
Je nach Funktion der Duftstoffe (siehe oben) können und müssen sie in unterschiedlicher Weise eingesetzt werden. Die einfachste und gängigste Einsatzmethode von Lockstoffen wird als Monitoring bezeichnet.

Monitoring stellt keine Bekämpfungsmaßnahme dar! Vielmehr dient Monitoring dazu, die Anwesenheit einer bestimmten Schädlingsart auch bei sehr geringer Populationsstärke festzustellen. Dies ermöglicht ein frühzeitiges Eingreifen, so daß größere Schäden vermieden werden können.

Als wichtige Früherkennungs-Maßnahme hat sich Monitoring auch in Häfen oder Flughäfen erwiesen, wo die Gefahr besteht, daß fremde Schädlinge eingeschleppt werden. Durch das Ausbringen von Monitoringfallen, die die entsprechenden Lockstoffe enthalten, ist es möglich, die Gefahren frühzeitig zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

Mit sehr großem Erfolg wird Monitoring im Vorratsschutz durchgeführt. Als Beispiel sei hier die Überwachung von Lebensmittelmotten mit Hilfe von Sexual-Pheromonen genannt. Hierbei werden z.B. Klebefallen oder Trichterfallen ausgebracht, die mit Ködern bestückt sind, die das Sexual-Pheromon weiblicher Falter abgeben. Männliche Falter werden angelockt und festgehalten. Beim Einsatz von Sexual-Pheromonen wird jeweils nur eines der beiden Geschlechter aktiv angelockt und gefangen. Zum Monitoring können alle attraktiven Stoffe (Pheromone und Kairomone) eingesetzt werden.

Abbildung 1: Partnerfindung bei Motten



Ein weibliche Motte gibt beim Locken Sexual-Pheromon an die Umgebung ab. Dieses wird mit dem Wind (hier von links kommend) ausgebreitet. Ein männlicher Falter der das Pheromon riecht fliegt in Richtung Pheromonquelle (schwarze Fluglinie). Innerhalb des ‚Duftstoffkegels‘ fliegt er gegen den Wind. Verliert er den Kontakt ändert er die Richtung, bis wieder Kontakt hergestellt ist.

Um zu verstehen, was beim Monitoring vor sich geht, sollten wir uns zunächst einmal das ‚normale‘ Verhalten von Motten anschauen, das beim Monitoring ausgenutzt wird. Die Partnerfindung bei Motten funktioniert so, daß eine weibliche Motte sehr geringe Mengen an Pheromonen (oft nur wenige ng = 0,000.000.001 Gramm) aus Drüsen an ihren Hinterleib abgibt. Dazu sucht sie sich (unter natürlichen Bedingungen, bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke, Temperatur etc.) einen exponierten Platz, stülpt die Drüsen nach außen und gibt Pheromon ab. Dieses Verhalten wird als Locken bezeichnet. Der Sexual-Lockstoff wird mit dem Wind ausgebreitet und verteilt sich (vereinfacht betrachtet) mehr oder weniger faden- oder kegelförmig.

Ein männlicher Falter, der den Lockstoff riecht, wird gegen den Wind, der das Sexual-Pheromon transportiert, fliegen und dem Duft folgen. (siehe Abbildung 1) Dabei zeigt er einen typischen Zick-Zack-Flug. Solange das Männchen sich im Pheromonkegel befindet, fliegt es gegen den Wind. Verläßt er den Kegel, das heißt riecht er kein Sexual-Pheromon mehr, ändert es die Flugrichtung, bis er den Duft wieder gefunden hat. So kann er letztlich das lockende Weibchen finden.

Es kommt dort zur Paarung, gefolgt von der Eiablage, bei der das Weibchen eventuell vorher noch einen geeigneten Platz aussucht.

Bringt man einen Köder mit Sexual-Pheromon in Fallen aus, so nutzt man genau dieses natürliche, spezifische Verhaltensmuster männlicher Motten aus, die nun, anstatt zum Weibchen, zur Falle fliegen können.

Was ist beim Monitoring zu beachten ?

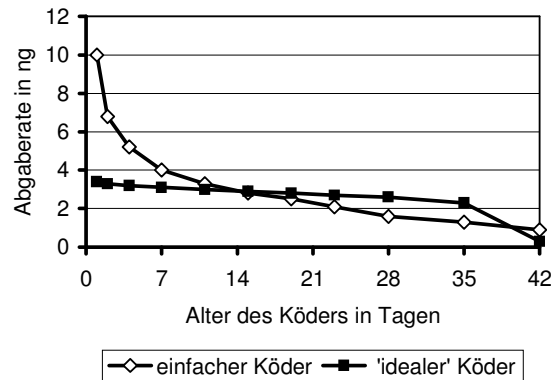
Das ideale Monitoring System muß folgende Eigenschaften haben:

Es sollte sehr gute Lockwirkung zeigen, damit es eine wirkliche Konkurrenz zu den lockenden Weibchen bieten kann. Dies wird unter anderem dadurch erreicht, daß man das Mischungsverhältnis der einzelnen Komponenten, sowie die Abgaberrate der Köder optimiert.

Die Anzahl der Motten, die über einen gewissen Zeitraum gefangen wird, sollte den Verlauf der Populationsentwicklung widerspiegeln, das heißt die Attraktivität der Falle sollte über den Einsatzzeitraum / Anwendungszeitraum hinweg konstant sein. Dies ist jedoch in vielen Fällen nicht der Fall, da die

Abgaberrate stark variiert. In der Regel fällt sie bei einfachen, passiven Dispensern exponentiell ab (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Pheromon-Abgaberrate von Dispensern



Die Abgaberrate einfacher Pheromonköder ist anfangs sehr hoch, nimmt dann aber sehr schnell ab. Dagegen ist die Abgaberrate eines ‚idealen‘ Köders fast durchweg konstant. Angenommen die erforderliche Abgaberrate wäre 2 ng so läge die Haltbarkeit des einfachen Köders bei ca. 3 Wochen, die des ‚idealen‘ Köders ca. 5 Wochen, obwohl vom einfachen Köder insgesamt wesentlich mehr Pheromon abgegeben wird.

Die Lockstoffe werden häufig in relativ einfachen und passiven Formulierungen vertrieben z.B. auf Korkplättchen oder Gummi-Septa. Diese Trägermaterialien stellen relativ kostengünstige Reservoirs für die Lockstoffe dar, zeichnen sich aber oft durch Nachteile aus. So können die Lockstoffe mit den Trägermaterialien interagieren, so daß ein Großteil der Lockstoffe nicht als Lockstoff zur Verfügung steht. Daher müssen Lockstoff und Träger auf einander abgestimmt werden.

Da die Träger passive Einheiten darstellen, wird die Lockstoff-Abgaberrate vor allem geprägt durch die Temperatur. Diese ist nicht immer wünschenswert, wenn zum Beispiel nachtaktive Tiere angelockt werden sollen, die bei vergleichsweise niedrigeren Temperaturen fliegen, die höchste Abgaberrate aber mittags bei höchsten Temperaturen stattfindet. Zusätzlich fällt die Abgaberrate von passiven Dispensern über die Zeit exponentiell ab (siehe Abbildung 2). Diese Nachteile führen dazu, daß Monitoring zur Zeit in vielen Fällen keine Aussagen über Populationsentwicklungen zuläßt, sondern lediglich zum Nachweis vom Vorhandensein von Insekten genutzt werden kann.

Außerdem werden Klebeflächen oft im Laufe der Zeit durch Insektenreste oder Staub weniger klebrig. In der Praxis können viele Faktoren die Fängigkeit verändern (siehe auch Tabelle 2). Eine weitere Eigenschaft, die ein Monitoring System auszeichnen sollte, ist, daß der Fangenfall proportional zur Schädlingpopulation in Habitat ist, so daß es möglich ist vom Fangenfall auf die aktuelle Befallsstärke /Populationsdichte hochzurechnen.

In Tabelle 2 sind Parameter zusammengestellt, die bei der Auswahl von Lockstoff-Fallen in Betracht gezogen werden sollten.

Monitoring von Motten ist sehr effizient, was darauf zurückzuführen ist, daß die männlichen Falter auf ihren Fühlern sehr viele Rezeptoren für Pheromon besitzen, die zudem noch sehr empfindlich sind (es also gut riechen können). Zusätzlich besteht die einzige Aufgabe vieler

erwachsener Motten nur noch in der Partnerfindung und Fortpflanzung. Das ganze Insekt ist sozusagen darauf programmiert.

Etwas anders sieht es bei Käfern, Schaben und Fliegen aus. Zwar gibt es auch hier Sexual-Lockstoffe, die zum Monitoring eingesetzt werden können, aber das Verhalten dieser Insektengruppen ist weitaus komplexer als das von Motten. So nehmen Schaben und auch viele Käfer auch als Adulte noch Nahrung zu sich. Es spielen also, im Gegensatz zu den Motten noch verschiedene andere Verhaltensweisen eine Rolle, so daß das Verhalten dieser Schädlinge weniger einfach in eine bestimmte Richtung zu beeinflussen ist. Neben den Sexual-Pheromonen spielen hier noch Aggregations-Pheromone, die Insekten beiderlei Geschlechts anlocken, und Kaiomone eine bedeutende Rolle. Werden jedoch Aggregations-Pheromone eingesetzt, können beide Geschlechter gefangen werden. Dasselbe gilt für den Einsatz von Kaiomonen (in diesem Fall Wirtspflanzen / Nahrungseruch), auch hier können beide Geschlechter gefangen werden (z. B bei Fruchtliegen).

Tabelle 2: Eigenschaften von Lockstoff-Fallen

Parameter	Ideale Eigenschaften	Mögliche Probleme
Köder	Konstante Lockwirkung	Veränderliche Abgaberate Veränderliches Mischungsverhältnis (da evtl. eine Komponente leichter flüchtig ist) Chemische Reinheit des Lockstoffs (Isomerisierung)
Physikalische Eigenschaften	Nicht abschreckend In alle Richtungen gleich gut fangend	Aussehen der Falle Veränderung der Abgabe der Dispenser ('Duftwolkenkegel')
Farbe	Attraktiv oder neutral	Beifang anderer Insekten (evtl. nicht gewünscht)
Haltbarkeit	Langlebig	UV-Licht, Mechanische Beanspruchung, Feuchtigkeit
Fangfläche Container	Konstante Fängigkeit	Sättigung der Klebefläche Verunreinigung durch Staub o.ä. Veränderung der Viskosität des Klebers (in Abhängigkeit von Temperatur oder Alter) o. ä.
Überwachungsintervall	Relativ selten	Arbeitskosten
Kosten	Geringe Kosten	Auftragsvolumen Komplexität des Designs Kurze Haltbarkeit

Massenfang

Massenfang leitet sich direkt aus dem Monitoring ab. Hier werden als Konkurrenz zu den lockenden Weibchen eine größere Anzahl von Fallen (gegebenenfalls auch andere Fallentypen) ausgebracht, mit dem Ziel eine möglichst große Anzahl von Schädlingen zu fangen. Die Population der Schädlinge soll dadurch so weit reduziert werden, daß der durch die verbleibenden Individuen entstehende Schaden unterhalb der Schadensschwelle liegt und keine Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich macht.

Dabei wird davon ausgegangen, daß eine Erhöhung der Anzahl von Fallen auch zu einer stärkeren Reduktion der

Schädlingspopulation führt. Diese setzt unter anderem voraus, daß die Falle /der Köder sehr attraktiv ist. Bei Faltern ist es auch wichtig, daß Sie vor der Paarung gefangen werden, denn bei Käfern werden in der Regel Aggregations-Pheromone benetzt, die beide Geschlechter einfangen. Bei Fruchtliegen können beide Geschlechter mit Hilfe von Kaiomonen angelockt werden.

Abbildung 2: Funktionsweise von Massenfang

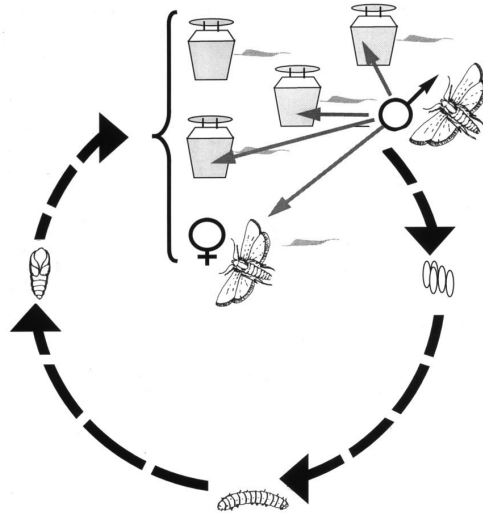


Abbildung 3 Pheromone, die von Weibchen abgegeben werden treten beim Massenfang in Konkurrenz mit Pheromonen, die von Fallen (hier Trichterfallen) abgegeben werden. Männliche Falter werden sowohl von den Weibchen als auch zu den Fallen gelockt (graue Pfeile). Da Fang von Männchen in den Trichterfallen kommt es zu Verringerung der Schädlingspopulation.

Unter bestimmten Umständen hat man mit dieser Methode schon große Erfolge erzielt, zum Beispiel bei *Plodia interpunctella*, *Ephestia caudata*, *Ips typographus*. Insbesondere bei der Ausrottung räumlich isolierter Schädlingspopulationen kann die Methode sehr erfolgreich sein. Diese Voraussetzungen sind zum Beispiel im Vorratsschutz gegeben, wenn sichergestellt werden kann, daß keine weiteren Schädlinge einwandern können. Außerdem ist es von Vorteil, wenn Aggregations-Pheromone eingesetzt werden können (wie z. B bei Borkenkäfern), da dann beide Geschlechter gefangen werden können.

Massenfang ist mit ein paar grundlegenden theoretischen und praktischen Problemen behaftet. Im Falle von Motten zum Beispiel müssen außerordentlich hohe 'Fangquoten' (>95%) erzielt werden, damit es zu einer deutlichen Reduktion der Mottenpopulation (und damit dem Schaden) kommt. In Versuchen wurde gezeigt, daß so hohe Fänge nur erzielt werden können, wenn pro Weibchen fünf Pheromonfallen installiert wurden. Zusätzlich stellt Massenfang eine teurere Methode dar, da eine große Anzahl von Fallen benötigt werden und die Kontrolle sehr arbeitsintensiv ist. Problematisch ist es auch, wenn die Schädlinge sich nicht auf einen bestimmten Bereich konzentrieren, sondern einwandern können. Eine räumliche Isolation oder sonstige Maßnahmen, die den Einflug verhindern, sind daher unabdingbar, was oft nur schwer erreicht werden kann. Außerdem kann nicht sichergestellt werden, daß die Insekten, die in Massenfallen gefangen

werden, nicht erst nach der Begattung / Eiablage gefangen wurden.

Trotz aller Schwierigkeiten wird Massenfang weiterhin als potentielle Strategie zur Schädlingsbekämpfung diskutiert.

„Attract and Kill“, Anlocken und Töten

Diese Methode wird gelegentlich auch als „Lure and Kill“ bezeichnet. Hierbei werden die Insekten mit Hilfe von insektenspezifischen Lockstoffen (Pheromonen oder Kairomonen), das zusammen mit einem Insektizid formuliert und ausgebracht wird, angelockt und getötet. Dabei kann es sich um ein Kontakt- oder auch Fraßinsektizid handeln. Diese Methode ist relativ neu, hat sich aber sehr bewährt. Gel-Präparate, die zur Bekämpfung von Schaben auf dem Markt sind, beruhen auf dieser Methode. „Attract and Kill“ wird aber auch im Pflanzenschutz zur Bekämpfung von Motten eingesetzt und ist für Vorratsmotten und andere Insekten in der Entwicklung. Die meisten Motten kann man allerdings nicht mit „Futter“ locken (denn sie nehmen als Erwachsene oft keine Nahrung mehr auf). Daher verwendet man dort das spezifische Sexual-Pheromon in Verbindung mit einem Kontaktinsektizid. Angelockte Männchen, die sich mit dem Ködertröpfchen paaren möchten, werden dabei einer tödlichen Dosis von Insektizid ausgesetzt.

Diese Methode weist einen enormen Vorteil gegenüber konventionellen Methoden auf. Der Anwender kann die Bekämpfungsmittel an ‚ausgesuchten‘ Stellen ausbringen, die leichter zu kontrollieren sind und eine Dekontamination (sofern erforderlich) gestaltet sich auch wesentlich einfacher.

Natürlich kann es auch hier zu Problemen kommen, wie zum Beispiel bei der Stabilität der Lockstoff-Komponenten.

Lure and Infect, Anlocken und Infizieren

Eine weitere Methode, die auf demselben Prinzip beruht (Lockwirkung von Duftstoffen), wird als „Lure and Infect“ bezeichnet. Dies ist eine Methode, der oben beschriebenen ähnlich, mit dem Unterschied, daß kein ‚chemisches‘ Insektizid benutzt wird. Vielmehr werden Lockstoffe dazu benutzt, Schädlinge an spezielle Geräte anzulocken, wo sie entweder einem insektenpathogenen Bakterium, Virus oder Pilz (Krankheitserreger für Insekten) ausgesetzt werden. Hier wird nicht versucht, den Schädling zu eliminieren, vielmehr ist es bei dieser Methode das Ziel, den angelockten Schädling nach der Infizierung wieder zu entlassen. Der erkrankte Schädling wird also dem System somit nicht sofort entzogen, sondern hat die Chance mit weiteren Schädlingen seiner Art zusammenzutreffen (z.B. bei der Futtersuche oder bei der Paarung). Dadurch ist es möglich, daß sich weitere Schädlinge infizieren und sich die Krankheit so weiter ausbreitet. Es kann dann zu einem (verzögerten) Massensterben kommen, ohne daß jeder Schädling individuell angelockt werden müßte, der infizierte Schädling wird somit zum Vektor für Pathogene.

In Frage kommen als Krankheitserreger verschiedene Viren (z.B. Bakulo- oder Granuloseviren), Bakterien (z.B. *Serratia entomophila*) und auch Pilze (z.B. *Zoophthora radicans*) die alle etwas verschiedene Ausbreitungswege benutzen (auf Details soll an dieser Stelle verzichtet werden). In letzter Zeit wird sogar von der Ausbreitung von insektenpathogenen Nematoden (*Fadenwürmern*) mit Hilfe dieser Methode diskutiert. Ein Beispiel für den Einsatz von Viren zur Schädlingsbekämpfung stellt das Granulosevirus dar, das zur Bekämpfung vom Apfelwickler (*Cydia pomonella*) benutzt wird.

Der größte Vorteil dieser Methode besteht darin, daß nur wenige Schädlinge an wenige Köder angelockt werden

müssen (Preisvorteil) und trotzdem viele Individuen davon infiziert sein können (Domino-Effekt). Viele der Pathogene sind recht spezifisch, so daß Nützlinge nicht davon betroffen werden.

Allerdings hat diese Methode auch Schwierigkeiten/Nachteile. Problematisch stellt sich teilweise auch die Formulierung und Ausbringung dar. Die Übertragungswege sind relativ lang und viele Pathogene müssen, damit Sie wirksam werden, konsumiert werden. Ist die Zeitspanne zwischen Ansteckung und dem Kontakt zu Artgenossen zu kurz, kann es gegebenenfalls noch nicht zu einer Übertragung der Krankheit kommen. Ist die Zeit zu lang, stirbt der Schädling eventuell schon, bevor es zu einer Übertragung kommen kann. Zusätzlich sind viele der Pathogene relativ instabil, und verlieren ihre Wirksamkeit, wenn sie mit UV Licht in Berührung kommen.

Diese Methode befindet sich für eine Reihe von Insekten in Entwicklung. Die Krankheitserreger sind teilweise bekannt und verfügbar. Aber einsatzfähige Produkte, die Krankheitserreger mit Pheromonen kombinieren, sind zur Zeit noch kaum vorhanden.

Die Paarungsstörungs-Methode

Die Paarungsstörungs-Methode stellt eine weitere direkte und sehr elegante Schädlingsbekämpfungsmethode dar. Im Gegensatz zu allen bisher beschriebenen Methoden setzt der Erfolg allerdings keine Anlockung der Schädlinge voraus. Vielmehr ist es bei dieser Methode das Ziel, durch den Einsatz von Sexual-Pheromonen die Paarung der Schädlinge zu verhindern, oder zumindest stark einzuschränken. Dadurch kommt es zu einer Reduktion der Larven in der nächsten Generation. Um den Wirkmechanismus zu verdeutlichen, sollten wir uns erneut vor Augen führen, wie Monitoring funktioniert. Dort wird durch Ausbringen von Gummikäppchen, die mit Pheromon beladen sind, ein Weibchen simuliert, an das Männchen angelockt werden. Durch Ausbringen einer sehr großen Anzahl von Pheromonködern (Dispensern), deren Abgaberate auch noch erhöht ist kommt es dazu, daß die männlichen Falter keine lockenden Weibchen mehr finden können.

Die genauen Prozesse, die zur Verhaltensänderung führen, sind bisher noch nicht völlig aufgeklärt. Prinzipiell werden zwei gegensätzliche Erklärungsansätze diskutiert:

- „Verwirrung“: Männliche Motten versuchen immer noch die weiblichen Falter zu finden. Die große Anzahl zusätzlicher Pheromonquellen (durch die Dispenser), die sich alle gegenseitig Konkurrenz machen, führen aber dazu, daß die männlichen Falter nicht mehr wissen, welcher Duft-Fahne sie folgen sollen.
- Überlastung der Sinnesorgane: Die Sinnesorgane der Falter sind so hohen Konzentrationen an Sexual-Lockstoff ausgesetzt, daß es zu einer Art Ermüdung der Sinneszellen kommt. Die Tiere können das Sexual-Pheromon nach einer gewissen Zeit nicht mehr wahrnehmen. Dieser Prozess wird als Adaptation bezeichnet. Dies führt dazu, daß die männlichen Motten kein Suchverhalten mehr an den Tag legen.

Diese Technik hat eine ganze Reihe von Vorteilen: Sie ist spezifisch, hat nur geringen Einfluß auf die Umwelt und ist dauerhaft einsetzbar. Kommt es durch regelmäßigen Insektizideinsatz zu Resistenz gegenüber den eingesetzten Insektiziden, dann ist die Paarungsstörung oft die einzige noch verbleibende Bekämpfungsmaßnahme (wie zum Beispiel beim Apfelwickler im Nordwesten der USA).

Mit dieser Methode sind gute Erfolge vor allem im Apfel- und Weinanbau erzielt worden. Im Washington State (USA) zum Beispiel wird diese Methode großflächig (im gesamten

Apfelanbaugebiet) zum Einsatz gegen den Apfelwickler eingesetzt. In Lagerhallen wird diese Methode zur Bekämpfung von verschiedenen Vorratsmotten benutzt. Im Gegensatz zum Einsatz in der Landwirtschaft, wo die größten Probleme dieser Methode der Verlust von Pheromon durch Wind sowie die unkontrollierbaren Witterungsverhältnisse sind, hat man mit solchen Problemen in Lagerhallen nicht zu rechnen. Anwendung findet diese Methode auch insbesondere beim Auftreten von resistenten Insektenpopulationen.

Abbildung 3: Funktionsweise der Paarungsstöörungsmethode

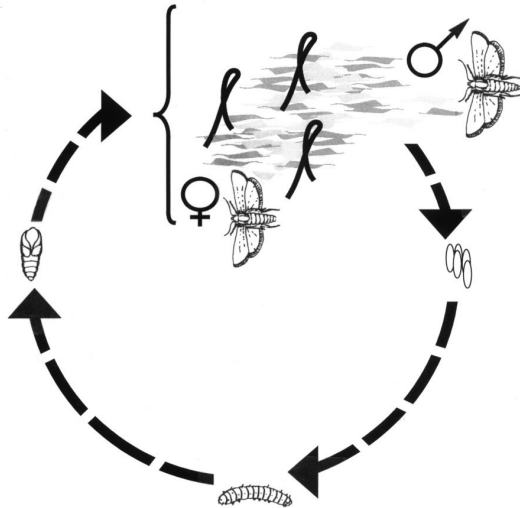


Abbildung 4 Bei der Paarungsstörung wird sehr viel Pheromon ausgebracht, das zum Beispiel aus Polyethylen-Schläuchen (schwarze Bänder) freigesetzt wird. Das führt dazu, daß sich die männlichen Falter nicht mehr zu den Weibchen hin orientieren können und es kommt zu einer deutlichen Verringerung des Schaden und der nachfolgenden Generation.

Allerdings ist der erfolgreiche Einsatz auch an ein paar Voraussetzungen geknüpft:

- ◆ die Ausgangspopulation muß gering sein (damit es nicht zu zufälligem Zusammenfinden der Geschlechter kommt)
- ◆ Die Methode funktioniert nur bei großflächiger Anwendung oder in abgeschlossenen /isolierten Systemen
- ◆ Neubefall von Außen muß so gut wie möglich vermieden werden

Aber es muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Methode Probleme mit sich führt. Die Überwachung des Erfolgs der Bekämpfung ist schwierig, da die Kontrolle der durchgeführten Maßnahmen erst durch Schadensanalyse und Ermittlung der Populationsstärke der nächsten Generation ermittelt werden kann. Dazu kommt, daß bei ausschließlichem Einsatz von Pheromonen darauf geachtet werden muß, daß sich keine sekundären Schädlingpopulationen entwickeln. Das heißt, daß nicht plötzlich Schädlinge auftreten, die vor der Pheromonbehandlung nur eine untergeordnete Rolle spielten, die durch den Wegfall einer Insektizidbehandlung aber in ihrer Bedeutung zunehmen können.

ANDERE ANWENDUNGEN VON DUFT- UND SIGNALSTOFFEN (SEMIOCHEMICALS)

Es gibt noch eine Reihe weiterer, relativ neuer Anwendungsmöglichkeiten von Duftstoffen in der Schädlingsbekämpfung. Viele davon sind jedoch in einem sehr frühen Entwicklungszustand, könnten aber in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Viele Pflanzeninhaltsstoffe zeigen lockende Wirkung (wie oben besprochen), es gibt jedoch auch eine ganze Reihe, die Schädlinge abstoßen. Dazu gehören zum Beispiel viele ätherische Öle, wie Citronella, o.ä. das zum Vertreiben von Fliegen und Motten benutzt werden kann. Extrakte aus diversen Nadelhölzern haben sowohl abstoßende als auch Eiablage hemmende Wirkung auf verschiedene Insektengruppen gezeigt. Die Untersuchungen sind noch im Gange.

Als weiteres wird eine Strategie diskutiert, bei der sowohl Lockstoffe als auch Repellents verwendet werden. Dabei werden Schädlinge gezielt in bestimmte Bereiche gelockt, wohingegen sie aus anderen Bereichen vertrieben werden sollen („Push-Pull-Strategie“).

DIE ZUKUNFT VON LOCKSTOFFEN UND ANDEREN SIGNALSTOFFEN

Pheromone und andere Signalstoffe werden in der Landwirtschaft schon lange sehr erfolgreich eingesetzt und ihr Einsatz wird auch in der Schädlingsbekämpfung an Bedeutung gewinnen. Diese Entwicklung wird vorangetrieben durch das Verhalten von Kunden und Konsumenten, die Wert auf den Einsatz von möglichst umweltschonenden, spezifischen und dauerhaft anwendbaren Methoden bei der Schädlingsbekämpfung legen, vor allem wenn es um den Bereich Vorratsschutz geht.

Dieser Trend spiegelt sich auch in der aktuellen Gesetzgebung wie zum Beispiel im Substitutionsgebot wieder.

Hemmend auf die Entwicklung wirkte sich bisher vor allem der deutlich höhere Preis der Semio-Chemikalien im Vergleich zu Produkten, die bei konventionellen Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen eingesetzt wurden, aus. Doch auch da zeichnen sich Lösungen ab. Durch verbesserte Analysemethoden steigt die Anzahl der uns zur Verfügung stehenden Duftstoffe stetig an und verbesserte Synthesen zusammen mit der größeren Nachfrage führen auch zu einer Veränderung der Preisstruktur, die den weiteren Einsatz von Lockstoffen in der Schädlingsbekämpfung unterstützen wird.

Dieser Artikel ist im Original erschienen in: [Der praktische Schädlingsbekämpfer \(DPS\)](#), Beckmann Verlag, und wurde hier mit freundlicher Genehmigung des Verlages zum download bereitgestellt.