

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**



**Vergleichende Laboruntersuchungen zur
Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber
Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der
expositionabhängigen Risikoabschätzung**

Bearbeitet von

Dr. R. Forster, Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Braunschweig
und
Dr. B. Baier, Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz, Kleinmachnow,
K.-H. Berendes, Institut für Pflanzenschutz im Forst,
Dr. U. Heimbach, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland,
D. Rautmann, Fachgruppe Anwendungstechnik, Braunschweig
Dr. A. Süß, Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz, Kleinmachnow,
Dr. H. Vogt, Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim,
der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Heft 333

Berlin 1997

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Berlin-Dahlem*

Parey Buchverlag Berlin
Kurfürstendamm 57, D-10707 Berlin

ISSN 0067-5849

ISBN 3-8263-3167-2

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung: / hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Bearb. von R. Forster – Berlin: Parey, [in Komm.], 1997.

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 333)

ISBN 3-8263-3167-2

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1997 Kommissionsverlag Parey Buchverlag Berlin, Kurfürstendamm 57, 10707 Berlin Printed in Germany by Arno Brynda, Berlin

Inhaltsverzeichnis

FORSTER, R.: Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung - Zielsetzung	5
RAUTMANN, D., R. FORSTER und U. HEIMBACH: Untersuchungen zur Deposition von Pflanzenschutzmitteln in Getreide und angrenzenden Habitaten	11
SÜß, A.: Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen von topikal applizierten Insektiziden auf <i>Onychiurus fimatus</i> Gisin (Collembola: Onychiuridae), <i>Isotoma tigrina</i> (Nicolet) und <i>Folsomia candida</i> (Willem) (Collembola: Isotomidae)	19
BAIER, B. und D. SCHENKE: Laboruntersuchungen zu den Auswirkungen von direkt applizierten Insektiziden auf Weibchen von <i>Euseius finlandicus</i> (OUDEMANS) sowie Männchen und Weibchen von <i>Typhlodromus pyri</i> SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae)	36
HEIMBACH, U., U. HOFFMANN, K. METGE und A. WEHLING: Vergleichende Untersuchungen zur Sensitivität von verschiedenen Käferarten und Wolfsspinnen gegenüber Insektiziden	52
BERENDES, K.-H.: Untersuchungen zur Ermittlung der Sensitivität des Ameisenbunkkäfers (<i>Thanasimus formicarius</i> L.) gegenüber dem Dimethoat-haltigen Pflanzenschutzmittel Rogor im Labor	67
VOGT, H. und J. JUST: Ermittlung der letalen Dosis (LD ₅₀) von fünf Insektiziden für <i>Adoxophyes orana</i> (Lepidoptera, Tortricidae) und <i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae)	75
FORSTER, R.: Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung - Resümee	90

Comparative studies on the sensitivity of non-target arthropods to plant protection products and feasibility of predicting risk based on exposure

Table of contents

FORSTER, R.: Comparative studies on the sensitivity of non-target arthropods to plant protection products and feasibility of predicting risk based on exposure - Objectives	5
RAUTMANN, D., R. FORSTER and U. HEIMBACH: Studies on the deposition of plant protection products in cereal crops and adjacent habitats	11
SÜß, A.: Comparative investigations into the effects of insecticides topically applied to <i>Onychiurus fimatus</i> Gisin (Collembola: <i>Onychiuridae</i>), <i>Isotoma tigrina</i> (Nicolet) and <i>Folsomia candida</i> (Willem) (Collembola: <i>Isotomidae</i>)	19
BAIER, B. and D. SCHENKE: Laboratory investigations into the effects of directly applied insecticides on females of <i>Euseius finlandicus</i> (OUDEMANS) and males and females of <i>Typhlodromus pyri</i> SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae)	36
HEIMBACH, U., U. HOFFMANN, K. METGE and A. WEHLING: Comparative studies on the susceptibility of different beetle species and spiders to insecticides	52
BERENDES, K.-H.: Studies on the sensitivity of <i>Thanasimus formicarius</i> L. to dimethoate formulated as Rogor under laboratory conditions	67
VOGT, H. and J. JUST: Toxicity of five insecticides to <i>Adoxophyes orana</i> (Lepidoptera, Tortricidae) and <i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera, Chrysopidae)	75
FORSTER, R.: Comparative studies on the sensitivity of non-target arthropods to plant protection products and feasibility of predicting risk based on exposure - Résumé	90

Rolf Forster

Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik,
Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Braunschweig

Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung - Zielsetzung**Comparative studies on the sensitivity of non-target arthropods to plant protection products and feasibility of predicting risk based on exposure - Objectives**Zusammenfassung

Pflanzenschutzmittel können auf bewirtschafteten Flächen Populationen von Nichtzielarthropoden schädigen und durch Abtrift auch auf Nichtzielflächen gelangen, so daß Maßnahmen der Risikominimierung zur Wahrung der Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion erforderlich werden können. In dem vorliegenden Beitrag werden Hintergründe und Zielsetzung der in diesem Heft vorgestellten Forschungsaktivitäten in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft erläutert.

Abstract

Plant protection products may have adverse effects on populations of non-target arthropods in the field and in addition plant protection products may contaminate off-crop habitats via spray drift, making measures of risk mitigation necessary to preserve a sustainable agriculture. The paper describes the background and the main objectives of the scientific activities of the Federal Biological Research Centre (BBA) presented in this issue.

Problemstellung

Seit 1991 liegt die Richtlinie 91/414/EWG vor, die die Grundlage für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union darstellt. Diese wird in absehbarer Zeit in nationales Recht umgesetzt werden, d. h. eine weitere Novellierung des Pflanzenschutzgesetzes steht unmittelbar bevor, und es ist an der Zeit, die sich aus dieser

Novellierung für das Zulassungsverfahren ergebenden Konsequenzen zu betrachten und sofern erforderlich, neue Konzepte zu erarbeiten. In den Gemeinsamen Grundsätzen, die 1994 verabschiedet wurden, sind die für das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union harmonisierten Zulassungskriterien festgelegt. Der Richtlinie 91/414/EWG zufolge ist der Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier sowie der Umwelt gegenüber dem Ziel der Produktionsverbesserung bei der Pflanzenerzeugung vorrangig.

Kritisch zu betrachten ist daher, daß die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) auf bewirtschafteten Flächen auch bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung eine Schädigung von Populationen von Nichtzielarthropoden zur Folge haben kann (CROFT, 1990, JEPSON und SHERRATT, 1991). WETZEL (1993) bezifferte den Anteil von Nichtzielarthropodenarten für eine großstrukturierte Agrarlandschaft mit 97 % (35 % Nützlinge und 62 % Indifferente). Unerwünschte Effekte durch PSM sind daher auf den Behandlungsflächen insbesondere bei Anwendung von Insektiziden wahrscheinlich. Umso wichtiger erscheint es daher, die Gefährdung von Nichtzielarthropoden insbesondere in solchen Habitaten zu vermindern, die potentiell zu einer Wiederbesiedlung der Agrarflächen und einer Wiedererholung der Populationen beitragen können (WRATTEN, 1993; NACHTIGALL, 1994).

Auch in den Randbereichen landwirtschaftlich genutzter Flächen können Nichtzielarthropoden gefährdet werden, wie dies für Lepidopteren, Syrphiden und Honigbienen beschrieben wurde (DAVIS und WILLIAMS, 1990; DAVIS et al., 1993; CILGI und JEPSON, 1994). So demonstrierten DE JONG und VAN DER NAGEL (pers. Mitteilung) für Pieriden, daß Effekte bei 0,55 % der üblichen Aufwandmenge von Diflubenzuron nachweisbar sind. CILGI und JEPSON (1994) belegten eine vergleichbar hohe Wirksamkeit für Deltamethrin. DAVIS et al. (1993) ermittelten in Freilanduntersuchungen eine akute Schädigung von Lepidopterenlarven durch verdriftete PSM (Cypermethrin, Triazophos). Sie zeigten auch, daß die Einhaltung von Sicherheitsabständen zu den entsprechenden Habitaten eine hinreichende Reduzierung der Mortalität ermöglicht. Dieser Sachverhalt wurde von CILGI (1993) und CILGI und JEPSON (1994) bestätigt.

Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition von Nichtzielorganismen insbesondere auf Nichtzielflächen werden zur Vermeidung unannehmbarer Effekte für den Naturhaushalt und

den Nachweis, daß die Zulassungsvoraussetzungen erfüllt werden, erforderlich (FORSTER et al., 1996). Deshalb müssen im Rahmen des Zulassungsverfahrens gemäß Richtlinie 91/414/EWG sowohl neue Verfahren zur Risikoabschätzung als auch zur Risikominimierung entwickelt und in das Verfahren integriert werden. Verfahren zur Risikominimierung im terrestrischen Bereich wurden im Jahr 1996 im Vereinigten Königreich bereits etabliert (CAMPBELL, 1995).

Zur Zeit sind die von der IOBC (International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants) und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft zum Teil bereits Mitte der 70er Jahre entwickelten Richtlinien Grundlage für die Prüfung der Auswirkungen von PSM auf Nichtzielarthropoden. Basierend auf diesen Methoden werden die Prüforganismen auf angetrockneten Spritzbelägen exponiert oder durch direktes Übersprühen kontaminiert (HASSAN, 1989, vgl. auch BARRETT et al., 1994). In diesen Einzeldosistests wird lediglich die für die Anwendung vorgesehene höchste Aufwandmenge berücksichtigt, die Dosis-Wirkungs-Beziehungen sind daher nicht bekannt. So beziehen sich die Kennzeichnungen der PSM hinsichtlich der Auswirkungen auf Nutzarthropoden zur Zeit ausschließlich auf das jeweils ungünstigste Anwendungsgebiet - eine Strategie, die die Aufnahme insbesondere von insektiziden Wirkstoffen in Anhang I der EU-Richtlinie und die Zulassungsfähigkeit für einen großen Anteil von PSM in Frage stellt (FORSTER, 1995).

Anlaß, die vorliegenden Untersuchungen zu den Auswirkungen von PSM auf Nichtzielarthropoden durchzuführen, war die Feststellung, daß die Gefährdung von terrestrischen Nichtzielarthropoden durch PSM anhand der im Rahmen der Zulassung erarbeiteten Daten nur für eine sehr eingeschränkte Anzahl von Expositionsszenarien bewertbar ist und die Möglichkeiten, inwieweit die Effekte auf nichtgeprüfte Arten, z. B. auch auf sog. „indifferente“ Arten, übertragen werden können, nur unzureichend bekannt sind.

Auf Grundlage einer im Jahr 1993 durchgeführten Literaturrecherche wurde der derzeitige Forschungsstand beschrieben und unter dem Titel „Pflanzenschutzmittelverluste in und neben der Applikationsfläche und die Exposition indifferenter Arten“ (PÖLKLING, 1993) zusammenfassend dargestellt. Resümierend mußte festgestellt werden, daß das Datenmaterial zur Exposition von Nichtzielarthropoden auf den Behandlungsflächen zwar umfangreich, aber

methodisch bedingt erwartungsgemäß sehr heterogen war, Daten zur Exposition neben den Behandlungsflächen rar und nicht generalisierbar waren. Gleiches galt für Daten bezüglich der Sensitivität der Arten.

Zielsetzung

Mit dem Ziel, die Möglichkeit einer expositionsabhängigen Risikoabschätzung im terrestrischen Bereich durch Ermittlung von TER-Werten (Toxicity-Exposure-Ratio) aufzuzeigen, wurde zunächst die Nutzbarkeit der von GANZELMEIER et al. (1995) publizierten Abtrifteckwerte geprüft. In weiteren Untersuchungen wurde die Toxizität einiger PSM für verschiedene Arten bestimmt und die Sensitivitätsunterschiede beschrieben, um die Möglichkeiten der interspezifischen Übertragbarkeit der Effekte von PSM zu prüfen. Der Handlungsbedarf wurde wie folgt konkretisiert:

- Durchführung exemplarischer Untersuchungen zur Deposition von Pflanzenschutzmitteln in einem Getreidebestand und in angrenzenden Saumstrukturen ,
- Durchführung vergleichender Untersuchungen zur Sensitivität von Arten aus unterschiedlichen ökologischen Gruppen.

Diese Untersuchungen werden im vorliegenden Heft vorgestellt.

Literatur

- BARRETT, K., GRANDY, N., HARRISON, E. G., HASSAN, S. und OOMEN. P., 1994: Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. SETAC, 51 Seiten.
- CAMPBELL, P., 1995: Position Document: Labelling and risk management strategies for pesticides and terrestrial non-target arthropods: A UK Proposal. From: Third UK Forum on Non-target Arthropods, Chesterford Park, 29-30 March 1995, 10 Seiten.
- CILGI, T., 1993: Measurement of pesticide drift into field boundaries. A.N.P.P.-B.C.P.C. - Second international symposium on pesticides application techniques, Strasbourg - 22nd to 24th September 1993, 417-424.
- CILGI, T. und JEPSON, P. C., 1995: The risks posed by deltamethrin drift to hedgerow butterflies. *Environmental Pollution* **87**, 1-9.
- CROFT, B.A., 1990: Arthropod biological control agents and pesticides. J. Wiley, NY, 723 S.
- DAVIS, B. N. K. und WILLIAMS C. T., 1990: Buffer zone widths for honeybees from ground and areal spraying of insecticides. *Environmental Pollution* **63**, 247-259.

- DAVIS, B. N. K., LAKHANI, K. H., YATES, T. J., FROST, A. J. und PLANT, R. A., 1993: Insecticide drift from ground-based, hydraulic spraying of peas and brussels sprouts: bioassays for determining buffer zones. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **43**, 93-108.
- FORSTER, R., 1995: Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzorganismen - Kennzeichnung im Rahmen des Zulassungsverfahrens. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **47** (9), 233-236.
- FORSTER, R., HEIMBACH, U., KULA, C. und P. ZWERGER, 1996: Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. Diskussionspapier zur Risikoabschätzung und Risikominimierung für terrestrische Nichtzielorganismen (Flora und Fauna). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 48 **12**, 275 - 279.
- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG R., STRELOKE M., HERRMANN, M., WENZELBURGER, H.-J. und WALTER, H.-F., 1995: Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln: Ergebnisse eines bundesweiten Versuchsprogrammes. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*; H. 304, 111 Seiten.
- HASSAN, S.A., 1989: Testing methodology and the concept of the IOBC/WPRS working group. In: *Pesticides and Non-Target Invertebrates*. P.C. Jepson, Ed. Intercept, Wimborne, Dorset, pp. 1-18.
- JEPSON, P. C. und SHERRATT, T. N., 1991: Predicting the long-term impact of pesticides on predatory invertebrates. In: *Proceedings of the B.C.P.C. Conference*, 911-919. B.C.P.C. Publications, Thornton Heath, Surrey, 911-919.
- NACHTIGALL, G., 1994: Einbindung landschaftsökologischer und naturschützerischer Erfordernisse in die landwirtschaftliche Produktion: Stand und Perspektiven. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, H. 294, 98 Seiten.
- PÖLKING, A., 1993: Pflanzenschutzmittel-Verluste in und neben der Applikationsfläche und die Exposition indifferenter Arten. *Interner Bericht der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 70 Seiten.
- WETZEL, TH., 1993: Genug Nützlinge auch auf Großflächen? *Pfl.Sch.-Praxis*, Heft 4, 16-19.

WRATTEN, S. D., VAN EMDEN, H. F. und THOMAS, M. B., 1993: Within-field and border refugia for the enhancement of natural enemies. In: Enhancing natural control of arthropod pests through habitat manipulation (Ed. by R. Bugg and C. H. Pickett). AG Access/Wiley, New York.

Danksagung

Ich danke allen Kolleginnen und Kollegen, die zum Gelingen der vorliegenden Untersuchungen und zur Zusammenstellung dieses Heftes beigetragen haben. In diesen Dank einschließen möchte ich auch Herrn Prof. Dr. F. Klingauf, der die Anregung zu diesen Untersuchungen gab.

Dirk Rautmann¹, Rolf Forster² und Udo Heimbach³

¹Fachgruppe Anwendungstechnik und

²Fachgruppe Biologische Mittelprüfung

der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, Braunschweig

³Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

Untersuchungen zur Deposition von Pflanzenschutzmitteln in Getreide und angrenzenden Habitaten

Studies on the deposition of plant protection products in cereal crops and adjacent habitats

Zusammenfassung

In Freilanduntersuchungen wurde die Deposition eines Tracers in einem Getreidebestand (WW, EC 65) und in angrenzenden Saumstrukturen exemplarisch untersucht, um die direkte Exposition von Nichtzielarthropoden auf angetrockneten Belägen von Pflanzenschutzmitteln in den verschiedenen Habitaten abschätzen zu können. Ein Vergleich der in bestimmten Abständen vom Bestand in den verschiedenen Strata der Vegetation gefundenen Sedimente mit den auf unbewachsenem Boden ermittelten Abtrifteckwerten ergab eine gute Übereinstimmung. Für Expositionsabschätzungen können demzufolge auch für den Feldrain die bereits etablierten Abtrifteckwerte genutzt werden.

Abstract

Field studies were conducted to investigate the deposition of a tracer within cereals (WW, EC 65) and adjacent habitats to predict direct exposure of non-target arthropods on dried deposits of plant protection products in these habitats. Deposits found in different distances within different strata of the vegetation compared to those found on bare ground. For the assessment of exposure in adjacent habitats the use of spray drift values is considered appropriate.

Einleitung

In einem bundesweiten Meßprogramm, das in den Jahren 1989 bis 1992 durchgeführt wurde, wurden Abtrifteckwerte sowohl für den Ackerbau als auch für Raumkulturen (Wein-, Obst- und Hopfenbau) ermittelt (GANZELMEIER et al., 1995). Da diese Versuche nach der Richtlinie zur Messung der Abtrift durchgeführt wurden, waren die Versuchsflächen so ausgewählt worden, daß in Windrichtung neben der behandelten Fläche eine freie, möglichst unbewachsene Fläche vorhanden war, so daß sich die Abtriftwolke ungehindert ausbreiten konnte. Die vorliegenden Untersuchungen sollten klären, inwieweit diese inzwischen international anerkannten Abtrifteckwerte auch die Deposition auf bewachsenen Flächen widerspiegeln.

Es ist unumstritten und vielfach nicht völlig vermeidbar, daß bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln ein Teil der applizierten Menge infolge direkter Abtrift über die Zielfläche hinaus ausgetragen wird. Einträge von abgetrifteten Tröpfchen sind dabei insbesondere in unmittelbarer Nähe des jeweiligen behandelten Bestandes durch Sedimentation zu erwarten, es sei denn, auf eine Behandlung der Randstreifen wird aus diesen Gründen bewußt verzichtet (GANZELMEIER, 1997). Insbesondere Partikel der Aerosolgrößenfraktion oder Wirkstoffanteile, die in der Gasphase vorliegen, werden jedoch auch weiträumig advektiv mit den Luftströmungen verfrachtet.

Die oftmals optisch wahrnehmbare Abtriftwolke läßt aber keinen Rückschluß auf die tatsächliche Belastung durch Abtrift zu. Entscheidend für die Exposition von Nichtzielorganismen ist das "Bodensediment", das sich durch sedimentierende Tröpfchen aus der Abtriftwolke heraus bildet.

Die realistische Abschätzung der Abtrift in ihrer Abhängigkeit von der Anwendungstechnik, der Kultur, Bestandeshöhe und -dichte sowie dem Abstand von der behandelten Fläche ist der Schlüssel für eine korrekte Risikoabschätzung. Die Unterschiede zwischen "Feldkulturen" (z. B. Getreide) und "Raumkulturen" in unbelaubtem und belaubtem Zustand (z. B. Wein, Obst, Hopfen) sind beträchtlich.

Bei der Fragestellung nach der Exposition von Nichtzielorganismen, insbesondere auch sog. indifferenten Arten, muß auch der Einfluß eines mit Kräutern und Gräsern bewachsenen Feldrains oder einer Hecke berücksichtigt werden. Im Jahr 1994 wurden daher Freilanduntersuchungen zur Deposition von Kupferoxychlorid in und neben einem Weizenbestand durchgeführt.

Material und Methoden

Grundlage für die Durchführung der Versuche war die BBA-Richtlinie 2-1.1 zur Messung der direkten Abtrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland (GANZELMEIER et al., 1992). Darin wird die Abtrift folgendermaßen definiert:

Die direkte Abtrift ist als der Anteil der ausgebrachten Wirkstoffmenge anzusehen, der während des Applikationsvorganges über die zu behandelnde Fläche infolge von Luftbewegungen hinausgetragen wird. Ein Wirkstoffaustrag durch Verdunstung oder Auswaschung ist nicht der direkten Abtrift zuzurechnen.

Die direkte Abtrift wird erfaßt als

- luftgetragener Schwebeanteil (mit Abtrift-Kollektoren)
- und
- Bodensediment (mit Objekträgern).

Die Richtlinie gibt vor, daß die Versuchsfläche Teil einer größeren Anlage sein sollte, wobei darauf zu achten ist, daß für die Messungen eine Fahrtrichtung quer zur Windrichtung gewährleistet sein muß. Die Größe für die Versuchsfläche läßt sich nicht generell angeben, da sie sich nach der Kulturart, dem Entwicklungsstadium und anderen Parametern richtet; sie ist aber so zu bemessen, daß die am weitesten von der Meßfläche gelegene Fahrt keinen Beitrag zur direkten Abtrift mehr leistet.

Die Versuchsdurchführung erfolgt in der Weise, daß die gesamte Versuchsfläche mit einer Versuchsflüssigkeit behandelt wird, die zum Zwecke des Nachweises entweder mit einem Kupferpräparat oder mit einem fluoreszierenden Farbstoff versetzt ist. Jeder Versuch ist in mindestens dreifacher Wiederholung durchzuführen.

Dabei sind folgende Wetterdaten kontinuierlich zu erfassen:

- Windrichtung,
- Windgeschwindigkeit,
- Lufttemperatur,
- relative Luftfeuchte,
- Bewölkung.

Die Messung der Wetterdaten erfolgt je nach Kultur in unterschiedlichen Höhen. Während des Versuchs darf die Lufttemperatur nicht über 25 °C und die Windgeschwindigkeit nicht über 5 m·s⁻¹ betragen. Die mittlere Windrichtung darf nicht mehr als 30° von der Hauptwindrichtung abweichen. Für Detailfragen kann von diesen Vorgaben abgewichen werden.

Die Versuchsfläche wurde so gewählt, daß in Windrichtung ein mit Gräsern und Kräutern bewachsener Feldrain (Spontanvegetation, etwa 25 Pflanzenarten, davon u. a. *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Urtica dioica*, *Heracleum spondylium*, *Equisetum arvense*) und eine Hecke (*Prunus spinosa*) lokalisiert waren. Abb. 1 zeigt das Versuchsgerät in dem Weizenbestand (WW, EC 65) mit angrenzendem Feldrain und Hecke bei der Versuchsdurchführung.



Abb. 1: Applikation des Tracers, Feldrain und Hecke am Versuchsstandort, Wendhausen 1994

Als Objektträger wurden für die hier zugrundeliegende Fragestellung Filterpapierstreifen mit einer Länge von 15 cm und einer Breite von 3 cm gewählt. Diese wurden in Entfernungen von 1 m, 3 m und 7,5 m jeweils in drei Höhen im Feldrain bzw. in vier Höhen in der Hecke aufgehängt. Zur Kontrolle wurden auch in dem behandelten Weizenbestand in drei Höhen

Filterstreifen aufgehängt. In Tab. 1 sind die Versuchsparameter der durchgeführten Versuche dargestellt. Nach der Versuchsdurchführung wurden die Filterpapierstreifen eingesammelt. Die Bestimmung des Sediments erfolgte mit einem Atom-Absorptions-Spektrometer.

Tab. 1: Versuchszeit und Witterungsparameter

Versuch Nr.	Datum Uhrzeit MESZ	Temperatur °C	Windgeschwindigkeit $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rel. Luftfeuchtigkeit %
0	29. Juni 1994 10:00	32	3,0	60
1	4. Juli 1994 9:30	24	0,5	57
2	4. Juli 1994 12:00	32	1,0	48
3	4. Juli 1994 16:00	34	1,5	45

Standort Wendhausen, Kultur Winterweizen, Entwicklungsstadium 65
Feldspritzgerät RAU Sprimat L, Düsen XR 11004, $300 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ Wasseraufwand

Ergebnisse und Schlußfolgerungen

In Tab. 2 sind die Mittelwerte der gefundenen Mengen an Kupferoxychlorid bezogen auf die Sollaufwandmenge aufgeführt.

Tab. 2: Versuchsergebnisse als Mittelwerte bezogen auf den Sollaufwand

Entfernung m	Höhe cm				
	0	35	65	120	220
0,0 (WW)	26,14	30,09	43,24	-	-
0,5 (Hecke)	13,97	-	5,02	2,41	0,28
1,0 (Feldrain)	0,63	-	1,05	0,75	-
3,0 (Feldrain)	0,36	-	0,46	0,62	-
7,5 (Feldrain)	0,00	-	0,00	0,00	-

In Tab. 3 wurden aus den jeweiligen Meßwerten die 95%-Quantile berechnet.

Tab. 3: 95%-Quantile der gefundenen Wirkstoffmengen bezogen auf den Sollaufwand

Entfernung m	Höhe cm				
	0	35	65	120	220
0,0 (WW)	80,56	62,48	99,96	-	-
0,5 (Hecke)	42,86	-	21,92	27,29	1,48
1,0 (Feldrain)	2,35	-	3,03	2,21	-
3,0 (Feldrain)	1,48	-	1,48	1,48	-
7,5 (Feldrain)	0,00	-	0,00	0,00	-

Zum Vergleich sind in Tab. 4 die entsprechenden Ergebnisse des o. g. bundesweiten Meßprogrammes aufgeführt.

Tab. 4: 95%-Quantile des Bodensediments bei Feldkulturen (aus dem bundesweiten Abtriftmeßprogramm)

Entfernung m	Bodensediment %
1,0	4,0
3,0	1,0
5,0	0,6
7,5	0,4
10,0	0,3

Der Vergleich zeigt, daß die Werte für den Feldrain auf einem annähernd gleichen Niveau lagen.

Ein anderes Bild ergab sich bei der Betrachtung der Hecke. Die Hecke war so dicht und mit über 220 cm so hoch, daß sie praktisch wie ein Schutzwall wirkte. Nur auf der Seite, die der behandelten Fläche zugewandt war, konnte der Tracer Kupferoxychlorid auf den Filterpapierstreifen nachgewiesen werden. Hinter der Hecke wurde der Tracer nicht gefunden. Aufgrund des sehr dichten Wuchses der Hecke war es nicht möglich, Filterpapierstreifen in ihrem Inneren anzubringen. Es ist aber mit großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, daß auch hier kein Wirkstoff sedimentierte. Nichtzielorganismen wären, in diesem Fall, der Abtriftwolke also nur auf der der behandelten Fläche zugewandten Seite der Hecke ausgesetzt. Die Höhe der gefundenen Wirkstoffbeläge je Flächeneinheit hängt von der Entfernung der Hecke von der Behandlungsfläche ab. Die unteren Blatttagen nehmen dabei den Anteil der Abtriftwolke auf, der auch bei den Versuchen zur Ermittlung der Abtrifteckwerte in der jeweiligen Entfernung sedimentierte. Die mittleren und oberen Blatttagen nehmen die Anteile der Abtriftwolke auf, die ohne Hecke erst in größerer Entfernung sedimentieren würden. Aus dem starken Abfall der Abtriftkurve läßt sich ableiten, daß die Wirkstoffbeläge in den oberen Etagen nicht größer sein können als in den unteren. Dies zeigen auch die in den verschiedenen Höhen gefundenen Wirkstoffmengen. Insgesamt kann daher der Blattbelag auch nicht höher sein, als es sich aus den Abtrifteckwerten für die jeweilige Entfernung ableiten läßt.

Sowohl für die Expositionsabschätzung im Feldrain als auch in der Hecke lassen sich folglich die bereits etablierten Abtrifteckwerte verwenden.

Literatur

- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., BÄCKER, G., EICHHORN, K.W., IPACH, R., KERSTING, E., KOCH, H., RIPKE, F.-O. und SCHMIDT, K., 1992: Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten, Teil VII, 2 -1.1 Messung der direkten Abtrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland. Hrsgb.: Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig.
- GANZELMEIER, H., RAUTMANN, D., SPANGENBERG R., STRELOKE M., HERRMANN, M., WENZELBURGER, H.-J. und WALTER, H.-F., 1995: Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln: Ergebnisse eines bundesweiten Versuchsprogrammes. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 304, 111 Seiten.

GANZELMEIER, H., 1997: Abtrift und Bodenbelastungen beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln. In Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, H. 328, S. 115 ff.

Danksagung

Wir danken Herrn Dr. Heidler (BBA/FB) für die Bestimmung der Feldrainflora.

Angelika Süß

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz, Kleinmachnow

Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen von topikal applizierten Insektiziden auf *Onychiurus fimatus* Gisin (Collembola: Onychiuridae), *Isotoma tigrina* (Nicolet) und *Folsomia candida* (Willem) (Collembola: Isotomidae)

Comparative investigations into the effects of insecticides topically applied to *Onychiurus fimatus* Gisin (Collembola: Onychiuridae), *Isotoma tigrina* (Nicolet) and *Folsomia candida* (Willem) (Collembola: Isotomidae)

Zusammenfassung

Ziel der Laboruntersuchungen an Collembolen war die Ermittlung der artspezifischen intrinsischen Toxizität von fünf Insektiziden mit den Wirkstoffen Parathion-ethyl, Endosulfan, Dimethoat, Pirimicarb und lambda-Cyhalothrin. Die Exposition der Testtiere erfolgte durch direktes Aufsprühen der Insektizidbrühe in sechs bis acht Konzentrationsstufen in einem „Potter-tower“. Bei Berechnung der Wirkungsgrade, der LC₅₀ und der LD₅₀ sieben Tage nach Applikation ergab sich, daß *Isotoma tigrina* bei allen getesteten Insektiziden die sensibelste Art und *Onychiurus fimatus* die unempfindlichste Art war. Bei den beiden Isotomidenarten zeigte das Präparat E 605 forte die stärksten Auswirkungen, während Karate die geringsten Effekte verursachte. Auf die Reproduktionsleistung, die 21 Tage nach Applikation ermittelt wurde, hatte vor allem Thiodan 35 flüssig starke negative Einflüsse. Teilweise wurde bei *Onychiurus fimatus* eine Stimulierung der Reproduktion durch Insektizide festgestellt. Die Ergebnisse zeigen eine große Spannbreite der Empfindlichkeit von zum Teil nahe verwandten Collembolenarten auf, die bei einer Gefährdungsabschätzung berücksichtigt werden müssen.

Abstract

The aim of the laboratory investigations on Collembola was to find out species-specific intrinsic toxicity of five insecticides containing the active ingredients parathion, endosulfane, dimethoate, pirimicarb und lambda-cyhalothrine. Insecticide spray liquids in six to eight

concentration steps were directly applied to the test animals in a „Potter-tower“. Efficiency, LC_{50} and LD_{50} , which were calculated seven days after application, showed that *Isotoma tigrina* was the most sensitive species to all tested insecticides and *Onychiurus fimatus* the most insensitive one. The two isotomide species were most affected by E 605 forte and least affected by Karate. Reproductive capacity, which was investigated 21 days after application, was especially heavily affected by Thiodan 35 flüssig. The reproduction of *Onychiurus fimatus* was partially stimulated by the insecticides. The results show a wide range of sensitivity of collembolan species, also of closely-related ones. This fact has to be taken into account for a risk assessment.

Einleitung

Die zur Bodenmesofauna gehörenden, individuen- und artenreichen Collembolen (Springschwänze) finden seit Jahrzehnten in zahlreichen Arbeiten Beachtung. Die bodenbiologische Bedeutung dieser in verschiedenen Lebensformtypen auftretenden Tiergruppe wird vor allem in ihrer direkten und indirekten Beteiligung an Umsetzungsvorgängen im Boden gesehen. Collembolen ernähren sich von meist abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Substanzen und steuern durch Beweiden von Pilzkolonien deren Verbreitung und Aktivität (DUNGER, 1983).

Da viele Collembolenarten gut züchtbar sind, wurden sie auch in verschiedenen Labortests („single species tests“) zur Untersuchung der Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln oder anderen Chemikalien eingesetzt (THOMPSON und GORE, 1972, WOLF-ROSKOSCH, 1983, HUANG, 1992, KISS und BAKONYI, 1992, WILES et al., 1995, RIEPERT und KULA, 1996). Bei der Bewertung derartiger Versuche stellt sich die Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf „die Collembolen“ als Ordnung bzw. sogar deren Extrapolation auf andere Arthropodentaxa. Neben der nur teilweise möglichen Anpassung von Versuchsparametern wie Applikationsart, Exposition der Individuen, Substrat und Umweltfaktoren an natürliche Bedingungen ist die unterschiedliche Empfindlichkeit der Arten gegenüber Pflanzenschutzmitteln ein ungenügend bekannter Faktor.

Ziel der Arbeit war es daher, durch Testung mehrerer Arten aus verschiedenen Collembolenfamilien die Spannweite der toxischen Wirkung von Insektiziden abzuschätzen und damit auch Aussagen über die Möglichkeit der Übertragung von Ergebnissen mit der häufig im Labor getesteten Art *Folsomia candida* auf andere Collembolenarten treffen zu können.

Für Collembolen ist es unüblich, eine auf das Körpergewicht bezogene LD_{50} zu ermitteln. Meist wird die Wirkung der Präparate flächenbezogen ($kg \cdot ha^{-1}$) oder als LC_{50} bezogen auf die Konzentration im Substrat ($mg \cdot kg^{-1}$) angegeben. Jedoch sollten die relativ kleinen, meist edaphisch lebenden Collembolen als Vertreter der primär flügellosen Urinsekten (Apterygota) in den Untersuchungskomplex, in dem durch topikale Applikation die mittlere letale Dosis (LD_{50}) ausgewählter Pflanzenschutzmittel bei unterschiedlichen Tiergruppen untersucht werden sollte, einbezogen werden, um sie in ihrer Sensibilität mit anderen Insektenordnungen oder Milben vergleichen zu können. Andererseits kann mittels topikaler Applikation die Empfindlichkeit unterschiedlicher Collembolenarten sehr einfach und direkt ermittelt werden. Es wurde eine Versuchsmethodik entwickelt, die es erlaubt, eine der Tiergröße angepaßte, feine Dosierung zu realisieren und außerdem neben der Mortalität der eingesetzten Tiere auch Eiablage und Schlupf der Nachkommen über einen längeren Zeitraum zu verfolgen.

Material und Methoden

Getestete Collembolenarten

Als Versuchstiere dienten drei Collembolenarten, die nach Angaben von GISIN (1960), FJELLBERG (1980) und HEIMANN-DETLEFSEN (1991) im Folgenden kurz charakterisiert werden sollen:

Onychiurus fimatus Gisin, 1952 ist 1,2 mm bis 2,5 mm lang und von plumper Gestalt. Die typisch euedaphische Art aus der Familie der Onychiuridae ist pigmentlos und blind und hat keine Sprunggabel. Sie wird in rottenden Substanzen gefunden.

Isotoma tigrina (Nicolet, 1841) ist 2,1 mm bis 2,5 mm lang und gelbgrau bis blauviolett gefärbt. Sie hat Augen und eine gut ausgebildete Sprunggabel. Die mesophile, hemiedaphische Art aus der Familie der Isotomidae ist in Europa verbreitet, besonders häufig jedoch in kühleren Klimaten und Standorten. In Mitteleuropa ist sie die Charakterart der ersten winterlichen Zersetzungsphase von Kompost, die jedoch im Frühjahr regelmäßig zurückgeht. Im Acker lebt sie meist in den obersten 5 cm Boden und tritt an feuchten, vegetationsreichen Stellen mit rottenden Substanzen im Boden verstärkt auf.

Folsomia candida (Willem, 1902) ist 1,5 mm bis 3 mm lang und gehört ebenfalls zur Familie der Isotomidae. Die euedaphisch lebenden Tiere sind weiß oder leicht gelblich gefärbt und

augenlos und besitzen eine gut ausgebildete Sprunggabel. Sie sind in ganz Europa verbreitet und wahrscheinlich Kosmopoliten, treten allerdings kaum auf Ackerflächen, sondern eher im Kompost auf. Sie können sich parthenogenetisch vermehren und sind sehr leicht zu züchten.

Zuchtmethode

Die Tiere wurden in Labormassenzuchten bei 20 °C auf einem feuchten Gips-Aktivkohle-Gemisch (*Onychiurus fimatus* mit zusätzlicher Substratauflage) in 1 l-Plastikgefäßen gehalten und mit granulierter Backhefe gefüttert. Zur Gewinnung von gleichaltrigen, durchschnittlich 4 Wochen alten, adulten Versuchstieren wurden Tiere der Stammzucht in neue Gefäße umgesetzt. Die danach innerhalb einer begrenzten Zeit (3 Tage bei *Folsomia candida* und *Isotoma tigrina* bzw. bis zu 7 Tage bei *Onychiurus fimatus*) abgelegten Eier wurden für die Versuche aufgezogen.

Ermittlung von Masse und Grundfläche der Versuchstiere

Je Tierart wurden aus einem Versuchsansatz 5 mal 10 Collembolen gewogen und der Mittelwert berechnet. Die Körpergrundfläche, die bei Applikation getroffen werden kann, wurde durch Zeichnen der Umrise mittels Zeichenhilfe unter dem Stereomikroskop und gravimetrische Flächenbestimmung ermittelt.

Getestete Insektizide

Tab. 1: Übersicht über die getesteten Insektizide

Präparat	Wirkstoff	Wirkstoffgehalt	Dichte in $\text{kg} \cdot \text{l}^{-1}$
E 605 forte	Parathion	$507,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	1,04
Thiodan 35 EC	Endosulfan	$352 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	1,07
Roxion	Dimethoat	$400 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	1,07
Pirimor-Granulat	Pirimicarb	$500 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$	-
Karate	lambda-Cyhalothrin	$50 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	0,91

Versuchsdurchführung und Auswertung

Der üblicherweise zur LD_{50} -Bestimmung eingesetzte Mikroapplikator erwies sich für eine definierte Behandlung von Collembolen aufgrund ihrer geringen Körpergröße nicht geeignet. Das daher für die Applikation erprobte Turmspritzgerät (ähnlich dem „Potter-tower“) erzeugte ein hinreichend feines Tropfenspektrum, das gewährleistete, daß an jedem Tier mehrere Tröpfchen hafteten und antrocknen konnten.

Die fünf getesteten Insektizide wurden in abgestuften Konzentrationen im Vergleich zu einer mit Aqua dest. behandelten Kontrolle eingesetzt. Die Konzentration der Präparate lag zwischen 1 und $32000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und schloß die höchstmöglichen Anwendungskonzentrationen in der Praxis ein. Durch Vorversuche wurden die Wirkungsschwellen ermittelt.

Je Prüfglied wurden jeweils 5 mal 10 adulte Tiere in kleinen Plastikdosen mit feuchtem Gips unter einem Potterturm besprüht. Die dabei ausgebrachte Brühmenge von 3 ml erzeugte einen Spritzbelag von $2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ entsprechend $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SCHENKE, persönliche Mitteilung). Die Applikation und das anschließende Absetzen des Sprühnebels dauerte 2 min. Nach dem Antrocknen des Spritzbelages (ca. 10 min) wurden die Tiere in neue Dosen mit Gips umgesetzt. Die nachfolgende Aufstellung der verschlossenen Gefäße erfolgte bei $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ und 16 Stunden Licht täglich. Regelmäßig wurde gelüftet und mit Hefe gefüttert. Nach 1, 2, 3, 4, 7, 14, 21 und 28 Tagen wurde die Anzahl der toten und geschädigten Adulten sowie die Anzahl der abgelegten Eier und der geschlüpften Juvenilen je Testgefäß unter dem Stereomikroskop gezählt.

Aus den Mortalitätswerten der adulten Tiere bei den jeweiligen Präparatekonzentrationen wurde mittels Probitanalyse (SAS) die LC_{50} 7 Tage nach Applikation berechnet. Unter Berücksichtigung der Körpergrundfläche, die ausschlaggebend für die bei der Konzentration LC_{50} erhaltenen Präparatedosis ist, und der Körpermasse der Tiere wurde dieser Wert in eine LD_{50} transformiert.

Ergebnisse

Zeitlicher Verlauf der Wirkung

Der zeitliche Verlauf der Reaktion der Collembolen auf die Insektizidbehandlung soll am Beispiel von Thiodan 35 flüssig und der Art *Isotoma tigrina* dargestellt werden.

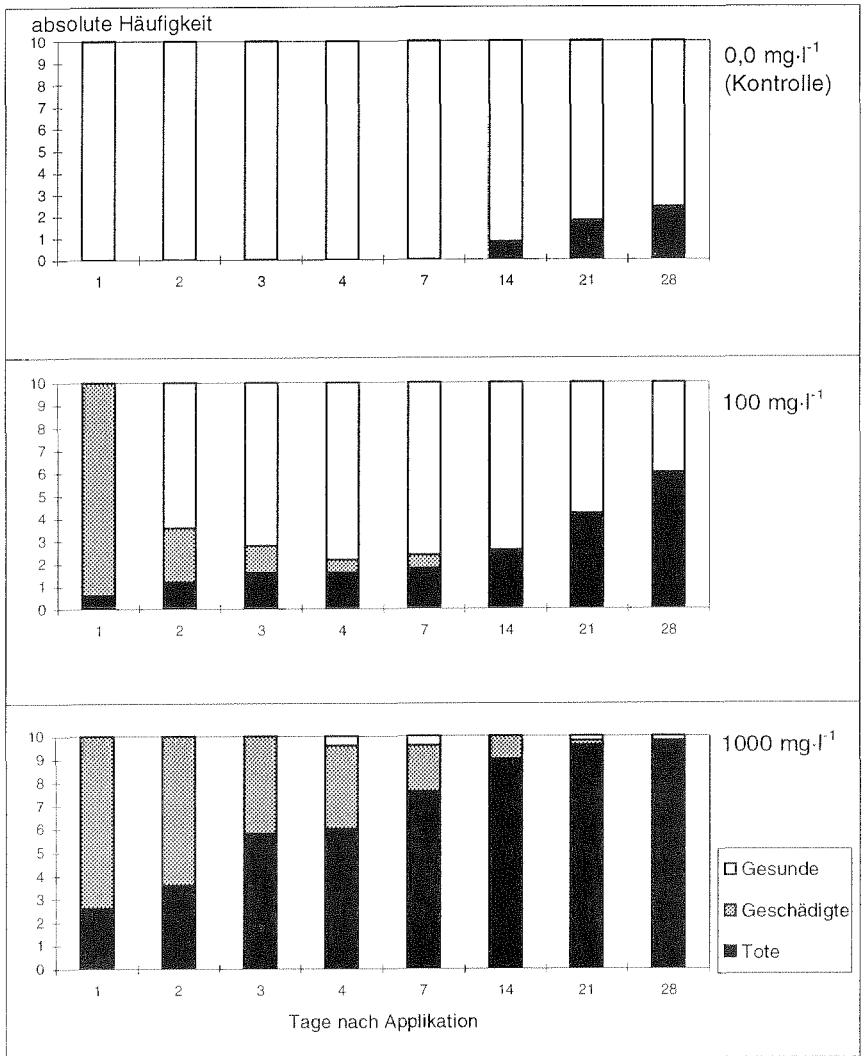


Abb. 1: Verlauf der Wirkung von Thiodan 35 EC auf *Isotoma tigrina* (Anzahl Gesunde, Geschädigte und Tote pro 10 eingesetzte Versuchstiere, je Dosisstufe)

Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß bei den nur mit Wasser behandelten Kontrolltieren 7 Tage lang keinerlei Schädigungen auftraten. Ab dem 14. Tag wurde eine zunehmende Mortalität registriert, die zum Teil auf die Entwicklung von Pilzen in den Gefäßen zurückgeführt werden kann. Bei einer Präparatekonzentration von $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ waren am ersten Tag nach der Applikation alle Tiere stark geschädigt, erholten sich jedoch am zweiten Tag größtenteils. Bei einer Konzentration von $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ war keine Erholung mehr möglich. Die Mortalität stieg

in beiden Varianten während der gesamten Versuchsdauer an. Zur Erfassung der maximal möglichen Wirkung bei der jeweiligen Dosis wurde deshalb eine möglichst lange Beobachtungszeit angestrebt. Wegen der erhöhten Sterberate in der Kontrolle nach 14 Tagen erwies sich die Erfassung der Mortalität und der LD_{50} am 7. Tag als am günstigsten.

Dosis-Wirkungs-Beziehungen (Mortalität der Adulten)

In die Auswertung wurden 27 Versuche einbezogen, in denen die Mortalität in der Kontrolle am 7. Tag maximal bei 12 % lag. Im Durchschnitt betrug die Sterblichkeit der Kontrolltiere bei

<i>Folsomia candida</i>	5,0 % \pm 3,6 %,
<i>Isotoma tigrina</i>	1,1 % \pm 1,0 %,
<i>Onychiurus fimatus</i>	0,8 % \pm 1,0 %.

In Abb. 2 sind die Dosis-Wirkungs-Beziehungen der fünf Insektizide bei adulten Tieren der drei Collembolenarten zusammengestellt. Die Präparate sind entsprechend ihrer Gesamtwirkung geordnet. Bei einem Vergleich der Arten erwies sich *Isotoma tigrina* bei allen Präparaten eindeutig als empfindlichste Art. *Folsomia candida* nahm eine Mittelstellung ein und *Onychiurus fimatus* wurde auch bei höheren Konzentrationen nur wenig geschädigt. Bei E 605 forte waren die Unterschiede zwischen den beiden Isotomidenarten *Isotoma tigrina* und *Folsomia candida* am 7. Tag nur relativ gering. Am 14. Tag (hier nicht dargestellt) verstärkte sich die Wirkung dieses Präparates bei *Folsomia candida* noch, so daß keine Unterschiede mehr zwischen den beiden Arten feststellbar waren. Eine deutliche Zunahme der Wirkung vom 7. zum 14. Tag wurde noch bei *Onychiurus fimatus* durch Thiodan 35 flüssig beobachtet (Wirkungsgrade von maximal ca. 50 %). Bei den übrigen Versuchsansätzen erhöhte sich die Wirkung im Mittelwert kaum.

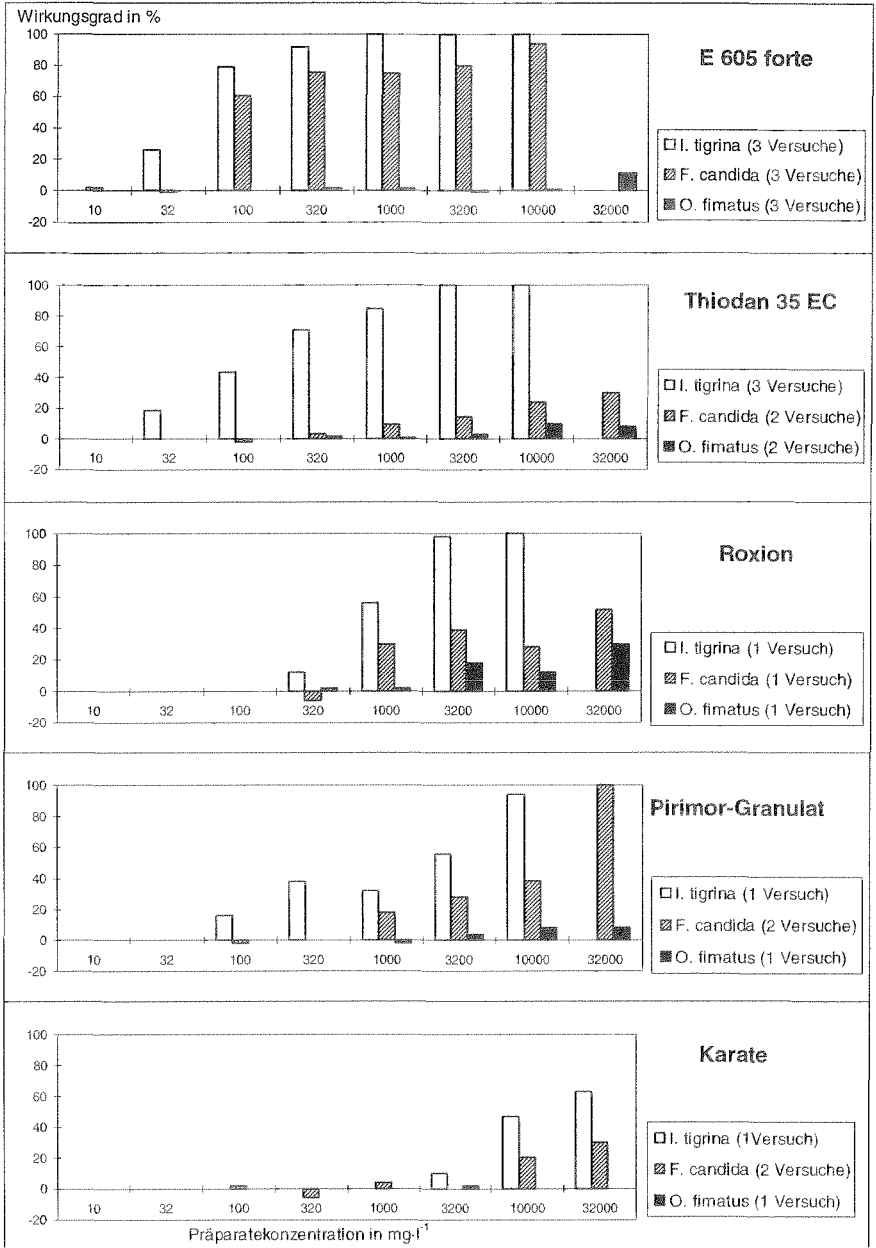


Abb. 2: Dosis-Wirkungsbeziehungen von 5 Insektiziden für adulte *Isotoma tigrina*, *Folsomia candida* und *Onychiurus fimatus* (Wirkungsgrade nach ABBOTT in %, 7 Tage nach Applikation)

Ermittlung der LD₅₀

Mittels Probitanalyse wurden unter Berücksichtigung der natürlichen Mortalität die LC₅₀-Werte berechnet (Tab. 2).

Tab. 2: LC₅₀-Werte und Konfidenzintervalle der getesteten Insektizide
(7 Tage nach Applikation)

Präparat	LC ₅₀ (Konfidenzintervall, 95 %)		
	Präparat in mg · l ⁻¹		
	<i>Isotoma tigrina</i>	<i>Folsomia candida</i>	<i>Onychiurus fimatus</i>
E 605 forte	53 (50-55)	164 (152-176)	> 32000 *
Thiodan 35 EC	174 (164-184)	> 32000 *	> 32000 *
Roxion	580 (536-628)	> 32000 *	> 32000 *
Pirimor-Granulat	970 (743-1228)	7908 (7261-8640)	> 32000 *
Karate	7733 (6522-9063)	> 32000 *	> 32000 *

* höchste getestete Konzentration

Für die drei Collembolenarten wurden folgende Körpermassen und Körpergrundflächen ermittelt sowie die je Tier erhaltenen Brühemenge berechnet (Tab. 3).

Tab. 3: Mittlere Masse, Grundfläche und berechnete Brühemenge je Tier (28 Tage alt)

Collembolenart	Masse des Einzeltiers µg	Grundfläche des Einzeltiers mm ²	Brühemenge je Einzeltier nl
<i>Isotoma tigrina</i>	47,9	0,21	4,16
<i>Folsomia candida</i>	62,9	0,24	4,74
<i>Onychiurus fimatus</i>	111,2	0,30	5,92

Die unter Einbeziehung dieser Parameter aus der LC₅₀ berechneten LD₅₀-Werte sind in Tab. 4 aufgeführt. Die scheinbar geringeren LD₅₀-Werte bei *Onychiurus fimatus* im Vergleich zu *Folsomia candida* ergeben sich durch die größere Körpermasse.

Tab. 4: LD₅₀-Werte der getesteten Insektizide (7 Tage nach Applikation)

Präparat	LD ₅₀ µg · g ⁻¹ Körpermasse					
	<i>Isotoma tigrina</i>		<i>Folsomia candida</i>		<i>Onychiurus fimatus</i>	
	Präparat	Wirkstoff	Präparat	Wirkstoff	Präparat	Wirkstoff
E 605 forte	5	2	12	6	>1700	>831
Thiodan 35 EC	15	5	>2400	>793	>1700	>560
Roxion	50	19	>2400	>900	>1700	>635
Pirimor-Granulat	84	42	596	298	>1700	>852
Karate	671	37	>2400	>132	>1700	>93

Auswirkungen auf die Reproduktion

Zusätzlich zur Mortalität der Tiere konnten Eiablagerrate und Entwicklung der Juvenilen beurteilt werden.

Der zeitliche Verlauf von Eiablage und Larvenschlupf und deren Beeinflussung durch das Pflanzenschutzmittel soll wiederum am Beispiel von Thiodan 35 flüssig und der Art *Isotoma tigrina* demonstriert werden. Bei den nur mit Wasser behandelten Kontrolltieren setzte die Eiablage sofort nach Versuchsbeginn ein, der Schlupf der Juvenilen nach dem 14. Tag. Bei einer Präparatekonzentration von 10 mg · l⁻¹, bei der nahezu keine Mortalität der Adulten auftrat, wurden fast 50 % mehr Eier als in der Kontrolle abgelegt und der Schlupf begann etwas früher. Bei einer Präparatekonzentration von 100 mg · l⁻¹ (47 % Mortalität) waren sowohl Eiablage als auch Schlupf stark beeinträchtigt und verzögert (Abb. 3). In die Gesamtauswertung wurden 28 Versuche einbezogen. Dabei betrug in der unbehandelten Kontrolle die Summe aus der Anzahl geschlüpfter Juveniler und der Anzahl Eier am 21. Tag bei

<i>Isotoma tigrina</i>	117 % ± 37 %,
<i>Folsomia candida</i>	158 % ± 82 %,
<i>Onychiurus fimatus</i>	75 % ± 47 %.

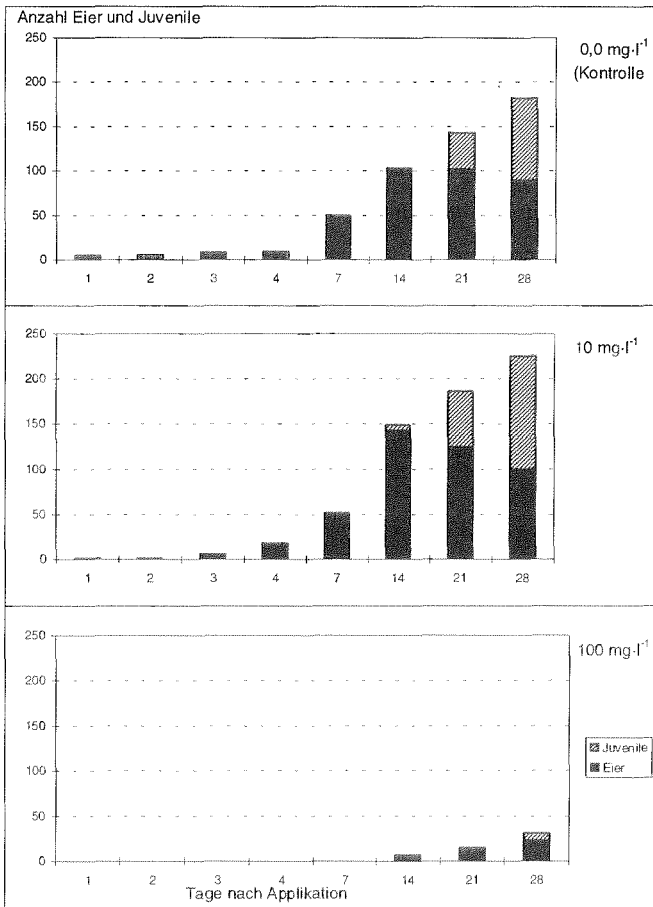


Abb. 3: Auswirkung von Thiodan 35 EC auf die Reproduktion von *Isotoma tigrina* in unterschiedlichen Dosisstufen (Anzahl je 10 eingesetzte Tiere)

Die für alle Präparate aus diesen Summen bei den jeweiligen Konzentrationen berechneten Wirkungsgrade nach ABBOTT sind in Abb. 4 zusammengestellt. Im Vergleich zur Wirkung auf die Adulten am 7. oder 14. Tag war die Wirkung auf die Reproduktion bei *Folsomia candida* bei Thiodan 35 flüssig und Roxion deutlich höher, bei E 605 forte und Karate etwas höher. Bei *Isotoma tigrina* trat eine stärkere Wirkung auf die Reproduktion bei Thiodan 35 flüssig und Karate bei niedrigen Konzentration auf. Auffällig bei *Onychiurus fimatius* waren die negativen Wirkungsgrade von E 605 forte und Roxion, die auf eine starke Stimulierung der Reproduktion bei niedrigen und mittleren Konzentrationen hinweisen. Insbesondere

Thiodan 35 flüssig, Pirimor-Granulat und Karate verursachten bei dieser Art stärkere Beeinträchtigungen der Reproduktion.

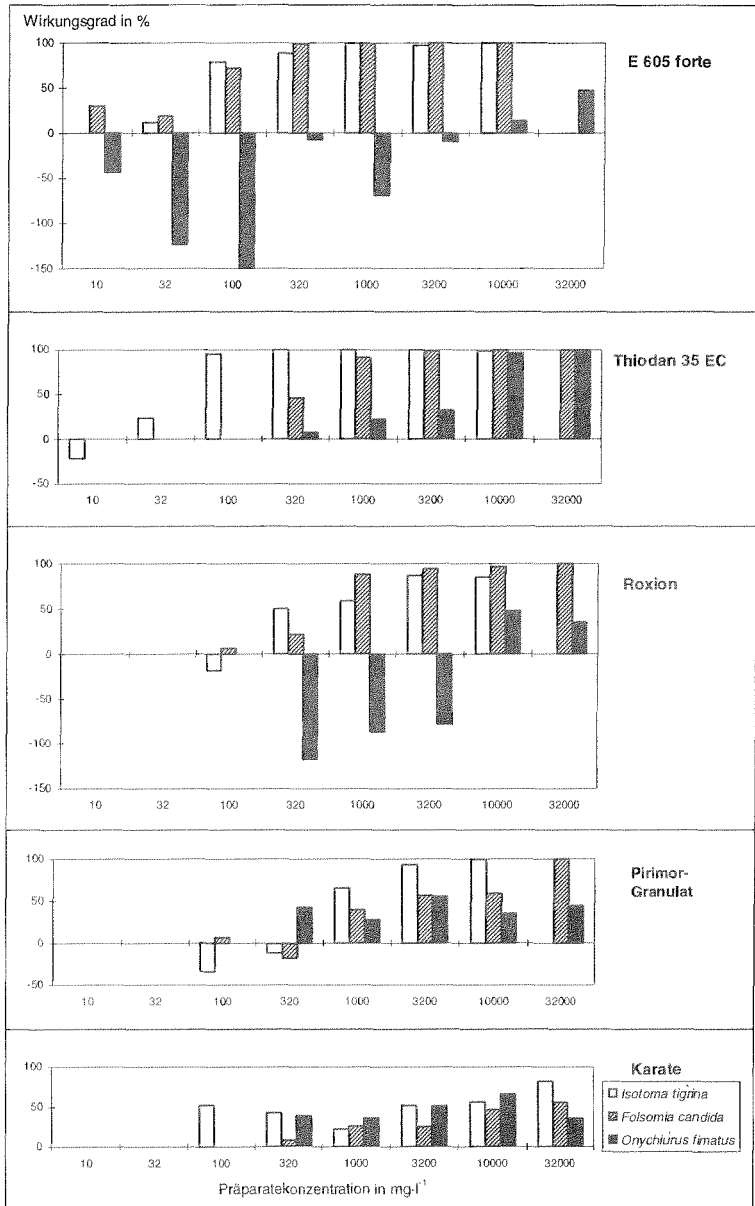


Abb. 4: Auswirkungen von 5 Insektiziden auf die Reproduktion (Eier und Juvenile) von *Isotoma tigrina*, *Folsomia candida* und *Onychiurus fimatus* (Wirkungsgrade nach ABBOTT in %, 3 Wochen nach Applikation)

Diskussion

Methodik

Hinsichtlich der gewählten Methode ist einzuschätzen, daß diese Art der Applikation für Versuche mit Collembolen prinzipiell geeignet ist. Mehr als die Hälfte der Spritzbelagsflecken waren mit Flächen unter $0,02 \text{ mm}^2$ um mindestens eine Zehnerpotenz kleiner als die Körpergrundflächen der Collembolen (SCHENKE, persönliche Mitteilung). Eine Narkotisierung der Tiere, wie auch bei THOMPSON und GORE (1972) beschrieben, erwies sich als nicht sinnvoll, da sie nicht über die gesamte Antrocknungsphase anhielt und dann beim „Torkeln“ zum Abstreifen der Tröpfchen führte. Andererseits konnte es durch das Springen bei höheren Konzentrationen mancher Präparate zum Verlust von Tropfen kommen.

Empfindlichkeit der Arten

Die Unterschiede in der Empfindlichkeit der getesteten Arten kamen sowohl in der Mortalität als auch in der Reproduktionsminderung deutlich zum Ausdruck. Als Rangfolge war die Reihe *Isotoma tigrina* > *Folsomia candida* > *Onychiurus fimatus* (abnehmende Sensitivität) zu erkennen. Die LC_{50} -Werte (Konzentration der Präparate in $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) unterschieden sich zwischen den Arten minimal um den Faktor 4 (Karate) und maximal um einen Faktor > 600 (E 605 forte). Beträchtliche Artunterschiede in der Insektizidempfindlichkeit konstatierten u. a. auch TOMLIN (1975) und WILES und FRAMPTON (1996).

Die Auswirkungen auf die Reproduktion waren bei den Isotomidenarten insgesamt stärker als auf die Überlebensrate, währenddessen sich bei der Onychiuridenart eine differenziertere Reaktion ergab. Die ermittelte Förderung der Reproduktion ist ein häufig bei subletalen Konzentrationen zu beobachtendes Phänomen (SÜSS, unveröffentlicht).

Der Grund für die Unterschiede zwischen den Arten ist nicht allein in den unterschiedlichen Verhältnissen von Körperoberfläche zu Körpermasse zu sehen, sondern offensichtlich auch in verschiedenen morphologischen, physiologischen und biochemischen Eigenheiten. Es ist zu beachten, daß autökologisch bedingte Differenzen, z. B. durch Habitat- oder Nahrungspräferenzen oder durch Meidung kontaminierter Umgebung, hier nicht berücksichtigt werden.

Die häufig für ökotoxikologische Tests verwendete Art *Folsomia candida* nahm hinsichtlich ihrer Sensitivität bei allen Präparaten eine Mittelstellung ein. Falls die Testung einer empfindlichen Collembolenart angestrebt wird („worst case“), kann *Isotoma tigrina* empfohlen werden. Bei allen geprüften Wirkstoffgruppen reagierte diese Art am stärksten. Bevor

Aussagen über die Repräsentanz der ausgewählten Arten für die Ordnung der Collembolen getroffen werden können, sind vergleichbare Untersuchungen mit weiteren Arten, z. B. aus der Familie der Entomobryidae und Sminthuridae sowie weiterer Unterfamilien erforderlich.

Ein Vergleich mit den bei Raubmilben (Acari: Phytoseiidae) mit derselben topikal Applikationsmethode erhaltenen LD₅₀-Werten (BAIER und SCHENKE, 1997) zeigte, daß die bei dieser Tiergruppe wirksamsten Präparate ebenfalls Werte im Bereich von wenigen $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ Körpergewicht ergaben.

Gefährdungsabschätzung

Eine Gefährdungsabschätzung für die getesteten Collembolenarten ist aus den vorliegenden Daten zur intrinsischen Toxizität nur unter Vorbehalt möglich. Als worst-case-Annahme können die Auswirkungen auf Überlebens- und Reproduktionsrate bei derjenigen Konzentration betrachtet werden, die in der Praxis angewendet werden (höchste, in der Zulassung vorgesehene Aufwandmenge bezogen auf eine Brühemenge von $200\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$, Tab. 4). Da jedoch nur ein Teil der Spritzbrühe auf den Boden gelangt und außerdem hemi- oder euedaphische Tiere im Gegensatz zu epedaphischen Arten kaum direkt getroffen werden können, werden die möglichen Auswirkungen auf Collembolen hierbei überschätzt. Andererseits erfolgte die Kontamination nur einmalig über die dorsale Cuticula. Durch das Umsetzen nach Antrocknung war eine weitere Exposition, wie sie z. B. im Acker durch die kontaminierte Umgebung vorliegt, nicht gegeben. Insofern wird die Gefährdung unterschätzt. Als äußerst wichtig erwies sich die Einbeziehung der Wirkung auf die Reproduktion.

Aus Tab. 4 ist zu erkennen, daß in der laut Zulassung vorgesehenen Aufwandmenge alle Präparate für *Isotoma tigrina* als potentiell gefährlich anzusehen sind, wenn die Gefährdungsschwelle auf 50 % Wirkung festgelegt wird. Für *Folsomia candida* ist eine stärkere Gefährdung durch Karate ausgeschlossen. *Onychiurus fimatus* könnte durch Thiodan 35 EC geschädigt werden. Das geringste Gefährdungspotential hatte in der Summe das Pyrethroid Karate.

Tab. 4: Gefährdungsabschätzung für die getesteten Collembolenarten durch Vergleich der ermittelten Effekte mit der in der Zulassung höchsten vorgesehenen Aufwandmenge

Präparat	Konzentration der Präparate ¹⁾ mg · l ⁻¹	<i>Isotoma tigrina</i>	<i>Folsomia candida</i>	<i>Onychiurus fimatus</i>
E 605 forte	2300	■ ●	■ ●	--
Thiodan 35 EC	15000 ²⁾	■ ●	-- ●	-- ●
Roxion	3200	■ ●	-- ●	--
Primor-Granulat	2200	■ ●	-- ●	--
Karate	900	-- ●	--	--

■ Mortalität ≥ 50 %, ● Reproduktionsminderung ≥ 50 %

¹⁾ Berechnung der Konzentration auf Grundlage der im Ackerbau vorgesehenen höchsten Aufwandmenge bezogen auf eine Brühmenge von 200 l · ha⁻¹

²⁾ Angaben zu Thiodan gemäß Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 1, 1992

Unter praxisnäheren Expositionsbedingungen als bei topikaler Applikation wurden für die untersuchten Präparate Ergebnisse registriert, die unsere Einschätzung im wesentlichen bestätigen:

In Laborversuchen, in denen *Folsomia candida* in insektizidbehandeltes Standardsubstrat aus Sand, Kaolin und Torf eingesetzt wurden (SÜSS, 1994), war ebenfalls eine ausgeprägte Toxizität von E 605 forte und Thiodan 35 EC festzustellen. Eine starke Beeinträchtigung von Collembolen, insbesondere von Arten aus der Familie der Isotomidae verursachte Thiodan 35 EC ebenfalls in einem Mikrokosmos-Versuch mit aus Ackerboden ausgestochenen ungestörten Bodensäulen sowie in einem Freilandversuch in Ackerbohnen (SÜSS, unveröffentlicht). Auch JOY und CHAKRAVORTY (1990), FILSER (1990) und FROMM und FILSER (1991) fanden zum Teil längerfristige negative Auswirkungen dieses Präparates in Getreide bzw. im Mikrokosmosversuch mit Hopfenböden.

Dimethoat (Wirkstoff der Formulierung Roxion) führte bei Feldapplikation zu deutlichen Abundanzminderungen bei Collembolen, die jedoch nach ca. 6 Wochen wieder ausgeglichen waren (FRAMPTON, 1988, JOY und CHAKRAVORTY, 1990).

Die Aussage von WILES und FRAMPTON (1996) aus Bioassays, daß das als spezifisches Aphizid geltende Pirimor untoxisch gegenüber Collembolen ist, kann aufgrund unserer Befunde nicht bestätigt werden.

Karate ergab im Laborversuch mit Standardsubstrat bei *Folsomia candida* eine vergleichsweise geringe Mortalität (SÜSS, 1994) und im Feldversuch in Getreide (SÜSS, unveröffentlicht) keine Wirkung. FILSER und NAGEL (1993) fanden bei sehr hoher Dosierung dieses Präparates bei Lehm Boden eine Minderung der Collembolendichte, während bei Sandboden im Freiland eine Zunahme erfolgte.

Insgesamt ist zu berücksichtigen, daß bei Mikrokosmos- oder Feldversuchen einerseits der Einfluß des Bodens, der Kultur und der Witterung sowie die natürliche Verhaltensweise der Collembolen zum Tragen kommen, daß andererseits die direkten Wirkungen aber auch überdeckt werden können durch indirekte Wirkungen (Ausschaltung der Konkurrenten oder Feinde). Insofern können Untersuchungen zur intrinsischen Toxizität Hinweise zur direkten Auswirkung auf Mortalität und Reproduktion bestimmter Arten geben und eine erste Abschätzung der Gefährdung sowie einen Vergleich von Präparaten und Arten ermöglichen.

Literatur

- BAIER, B. und SCHENKE, D., 1997: Laboruntersuchungen zu den Auswirkungen von direkt applizierten Insektiziden auf Weibchen von *Euseius finlandicus* (OUDEMAS) sowie Männchen und Weibchen von *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae). Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. (in diesem Heft).
- DUNGER, W., 1983: Tiere im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen-Verlag, Wittenberg, 280 S.
- FILSER, J., 1990: Halbfreilandversuch zur Auswirkung des Insektizids Endosulfan auf Collembolen. Verh. Ges. Ökol. **19/II**: 302-309
- FILSER, J. und NAGEL, R., 1993: Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Insektizideffekten auf Collembolen unter Labor- und Freilandversuchsbedingungen. Verh. Ges. Ökol. **22**: 397-402
- FJELLBERG, A., 1980: Identification keys to Norwegian Collembola. Norsk Entomologisk Forening, As, 152 S.
- FRAMPTON, G. K., 1988: The effects of some commonly-used foliar fungicides on Collembola in winter barley: laboratory and field studies. Ann. appl. Biol. **113**: 1-14

- GISIN, H., 1960: Collembolenfauna Europas. Museum d' Histoire Naturelle, Genf, 312 S.
- HEIMANN-DETLEFSEN, D., 1991: Auswirkungen eines unterschiedlich intensiven Pflanzenschutz- und Düngemittleinsatzes auf die Collembolenfauna des Ackerbodens. Diss., TU Braunschweig, 164 S.
- HUANG, P., 1992: Entwurf einer vorläufigen Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf *Isotoma tigrina* NICOLET (Collembola). Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin, XV/3, Herausgeber: HASSAN, S.A.: 122-130
- JOY und CHAKRAVORTY, 1990: Impact of insecticides on nontarget microarthropod fauna in agricultural soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 22: 8, 8-16
- KISS, I. und BAKONYI, G., 1992: Guidelines for testing the effects of pesticides on *Folsomia candida* WILLEM (Collembola): laboratory tests. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOBC/WPRS Bulletin, XV/3, Herausgeber: HASSAN, S.A.: 131-137
- RIEPERT, F. und KULA, C., 1996: Development of laboratory methods for testing effects of chemicals and pesticides on Collembola and earthworms. *Mitteilungen aus der Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstwirtschaft*, H. 320: 8-49
- SÜSS, A., 1994: Modelluntersuchungen zur Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Collembolen. *Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. H.* 301: 510
- THOMPSON, A. R. und GORE, F. L., 1972: Toxicity of twenty-nine insecticides to *Folsomia candida*: Laboratory studies. *J. Econ. Entom.* 65: 1255-1260
- WILES, J. A., JEPSON, P. und READER, N., 1995: Sublethal toxicity tests with the springtail *Isotoma viridis* (Bourlet, 1839) and *Folsomia candida* (Willem, 1902) (Collembola: Isotomidae). In „SECOFASE Final Report 1994. Herausgeber Kula, H., Heimbach U. und Lokke, H. National Environment Research Institute, Denmark: 217-241
- WOLF-ROSKOSCH, F., 1983: Standardisiertes Testverfahren zur Prüfung der akuten Toxizität von Umweltchemikalien an Springschwänzen, unter besonderer Berücksichtigung von *Folsomia candida*. *UBA-Texte* 3: 83-110

Danksagung

Mein Dank gilt Frau von Voß und Frau Böhm für die technische Realisierung der Versuchsserien sowie Herrn Dr. Moll und Frau Polichronow (BBA/DV-K) für die Berechnung der LD₅₀-Werte.

Barbara Baier und Detlef Schenke

Institut für Ökotoxikologie im Pflanzenschutz, Kleinmachnow
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Laboruntersuchungen zu den Auswirkungen von direkt applizierten Insektiziden auf Weibchen von *Euseius finlandicus* (OUDEMANS) sowie Männchen und Weibchen von *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae)

Laboratory investigations into the effects of directly applied insecticides on females of *Euseius finlandicus* (OUDEMANS) and males and females of *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae)

Zusammenfassung

In Laboruntersuchungen wurde die mittlere letale Dosis (LD_{50}) für 5 ausgewählte Insektizide bei Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie Weibchen von *E. finlandicus* ermittelt. Da bei Raubmilben bedingt durch die Körpergröße derartige Untersuchungen bisher nicht durchgeführt worden waren, mußte zunächst eine für diese Tiergruppe geeignete Untersuchungsmethode entwickelt werden. Die getesteten Konzentrationen lagen im Bereich von 1 bis 100000 mg Präparat je l Spritzbrühe.

Gegenüber *T. pyri* erzielte Karate die mit Abstand stärksten Effekte. Es folgte Roxion. Bei den Präparaten E 605 forte, Pirimor-Granulat und Thiodan 35 EC wurden sowohl für Männchen als auch für Weibchen von *T. pyri* Wirkungsgrade $< 50 \%$ erreicht. Die Männchen waren immer empfindlicher als die Weibchen. Gegenüber *E. finlandicus* zeigte sich E 605 forte am toxischten. Danach folgten Roxion, Pirimor-Granulat, Karate und Thiodan 35 EC. Insgesamt reagierten die Weibchen von *E. finlandicus* auf die Präparate Roxion, E 605 forte, Pirimor-Granulat und Thiodan 35 EC empfindlicher als die Weibchen von *T. pyri*. Die größten Unterschiede zwischen den beiden Arten traten beim Präparat E 605 forte auf. Ausgehend von den Versuchsergebnissen wurde versucht, Ansätze für eine Risikoabschätzung zu erarbeiten.

Abstract

In laboratory investigations the LD₅₀ of 5 selected insecticides for males and females of *T. pyri* and females of *E. finlandicus* was determined. Because of the small body size of predatory mites, such investigations were not carried out in the past. Therefore an appropriate test method had to be developed for these test organisms. The investigated concentrations of the 5 insecticides ranged from 1 to 100000 mg · l⁻¹.

On *T. pyri* Karate showed the greatest effect, followed by Roxion. The effect of the insecticides E 605 forte, Pirimor-Granulat and Thiodan 35 EC was < 50 % on males and females of *T. pyri*. The males always were more sensitive than the females. On *E. finlandicus* the most toxic effect was observed with E 605 forte, followed by Roxion, Pirimor-Granulat, Karate and Thiodan 35 EC. The females of *E. finlandicus* were more sensitiv to the pesticides Roxion, E 605 forte, Pirimor-Granulat and Thiodan 35 EC than the females of *T. pyri*. With E 605 forte the two species showed the greatest differences in sensitivity. On the basis of the test results an attempt was made to develop an approach for risk assessment.

Einleitung

Aufgrund der Bedeutung der Raubmilben aus der Familie der Phytoseiidae als Schadmilben und Schadinsekten regulierende Prädatoren im Obst- und Weinbau sowie im Unterglasanbau von Gemüse und Zierpflanzen werden seit mehr als 15 Jahren Untersuchungen zu Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Vertreter dieser Nützlingsgruppe im Labor durchgeführt. Die dabei angewandten Methoden sind vielfältig und abhängig von der getesteten Raubmilbenart, so daß ausgehend von den vorliegenden Ergebnissen ein Vergleich der Arten untereinander nur bedingt möglich ist (SAMSOE-PETERSEN, 1983; OOMEN, 1988; OVERMEER, 1988; BAKKER u. a., 1992; LOUIS und UFER, 1995). Auch Aussagen zur Wirkungsspanne der getesteten Pflanzenschutzmittel gegenüber den einzelnen Raubmilbenarten lassen die vorliegenden Ergebnisse aus den Ringtests der IOBC-Arbeitsgruppe „Pesticides and Beneficial Organisms“ nicht zu, da die Untersuchungen immer nur mit einer und zwar der höchsten in der Zulassung vorgesehenen Anwendungskonzentration bzw. Aufwandmenge erfolgten.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, Dosis-Wirkungs-Beziehungen für ausgewählte Insektizide bei der im Rahmen der Nützlingsprüfung als Standardtestart benannten Raubmilbe *Typhlodromus pyri* und der als sehr empfindlich geltenden Raubmilbenart *Euseius finlandicus*

zu erstellen. Ausgehend von den erzielten Resultaten sollte geprüft werden, ob Ergebnisse der Standardtestart auf andere Raubmilbenarten übertragen werden können und ob zudem die Ergebnisse Rückschlüsse auf eine mögliche Gefährdungsabschätzung für Freilandpopulationen zulassen.

Da bei Raubmilben bedingt durch die Körpergröße (< 1 mm) die topikale Applikation zur Bestimmung der mittleren letalen Dosis (LD₅₀) bisher nicht durchgeführt worden war, mußte für diese Tiergruppe eine geeignete Untersuchungsmethode entwickelt werden.

Material und Methoden

Angaben zur Biologie und zum Vorkommen der Testarten

Die Raubmilbenarten *Euseius finlandicus* (OUDEMANS) und *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN gehören zur Familie der Phytoseiidae BERLESE und stellen im Ökosystem bedeutende Antagonisten phytophager Mikroarthropoden (hauptsächlich Tetranychidae und Eriophyidae) dar. Beide Arten sind vornehmlich Bewohner der Kronen von Laubgehölzen und der Strauchschicht (KARG, 1986).

In Mitteleuropa ist *T. pyri* die dominierende Art in kontinuierlich mit Pflanzenschutzmitteln behandelten Obst- und Rebanlagen (KARG, 1971; CORINO, 1985; ZACHARDA, 1989). Demgegenüber tritt *E. finlandicus* nur in Anlagen auf, in denen keine oder nur sehr wenig Pflanzenschutzmittel verwendet werden (CHANT, 1959; KROPCZYNSKA, 1970; TIERENS und FASSOTTE, 1992). Daher wird die Art *E. finlandicus* im Vergleich zu *T. pyri* auch als weitaus empfindlicher gegenüber Pflanzenschutzmitteln beschrieben (KARG und FREIER, 1995).

Der Körper der Raubmilbenarten *E. finlandicus* und *T. pyri* ist von ovaler Gestalt. Die Adulten zeichnen sich durch eine rotbraune Färbung aus. *E. finlandicus*-Weibchen sind mit 340 µm bis 350 µm (Länge des Idiosomas) etwas größer als die Weibchen von *T. pyri* (300 µm bis 340 µm). Die Männchen sind bei beiden Arten deutlich kleiner und mit 250 µm gleich groß (KARG, 1993). *E. finlandicus* ist weitaus agiler und beweglicher als *T. pyri* (KROPCZYNSKA, 1970). Die Entwicklung beider Arten erfolgt vom Ei über ein Larven- und zwei Nymphenstadien hin zum adulten Tier.

Die Entwicklungsdauer der Raubmilben ist in erster Linie abhängig von der Temperatur. Bei 15 °C bis 16 °C erreicht *T. pyri* das adulte Stadium nach 23,4 Tagen. Wird die Temperatur auf 25 °C bis 26 °C erhöht, verkürzt sich die Entwicklungszeit vom Ei bis zum adulten Tier auf 7,2 Tage (DOSSE, 1961). KROPCZYNSKA (1970) ermittelte für *E. finlandicus* Entwicklungszeiten von 23,9 Tagen bei 10 °C bis 18 °C bzw. 7,8 Tagen bei 22 °C bis 25 °C. Auch SCHAUSBERGER (1991) kam bei 25 °C auf eine Entwicklungszeit von 7,8 Tagen bei *E. finlandicus*. Voraussetzung für eine optimale Entwicklung der Raubmilben ist weiterhin eine hohe relative Luftfeuchte (> 60 %).

Den Raubmilben fehlen Lichtsinnesorgane, jedoch ist eine allgemeine Lichtempfindlichkeit des Körpers vorhanden. Bei der Nahrungssuche tasten sie mit dem längeren 1. Beinpaar die Umgebung ab, während zur eigentlichen Fortbewegung nur das 2., 3. und 4. Beinpaar dienen. Gleichzeitig prüfen die Tiere mit den kurzen Fühlern das Substrat. Die Fühler und die Tarsi des 1. Beinpaares verfügen über spezielle Haarbildungen, die als chemische Sinnesorgane zur Nahrungsfindung dienen (JAGER OP AKKERHUIS u. a., 1985; SABELIS, 1985).

Ausgehend von Nahrungsspektrum zählen *E. finlandicus* und *T. pyri* zu den oligophagen Raubmilbenarten. Bei *E. finlandicus* gelten Gallmilben (Eriophyidae) als Vorzugs- bzw. Hauptnahrung. Genommen werden aber auch Spinnmilben (Tetranychidae), Weichhautmilben (Tarsonemidae), Vorratsmilben (Tyroglyphidae) und Staubmilben (Tydeidae) sowie kleine Larven und Eier von Insekten (KARG, 1989; KARG und MACK, 1986). Demgegenüber bevorzugt *T. pyri* Spinnmilben. Diese Art kann sich aber auch von Gallmilben und Milben aus Vorräten ernähren (KARG, 1989).

Neben den genannten Tiergruppen werden von beiden Raubmilbenarten auch pflanzliche Stoffe als Nahrungsquelle genutzt. Dabei kommt dem Pollen eine bedeutende Rolle zu. Für *E. finlandicus* gelten z. B. Pollen von Apfel, Kirsche, Mandel, Walnuß, Birke, Erle und Eiche als Alternativnahrung (KOSTIAINEN und HOY, 1994). Bei *T. pyri* sind dieses Ginster-, Lupinen-, Tulpen-, Kiefern- und Ackerbohnenpollen (MAIXNER, 1990; OVERMEER, 1988). Wichtig, besonders für *E. finlandicus*, ist weiterhin Pflanzensaft.

In unseren Breiten überwintern bei beiden Arten nur die adulten, begatteten Weibchen. Sie gehen in Diapause. Ab Ende August beginnen sie von den Blättern auf das Holz abzuwandern, wo sie in Rindenritzen, in Spalten des abgestorbenen Holzes oder unter Knospenschuppen überwintern. Im Frühjahr werden sie ab 10 °C aktiv, verlassen wieder ihre Winterquartiere und wandern nach dem Austrieb auf die Blätter, wo die Eiablage erfolgt.

Bei *E. finlandicus* kommen 5 Generationen im Jahr zur Entwicklung (KROPCZYNSKA, 1970; FREIER u. a., 1992). Für *T. pyri* werden bis zu 4 Generationen im Jahr angegeben (MAIXNER, 1990).

Zucht der Versuchstiere

T. pyri wurde entsprechend der von MCMURTRY und SCRIVEN (1965) sowie OVERMEER (1981) beschriebenen Methode gezüchtet. Ein Gemisch aus Birken- und Kiefernpollen im Verhältnis 1 : 1 diente als Nahrung.

Die Zucht von *E. finlandicus* erfolgte auf Hibiskusblättern in speziell dafür präparierten Glasschalen. Diese bestanden aus einer im Durchmesser 15 cm großen mit Leitungswasser gefüllten Petrischalenhälfte, in deren Mitte sich eine kleinere Petrischalenhälfte (Durchmesser 9 cm), mit der Öffnung nach unten zeigend, befand. Auf die kleine Petrischale kam ein Rundfilter (Durchmesser 15 cm), dessen Rand in das die kleine Petrischale umgebende Wasser eingetaucht wurde. Darauf kam ein weiterer kleinerer Rundfilter (Durchmesser 9 cm), auf den ein mit der Blattunterseite nach oben zeigendes Hibiskusblatt plazierte wurde.

Um ein Abwandern der doch sehr agilen Tiere von den Blättern zu unterbinden, erhielten die Blattränder eine Barriere aus Aurum Insektenleim. Gefüttert wurde *E. finlandicus* mit beweglichen Stadien von *Tetranychus urticae* und einem Blütenpollengemisch aus dem Reformhaus. Alle 2 bis 3 Tage wurden die abgelegten Eier entnommen und auf frische Blätter gesetzt. Zeigten die Hibiskusblätter eine starke Gelbfärbung und Welkeerscheinungen, mußten die Raubmilben auf neue Blätter überführt werden. Auf einem Blatt befanden sich bis zu 100 Raubmilben. Die Anzahl Männchen war dabei immer sehr gering und für die Untersuchungen nicht ausreichend.

Die Zuchtschalen beider Raubmilbenarten standen in einem klimatisierten Raum (Temperatur: 23 °C, relative Luftfeuchte: > 60 %, Licht: Tag-Nacht-Verhältnis: 16 : 8 h).

Präparate

Untersucht wurden die in Tab. 1 aufgeführten Pflanzenschutzmittel.

Tab. 1: Übersicht über die getesteten Insektizide

Präparat	Wirkstoff	Wirkstoffanteil
Karate	lambda-Cyhalothrin	50,0 g · l ⁻¹
Roxion	Dimethoat	400,0 g · l ⁻¹
E 605 forte	Parathion-ethyl	507,5 g · l ⁻¹
Pirimor-Granulat	Pirimicarb	500,0 g · kg ⁻¹
Thiodan 35 EC	Endosulfan	352,0 g · l ⁻¹

Versuchsdurchführung und Auswertung

Die Untersuchungen zur LD₅₀-Bestimmung erfolgten an Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie an Weibchen von *E. finlandicus*. Die Testtiere waren 2 bis 3 Wochen alt und stammten aus den oben beschriebenen Laborzuchten. Da aufgrund der geringen Größe der Raubmilben keine übliche LD₅₀-Bestimmung durch topikale Applikation der Pflanzenschutzmittel mit einem Mikroapplikator möglich war, wurde folgende Methode angewandt:

Die adulten Raubmilben wurden in die Mitte eines mit Arum Insektenleim umrandeten Rundfilters von 11 cm Durchmesser gesetzt. Dieser kam anschließend zur Narkotisierung der Tiere in eine geschlossene Petrischale (15 cm Durchmesser). Um die Tiere für mindestens 30 Minuten ruhigzustellen, mußte 1 ml Ethylether auf ein an der Innenseite der oberen Petrischalenhälfte befestigtes Stück Filterpapier aufgetragen werden und 5 bis 6 Minuten einwirken.

Die Behandlung der Raubmilben mit den Insektiziden erfolgte auf dem Filterpapier mit einem Turmsprüngerät (Speziälsprühdüse, 1 m Zylinderhöhe, Durchmesser der möglichen Behandlungsfläche = 25 cm, Luftdurchsatz = 670 l · h⁻¹), wobei Pflanzenschutzmittelbrühe in einem Belag von 2 mg · cm⁻² appliziert wurde. Die bei der Charakterisierung der verwendeten Düse gewonnenen Ergebnisse zeigt Tab. 2, wobei die Untersuchungen mit Wasser durchgeführt worden waren.

Tab. 2: Tropfenspektrum der Düse des verwendeten Turmsprüngerätes

	mittlerer Tropfendurchmesser in μm					
	numerischer			volumetrischer		
Perzentil	10	50	90	10	50	90
Methode IBAS ¹⁾	14	35	110	72	127	198
Methode PDPA ²⁾	8	18	33	20	43	105

¹⁾ Interaktives Bild-Analyse-System (LUDEWIG u. a., 1992)

²⁾ Phasen-Doppler-Partikel-Analysator (LUDEWIG u. a., 1993)

Die Tiere der Kontrollvariante erhielten eine Behandlung mit destilliertem Wasser. Bei den 5 Insektiziden wurden zunächst je Präparat 8 bis 9 Konzentrationen im Bereich von 1 bis 100000 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ getestet, um die Wirkungsschwelle zu ermitteln. Ausgehend von diesen Ergebnissen erfolgten je nach Notwendigkeit weitere Untersuchungen mit 5 Konzentrationen je Präparat zur eigentlichen LD_{50} -Bestimmung.

Nach der Applikation verblieben die Raubmilben für weitere 15 Minuten zum Antrocknen des Spritzbelages auf dem Filterpapier. Danach wurden sie mittels eines feinen Pinsels vom Filterpapier genommen und zur weiteren Beobachtung auf vorbereitete Testarenen überführt. Diese bestanden aus einem mit der Öffnung nach unten zeigenden rechteckigen Plastikbecher (10,5 x 6,5 x 6,0 cm), auf den ein rundes angefeuchtetes Filterpapierstück (Durchmesser 9 cm) gelegt wurde. Darauf kam eine Glasscheibe (Abmessungen 5 x 5 cm), und auf die Glasscheibe wiederum ein rundes angefeuchtetes Stück Filterpapier (Durchmesser 9 cm) mit 4 ausgeschnittenen Quadraten (Seitenlänge 1,5 cm) in der Mitte (Entfernung der Quadrate zueinander 1 cm), die so mit Aurum Insektenleim umrandet wurden, daß 4 voneinander unabhängige Arenen mit einer Größe von 2 x 2 cm entstanden. In jede Arena kamen auf den Glasteil 10 Raubmilben, so daß je Konzentration und Präparat sowie Art und Geschlecht 40 Tiere getestet wurden. Das Filterpapier auf dem Plastikbecher mußte immer feucht sein, damit die Raubmilben zu jeder Zeit ausreichend mit Flüssigkeit versorgt waren. Um dieses sicherzustellen, wurde je ein Filterpapierstreifen von 20 cm Länge und 1 cm Breite an den

Breitseiten des Plastikbeckers über die Rundfilter gelegt und der so präparierte Plastikbecher in eine bis mindestens zur Hälfte mit Wasser gefüllte Plastikschaale (18 x 13 x 6,5 cm) gestellt. Als Nahrung wurde Pollen, mit dem die Raubmilben auch gezüchtet worden waren, auf den Glasteil der Testarena gegeben. Die Plastikschaalen mit den Testtieren kamen in einen klimatisierten Raum (Temperatur: $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, relative Luftfeuchte: 60 % bis 90 %, 16 h Licht). Kontrollen erfolgten 1, 2, 3 und 4 Tage nach der Applikation. Es wurde nach lebenden und toten Tieren unterschieden, wobei die toten Raubmilben entfernt wurden. Eventuell in die Leimumrandung gelaufene Tiere wurden als tot gewertet. Die Mortalität in der unbehandelten Kontrolle lag bei $\leq 10\%$.

Auf der Basis der ermittelten Werte für die toten Raubmilben in den jeweiligen Präparatekonzentrationen erfolgte mittels Probitanalyse über SAS die Berechnung der LC_{50} für den Tag 4 nach der Applikation (MOLL und LESENER, 1995). Um die LD_{50} zu bestimmen, erfolgte eine Verrechnung der LC_{50} mit der Körpermasse und der Körpergrundfläche je Tier. Zur Ermittlung der Körpermasse wurden 140 Männchen bzw. 200 Weibchen von *T. pyri* sowie 390 Weibchen von *E. finlandicus* in Zehnergruppen ausgewogen. Die Bestimmung der Körpergrundfläche je Tier erfolgte mit dem Bildauswertesystem IBAS (Interaktives Bild-Analyse-System), wo je 120 Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie 106 Weibchen von *E. finlandicus* ausgemessen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Einen Überblick zu den Dosis-Wirkungs-Beziehungen der 5 Insektizide für die zunächst untersuchten 8 bis 9 Anwendungskonzentrationen im Bereich von 1 bis $100000\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bei beiden Testarten am Tag 4 nach der Applikation gibt Abb. 1.

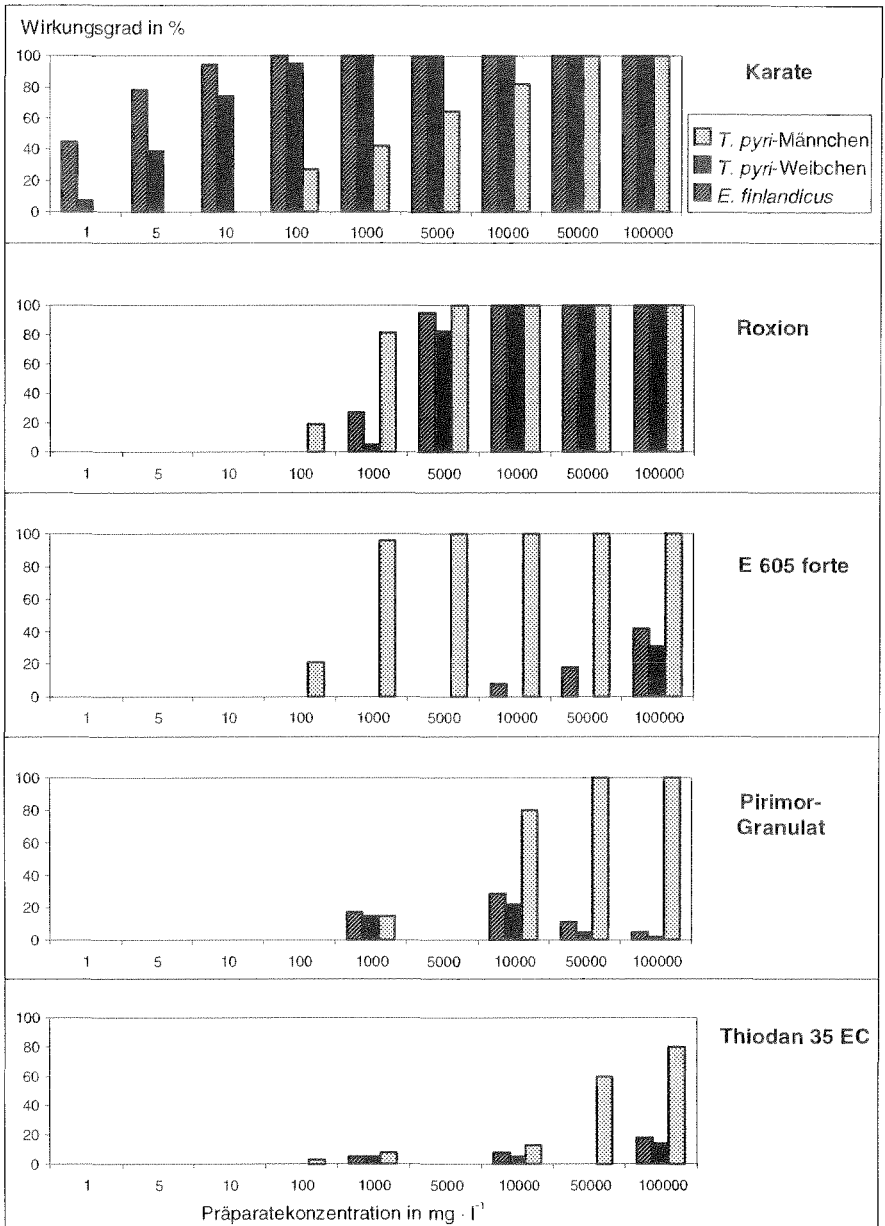


Abb. 1: Dosis-Wirkungs-Beziehungen der untersuchten Insektizide für Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie Weibchen von *E. finlandicus* (Wirkungsgrad nach ABBOTT in %, 4 Tage nach Applikation)

Tab. 3 zeigt die mittels Probitanalyse unter Einbeziehung der natürlichen Mortalität aus den Ergebnissen errechneten LC_{50} -Werte.

Tab. 3: LC_{50} -Werte (Konzentration der Präparate in $mg \cdot l^{-1}$) und Konfidenzintervalle der getesteten Insektizide für Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie Weibchen von *E. finlandicus* 4 Tage nach der Applikation

Präparat	LC 50 (Konzentration der Präparate in $mg \cdot l^{-1}$) (Konfidenzintervall, 95 %)		
	<i>Typhlodromus pyri</i>		<i>Euseius finlandicus</i>
	Männchen	Weibchen	Weibchen
Karate	1,9 (1,7 - 2,1)	6,3 (6,0 - 6,7)	3413 (3077 - 3757)
Roxion	1427 (1339 - 1511)	3351 (3212 - 3490)	333 (307 - 357)
E 605 forte	> 100000	>100000	230 (218 - 241)
Pirimor-Granulat	> 100000	> 100000	2380 (1922 - 2781)
Thiodan 35 EC	> 100000	> 100000	27595 (24804 - 30381)

Ausgehend von den LC_{50} -Werten wurden unter Berücksichtigung der Körpermasse und Körpergrundfläche der Testtiere (Tab. 4) die in Tab. 5 dargestellten LD_{50} -Werte ermittelt.

Gegenüber *T. pyri* erzielte Karate die mit Abstand stärksten Effekte. Danach folgte Roxion mit deutlich geringerer Wirkung (Abb. 1). Bei den Präparaten E 605 forte, Pirimor Granulat und Thiodan 35 EC lagen die Wirkungsgrade aller getesteten Konzentrationen sowohl gegenüber Männchen als auch gegenüber Weibchen von *T. pyri* immer unter 50 %, wobei Thiodan 35 EC die geringste Wirkung hervorrief (Abb. 1).

Die Männchen von *T. pyri* waren immer empfindlicher als die Weibchen. Ein Vergleich der LD₅₀ (Tab. 5) beider Geschlechter bei Roxion und Karate zeigt, daß die Weibchen 1,6 bzw. 2 mal mehr Präparat vertrugen als die Männchen. Daß bei den Präparaten E 605 forte, Pirimor-Granulat und Thiodan 35 EC die errechneten LD₅₀-Werte (Tab. 5) für die *T. pyri*-Männchen bei gleicher Prüfkonzentration größer sind als die der *T. pyri*-Weibchen, liegt an dem weitaus größeren Verhältnis von Körpermasse zu Körpergrundfläche bei den Weibchen (Tab. 4).

Tab. 4: Durchschnittliche Körpergrundfläche und Körpermasse der untersuchten Raubmilben

Art	Geschlecht	Körpergrundfläche mm ²		Körpermasse µg	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s
<i>Typhlodromus pyri</i>	Männchen	0,0498	0,0048	2,56	0,10
	Weibchen	0,1049	0,0108	7,55	0,45
<i>Euseius finlandicus</i>	Weibchen	0,1156	0,0151	10,78	0,88

Tab. 5: LD₅₀-Werte für die getesteten Insektizide bezogen auf die Körpermasse,
4 Tage nach der Applikation

Präparat	LD ₅₀ in µg · g ⁻¹		
	<i>Typhlodromus pyri</i>		<i>Euseius finlandicus</i>
	Männchen	Weibchen	Weibchen
Karate	1	2	732
Roxion	563	931	71
E 605 forte	> 38000	> 27000	49
Pirimor-Granulat	> 38000	> 27000	510
Thiodan 35 EC	> 38000	> 27000	5918

Gegenüber *E. finlandicus* zeigte E 605 forte die stärkste Wirkung. Nur geringfügig schwächere Effekte wurden bei Roxion beobachtet. Danach folgten Karate und Pirimor-Granulat, wobei Pirimor-Granulat entsprechend ermitteltem LD₅₀-Wert gegenüber

E. finlandicus-Weibchen toxischer war als Karate. Die geringsten Wirkungsgrade traten auch hier wieder bei der Anwendung von Thiodan 35 EC auf (Abb.1).

Insgesamt reagierten die Weibchen von *E. finlandicus* bei Anwendung der Präparate Roxion, E 605 forte, Pirimor-Granulat und Thiodan 35 EC empfindlicher als die Weibchen von *T. pyri*. Nur bei Karate lag die LD₅₀ für die *E. finlandicus*-Weibchen deutlich über der der *T. pyri*-Weibchen.

Die größten Unterschiede zwischen den Weibchen beider Arten traten bei E 605 forte mit einem Faktor von > 550 auf, während die geringsten Unterschiede bei Thiodan 35 EC (Faktor 4,6) registriert wurden.

Die ermittelten LD₅₀-Werte zeigen weiterhin, daß die Art *E. finlandicus* nicht generell empfindlicher ist als die Art *T. pyri*. Ob bei *E. finlandicus* die größere Mobilität und damit verbunden eine höhere Pflanzenschutzmittelaufnahme zu einer höheren Empfindlichkeit führt, müssen separate Untersuchungen klären.

Risikoabschätzung

Mit den ermittelten LD₅₀-Werten ist nur ein direkter Vergleich zwischen den Arten und Geschlechtern, aber kaum eine Risikoabschätzung für die Testtiere möglich. Daher wurde versucht, eine Risikoabschätzung anhand der Präparatekonzentration bezogen auf die Behandlungsfläche vorzunehmen. Dazu wurde für jedes Präparat und Testtier aus den vorhandenen Versuchsergebnissen der LC₅₀-Wert bezogen auf die Behandlungsfläche (in $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) herangezogen. Dieser wurde der entsprechend SETAC-GUIDANCE DOCUMENT (BARRETT u. a., 1994) ermittelten geschätzten initialen Umwelt-Konzentration (PIEC) für jedes Präparat gegenübergestellt (Tab. 6). Bei der Berechnung des PIEC-Wertes wurde von den in der Zulassung vorgesehenen Anwendungskonzentrationen bzw. Aufwandmengen der Testpräparate bezogen auf Obstkulturen und von auf Blättern lebenden Testtieren ausgegangen.

Tab. 6: Ermittelte LC_{50} der untersuchten Insektizide bezogen auf die Behandlungsfläche (in $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) für Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie Weibchen von *E. finlandicus* im Vergleich zum PIEC-Wert (in $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)

Präparat	LC_{50} in $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$			PIEC ¹⁾ für Obst $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$
	<i>T. pyri</i>		<i>E. finlandicus</i>	
	Männchen	Weibchen	Weibchen	
Karate	0,004	0,013	6,83	3
Roxion	2,85	6,70	0,67	6
E 605 forte	>200	>200	0,46	2,1
Pirimor Granulat	>200	>200	4,76	3
Thiodan 35 EC	>200	>200	55,19	6

1) Predicted Initial Environmental Concentration der Präparate bezogen auf die Behandlungsfläche (in $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)

Mit den in Tab. 6 dargestellten LC_{50} - und PIEC-Werten erfolgte die Ermittlung der Toxizitäts-Expositions-Verhältnisse (TER) für jedes Präparat und Testtier nach folgender Formel:

$$\text{TER} = \frac{LC_{50}}{\text{PIEC}}$$

Die errechneten Werte zeigt Tab. 7.

Tab. 7: Toxizitäts-Expositions-Verhältnisse für die untersuchten Insektizide bei Männchen und Weibchen von *T. pyri* sowie Weibchen von *E. finlandicus*

Präparat	Toxizitäts-Expositions-Verhältnis (TER)		
	<i>Thyphlodromus pyri</i>		<i>Euseius finlandicus</i>
	Männchen	Weibchen	Weibchen
Karate	0,0013	0,0043	2,28
Roxion	0,48	1,12	0,11
E 605 forte	> 95,24	> 95,24	0,22
Pirimor-Granulat	> 66,67	> 66,67	1,59
Thiodan 35 EC	> 33,33	> 33,33	9,20

Ausgehend von den dargestellten Ergebnissen kann davon ausgegangen werden, daß ein Pflanzenschutzmittel mit einem Toxizitäts-Expositions-Verhältnis ≤ 1 generell ein hohes Risiko für die jeweilige Nützlingsart darstellt, da nicht ausgeschlossen werden kann, daß 50 % und mehr der vorhandenen Raubmilben sterben. Liegt der Wert sogar weit unter 1, wie bei Karate bezogen auf Männchen und Weibchen von *T. pyri*, muß von einem sehr hohen Risiko gesprochen werden. Die Wahrscheinlichkeit, daß bei einem Freilandeinsatz dieses Präparates alle beweglichen Stadien der Raubmilbe *T. pyri* abgetötet werden, ist sehr groß.

Liegt der Wert für das Toxizitäts-Expositions-Verhältnis über 1, besteht erst einmal die Möglichkeit, daß 50 % der direkt getroffenen Nützlinge überleben. Inwieweit bei den überlebenden Tieren die Fortbewegung und damit verbunden eine weitere Pflanzenschutzmittelaufnahme zu einer Erhöhung der Mortalität und damit zu einer Verringerung des Toxizitäts-Expositions-Verhältnisses führt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Welchen Wert das Verhältnis Toxizität zu Exposition erreichen muß, um bei einem Präparat eine akute Gefährdung der Nutzorganismenpopulation ausschließen zu können, ist schwer vorherzusagen. Bezogen auf die Raubmilbenart *T. pyri* kann aber bei den Präparaten E 605 forte und Pirimor-Granulat ausgehend von den vorliegenden Kenntnissen davon ausgegangen werden, daß die hier ermittelten Werte für das Toxizitäts-Expositions-Verhältnis im Bereich des Wertes liegen, der keine akute Gefährdung dieser Raubmilbenart erwarten läßt. Demgegenüber muß bei der Anwendung von Karate, Pirimor-Granulat und Thiodan 35 EC mit einer erheblichen Gefährdung der Raubmilbenart *E. finlandicus* gerechnet werden.

Literatur

- BAKKER, F., A. GROVE, S. BLÜMEL, J. CALIS und P. OOMEN, 1992: Side-effect test for Phytoseiids and their rearing methods. Bull. SROP XV 3, 61-75.
- BARRETT, K. L., N. GRANDY, E. G. HARRISON, S. HASSAN und P. OOMEN, 1994: Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. From the ESCORD Workshop. Wageningen 28-30 March 1994. 51 S.
- CHANT, D. A., 1959: Phytoseiid mites (Acarina:Phytoseiidae). Part I. Bionomics of seven species in southern England. Part II. A taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of thirty-eight new species. Can. Ent. 91, 166 S.
- CORINO, L., 1985: Le species di fitoseiidi (Acarina: Phytoseiidae) presenti in vigneti del Piemonte. Vignetivi 12, 53-58.

- DOSSE, G., 1961: Zur Klärung der Artenfrage von *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN, 1857 und *Typhlodromus setubali* n. sp. Z. ang. Zool. 48, 301-323.
- FREIER, B., R. GOTTWALD, P. BAUFELD, W. KARG und S. STEPHAN, 1992: Integrierter Pflanzenschutz im Apfelanbau - Ein Leitfaden. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem 278, 141 S.
- JAGER OP AKKERHUIS, G., M. W. SABELIS und W. F. TJALLINGII, 1985: Ultrastructure of chemoreceptors on the pedipalps and first tarsi of *Phytoseiulus persimilis*. Exp. Appl. Acar. 1, 235-251.
- KARG, W., 1971: Untersuchungen über die Acarofauna in Apfelanlagen in Hinblick auf den Übergang von Standardspritzprogrammen zu integrierten Behandlungsmaßnahmen. Arch. Pflanzenschutz 7, 243-279.
- KARG, W., 1989: Die ökologische Differenzierung der Raubmilbenarten der Überfamilie Phytoseioidea KARG (Acarina, Parasitiformes). Zool. Jb. Syst. 116, 31-46.
- KARG, W., 1993: Acari (Acarina) Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta) Cohors Gamasina LECH, Raubmilben. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart, 523 S.
- KARG, W. und S. MACK, 1986: Bedeutung und Nutzung oligophager Raubmilben der Cohors Gamasina Lech. Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz, Berlin 22, 2, 107-118.
- KARG, W. und B. FREIER, 1995: Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin 308, 96 S.
- KOSTIAINEN, T. und M. A. HOY, 1994: Egg-harvesting allows large scale rearing of *A. finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. Exp. Appl. Acar., 18, 155-165.
- KROPCZYNSKA, D., 1970: Biologia i ekologia drapieżnego roztocza *Typhlodromus finlandicus* (OUD.) (Acarina: Phytoseiidae). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 109, 11-42.
- LOUIS, F. und A. UFER, 1995: Methodical improvements of standard laboratory tests for determining the side-effects of agrochemicals on predatory mites (Acari:Phytoseiidae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 68, 153-154.
- LUDEWIG, C., U. BUROW und H. GANZELMEIER, 1992: Tropfengrößenmessungen an Pflanzenschutzdüsen mittels Bildanalyse. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 44 (9), 191-197.
- LUDEWIG, C. und H. GANZELMEIER, 1993: Phasen-Doppler-Anemometrie als neues Meßverfahren zur Bestimmung der Tropfengröße an Pflanzenschutzdüsen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 45 (5/6), 103-109.

- MAIXNER, G., 1990: Untersuchungen der Insektizidresistenz der Raubmilbe *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae) an Reben des Weinbaugebietes Mosel-Saar-Ruwer. Mitt.Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem 281, 88 S.
- MCMURTRY, J. A. und G. T. SCRIVEN, 1965: Insectary production of phytoseiid mites. J. econ. Ent. 58, 282-284.
- MOLL, E. und W. F. LESENER, 1995: Die Darstellung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen im Wahrscheinlichkeitsnetz mit SAS. BBA-intern. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Braunschweig, Heft 5, 18 S.
- OOMEN, P.A., 1988: Guideline for the evaluation of side-effects of pesticides on *Phytoseiulus persimilis* A.-H. Sequential schema: Laboratory test: 1-residual contact test, 2- persistence test; field test. Bull. SROP XI 4, 51-63.
- OVERMEER, W. P. J., 1981: Notes on breeding phytoseiid mites from orchards (Acarina: Phytoseiidae) in the laboratory. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 46, 503-509.
- OVERMEER, W. P. J., 1988: Laboratory method for testing side effects of pesticides on the predacious mites: *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). Bull. SROP XI 4, 65-69.
- SABELIS, M. W., 1985: Predation on spider mites. In HELLE, W. und M. W. SABELIS: Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Amsterdam 1B, 103-130.
- SAMSOE-PETERSEN, L., 1983: Laboratory method for testing side effects of pesticides on juvenile stages of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acarina, Phytoseiidae) based on detached bean leaves. Entomophaga 28, 167-178.
- SCHAUSBERGER, P., 1991: Vergleichende Untersuchungen zum Lebensverlauf, die Erstellung von Lebensstafeln und die Vermehrungskapazität von *Amblyseius aberrans* Qud. und *A. finlandicus* Qud. (Acari. Phytoseiidae). Pflanzenschutzberichte 52, 53-71.
- TIERENS, D. und C. FASSOTTE, 1992: Les Acariens Phytoseiidae Recenses sur Feuilles de Pommiers. Le Fruit Belge, Bull. Trimestriel 60, 437, PC1-PC8.
- ZACHARDA, M., 1989: Biologie of *Typhlodromus pyri* SCHEUTEN (Acari: Phytoseiidae) in a commercial apple orchard. Tag.-Ber. Akad. Landwirtschaft.-Wiss. DDR, Berlin 278, 147-152.

Danksagung

Unser Dank gilt Herrn Dr. E. Moll (BBA/DV-K) für die Berechnung der LC₅₀-Werte sowie den Herren Burow und Helck (BBA/FA) für die Vermessung der Düse des Turmsprühgerätes und der Körperflächen der Raubmilben.

Udo Heimbach¹, Udo Hoffmann², Kai Metge¹, Anja Wehling¹

¹ Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft

Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

² BTL Bio-Test Labor GmbH Sagerheide, Sagerheide

Vergleichende Untersuchungen zur Sensitivität von verschiedenen Käferarten und Wolfsspinnen gegenüber Insektiziden

Comparative studies on the susceptibility of different beetle species and spiders to insecticides

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß es unter Verwendung von Sicherheitsfaktoren grundsätzlich möglich erscheint, Ergebnisse zur Sensitivität einer Art auf andere Arten der gleichen Familie zu übertragen, wenn der Körperbau und die Exposition der Tiere im Feld vergleichbar sind. Bei nicht vergleichbarer Exposition zwischen Arten im Feld, die auch das Verhalten der Tiere mit einschließt, darf die Versuchsmethode nicht zu artifiziell (z. B. topikale Applikation) sein. Diese Art der Applikation kann aber grundlegende Verschiedenheiten in der Empfindlichkeit zwischen Tieren aufdecken, wiederum eingeschränkt durch evtl. Besonderheiten der Körperaußenhaut. Subletale Effekte, wie sie von Pyrethroiden bekannt sind, sind schwieriger zu interpretieren, da die Wiedererholung der verschiedenen Arten sehr unterschiedlich ist. Hier sind Übertragungen nur sehr eingeschränkt, zwischen Arten mit ähnlichem Verhalten und ähnlicher Biologie, möglich.

Eine direkte Übertragung der Ergebnisse zwischen Arten verschiedener Familien oder, wie hier dargestellt, zwischen Spinnen und Käfern, ist nicht möglich. Es ist davon auszugehen, daß für Nichtzielarthropoden mehrere Insekten- und Spinnentierarten aus unterschiedlichen Ordnungen und funktionellen Gruppen (z. B. Parasitoide, Prädatoren) geprüft werden müssen, um allgemeingültige Aussagen treffen zu können. Sofern genügend Abtriftwerte zur vergleichenden Exposition zwischen Feld und Feldrain unter Berücksichtigung der verschiedenen Strata (Boden, Kraut- und Gehölzschicht) vorliegen, müßte sich aus Dosis-Wirkungskurven, die für mehrere Arten mit geeigneten Methoden gewonnen wurden, und

unter Verwendung von Sicherheitsfaktoren die Gefährdung von verschiedenen Tierarten innerhalb und außerhalb des Feldes abschätzen lassen.

Abstract

In general, it seems to be possible to predict the effects of pesticides from tested species to others using safety factors, if the species belong to the same family, have similar behaviour and live in similar areas within the crop. The more realistic the exposure of the test method is, the better the effects can be predicted on other species. If exposure in the field is different between species, the method used in laboratory tests must not be too artificial (e.g. topical application). Topical application might be most useful to study different sensitivities of species, however, limited by the characteristics of the cuticula. Sublethal effects, such as knock-down after the use of pyrethroids are more complicated to interpret, because recovery of knocked-down animals will be very different between species.

A direct extrapolation of findings from one species to species of different families or from beetles to spiders, as investigated in this paper, is not possible. In contrast it seems worthwhile to test non-target arthropods, arachnids and insects, from different taxonomic orders and functional groups (e.g. parasitoids and predators). Provided these data are available and the data base on spray drift values for deposition of pesticides within different strata (soil, weeds, bushes) is reliable, it should be possible to predict the risk of pesticides for non-target arthropods in the crop and outside the crop using dose-response-data together with safety factors.

Einleitung

Da der Schutz des Naturhaushaltes angestrebt wird, sollte die Abschätzung der Effekte von Pflanzenschutzmitteln nicht nur auf Nutzarthropoden erfolgen, sondern auch auf andere Nichtzielarthropoden (FORSTER et al., 1996). Im Rahmen des Zulassungsverfahrens für Pflanzenschutzmittel können nicht alle vorkommenden Arten getestet werden. Daher sollte geprüft werden, ob eine Übertragbarkeit der Ergebnisse bei der Nutzarthropodenprüfung auf andere Nichtzielarthropoden möglich ist und wie groß die Sensitivitätsunterschiede sein

können. Hierzu wurden verschiedene Spinnen- und Käferarten in verschiedenen Stadien bzw. physiologischen Zuständen innerhalb einer Art in Labor- und Halbfreilandversuchen mit vergleichbarer Methodik Pflanzenschutzmitteln ausgesetzt und die Auswirkungen untersucht. Spinnen und Käfer kommen in großer Arten- und Individuenvielfalt sowohl im Feld als auch in den Feldrainhabitaten vor.

Zwar scheinen auch die im Rahmen der IOBC Arbeitsgruppe „Pesticides and Beneficial Organisms“ gewonnenen Labordaten (z.B. HASSAN et al., 1994) einen Vergleich der Sensitivität zwischen den geprüften Arten zuzulassen, jedoch ist die Methodik je nach Art so verschieden, daß ein direkter Vergleich zwischen den Arten nur schlecht möglich ist. Ergebnisse aus dem Freiland liegen nur für wenige Arten vor. Zusätzlich läßt sich bei nur einer getesteten Aufwandmenge das Ausmaß der Sensitivitätsunterschiede nicht abschätzen. Auch CROFT (1990) vergleicht in seiner Literaturlauswertung die Sensitivität verschiedener Arten. Dies ist aber in Anbetracht der unterschiedlichen Methoden nur begrenzt möglich.

Material und Methoden

Getestet wurden Individuen von Arten aus Laborzuchten der Biologischen Bundesanstalt (Carabiden und Staphyliniden) und im Feld gesammelte Tiere (Canthariden, Lycosiden). Es wurden vier verschiedene Versuchsdesigns ausgewählt: Versuche mit topikaler Exposition, Behandlung der Tiere im Standardlaborversuch, Exposition in behandelten Böden und Halbfreilandversuche. Nicht bei jeder Art kamen alle Testverfahren zur Anwendung. Geprüft wurde eine 40 %ige Formulierung des Phosphorsäureesters Dimethoat sowie das Pyrethroid Karate (λ -Cyhalothrin, 50 g · l⁻¹).

Bei der topikalen Behandlung wurde den Individuen je ein Tropfen der Pflanzenschutzmittellösung mit Hilfe eines Burkard Mikroapplicators zwischen Thorax und Abdomen appliziert. Je nach Tiergröße waren die Tropfen zwischen 750 nl (Imagines von *Poecilus cupreus*) und 46 nl (Larven derselben Art) groß. Die zu applizierenden unterschiedlichen Dosis mengen je Tier wurden durch variierte Konzentration der applizierten Flüssigkeit erreicht. Die Anzahl der geprüften Tiere je Konzentration ist in den Tabellen

angegeben. Je nach Versuch wurden neben einer Kontrolle noch mindestens drei bis höchstens fünf verschiedene Konzentrationen getestet. Die Tiere wurde einzeln auf angefeuchtetem Gips-Aktivkohle-Substrat bei 20 °C im Langtag gehalten und ausreichend gefüttert. Die LD₅₀-Werte wurden mittels Probit Analyse mit dem Programm Easy Assay, Critical Values berechnet.

Bei den Laufkäfern und Spinnen wurde auch der Standardlaborversuch durchgeführt (HEIMBACH, 1992; WEHLING, 1995), wobei bei der kleineren Carabidenart *Bembidion tetracolum* kleinere Versuchsgefäße (etwa 10 x 10 cm) wie im Spinnenversuch zum Einsatz kamen. Beim Vergleich verschiedener Aufzuchtvarianten von *P. cupreus* wurden neben der Kontrolle noch 3 Aufwandmengen beider Prüfmittel eingesetzt. Nicht alle Versuche wurden mit der in den Richtlinien vorgeschriebenen Wiederholungszahl durchgeführt. Die Anzahl der geprüften Tiere je Konzentration ist ebenfalls in den Tabellen angegeben.

In den Versuchen mit behandelten Böden wurde das Prüfmittel sorgfältig in den Boden eingemischt, in Glasröhrchen abgefüllt und die Larven in diesen Gläsern aufgezogen, bzw. die adulten Tiere dort gehalten. Die Methodik richtete sich nach dem Prüfverfahren von METGE (1996).

Halbfreilandversuche wurden in zwei Jahren auf Kulturflächen der BBA auf sandigem Boden mit jungen bzw. überwinterten Laufkäfern aus der Laborzucht nach Richtlinie durchgeführt (HEIMBACH et al., 1992).

Ergebnisse und Diskussion

Mittels topikaler Applikation lassen sich Sensitivitätsunterschiede zwischen Arten feststellen. Beim Vergleich der ED₅₀-Werte, die mit topikaler Applikation ermittelt wurden, ergab sich, daß die Sensitivität der verschiedenen Käferarten zwar gegenüber Dimethoat unterschiedlich ist, die Unterschiede aber den Faktor 10 kaum überschreiten (Tab. 1). Dieser erscheint angesichts der hohen Variabilität der Ergebnisse nicht besonders hoch.

Tab. 1: Toxizität von Dimethoat und lambda-Cyhalothrin bezogen auf das Körpergewicht (ED_{50} in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$) bei verschiedenen Käfer- und Spinnenarten¹⁾

Testart	ED_{50} in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$ (95% Vertrauensbereich)			
	lambda-Cyhalothrin		Dimethoat	
	nach 2/3 d	nach 6/7 d	nach 2/3 d	nach 6/7 d
<i>Cantharis lateralis</i> (10)	8,2 (3,4 - 19,8)	-	12,1 (7,1 - 20,7)	-
<i>Otiorhynchus sulcatus</i> (5)	-	-	über 70	über 70
<i>Philonthus cognatus</i> , jung (20)	-	-	-	5,8 (4,3 - 7,8)
<i>Bembidion tetracolum</i> , jung (10)	-	-	17,7 (12,3 - 25,5)	17,7 (12,3 - 25,5)
<i>Poecilus versicolor</i> , jung (6-8)	-	-	5,9 (3,60-9,79)	5,9 (3,6 - 9,8)
<i>Poecilus cupreus</i> , jung (10)	35,6 (19,2 - 66,0)	45,3 (14,1 - 145,7)	10,3 (7,0 - 14,9)	9,6 (7,0 - 13,2)
<i>P. cupreus</i> , überwintert (6-7)	-	-	5,6 (n.b.)	3,6 (3,0 - 4,2)
<i>P. cupreus</i> , L ₁ (10)	-	-	um 5	-
<i>Pardosa agrestis</i> , Weibchen, gesammelt im Frühjahr (5-8)	0,22 (0,17 - 0,27)	0,22 (0,17 - 0,27)	-	-
<i>Pardosa pallustris</i> , Weibchen, gesammelt im Frühjahr (6-7)	0,18 (0,13 - 0,26)	0,16 (0,10 - 0,25)	-	-

¹⁾bestimmt durch topikale Applikation bei 20 °C, Versuchstiere tot oder mit schweren Vergiftungssymptomen

Einzig der Rüsselkäfer *Otiorhynchus sulcatus* war deutlich unempfindlicher als andere Arten (Tab. 1) und auch bei der höchsten getesteten Dosis starb nur einer der Käfer. Dies hängt evtl.

mit der bei dieser Art sehr dicken Kutikula zusammen, die besonders bei topikaler Anwendung ein Eindringen des Wirkstoffs in den Körper mindern kann. Für Larven des Blattkäfers *Gastrophysa polygoni* lag der LD₅₀-Wert für Dimethoat bezogen auf das Körpergewicht mit 11,1 µg a.i. · g⁻¹ (KJÆR und HEIMBACH, in Vorbereitung) ähnlich wie für die getesteten anderen Käferarten. JEPSON et al. (1995) fanden LD₅₀-Werte zwischen 1,45 µg a.i. · g⁻¹ für einen Coccinelliden und 18,2 µg a.i. · g⁻¹ für eine Carabidenart. Drei andere Carabidenarten und eine Staphylinidenart lagen zwischen diesen Werten. TURNER (1993) fand für Dimethoat bei den beiden Getreideblattlausarten *Rhopalosiphum padi* und *Sitobion avenae* LD₅₀-Werte von 1,48 µg a.i. · g⁻¹ bzw. 1,50 µg a.i. · g⁻¹ bezogen auf das Körpergewicht nach 5 Tagen.

Auch beim Vergleich der Wirkung von in den Boden eingemischtem Dimethoat lag die Sensitivität von zwei Staphylinidenarten nicht weit auseinander (Tab. 2). Mit ähnlicher Methodik und gleichem Boden erzielte Werte für Dimethoat lagen bei verschiedenen Collembolen- und Bodenmilbenarten zwischen etwa 0,7 µg a.i. · g⁻¹ bis 3,7 µg a.i. · g⁻¹ bezogen auf das Bodentrockengewicht (KULA et al., 1994), also etwa in dem Bereich der Larven der beiden Staphylinidenarten.

Tab. 2: Toxizität von Dimethoat bezogen auf das Bodentrockengewicht (LC₅₀ in µg a.i. · g⁻¹) auf Larven und Imagines von *Philonthus cognatus* und *Lathrobium fulvipenne* nach Einarbeitung in den Boden (LUFA 2.2)¹⁾

Testart	Teststadium	LD ₅₀
	Anzahl Tiere je Konzentrationsstufe	µg a.i. · g ⁻¹
<i>P. cognatus</i>	Larve (20)	1,52 ± 0,15
	Imago (6)	16,45 ± 5,11
<i>L. fulvipenne</i>	Larve (10)	0,95 ± 0,16
	Imago (6)	5,41 ± 2,49

¹⁾ in Laborgefäßen bei 15 °C

Imagines bonitiert nach 7 Tagen Exposition, Larven nach der Larvalentwicklungszeit von etwa 40 bis 50 Tagen

Bei dem pyrethroiden Wirkstoff lambda-Cyhalothrin gab es dagegen größere Unterschiede zwischen den Arten (Tab. 1). TURNER (1993) fand bei demselben Wirkstoff für die beiden Blattlausarten *R. padi* und *S. avenae* nach 5 Tagen LD₅₀-Werte von 0,33 µg a.i. · g⁻¹ bzw. 0,19 µg a.i. · g⁻¹. WILES und JEPSON (1993) fanden bei sieben Käferarten aus drei Familien nach topikaler Applikation des Pyrethroides Deltamethrin Sensitivitätsunterschiede, die nahezu bis zu 20fach auseinanderlagen. Die Sensitivität verschiedener Arten scheint also bei verschiedenen Tierarten auch innerhalb der Ordnung der Insekten weiter auseinanderzuliegen als bei Dimethoat. Bei Wolfsspinnen lag der ED₅₀ für λ-Cyhalothrin nur bei etwa 0,2 µg a.i. · g⁻¹ (Tab. 1), während die Werte für *P. cupreus* um mehr als 100fach höher lagen. DINTER (1995) fand für die beiden Linyphiiden-Arten *Erigone atra* und *Oedothorax appicatus* LD₅₀-Werte zwischen 0,31 µg a.i. · g⁻¹ und 0,45 µg a.i. · g⁻¹ bezogen auf das Körpergewicht, also im gleichen Bereich wie bei den Lycosiden. Die Empfindlichkeit von Männchen und Weibchen war in den Versuchen von DINTER ähnlich. Für eine Tabanide fanden LEPRINCE et al. (1992) LD₅₀-Werte für λ-Cyhalothrin, die nur bei etwa 0,002 µg a.i. · g⁻¹ bis 0,006 µg a.i. · g⁻¹ lagen.

Grundsätzlich ist die Interpretation und Bewertung der Wirkung von Pyrethroiden aber kompliziert, da bei Arthropoden massive subletale Schädigungen auftreten, eine nachfolgende Wiedererholung aber häufig nur bei günstigen Klimabedingungen und dem Fehlen natürlicher Feinde stattfindet. Der LD₅₀-Wert für *P. cupreus* liegt im Vergleich zum in der Tab. 1 angegebenen ED₅₀-Wert von 35,6 µg a.i. · g⁻¹ nach 3 Tagen bei 53,1 µg a.i. · g⁻¹. Nach einem oder zwei Tagen liegen die entsprechenden Werte noch sehr viel weiter auseinander. Das Ausmaß sublethaler Wirkungen wird auch aus Abb. 1 deutlich. Schon bei der niedrigsten Dosis sind mehr als 50 % der Tiere geschädigt, während erst bei 10fach höherer Dosis 50 % Mortalität erreicht wird. Die Bildung einer Gefährdungseinteilung für Arten wie bei JEPSON et al. (1995) anhand des Quotienten aus Feldaufwand und LD₅₀-Wert für diese Arten erscheint daher zumindest für Pyrethroide sehr bedenklich.

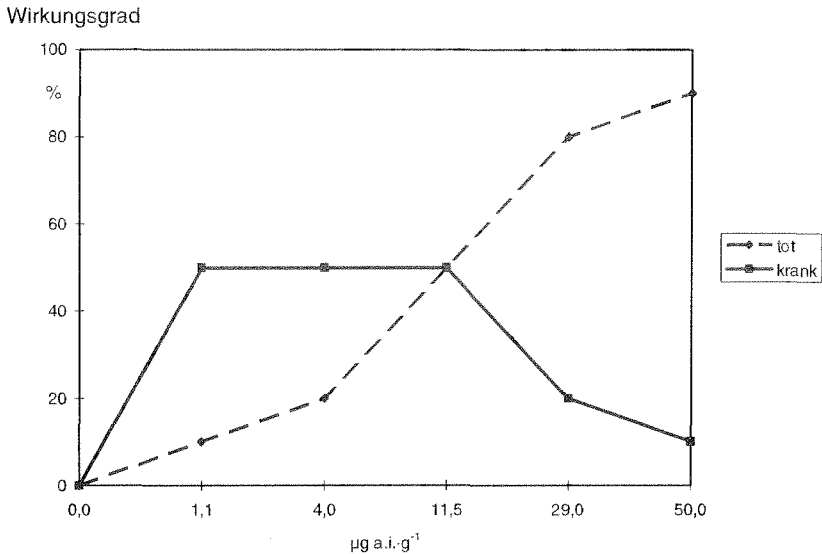


Abb. 1: Empfindlichkeit von *Cantharis lateralis* nach topikaler Behandlung mit λ -Cyhalothrin nach 2 Tagen bei 20 °C (relative Mortalität bzw. Käfer mit sichtbaren Vergiftungssymptomen in Prozent, 10 Tiere je Dosisstufe).

Ein Problem ist, daß die Effekte einer topikalen Applikation deutlich von der Wirksamkeit im Feld abweichen können, da diese Methode das Verhalten und die Exposition der Tiere nicht berücksichtigt. So war in Laborversuchen, in denen die Tiere zusammen mit dem Substrat Quarzsand behandelt wurden, *B. tetracolum* immer empfindlicher als *P. cupreus* (Tab. 3), während dies bei topikaler Applikation nicht galt. Vergleichende Ergebnisse zwischen Arten, erzielt mit topikaler Applikation, repräsentieren daher nicht immer den „realistic worst case“. Die natürliche Exposition verschiedener Species muß daher mit berücksichtigt werden.

WILES und JEPSON (1993) berechnen aus der Aktivität und der Berührungsfläche verschiedener Arten mit dem Untergrund einen Gefährdungsindex für die Art und setzen sie in Beziehung zu der mit topikaler Exposition ermittelten Sensitivität. Die Rangfolge der Gefährdung bei Betrachtung nur der Sensitivität oder unter Beachtung auch der Aktivität und Berührungsfläche unterschieden sich zum Teil deutlich.

Tab. 3: Empfindlichkeit von imaginalen *Poecilus cupreus* und *Bembidion tetracolum* im Standardlaborversuch bei 20 °C auf Quarzsand gegenüber verschiedenen Insektiziden (je 30 Versuchstiere).

Insektizid Aufwandmenge	Testart	Käfer tot oder mit Vergiftungssymptomen in %		
		nach 1 Tag	nach 2 Tagen	nach 7 Tagen
Pyrazophos 294 g a.i. · ha ⁻¹	<i>P. cupreus</i>	70	67	63
	<i>B. tetracolum</i>	97	97	100
Cyfluthrin 15 g a.i. · ha ⁻¹	<i>P. cupreus</i>	97	63	20
	<i>B. tetracolum</i>	100	100	53
Fluvalinat 216 g a.i. · ha ⁻¹	<i>P. cupreus</i>	33	3	0
	<i>B. tetracolum</i>	97	93	60
Oxydemeton-methyl 331,2 g a.i. · ha ⁻¹	<i>P. cupreus</i>	0	0	0
	<i>B. tetracolum</i>	70	77	83

Wenn anhand des in Tab. 1 angegebenen ED₅₀-Wertes für *P. cupreus* und lambda-Cyhalothrin (35,6 µg a.i. · g⁻¹) das Risiko für diese Art abgeschätzt werden soll, kann man anhand der Körperoberfläche (ca. 60 mm²) sowie der üblichen Aufwandmenge des Produktes im Ackerbau (7,5 g a.i. · ha⁻¹) die Belastung der Tiere bei voller Exposition (direkte Exposition durch „Overspray“) berechnen. Diese entspricht dann 45 ng a.i. je Tier und bei einem Körpergewicht von 63,5 mg je Tier wie im Versuch, 0,71 µg a.i. · g⁻¹ bei voller Exposition im Feld. Dieser Wert liegt etwa 50fach unter dem ermittelten ED₅₀-Wert, was ein Risiko für diese Art ausschließen würde. Die Bedeutung der Aktivität der Tiere für die Wirkstoffaufnahme zeigt sich deutlich aus dem Standardlaborversuch mit Applikation der Prüfmittel auf Tiere auf Quarzsand. Hier liegt der ED₅₀-Wert (vgl. Tab. 6) in etwa auf Höhe der Feldrate von 150 ml · ha⁻¹ (7,5 g a.i. · ha⁻¹). In Halbfreilandversuchen mit derselben Prüftierart wurde bei ungünstigen Bedingungen eine Mortalität von 50 % und mehr bei Aufwandmengen von unter 7,5 g a.i. · ha⁻¹ gefunden (HEIMBACH UND ABEL, 1994). Die Aufnahme von Wirkstoff in den Körper über den Kontakt beim Laufen ist daher sehr wichtig. Die Bedeutung der Aktivität der Tiere scheint sich aber auch zwischen verschiedenen Tiergruppen zu unterscheiden. Beim Vergleich von Wolfsspinnen und *P. cupreus* zeigt sich, daß sich die Sensitivität bei topikaler

Behandlung mit lambda-Cyhalothrin um mehr als 100fach unterscheidet (Tab. 1), im Standardlaborversuch liegen diese Unterschiede jedoch unter einem Faktor von 10. Bei der Versuchsmethodik mit Behandlung der Tiere auf Quarzsand lag der LD₅₀-Wert von lambda-Cyhalothrin für Wolfsspinnen bei etwa 1,5 g a.i. · ha⁻¹ (Tab. 4), dabei zeigten sich kleinere Individuen empfindlicher als größere. Bei den Laufkäfern (Tab. 6) waren es dagegen gut 7,5 g a.i. · ha⁻¹.

Tab. 4: Empfindlichkeit (LD₅₀ g a.i. · ha⁻¹, nach 14 Tagen) von im Herbst gesammelten *Pardosa* spp. mit verschiedenem Körpergewicht im Standardlaborversuch bei 20 °C auf Quarzsand gegenüber lambda-Cyhalothrin (20 Versuchstiere bzw. 10 für jede Gewichtsgruppe je Dosisstufe)

LD ₅₀ in g a.i. · ha ⁻¹ (95 % Vertrauensbereich)		
alle Spinnen	kleinere Spinnen	größere Spinnen
12,2 mg	8,3 mg	16,1 mg
1,4 (0,8 - 2,5)	1,3 (0,7 - 2,6)	2,0 (1,2 - 3,2)

Bei Dimethoat liegt der Feldaufwand zumeist bei 240 g a.i. · ha⁻¹. Daraus ergibt sich für *P. cupreus* bei voller Exposition des Körpers bei der Behandlung eine Belastung von 22,7 µg a.i. · g⁻¹ bezogen auf das Körpergewicht, was deutlich über dem Wert in Tab. 1 liegt. Im Standardlaborversuch werden 50 % Mortalität mit diesem Wirkstoff bei etwa 50 g a.i. · ha⁻¹ bis 100 g a.i. · ha⁻¹ erreicht. Für Larven von *P. cupreus* lag der LD₅₀ in LUFA 2.1 Boden bei 26,6 g a.i. · ha⁻¹ (95% Vertrauensbereich: 8,8 - 40,3) in eigenen Laborversuchen. Auch FÖRSTER (1991) errechnet LD₅₀-Werte von Dimethoat für Larven und Imagines des Carabiden *Platynus dorsalis* und für Imagines des Staphyliniden *Tachyporus hypnorum*, die bei behandeltem Boden zwischen 50 g · ha⁻¹ und 75 g · ha⁻¹ liegen. Für diesen Wirkstoff läßt sich das Risiko für die hier behandelten Tiergruppen also anhand der Ergebnisse aus topikaler Applikation unter Verwendung von Sicherheitsfaktoren einigermaßen abschätzen. Außerdem scheinen die Werte für verschiedene Carabiden- und Staphylinidenarten ähnlich hoch zu sein.

Die Sensitivität verschiedener Arten, unbeeinflusst von der Exposition (Aktivität und Lebensraum), scheint also innerhalb nah verwandter Tierarten nicht zu weit auseinander zu

liegen. Bei λ -Cyhalothrin und dem Vergleich von *P. cupreus* und *Pardosa* spp. (Tab. 1) unterscheiden sich die Werte aber um mehr als das 100fache.

Unterschiede der Reaktion verschiedener Arten auf Pflanzenschutzmittel, ermittelt durch topikale Applikation oder im Feld, sind bedingt durch unterschiedliche „potentielle“ Sensitivität und Exposition dieser Arten. Je nach Wirkungsweise (Atem-, Fraß- oder Kontaktgift) und physikalisch chemischen Eigenschaften (Persistenz, Bioverfügbarkeit) des Mittels, läßt sich anhand von Labordaten ein Risiko für das Feld abschätzen oder nicht.

Einen Sonderfall stellen auch Mittel mit Attraktivität für die Prüftiere dar. In Versuchen mit verschiedenen Schneckenkorngpräparaten reagierten verschiedene Carabidenarten sehr unterschiedlich, sie unterlagen hoher Mortalität oder zeigten fast keinerlei Reaktion (BÜCHS et al., 1989). Eine solch hohe artspezifische Selektion dürfte wohl allgemein für Fraßgifte gelten. Eine Übertragung von Ergebnissen, erzielt mit Laufkäfern, auf z. B. phytophage Blattkäfer ist sicher unmöglich. Hier ist eine Vorhersage der Wirkungen auf nicht geprüfte Arten nur bei umfassender Kenntnis der Biologie und Ökologie der Arten möglich.

Neben Artunterschieden sollte auch die möglicherweise unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Stadien und physiologischer Zustände innerhalb einer Art beachtet werden. Dies kann vor allem bei Verwendung von im Feld gefangenen Tieren zu Empfindlichkeitsunterschieden führen, die bei der Interpretation aber beachtet werden müssen. So wurden deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Stadien einer Art bestimmt, wobei die Unterschiede bis zu einem Faktor 10 betragen (Tab. 2, 5). Larven der Käfer waren empfindlicher als adulte Tiere. Dies zeigte sich auch in Laborversuchen mit *P. cupreus*, in denen die LD_{50} -Werte für Dimethoat bei Imagines auf Quarzsand bei $50 \text{ g a.i.} \cdot \text{ha}^{-1}$ bis $100 \text{ g a.i.} \cdot \text{ha}^{-1}$ gegenüber einem Wert von $26,6 \text{ g a.i.} \cdot \text{ha}^{-1}$ auf sandigem Boden bei Larven lagen. Auch EGHTEGAR (1969) fand, daß Larven von zwei Staphylinidenarten empfindlicher waren als adulte Tiere. Das Eistadium war am stärksten geschützt, was bei Beachtung der Exposition noch mehr gilt, da Eier bei vielen Arten nicht direkt exponiert sind. KJÆR und HEIMBACH (in Vorbereitung) fanden aber ähnliche Werte für die Empfindlichkeit von Eiern und Larven des Blattkäfers *G. polygoni* nach topikaler Applikation mit Dimethoat.

Tab. 5: Toxizität von Dimethoat bezogen auf das Körpergewicht (LD_{50} in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$) nach 7 Tagen gegenüber verschiedenen Stadien von *Philonthus cognatus*, bestimmt durch topikale Applikation

Teststadium Anzahl Stadien je Dosis	Temperatur °C	LD_{50} $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$
Eier (20)	20	$20,99 \pm 6,62$
Erstes Larvenstadium (9)	15	$2,39 \pm 0,44$
Zweites Larvenstadium (9)	15	$3,85 \pm 0,47$
Adulte (20)	20	$5,78 \pm 0,83$

Adulte Tiere unterschiedlicher Physiologie (vor/nach der Diapause) reagierten ebenfalls verschieden (Tab. 1). Dieser Befund wurde auch in Halbfreilandversuchen mit *P. cupreus* bestätigt (Abb. 2). Ähnliches wurde auch bei Wolfsspinnen gefunden (WEHLING, 1995).

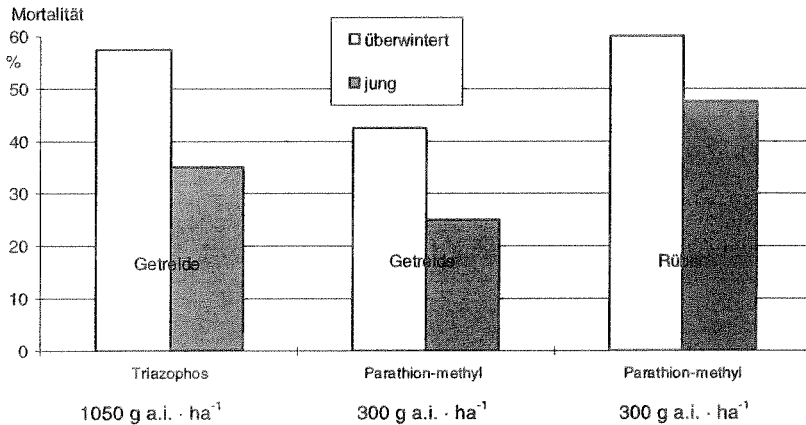


Abb 2.: Mortalität von jungen, bzw. überwinterten *Poecilus cupreus* in Halbfreilandversuchen in verschiedenen Kulturen 14 Tage nach Applikation im Frühsommer (40 Versuchstiere).

Individuen einer Art, bei denen während der Aufzucht im Labor unterschiedliche Futtervarianten gegeben wurden, die sich auch auf die Larvalentwicklungszeit und das

Schlüpfgewicht auswirkten, reagierten nur geringfügig unterschiedlich in ihrer Empfindlichkeit, allerdings war die Gruppe mit dem niedrigsten Gewicht empfindlicher als die schwereren Tiere (Tab. 6).

Tab. 6: Empfindlichkeit (ED_{50} in $ml \cdot ha^{-1}$) von imaginalen *Poecilus cupreus* aus verschiedenen Aufzuchtvarianten im Standardlaborversuch bei 20 °C auf Quarzsand gegenüber Desgan (Propiconazol, $125 g \cdot l^{-1}$ plus Pyrazophos, $295 g \cdot l^{-1}$) und Karate (lambda-Cyhalothrin, $50 g \cdot l^{-1}$) (Käfer tot oder mit schweren Vergiftungssymptomen, 24 Versuchstiere je Dosisstufe)

Futter- variante	Schlüpf- gewicht in mg	Gewicht vor dem Test in mg	Larvalent- wicklungs- zeit in d	ED_{50} in $ml \cdot ha^{-1}$ (95% Vertrauensbereich)			
				Desgan		Karate	
				nach 2 d	nach 7 d	nach 2 d	nach 7 d
A	54,4	80,9	40,6	829 (720-954)	806 (699-931)	110 (92-131)	148 (n.b.)
A _{große}		89,1		983 (680-1422)	1098 (651-1852)	111 (92-133)	194 (141-268)
A _{kleine}		69,1		674 (599-759)	709 (632-795)	100 (82-123)	150 (120-187)
B	54,7	83,8	37,4	844 (713-998)	765 (687-852)	171 (116-253)	199 (n.b.)
C	67,4	98,8	37,2	869 (666-1136)	848 (658-1092)	101 (85-119)	226 (111-462)
D	65,2	96,4	37,5	797 (704-902)	811 (728-903)	177 (119-263)	217 (n.b.)

A = Mehlwurm 1 x je Woche; A_{große} = wie A, nur große Tiere; A_{kleine} = wie A, nur kleine Tiere

B = Fliegenpuppe 2 x je Woche

C = Fliegenpuppe 3 x je Woche, nach 10 d 2 x je Woche Fliegenmade

D = Fliegenmade 3 x je Woche, nach 10 d 2 x je Woche

n.b. = nicht bestimmbar

Diese Beobachtung trifft auch für Wolfsspinnen zu (Tab. 4) und wird durch WEHLING (1995) bestätigt. LEPRINCE et al. (1992) fanden niedrigere LD_{50} -Werte für gefütterte Fliegen im

Vergleich zu ungefütterten Versuchstieren. Dieser Unterschied war bei Bezug auf das Körpergewicht größer als bei Bezug auf das Individuum.

Literatur

- BÜCHS, W.; HEIMBACH, U. UND CZARNECKI, E., 1989: Effects of snail baits on non-target carabid beetles. BCPC Mono. Nr. 41, Slugs and Snails in World Agriculture: 245-252.
- CROFT, B.A., 1990: Arthropod biological control agents and pesticides. J. Wiley, New York, 723 S.
- DINTER, A., 1995: Untersuchungen zur Populationsdynamik von Spinnen (Arachnida: Araneae) in Winterweizen und deren Beeinflussung durch insektizide Wirkstoffe. Dissertation Universität Hannover, 383 S.
- EGHTEDAR, E., 1969: Die Empfindlichkeit von *Philonthus fuscipennis* Mannh. und *Tachyporus hypnorum* L. (Col., Staphylinidae) gegenüber Insektiziden. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig) **21**: 182-185.
- FÖRSTER, P., 1991: Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf Larven und Adulte von *Platynus dorsalis* (Pont.)(Coleoptera: Carabidae) und auf Adulte von *Tachyporus hypnorum* (L.) (Coleoptera: Staphylinidae) in Labor-, Halbfreiland- und Freilandversuchen. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen, 133 S.
- FORSTER, R., HEIMBACH, U., KULA, C. UND ZWERGER, P. (1996): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **48**: 275-279.
- HASSAN, S. A., BIGLER, F., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BRUN, J., CALIS, J. N. M., COREMANS-PELSENEER, J., DUSO, C., GROVE, A., HEIMBACH, U., HELYER, N., HOKKANEN, H., LEWIS, G. B., MANSOUR, F., MORETH, L., POLGAR, L., SAMSOE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., STÄUBLI, A., STERK, G., VAINIO, A., VEIRE, M. VAN DE, VIGGIANI, G. UND VOGT, H., 1994: Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". Entomophaga **39**: 107-119.
- HEIMBACH, U., 1992: Laboratory method to test effects of pesticides on *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae). IOBC/WPRS Bull. **15**/3: 103-109.
- HEIMBACH, U. UND ABEL, C., 1994: Comparison of effects of pesticides on adult carabid beetles in laboratory, semi-field and field experiments. IOBC/WPRS Bull. **17**/10: 99-111.

- HEIMBACH, U., BÜCHS, W. UND ABEL, C., 1992: Semifield method close to field conditions to test effects of pesticides on *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera, Carabidae). IOBC/WPRS Bull. **15/3**: 159-165.
- JEPSON, P.C., EFE, E. UND WILES, J.A., 1995: The toxicity of dimethoate to predatory Coleoptera: Developing an approach to risk analysis for broad-spectrum pesticides. Arch. Environ. Contam. Toxicol. **28**: 500-507.
- KJÆR C. UND HEIMBACH, U. (in Vorbereitung): Temperature effects on intrinsic toxicity of dimethoate and cypermethrin to egg and larva instars of *Gastrophysa polygoni* L. at constant and fluctuating temperatures.
- KULA, H., HEIMBACH, U. UND LØKKE, H. (Hrsg.), 1995: Development, improvement and standardization of test systems for assessing sublethal effects of chemicals on fauna in the soil ecosystem. Progress Report 1994 of SECOFASE, Third Technical Report, 165 S.
- LEPRINCE, D.J., HRIBAR, L.J. UND FOIL, L.D., 1992: Evaluation of the toxicity and sublethal effects of lambda-cyhalothrin against horse flies (Diptera: Tabanidae) via bioassays and exposure to treated hosts. Bull. entomol. Res. **82**: 493-497.
- METGE, K., 1996: Entwicklung von Laborzuchtmethoden und ökotoxikologischen Prüfverfahren für Kurzflügler, insbesondere *Philonthus cognatus* (Staphylinidae, Coleoptera). Dissertation TU Braunschweig, 118 S.
- TURNER, D. E., 1993: The effect of post-treatment temperature on the toxicity of lambda-cyhalothrin and dimethoate to the aphids *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*. Interner Forschungsreport, BBA.
- WEHLING, A., 1995: Zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Spinnen (Araneae) im Freiland und Labor. Dissertation TU Braunschweig, 150 S.
- WILES, J. A. UND JEPSON, P.C., 1993: An index of the intrinsic susceptibility of non-target invertebrates to residual deposits of pesticides. In: DONKER, M. H., EIJSACKERS, H. UND HEIMBACH, F. (Hrsg.): Ecotoxicology of soil Organisms. Lewis Publishers: 287-301.

Danksagung

Herrn Dr. Köllner sei gedankt für die Überlassung von *O. sulcatus* aus der Zucht im Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau der BBA.

Karl - Heinz Berendes

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
 Institut für Pflanzenschutz im Forst, Braunschweig

Untersuchungen zur Ermittlung der Sensitivität des Ameisenbunkäfers (*Thanasimus formicarius* L.) gegenüber dem Dimethoat-haltigen Pflanzenschutzmittel Rogor im Labor

Studies on the sensitivity of *Thanasimus formicarius* L. to dimethoate formulated as Rogor under laboratory conditions

Zusammenfassung

Für die Aufstellung einer Dosis-Wirkungsbeziehung für den Ameisenbunkäfer (*Thanasimus formicarius* L.) wurden im Labor dorsal mit einem Mikroappikator unterschiedliche Wirkstoffdosierungen des Dimethoat-haltigen Pflanzenschutzmittels Rogor appliziert. Die LD₅₀ betrug 0,4 % (95%VB: 0,3 % - 0,6 %), entsprechend 0,372 µg Dimethoat je Käfer. Bezieht man für einen Vergleich der Sensitivität von *Thanasimus formicarius* mit anderen Nichtzielorganismen diese Dimethoatmenge auf ein durchschnittliches Körpergewicht erhält man eine LD₅₀ von 19,237 µg a.i. · g⁻¹. Auf eine durchschnittliche Körperoberfläche eines Ameisenbunkäfers bezogen, die für eine vorläufige Risikoabschätzung hilfreich sein kann, ergibt sich ein Wert von 1,983 µg a.i. · cm⁻².

Abstract

To investigate the dose-response-relationship for *Thanasimus formicarius* L. in the laboratory, a number of different quantities of a formulated product containing dimethoate (Rogor) were applied dorsally using a Microapplicator. The LD₅₀ was determined 0,4 % (95%CL: 0,3 % - 0,6 %), or 0,372 µg dimethoat per beetle, respectively. To compare the sensitivity of *Thanasimus formicarius* to other species, and taking into account the mean body weight, the LD₅₀-value is calculated 19,237 µg a.i. · g⁻¹. If the mean body surface is considered, what might be helpful for a preliminary risk assessment, the LD₅₀-value is calculated 1,983 µg a.i. · cm⁻².

Einleitung

Die nur wenige Millimeter großen Borkenkäfer befallen in erster Linie geschwächte, stehende Bäume und liegende sowie frisch eingeschlagene nicht entrindete Stämme. Wertvolle Nadelholzpolter sind in den Frühjahrs- und Sommermonaten durch Käferbefall gefährdet und werden daher, insbesondere während einer Borkenkäfer-Massenvermehrung und bei schleppendem Holzabsatz, mit Insektiziden tropfnaß gespritzt. In manchen Jahren werden bis zu 20 % des jährlichen Holzeinschlages mit Pflanzenschutzmitteln behandelt (WULF und WICHMANN, 1989).

Von solchen Pflanzenschutzmaßnahmen kann ein wichtiger Gegenspieler der Borkenkäfer (NIERHAUS-WUNDERWALD, 1993b), der Ameisenbunkkäfer (*Thanasimus formicarius*), betroffen sein. In einem Ringversuch wurden unterschiedliche Insektenarten mit dem gleichen Pflanzenschutzmittel behandelt. Ziel dieses Ringversuchs war, durch interspezifische Sensitivitätsvergleiche zu prüfen, inwieweit spezielle toxikologische Daten für *Thanasimus formicarius* auch von anderen Arthropoden abgeleitet werden könnten. Um die Auswirkungen des Insektizids Rogor auf diesen Nichtzielorganismus im Forst abschätzen zu können, wurden diesem Nützling im Labor dorsal mit einem Mikroappikator unterschiedliche Wirkstoffdosierungen appliziert. Ziel dieser Untersuchung ist die Aufstellung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung für Dimethoat (Ermittlung der LD₅₀ in g a.i. je Tier bzw. eine ED₅₀), die eine Beurteilung der Sensitivität des Ameisenbunkkäfers im Vergleich zu anderen Nutzarthropoden erlaubt.

Autökologischer Steckbrief des Ameisenbunkkäfers (*Thanasimus formicarius* L.)

Der Ameisenbunkkäfer ist fast in der ganzen Paläarktis verbreitet und kommt im Norden bis Nordschweden vor; auf den Britischen Inseln jedoch nur lokal. Sein Habitat sind Nadelwälder von der Tiefebene bis in die Gebirgszonen. Vor allem in Jahren mit stärkerem Borkenkäfervorkommen ist er sehr häufig anzutreffen (ZAHRADNÍK, 1985).

Der 7 mm bis 10 mm lange Käfer ist schwarz und rotbraun gefärbt. Der Kopf und die Flügeldecken sind schwarz, die Flügeldecken besitzen außerdem noch je einen roten Schulterfleck sowie 2 weiße, gebuchtete Querbinden. Die Unterseite ist ganz rot und der

Halsschild überwiegend rot. Die Fühlerenden sind klöppelförmig verdickt (CHINERY, 1986; HARDE und SEVERA 1988; STARÝ, 1990; GERSTMEIER, 1992; FORTMANN, 1993).

Die Larven können eine Länge von bis zu 13 mm erreichen. Sie sind rosarot, langgestreckt und kurzbeinig. Das Hinterleibsende ist hornig gegabelt. Die erwachsene Bunkäferlarve ist rosagelb gefärbt; sowohl ihr Vorderkörper als auch zwei auffällige Auswüchse am Abdomenende sind stark sklerotisiert (BENZ und ZUBER, 1993). Die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum adulten Käfer beträgt nach HEIDGER (1994) im Labor 101 bis 179 Tage (4 [6] Stadien).

Das Weibchen legt im Frühjahr (März bis Mai) 20 bis 30 Eier unter Rindenschuppen ab. Die stark behaarten Junglarven ernähren sich zunächst von Eiern und frisch geschlüpften Borkenkäferlarven, später dann von älteren Borkenkäferlarven, Puppen und jungen Borkenkäfern. *Thanasimus formicarius* verpuppt sich meist im Herbst unter der Rinde, jedoch ist auch eine Überwinterung als Puppe, Altlarve oder Imago möglich (JACOBS und RENNER, 1974; STARÝ, 1990).

Die Hauptbeute des Ameisenbunkäfers sind verschiedene Borkenkäfer-Arten (GAUß, 1954). Der Gesamtbeutekonsum der Adulten beträgt im Labor pro Lebensspanne und in Abhängigkeit von der Temperatur 44 bis 109 Käfer (*Ips typographus* L.). Der Beuteverzehr der Larven wird angegeben mit 48 Buchdruckerlarven (*Ips typographus*). Der Käfer jagt schwärmende Borkenkäfer, die sich auf Waldbäumen oder auf eingeschlagenem Holz niederlassen (LANGEWALD, 1989). Mit den Mandibeln ergreift er die Beute und hält sie mit den Vorderbeinen fest. Er entfernt dann Schild und Elytren und frißt die weichen Körperteile. Auch die Larve ist bei der Beuteverfolgung sehr flink. In den Gängen der Borkenkäfer bewegt sie sich, auch rückwärts laufend, sehr geschickt (STARÝ, 1990; FORTMANN, 1993).

Die Lebensdauer der Imagines schwankt nach HEIDGER (1994) zwischen 113 bis 282 Tagen (Labor). Das Larvenstadium beträgt 80 bis 120 Tage (Labor). Die Dauer des Puppenstadiums wird angegeben mit 36 bis 38 Tage (Labor). Die mittlere Eizahl pro Weibchen liegt zwischen 3 bis 71 (Labor, Spannweite: 3 bis 159).

Material und Methoden

Die im Versuch verwendeten adulten Ameisenbunkäfer (*Thanasimus formicarius*) stammten aus der institutseigenen Laborzucht. Die Tiere der 1. Versuchsreihe waren 3 bis 18 Wochen

alt, die der 2. Versuchsreihe 2 bis 9 Wochen. Die Versuchstiere wurden während des Versuchs einzeln in kreisrunden Bellaplastschalen mit einem Durchmesser von 10 cm gehalten. Die Schalen waren mit einem Kunststoffdeckel verschlossen, der in der Mitte zwecks Luftzirkulation von einem Gazeteil durchbrochen war. Der Boden war mit einem Gemisch aus Gips und Aktivkohle im Verhältnis 10:1 bis ca. 0,5 cm bedeckt. Jede Versuchsvariante bestand aus mindestens 10 Tieren. Als Prüfmittel wurde das Pflanzenschutzmittel Rogor eingesetzt, ein emulgierbares Konzentrat. Der Wirkstoffgehalt (Dimethoat) des Mittels betrug $404 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Das Prüfmittel wurde *Th. formicarius* dorsal mittels eines Handmikroapplikators der Firma Burkard appliziert. Die Tröpfchengröße betrug 230 nl. Der Versuch der topikalen Applikation bestand aus 4 Versuchsgliedern (siehe Tab. 1). Die Wirkung auf *Th. formicarius* wurde 1, 2, 3, 4, 7 und 14 Tage nach der Behandlung bonitiert. Erfasst wurden die Vitalitätsparameter: lebend, krank, Rückenlage und tot. Die ED₅₀-Werte wurden über eine Probitanalyse mit dem Programm EASY ASSAY 'Critical Values' der Firma Spirit berechnet. Die 1. Versuchsreihe begann am 04. Dezember 1995 und die 2. am 19. Februar 1996.

Die Körperoberfläche der Käfer wurde mit dem Interactive Image Analysis System (IBAS) der Firma Kontron ermittelt. Die Videokamera erfaßte 30 Grauwertstufen. Die Messung der Körperoberfläche von 42 *Thanasimus formicarius* mit dem IBAS ergab im Mittel eine Fläche von $18,748 \text{ mm}^2$ (Std. Dev. 3,731, Std. Error 0,576, Max. 31,120 Min. 13,730). Die Gewichtsbestimmung von 19 zufällig ausgewählten Ameisenbuntkäfern ergab ein Durchschnittsgewicht von 19,321 mg (Std. Dev. 5,014, Std. Error 1,150, Max. 27,200, Min. 9,000).

Tab. 1: Versuchsaufbau der topikalen Applikation zur Ermittlung der Sensitivität des Ameisenbuntkäfers (*Thanasimus formicarius*) gegenüber Dimethoat

Konzentrationsstufen Präparat %	Anzahl Versuchstiere		applizierte Wirkstoffmengen bezogen auf		
	1. Versuch	2. Versuch	das Tier μg	die Körper- oberfläche $\mu\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$	das Körper- gewicht $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Kontrolle	10	18	0,0000	0,0000	0,0000
0,1	20	18	0,0929	0,0050	4,8085
0,5	20	18	0,4646	0,0248	24,0477
1,0	13	18	0,9292	0,0496	48,0850

Ergebnisse und Diskussion

Nach FORSTER et. al. (1996) ist es erforderlich, Möglichkeiten für eine Extrapolation der Risikoabschätzung von geprüften Nichtzielorganismen auf andere, nicht prüfbare Organismen zu untersuchen. Für einen Vergleich der Sensitivität von *Thanasimus formicarius* mit anderen Nichtzielorganismen war daher als Bezugsgröße die ED₅₀ zu ermitteln. In den vorliegenden Untersuchungen sollte dies exemplarisch für das Insektizid Rogor mit dem Wirkstoff Dimethoat erfolgen.

Die Häufigkeit der erkrankten Tiere nahm vom 1. bis zum 4. Versuchstag kontinuierlich über alle Konzentrationsreihen ab. Am 7. Tag nach der Behandlung mit dem Dimethoat-haltigen Pflanzenschutzmittel Rogor war die Gruppe der kranken Tiere nicht mehr vertreten, diese Gruppe war zu diesem Zeitpunkt entweder verendet oder hatte die Kontamination mit dem Pflanzenschutzmittel überlebt. Die Berechnung der Dosis, bei der am 7. Tag nach der Applikation mit Rogor 50 % der behandelten *Thanasimus formicarius* abstarben, lag für beide Versuchstermine bei einer Pflanzenschutzmittelkonzentration von 0,4 % (95%VB: 0,3 % - 0,6 %). Die ED₅₀-Werte betragen für den 1. Versuch 0,6 % (95%VB: 0,4 % - 0,8 %) und für den 2. Versuch 0,4 % (95%VB: 0,2 % - 0,5 %).

In der Tab. 2 sind die Mortalitäten von *Thanasimus formicarius* für die Konzentrationsstufen über alle Boniturtermine dargestellt.

Tab. 2: Gesamtmortalität in Prozent von *Thanasimus formicarius* nach topikalen Applikation des Pflanzenschutzmittels Rogor, 1. und 2. Versuchstermin

Konzentrationsstufen Präparat %	Anzahl	Gesamtmortalität in % Tage nach Behandlung					
		1	2	3	4	7	14
Kontrolle	28	0,0	3,6	7,1	7,1	10,7	14,3
0,1	38	0,0	2,6	2,6	5,3	5,3	5,3
0,5	38	0,0	28,9	39,5	50,0	57,9	73,7
1,0	31	3,2	41,9	58,1	67,7	77,4	90,3

Durch eine mehrwöchige Verschiebung des ersten Versuchstermins auf den 04. Dezember 1995 traten in der Kontrollgruppe bis zum Ende des Boniturtermins Mortalitäten von bis zu

30 % auf. Die Tiere dieser Kontrollgruppe entstammten einer um 3 - 4 Wochen früheren Zuchtperiode als die der anderen Prüfvarianten. Aus der Gegenüberstellung der Daten des ersten und des zweiten Versuchstermins wurde ersichtlich, daß die Kontrollgruppe zum Ende des Versuchszeitraums in die Seneszensphase eintrat, was die hohe Mortalität im 1. Versuch erklärt.

Abb. 1 veranschaulicht die relativen Häufigkeiten in den Vitalitätsgruppen: lebend, krank und tot 7 Tage nach der Behandlung.

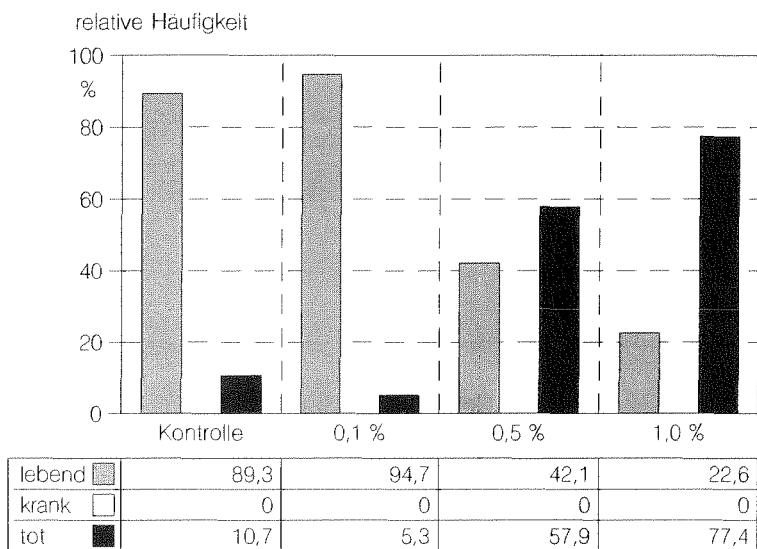


Abb. 1: Häufigkeiten in den Vitalitätsgruppen: lebend, krank, tot in Prozent 7 Tage nach der Behandlung von *Thanasimus formicarius* mit dem Dimethoat-haltigen Pflanzenschutzmittel Rogor

Die LD₅₀ wurde mit 0,4 % Rogor, entsprechend 0,372 µg Dimethoat bestimmt. Bezieht man diese Dimethoatmenge auf die durchschnittliche Körperoberfläche von *Thanasimus formicarius*, dann ergibt sich hieraus ein Wert von 1,983 µg · cm⁻², auf ein durchschnittliches Körpergewicht eines Ameisenbuntkäfers bezogen, erhält man eine kritische Dosis von 19,237 µg · g⁻¹. Diese Werte stimmen gut mit den von HEIMBACH et al. (1997) ermittelten LD₅₀-Werten für Arten aus der Familie Carabidae überein. Ein Risiko für *Thanasimus*

formicarius aufgrund von Abtrift kann für den Wirkstoff Dimethoat vermutlich ausgeschlossen werden ($TER_{1m} = 20$).

Literatur

- AMANN, G., 1976: Kerfe des Waldes. Melsungen: Verlag J. Neumann-Neudamm: 99 - 100.
- BENZ, G. und ZUBER, M., 1993: Die wichtigsten Forstinsekten der Schweiz und des angrenzenden Auslandes. Zürich: Verlag der Fachvereine: 23.
- CHINERY, M., 1986: Pareys Buch der Insekten. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey: 328 S.
- FORSTER, R.; HEIMBACH, U.; KULA, C. und ZWERGER, P., 1996: Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen. Diskussionspapier zur Risikoabschätzung und Risikominimierung für terrestrische Nichtzielorganismen (Flora und Fauna). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 48 (12), 275 - 279.
- FORTMANN, M., 1993: Das große Kosmosbuch der Nützlinge. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung: 319 S.
- GAUß, R., 1954: Der Ameisenbuntkäfer *Thanasimus* (Clerus) *formicarius* Latr. als Borkenkäferfeind. In: Wellenstein, G.: Die große Borkenkäferkalamität in Südwest-Deutschland. 417 - 429.
- GERSTMEIER, R., 1992: Käfer. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung: 59.
- HARDE, K.-W. und SEVERA, F., 1988: Der Kosmos-Käferführer. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung: 352 S.
- HEIDGER, CH. M., 1994: Die Ökologie und Bionomie der Borkenkäfer-Antagonisten *Thanasimus formicarius* L. (Cleridae) und *Scoloposcelis pulchella* Zett. (Anthocoridae): Daten zur Beurteilung ihrer prädatorischen Kapazität und der Effekte beim Fang in Pheromonfallen. Dissertation im Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg: 317.
- HEIDGER, CH. M., 1995: Die Bedeutung des Ameisenbuntkäfers (*Thanasimus formicarius*, Cleridae) als Antagonist des großen Buchdruckers (*Ips typographus*, Scolytidae). Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 10. 79 - 81.
- HEIMBACH, U., U. HOFFMANN, K. METGE und A. WEHLING, 1997: Vergleichende Untersuchungen zur Sensitivität von verschiedenen Käferarten und Wolfsspinnen gegenüber Insektiziden. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. (in diesem Heft).

- JACOBS, W. und RENNER, M., 1974: Taschenlexikon zur Biologie der Insekten. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 119.
- STARÝ, B., 1990: Atlas der nützlichen Forstinsekten. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag: 120 S.
- LANGEWALD, J., 1989: Ein Beitrag zur Habitatselektion des Ameisenbunkkäfers, *Thanasimus formicarius* L. (Col., Cleridae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 62, 88 - 90.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 1993a: Liste der Borkenkäfer-Antagonisten. Selbstverlag der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. 35 S.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 1993b: Die natürlichen Gegenspieler der Borkenkäfer. Wald und Holz. (1).
- WULF, A. und WICHMANN, CH., 1989: Über Art und Umfang der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel im Forst. Erhebungsdaten aus den Forstwirtschaftsjahren 1976, 1985 und 1986. Mitt. a. d. Biol. Bundesanst. H. 255. Berlin und Hamburg: Kommissionsverlag Paul Parey.
- ZAHRADNIK, J., 1985: Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey: 191 - 192.

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Burow (BBA/FA) für die Vermessung der Versuchstiere.

Heidrun Vogt und Jürgen Just

Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim

Ermittlung der letalen Dosis (LD₅₀) von fünf Insektiziden für *Adoxophyes orana* (Lepidoptera, Tortricidae) und *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae)

Toxicity of five insecticides to *Adoxophyes orana* (Lepidoptera, Tortricidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae)

Zusammenfassung

Für fünf Insektizide wurden die Mortalitätsraten von *A. orana* und *C. carnea* nach topikaler Applikation verschiedener Mengen in Wasser bzw. Aceton gelöster Präparate bestimmt und anhand dieser nach dem Probit-Verfahren die LD₅₀-Werte errechnet. Es ergaben sich unterschiedliche Empfindlichkeiten der Arten sowie bei *C. carnea* der Entwicklungsstadien (Larven, Imagines). Bei den Larvenstadien erwies sich *C. carnea* am empfindlichsten gegenüber Karate (lambda-Cyhalothrin), E 605 (Ethyl-Parathion) und Roxion (Dimethoat) (LD_{50(72h)} in µg a.i. · g⁻¹: 9,83, 14,83, 20,64), *A. orana* gegenüber Karate und E 605 (LD_{50(72h)} in µg a.i. · g⁻¹: 0,11, 10,3 bzw. 11,03). Pirimor (Pirimicarb) und Thiodan (Endosulfan) verursachten keine Mortalität bei *C. carnea*, bei *A. orana* galt dies für Roxion und Pirimor. Dagegen führte Thiodan bei *A. orana* zu Mortalitäten, die LD₅₀ lag jedoch mit 276,78 µg a.i. · g⁻¹ sehr hoch. Die Imagines von *C. carnea* reagierten auf E 605, Roxion und Karate empfindlicher als die Larven, die Männchen empfindlicher als die Weibchen. Es wird versucht, anhand des Vergleiches der LD₅₀-Werte pro mm² Körperoberfläche der Tiere mit den Pflanzenschutzmittelbelägen pro mm² Blattfläche eine Risikoabschätzung für die Arten unter Praxisbedingungen durchzuführen. Die Einschränkungen für solch eine Vorgehensweise werden diskutiert.

Abstract

The mortality rates of *A. orana* and *C. carnea* after topical application of different doses of five insecticides were determined and used for the calculation of LD₅₀ values by probit-analysis. Different sensitivities between the species and between the larvae and adults of *C. carnea* were revealed. With regards to the larval instars, *C. carnea* was most sensitive to

Karate (lambda-Cyhalothrin), E 605 (Ethyl-Parathion) and Roxion (Dimethoat) ($LD_{50(72h)}$ in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$: 9,83, 14,83, 20,64), *A. orana* reacted most sensitive to Karate and E 605 ($LD_{50(72h)}$ in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$: 0,11, 10,3 bzw. 11,03). Pirimor (Pirimicarb) and Thiodan (Endosulfan) did not induce any mortality in *C. carnea*, in the case of *A. orana* the same was true for Roxion and Pirimor. In contrast, mortalities were observed for *A. orana* after treatment with Thiodan, however, the LD_{50} was very high (276,78 $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$). Adults of *C. carnea* were more sensitive to E 605, Roxion and Karate than larvae, males were more sensitive than females. An attempt was made to estimate the risk for the species under practical conditions by comparing the LD_{50} -values per mm^2 of insect body surface with the pesticide residue per mm^2 of leaf surface. The limitations for such a procedure are discussed.

Einleitung

Im Rahmen der gemeinsamen Forschungsaktivitäten war vorgesehen, Untersuchungen am Beispiel von leicht verfügbaren Arten aus verschiedenen Ordnungen durchzuführen, wobei auch Schad- und Nutzarthropoden in Frage kamen. Im Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim, wurden *Adoxophyes orana* (Lep., Tortricidae), ein Schadschmetterling im Obstbau, und *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) als Vertreter der Prädatoren ausgewählt.

Biologie und Zucht der ausgewählten Arten

Adoxophyes orana

Adoxophyes orana, der Apfelschalenwickler, tritt regelmäßig an verschiedenen Obstarten auf und ist ein wichtiger Schädling, insbesondere am Apfel. Die Falter haben eine Flügelspannweite von 18 mm -22 mm (Weibchen) bzw. 15 mm -19 mm (Männchen). Die Eier sind flach und oval, zitronengelb und werden in Eispiägeln von bis zu 150 Stück abgelegt. Die Larvalentwicklung verläuft über 5 Larvenstadien. Das letzte Larvenstadium wird bis zu 20 mm lang. Die Puppe ist 10 mm -11 mm lang. Die Art hat jährlich 2 Generationen. Die Falter der 1. Generation fliegen ab Ende Mai bis Mitte Juni, die der 2. Generation im August/September. Die Raupen fressen unter seidenen Gespinnsten an der Blattunterseite, später zwischen versponnenen Blättern an den Triebspitzen sowie an den Früchten.

Zucht: Die am Institut vorhandene Zucht stammt aus Freilandabsammlungen von Larven aus den insitutseigenen Versuchsflächen. Jährlich werden Insekten aus dem Freiland in den

Tierbestand eingebracht, um einer Degeneration vorzubeugen. Die Hälterung der Tiere erfolgt in Klimakammern bei 25 °C, 75 % rel. Feuchte und unter Langtag (16 h hell, 8 h dunkel). Die Imagines befinden sich zur Eiablage in Kunststoffröhren (Ø 13 cm, Höhe: 25 cm), deren Öffnungen mit perforierter Klarsichtfolie abgedeckt sind. Die Innenseite der Röhre ist mit Schaumstoff (Stärke: 4 mm) ausgekleidet. Da die Tortricidenweibchen zur Eiablage glatte Oberflächen bevorzugen, werden die Eier vorwiegend auf der oberem, dem Licht zugewandten Folie abgelegt. Die Falter erhalten lediglich Wasser mit Hilfe eines getränkten Wattebausches. Die Anzucht der Larven erfolgt in Polystyrol-Schalen (18 x 13 x 6 cm), an deren Rand ca. 2 cm breite und 4 mm hohe Streifen eines Nährmediums (Rezeptur s.u.) ausgelegt werden. Das Futter wird nach Bedarf erneuert. Puppen werden abgesammelt und bis zum Schlupf in einer perforierten Polystyrolschale über einem Wasserbad aufbewahrt.

Nährmedium: 20 g Agar Agar-Pulver werden in 800 ml Wasser aufgekocht. Nach Abkühlen der Masse werden eingerührt: 50 g Maisgries, 50 g Weizenkeime, 50 g Bierhefe, 4,5 g Ascorbinsäure (in 20 ml Wasser gelöst), 1,8 g Methyl-4-hydroxybenzoat (Nipagin) und 1,8 g Sorbinsäure (beides zusammen in 20 ml Ethanol gelöst). Das Medium wird auf Polystyrolschalen verteilt, 30 min mit UV-Licht bestrahlt und bis zum Gebrauch bei 5° gelagert.

Anzucht und Auswahl der *Adoxophyes orana*-Larven für die LD50-Ermittlung

Bei der Auswahl des geeigneten Larvenstadiums war zu berücksichtigen, daß die Tiere beim Handling nicht verletzt werden und die Larvengröße es erlaubt, einen Tropfen mit einem Volumen von 0,2 µl zu applizieren. Als geeignet erwiesen sich *A. orana*-Larven im dritten Larvalstadium (etwa einen Tag nach der Häutung ins 3. Stadium). Ihr durchschnittliches Gewicht beträgt ca. 2,7 mg - 2,8 mg.

Um etwa 100 möglichst homogene Versuchstiere zu erhalten, wurden vier Eispiegel, deren Ablage innerhalb von 4 Stunden erfolgt war, in einer Polystyrol-Schale (18 x 13 x 6 cm) bebrütet. Nach etwa 3 Wochen ist das für die Versuche benötigte L3-Stadium erreicht (Klimabedingungen wie folgt: 1. Woche 23 °C; 2.-3. Woche 25 °C, 75 % relative Feuchte). Bei der Auswahl der Versuchslarven wurde auf Homogenität geachtet. Die Ermittlung des Versuchstiergewichts erfolgte an Hand einer Stichprobe von 50 L3-Larven, wobei diese jeweils in 5er -Gruppen abgewogen wurden. Eine Einzelwägung war aufgrund des geringen Gewichtes (2,7 mg - 2,8 mg) technisch nicht möglich, da mit der zur Verfügung stehenden Analysenwaage erst ab 10 mg Gewicht sichere Wäageergebnisse erzielt werden können.

Hälterung der *A. orana*-Larven nach Applikation der Pflanzenschutzmittel-Lösungen

Die Larven wurden bei 25 °C, 75 % rel. Feuchte und unter Langtagbedingungen einzeln in kleinen Zuchtdöschen gehältert, in denen Nährmedium enthalten ist.

Chrysoperla carnea

Die Larven der Florfliege, *Chrysoperla carnea*, sind wichtige Prädatoren. Sie ernähren sich polyphag, Blattläuse gehören jedoch zu ihren bevorzugten Beutetieren. Die Larven besitzen kräftige Saugzangen, mit denen sie ihre Beute aussaugen. Die Imagines sind Blütenbesucher und ernähren sich vorwiegend von Pollen und Nektar sowie von Honigtau. Die Ablage der gestielten, grünen Eier erfolgt meist einzeln und überwiegend auf der Unterseite der Blätter. Die Larvalentwicklung verläuft über drei Larvenstadien, im letzten Larvenstadium sind die Tiere etwa 10 mm lang. Die Verpuppung erfolgt in einem Kokon. *C. carnea* hat in Mitteleuropa i. d. R. zwei Generationen, bei günstigen Witterungsbedingungen können es auch drei sein.

Zucht: Die Tiere stammen ursprünglich aus der Laborzucht der BBA-Darmstadt, die regelmäßig mit Tieren aus dem Freiland aufgefrischt wird. Die Zucht erfolgt in Klimakammern bei 23 °C, 70 % rel. Feuchte und unter Langtag. 20 bis 40 Imagines werden in Plastik- oder Glasgefäßen gehalten, die mit einer Baumwoll- oder Nylongaze bespannt sind. Als Nahrung erhalten die Tiere mindestens 2 x wöchentlich ein Nährmedium (nach Hassan, S.A., BBA Darmstadt, mündl. Mittlg.: 15 ml 10%ige Kondensmilch, 1 Ei, 1 Eigelb, 30 g Honig, 20 g Fruktose, 30 g Bierhefe, 50 g Weizenkeime, ca. 45 ml Aqua dest.), das in dünner Schicht an 3-4 Stellen auf die Wände des Zuchtgefäßes aufgetragen wird. Wasser wird permanent angeboten. Die Eiablage erfolgt an die Gaze, die 2-3mal wöchentlich ausgewechselt wird. Die Eier werden in großen Fotoschalen (50 x 40 x 12 cm) bebrütet. Eier der Getreidemotte, *Sitotroga cerealella*, dienen als Futter für die Larven.

Vorbereitung und Anzucht der *Chrysoperla carnea*-Larven für die LD50-Ermittlung

Für die Versuche wurden *C. carnea*-Larven im 2. Larvalstadium (1-2 Tage nach der Häutung ins L2-Stadium) verwendet, bei denen 0,2 µl-Tropfen appliziert werden konnten. Um möglichst homogenes Tiermaterial zu erhalten, wurden jeweils Eier aus einem 24 h Zeitraum bebrütet. Nach 10 Tagen hatten die Larven das benötigte Entwicklungsstadium erreicht. Das Versuchstiergewicht, ermittelt durch Wägung in 5er Gruppen, war mit durchschnittlich 2,3 mg - 2,5 mg etwas niedriger als das der *A. orana*-Larven.

Hälterung der *C. carnea*-Larven nach Applikation der Pflanzenschutzmittel-Lösungen

Die Larven werden wegen ihres kannibalistischen Verhaltens einzeln gehalten. Die Fütterung erfolgt mit frischen Eiern von *Sitotroga cerealella*. Klimabedingungen: 23 °C, 70 % RLF, 16 h Licht.

Vorbereitung und Anzucht der *Chrysoperla carnea*-Imagines für die LD50-Ermittlung

Die Imagines wurden im Alter von 1-2 Tagen verwendet. Dies erforderte eine etwa 5-wöchige Vorausplanung ab dem Zeitpunkt der Eiablage. Die Gewichtsbestimmung der Tiere erfolgte durch Abwiegen von je 2 Imagines gleichen Geschlechtes, da eine Einzelwägung wegen des geringen Gewichtes der Tiere nicht zuverlässig war. Zur Bestimmung des geschlechtsspezifischen Durchschnittsgewichtes wurden jeweils 5 x 2 Männchen und 5 x 2 Weibchen gewogen. Das Gewicht der Weibchen lag in den einzelnen Versuchsreihen zwischen 8,3 und 11,1 mg, das der Männchen zwischen 7,3 und 9,5 mg.

Ausgewählte Insektizide

Die insektiziden Prüfsubstanzen wurden aus verschiedenen chemischen Gruppen ausgewählt, um unterschiedliche Wirkungsmechanismen zu berücksichtigen.

Monothiophosphorsäureester:

E 605 EC (Ethyl-Parathion, 517,9 g · l⁻¹), Bayer, AB: 0136479

Dithiophosphorsäureester:

Roxion (Dimethoat, 400 g · l⁻¹) SAG, Charg.Nr.: RK 64 F 7731

Carbamate:

Pirimor 50 WG (Pirimicarb, 503 g · kg⁻¹), ICI, Charg.Nr.: 7932820

Chlorierte Kohlenwasserstoffe:

Thiodan EC (Endosulfan, 335 g · l⁻¹) Hoechst, HOE 002671 00 EC 33 B323

Pyrethroide:

Karate EC (lambda-Cyhalothrin, 53,35 g · l⁻¹) ICI, REF 1191/54, ERO JKO 306019J

Festlegung der Dosierungen zur Ermittlung der LD50

Das durchschnittliche Körpergewicht des Versuchstieres ist die Grundlage für die Dosisberechnung. Weitere Bezugsgrößen sind das Tropfenvolumen von 0,2 µl bzw. 1 µl und die erwünschte Dosis in µg Pflanzenschutzmittel pro g Körpergewicht der Versuchstiere. Durch Range-finding-Versuche wurden zunächst Dosierungen ermittelt, die Effekte ergaben.

Um die letale Dosis, bei der 50 % der Versuchstiere sterben, zu ermitteln, wurden Dosisreihen geprüft. Die höchste Dosis stellt die Stammlösung dar, mit der anschließend die erforderliche Verdünnungsreihe hergestellt wird. Die Berechnung der absoluten Menge an Pflanzenschutzmittel, bezogen auf das durchschnittliche Körpergewicht der Versuchslarve bei einer bestimmten Dosis, stellt gleichzeitig die Menge an Pflanzenschutzmittel dar, die in einem Tropfen enthalten sein muß. Für den Ansatz der Stammlösung muß dann nur auf das gewünschte Lösungsvolumen (z. B. 50 ml) hochgerechnet werden. Bei den *C. carnea*-Imagines erfolgte die Berechnung der Dosis und damit das Ansetzen der Stammlösung auf der Basis eines geschlechterunspezifischen mittleren Gewichtes. Die pro Imago tatsächlich applizierte Menge in $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ wurde anschließend entsprechend dem geschlechtsspezifischen Gewicht berechnet.

Applikation der Insektizide

A. orana und *C. carnea*-Larven

Die Insektizide wurden mit Hilfe eines manuell zu bedienenden Mikroapplikators (Fa. Burkard) topikal appliziert. Der Applikator ermöglicht die Verabreichung definierter Tropfenvolumina über eine Spritze, wobei fünf verschiedene Tropfengrößen eingestellt werden können. Der Apparat ist kalibriert mit einer 1 ml Spritze. Damit können in fünf Stufen Tropfen von 0,25 μl bis 5 μl dispensiert werden. Für die Behandlung der Larvenstadien von *A. orana* und *C. carnea* war es jedoch erforderlich, kleinere Tropfen zu applizieren, nämlich ca. 0,2 μl . Dies war durch die Verwendung einer 50 μl -Hamilton-Glasspritze (ebenfalls Fa. Burkard) möglich. Die Verwendung von mit Teflon überzogenen, gebogenen Kanülen erwies sich für eine zügige Applikation als am geeignetsten. Damit sich der Tropfen von der Nadel ablöste und nicht von den Versuchsinsekten abperlte, war der Zusatz eines Netzmittels bzw. die Verwendung eines Lösungsmittels erforderlich. Nach Vorversuchen mit den Netzmitteln TWEEN 80 und Lutenosol erwies sich Lutenosol als geeignet für die Topikalapplikationen bei den Larven. Sowohl bei den *C. carnea*- als auch bei den *A. orana*-Larven wurden die Pflanzenschutzmittel in Wasser gelöst und es erfolgte ein Zusatz von 0,01 % Lutenosol. Die Kontrolltiere wurden mit Wasser mit 0,01 % Lutenosol behandelt.

Bei *A. orana* erfolgte die topikale Applikation unter dem Binokularmikroskop dorsal auf das vordere Drittel der Versuchslarven, nachdem die Tiere vor der Behandlung eine Stunde lang bei 4-8 °C im Kühlschrank ruhiggestellt worden waren. Die Tiere befanden sich in kleinen Zuchtdöschen auf Nährmedium. Bei vorsichtiger Handhabung, d. h. ohne Berührung mit der

Spritzenkanüle, kam es zu keinen Fluchtreaktionen (charakteristische Schlängelbewegung), und der Tropfen wurde nicht wieder weggeschleudert. Somit war weder eine Betäubung noch ein Festhalten der Larven erforderlich. Je Dosis wurden 10 Larven verwendet.

Den *Chrysoperla*-Larven wurden 0,2 µl-Tropfen dorsal auf das vordere Körperdrittel appliziert. Die Applikation fand, unter Zuhilfenahme des Binokularmikroskops, in runden 100 ml Bellaplast-Dosen statt, ohne daß die Tiere betäubt oder vorher gekühlt waren. Nach Antrocknen des Tropfens wurden die Larven in kleine Petrischalen oder in spezielle Kunststoffschälchen mit jeweils 10 Zellen für eine Einzelhaltung überführt. Die Behältnisse waren jeweils an den Seitenwänden mit Fluon bestrichen, um ein Abwandern der Larven zu verhindern. Je Dosis wurden i. d. R. 10 Larven verwendet.

Die 1-2 Tage alten *C. carnea*-Imagines wiesen eine derart wasserabweisenden Oberfläche auf, daß der Zusatz von akzeptablen Mengen an Netzmitteln nicht ausreichend war. Da aus früheren Versuchen bekannt war, daß Aceton zu keinen Schädigungen der Adulttiere führt, wurden die Insektizide daher in Aceton gelöst. Eine Ausnahme stellte Pirimor dar, das in Aceton nicht löslich war, so daß hier 0,05 % Lutenosol zugesetzt wurde. Die Kontrolltiere wurden dementsprechend mit 100 % Aceton bzw. mit Wasser mit 0,05 % Lutenosol behandelt. Da Aceton unmittelbar nach dem Applizieren verdunstet, konnte ein größerer Tropfen, nämlich 1 µl aufgetragen werden. Hierzu fand die 1 ml-Glasspritze der Fa. Burkard mit einer gebogenen Stahlkanüle Anwendung. Je 1 µl der Pflanzenschutzmittellösungen wurde dorsal auf den Thorax der Imagines abgesetzt, wobei die Tiere mit einer Federstahlpinzette an beiden Flügeln festgehalten wurden. Eine Betäubung oder Kühlung war nicht erforderlich, da Aceton sehr rasch verdunstet, so daß es nicht zu einem Abstreifen des Tropfens durch Putzverhalten oder heftiges Bewegen der Tiere kam. Bei Pirimicarb, das gelöst in Wasser mit 0,05 % Lutenosol appliziert werden mußte, war es erforderlich, die Tiere rechtzeitig an die Umgebungsbedingungen zu gewöhnen werden, damit sie den nur langsam verdunstenden Tropfen nicht durch Herumflattern wegschleuderten. Pro Dosis wurden 3-5 Weibchen und 4-5 Männchen verwendet.

Hälterung der *C. carnea*-Imagines nach der Pflanzenschutzmittel-Applikation

Die Hälterung erfolgte in runden Kunststoff-Dosen - getrennt nach Geschlecht in Gruppen bis zu 5 Tieren - mit gelochten Klarsichtdeckeln, auf die etwas Nährmedium (s.o.) aufgestrichen wurde. Zur Wasserversorgung dienten getränkte Watterollen. Mit einmaligem Wechseln der

Deckel und der Watterollen nach 3-4 Tagen konnten die Tiere in diesen Behältnissen 7 Tage lang gehalten werden.

Auswertung

Auswertungen erfolgten nach 24 h, 48 h und 72 h sowie in Abhängigkeit der Insektizide fakultativ nach einigen Tagen, um eventuell verzögert eintretende Effekte erfassen zu können. Tiere, die auf Berührungsreiz mit einem feinen Pinsel nicht reagierten, wurden als tot gewertet.

Ergebnisse

Bestimmung der letalen Dosis (LD₅₀)

Mit Hilfe eines Probitanalyse-Programmes (BBA_KM) wurden die LD₅₀-Werte berechnet. Bei Pirimor konnte weder für *C. carnea* noch für *A. orana* eine letale Dosis ermittelt werden. Da die Grenze des Lösungsvermögens von Pirimor bei der zur Verabreichung der höchsten geprüften Dosis (400 µg · g⁻¹) erforderlichen Lösung erreicht war, folgten keine weiteren Versuche. Bei Thiodan wurden maximal 1200 µg · g⁻¹ verabreicht. Die hierzu erforderliche Lösung lag mit einer Konzentration von > 1,68 % bereits weit über der Anwendungsempfehlung von 0,15 %, so daß eine weitere Erhöhung der Dosis nicht sinnvoll war.

Vergleich der Empfindlichkeit von *C. carnea*- und *A. orana*-Larven

Gegenüber E 605 und Pirimor verhalten sich *A. orana* und *C. carnea* recht ähnlich (Tab. 1). Dagegen sind *A. orana*-Larven gegenüber Karate sehr viel empfindlicher als *C. carnea*-Larven (Faktor 90). Eine deutlich höhere Sensitivität der *A. orana*-Larven im Vergleich zu den Larven von *C. carnea* ist auch bei Thiodan festzustellen. Während die höchste, geprüfte Dosis bei *C. carnea* (335 µg a.i. · g⁻¹) zu keinerlei Mortalität führte, starben 80 % der *A. orana*-Larven bei Applikation von 402 µg a.i. · g⁻¹. Gegenüber Roxion erweist sich *C. carnea* mit einer LD₅₀ (72h) von 20,64 µg a.i. · g⁻¹ als wesentlich empfindlicher als *A. orana*. Für *A. orana* konnte keine LD₅₀ ermittelt werden. Die höchste applizierte Dosis von 400 µg a.i. · g⁻¹ führte zu keinerlei Mortalität. Die zur Verabreichung dieser Dosis erforderliche Lösung lag mit einer Konzentration > 1,3 % bereits weit über der Anwendungsempfehlung von 0,1 % (Obstbau), so daß eine weitere Erhöhung der Dosis nicht sinnvoll war.

Tab. 1: LD₅₀ in µg a.i. · g⁻¹ für *A. orana* L3 und *C. carnea* L2 nach 72 h bzw. 7 d sowie die Körpergewichte in mg

Insektizid	LD ₅₀ (72 h) µg a.i. · g ⁻¹		LD ₅₀ (7 d) µg a.i. · g ⁻¹	Gewicht mg	
	<i>A. orana</i> L3	<i>C. carnea</i> L2	<i>C. carnea</i> L2	<i>C. carnea</i> L2	<i>A. orana</i> L3
E 605	a) 11,03 b) 10,33	14,83	14,83	2,36	a) 2,82 b) 2,73
Roxion	> 400	20,64	15,48	2,54	2,73
Karate	0,11	9,83	6,39	2,54	2,81
Pirimor	> 200	> 200	> 200	2,34	2,72
Thiodan	276,78	> 335	> 335	2,46	2,81

Vergleich der Empfindlichkeit von Larven und Imagines von *C. carnea*

Die Imagines von *C. carnea* sind gegenüber E 605, Roxion und Karate wesentlich empfindlicher als die Larven, wobei die Unterschiede bei E 605 am größten sind (vgl. Tab. 1, Tab. 2). Bei diesen drei Insektiziden werden geschlechtsspezifische Unterschiede deutlich: die Männchen sind jeweils empfindlicher als die Weibchen. Wie die Larven erwiesen sich die Imagines gegenüber Pirimor und Thiodan als unempfindlich.

Tab. 2: LD₅₀ in µg a.i. · g⁻¹ für *C. carnea*-Imagines, nach 72 h bzw. 7 d, Körpergewichte in mg

Insektizid	LD ₅₀ (72 h) µg a.i. · g ⁻¹		LD ₅₀ (7 d) µg a.i. · g ⁻¹		Gewicht mg	
	Weibchen	Männchen	Weibchen	Männchen	Weibchen	Männchen
E 605	2,52	2,2	2,52	2,2	8,39	7,73
Roxion	9,84	6,98	9,84	6,98	8,87	7,32
Karate	4,24	4,43	3,28	1,17	8,87	7,32
Pirimor	> 200	> 200	>200	> 200	8,36	7,73
Thiodan	> 335	> 335	> 335	> 335	14,2*	9,3*

nb = nicht bestimmbar aus den vorhandenen Werten, * 2-3 Tage alte Imagines

Risikobewertung der Insektizide auf Grundlage der LD₅₀

Unter Praxisbedingungen können Insekten bei der Applikation der Insektizide direkt getroffen werden, sie exponieren sich durch Umherlaufen auf den behandelten Flächen und es kann eine Aufnahme der Pflanzenschutzmittel über die Nahrung erfolgen. Nach Untersuchungen über Rückstände, die nach einer Spritzung auf Blättern zu finden sind, liegen diese in Raumkulturen zwischen 10 % und 40 % der ausgebrachten Menge pro Hektar (SCHMIDT, 1993, GANZELMEIER und OSTEROTH, 1994), in Ackerkulturen liegen die relativen Depositionsraten i. d. R. darüber. Um eine Beziehung zwischen der LD₅₀ und der direkten Exposition im Freiland herzustellen, bietet es sich an, einen Vergleich zu ziehen zwischen der Pflanzenschutzmittel-Menge, die bei einer Spritzung die Zielfläche erreicht und der LD₅₀ (pro Flächeneinheit) des Insektes. Diese errechnet sich aus der LD₅₀ pro Insekt und der Körperoberfläche des Insektes. Für die Berechnung des Belages auf der Zielfläche (PIEC = Predicted Initial Environmental Concentration) wird folgende, von BARRETT et al. (1994) vorgeschlagene Formel herangezogen:

$$\text{PIEC in } \mu\text{g a.i.} \cdot \text{cm}^{-2} = \text{Aufwandmenge in g a.i.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{fd} / 100$$

wobei durch *fd* als Korrekturfaktor die Rückstandssituation unter Feldbedingungen berücksichtigt wird. In Ackerbaukulturen wird für *fd* der Wert 1,0 und in Raumkulturen 0,4 (pflanzenbewohnende Arten) bzw. 0,5 (bodenlebende Arten) in die Formel eingesetzt.

Zu beachten ist, daß bei Raumkulturen (Obst-, Wein-, Hopfenanbau) für die Dosierung der Pflanzenschutzmittel i. d. R. Konzentrationen (%) angegeben werden und die pro Hektar ausgebrachte Menge variiert, da der Wasseraufwand gemäß der phänologischen Entwicklung der Kulturpflanze angepaßt wird. Unter Berücksichtigung einer „worst case“- Situation, wird daher in der PIEC-Formel die Pflanzenschutzmittel Menge pro Hektar verwendet, die sich unter Verwendung des höchsten Wasseraufwandes ergibt, wie z. B. 1000 oder 1500 l · ha⁻¹ für Obstanlagen. Dies soll in einem Beispiel veranschaulicht werden:

Beispiel:

in der Zulassung vorgesehene Konzentration: 0,05 % => 50 g pro 100 Liter,
die Anwendung von 1000 l · ha⁻¹ ergibt einen Produktaufwand von 500 g · ha⁻¹,

daraus folgt:

$$\text{PIEC} = 500 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 0,4 / 100 = 2 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{Produktaufwand von } 200 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Im folgenden (Tab. 3) werden die jeweiligen PIEC-Werte den LD_{50} -Werten der Insekten (in $ng\ a.i. \cdot mm^{-2}$) gegenüber gestellt. Für die Messung der Körperoberfläche der *A. orana*- und *C. carnea*-Larven wurden diese, nach Ruhigstellung durch Kühlung, mittels Fotokopie auf Papier abgebildet und mit Hilfe eines Interaktiven Bildanalysesystems (Ibas-System Kontron) einzeln in ihrer Bedeckungsfläche vermessen. Die Körperoberfläche betrug für *C. carnea*, L2, $7,64\ mm^2 \pm 1,44\ mm^2$, für *A. orana*, L3, $7,61\ mm^2 \pm 1,55\ mm^2$ (Mittelwerte aus $n = 9$). Die Körperoberfläche der Florfliegen-Imagines wurde durch Umfahren des Körperumrisses (Tiere in Ruhstellung mit angelegten Flügeln) auf mm-Papier ermittelt. Für die Weibchen ergab sich eine Fläche von $82\ mm^2$, für die Männchen $60\ mm^2$.

Tab. 3: Vergleich zwischen theoretischer Exposition der Insekten (PIEC) und ihrem LD_{50} -Wert bezogen auf die Körperoberfläche (in $ng\ a.i. \cdot mm^{-2}$)¹⁾

Insektizid	PIEC $ng\ a.i. \cdot mm^{-2}$	LD_{50} (72 h) $ng\ a.i. \cdot mm^{-2}$			
		<i>A. orana</i> L ₃	<i>C. carnea</i> L ₂	<i>C. carnea</i> Männchen	<i>C. carnea</i> Weibchen
E 605	A 7,25	a) ²⁾ 4,07	4,582	0,28	0,25
	B 11	b) ²⁾ 3,68			
	C 11				
Roxion	A 16	> 143	6,81	0,85	1,06
	B 24				
	C 16				
Karate	C 1,07	4,48 ⁻³	3,27	> 0,53	0,46
	D 1,60				
Pirimor	A 10	70,9	> 61,27	> 25,83	> 20,36
	B 15				
	C 15				
Thiodan	A 20	102,4	> 100,79	> 52	> 56,95
	B 31				

¹⁾PIEC A = Obstbau, Wasseraufwand $1000\ l \cdot ha^{-1}$; B = Obstbau, Wasseraufwand $1500\ l \cdot ha^{-1}$, C = Ackerbau $g \cdot ha^{-1}$, D = Hopfen, Wasseraufwand $1500\ l \cdot ha^{-1}$

²⁾Ergebnisse aus 2 Versuchen

Fortsetzung Tab. 3

Insektizid	PIEC ng a.i. · mm ²	LD ₅₀ (7 d) ng a.i. · mm ²		
		<i>C. carnea</i> L ₂	<i>C. carnea</i> Männchen	<i>C. carnea</i> Weibchen
E 605	A 7,25 B 11 C 11	4,597	0,28	0,25
Roxion	A 16 B 24 C 16	5,106	0,85	1,06
Karate	C 1,07 D 1,60	2,095	0,14	0,35
Pirimor	A 10 B 15 C 15	> 61,27	> 25,83	> 20,36
Thiodan	A 20 B 31	> 107,74	> 52	> 56,95

Aus den Berechnungen geht hervor, daß für *C. carnea*-Larven eine hohe Gefährdung bei E 605 und Roxion vorliegt, da der LD₅₀-Wert für die Larve deutlich unter dem PIEC-Wert liegt, bei *A. orana* gilt das gleiche für E 605 und insbesondere für Karate. In den übrigen Fällen ist die Gefährdung geringer, da hier der LD₅₀-Wert für die Larve größer als der PIEC-Wert ist. Besonders gefährdet durch E 605, Roxion und Karate sind nach diesem Vergleich auch die Imagines von *C. carnea*.

Diskussion

Die Bestimmung von LD₅₀-Werten im Labor dient in erster Linie zur Feststellung der Toxizität einzelner Pflanzenschutzmittel sowie der Empfindlichkeit einzelner Arten. Anhand dieser Werte läßt sich ein Ranking der Empfindlichkeit der Organismen oder der Toxizität der Pflanzenschutzmittel erstellen. Bei den hier untersuchten Insekten ist allerdings zu vermerken, daß die Ermittlung der LD₅₀ mit gewissen Fehlern behaftet ist, da aufgrund des geringen Tiergewichts eine Einzelwägung der Tiere nicht möglich war und somit die Berechnung der LD₅₀ anhand eines Durchschnittsgewichtes erfolgte. Zu beachten ist außerdem, daß die

Auswirkungen einer topikalen Applikation von zahlreichen Faktoren, wie z. B. Temperatur, Tropfengöße, Detergenzien beeinflusst werden kann (HALL und THACKER 1994, JAGLAN und SIRCAR 1996). Für die Larven von *A. orana* und *C. carnea* wurde hinsichtlich der Tropfengöße und des Detergenzzusatzes die gleiche Methodik angewandt. Die LD₅₀-Werte sind somit unmittelbar vergleichbar. Bei den Imagines mußten die Pflanzenschutzmittel jedoch in Aceton gelöst werden und es wurden größere Tropfen appliziert. Ob die größere Empfindlichkeit der Imagines im Vergleich zu den Larven hiermit in Zusammenhang steht oder es sich um eine inhärente Eigenschaft handelt, läßt sich somit nicht beantworten. Eine größere Empfindlichkeit von Imagines im Vergleich zu ihren Larvenstadien wurde allerdings auch bei anderen Arten festgestellt, z. B. bei *Hypera postica* (Col., Curculionidae) (ABU und ELLIS, 1977).

Durch Vergleich des Insektizidbelages, der nach einer Spritzung auf der Zielfläche zu finden ist, mit dem LD₅₀-Wert des Insektes, jeweils bezogen auf die gleiche Flächeneinheit, läßt sich eine Risikobewertung durchführen. Diese Bewertung bezieht jedoch nur die direkte Kontamination des Insektes ein. Die zusätzliche Aufnahme von Pflanzenschutzmittel über Kontakt (Belaufen der behandelten Pflanze) oder über die Nahrung bleibt außer acht. Der PIEC-Wert stellt desweiteren eine durchschnittliche Situation dar. Auf der Pflanze können Bereiche mit deutlich geringeren, aber auch mit deutlich höheren Belägen vorhanden sein. Im Freiland spielen eine Reihe von Faktoren eine Rolle, die im Labor kaum berücksichtigt werden können, die die Wirkung des Pflanzenschutzmittels aber beeinflussen. Solche Faktoren sind z.B. in den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Präparate begründet, aber auch in biologischen Parametern der Insekten. Die Exposition der Insekten und die Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln unter Freilandbedingungen sind nicht mit Laborbedingungen vergleichbar. Die direkte Gegenüberstellung von Laborergebnissen, wie hier der LD₅₀-Werte, und Freilanddaten kann daher nur als ein erster Tastversuch gewertet werden. Für eine Risikoabschätzung bedarf es einer Reihe von weiteren Daten und weiteren Untersuchungsmethodiken. So sind neben der topikalen Aufnahme insbesondere die Kontaktkontamination über Pflanzenschutzmittel-Beläge sowie die Aufnahme von Pflanzenschutzmittel über die Nahrung von Bedeutung (vgl. BARRETT et al. 1994, DINTER, 1995, HASSAN, 1989, HASSAN, 1994, VOGT, 1994a, 1994b, WEHLING 1995).

Literatur

- ABU, J.F., and C.R. ELLIS, 1977: Toxicity of five insecticides to the alfalfa weevil, *Hypera postica* and its parasites, *Bathyplectes curculionis* and *Microctonus aethiopoidea*. Environ. Entomol. 6,3:385-389.
- BARRETT, K.L., N. GRANDY, E.G. HARRISON, S.A. HASSAN, und P.A. OOMEN, eds., 1994: Guidance document on testing procedures for testing pesticides and non-target arthropods. SETAC-Europe, pp. 51.
- CROFT, B.A., 1990: Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. John Wiley and Sons, New York.
- DINTER, A., 1995: Untersuchungen zur Populationsdynamik von Spinnen (Arachnida: Araneae) in Winterweizen und deren Beeinflussung durch insektizide Wirkstoffe. Dissertation, Universität Hannover, 383 S.
- GANZELMEIER, H. UND H. J. OSTEROTH, 1994: Sprühgeräte für Raumkulturen - Verlustmindernde Geräte. Gesunde Pflanze **46** (7), 225-233.
- HALL, F.R., und R.M. THACKER, 1994: Effects of droplet size on the topical toxicity of two pyrethroids to the cabbage looper *Trichoplusia ni* (Hübner). Crop Protection **13** (3): 225-229.
- HASSAN, S.A., 1989: Testing methodology and the concept of the IOBC/WPRS working group. In: Pesticides and Non-Target Invertebrates. P.C. Jepson, Ed. Intercept, Wimborne, Dorset, pp. 1-18.
- HASSAN, S.A., 1994: Activities of the IOBC/WPRS Working group "Pesticides and Beneficial Organisms". IOBC/WPRS Bulletin **17**: 1-5.
- JAGLAN, R.S., und P. SIRCAR, 1996: Influence of post-treatment temperature, solvents and emulsifiers on the toxicity of cypermethrin to larvae of *Spodoptera litura* (Fab.). Ann. Appl. Biol. **129**: 507-511.
- SCHMIDT, K., 1993: Einfluß der Geräteeinstellung mittels Prüfstand auf die Spritzbelagsverteilung im Baum. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, H. 292, 113-120.
- VOGT, H., 1994a: Effects of pesticides on *Chrysoperla carnea* STEPH. (Neuroptera, Chrysopidae) in the field and comparison with laboratory and semi-field results. IOBC/WPRS Bulletin 17(10):71-82.
- VOGT, H., ed., 1994b: Side-Effects of Pesticides On Beneficial Organisms: Comparison of Laboratory, Semi-Field and Field Results. IOBC, Montfavet, Vol. 17 (10). (N)

WEHLING, A., 1995: Zur Prüfung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Spinnen (Araneae) im Freiland und Labor. Dissertation, Universität Braunschweig, 150 S.

Danksagung

Die Vermessungen der Körperoberflächen wurden freundlicherweise von Herrn Burow (BBA/FA) durchgeführt.

Rolf Forster

Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik,
 Fachgruppe Biologische Mittelprüfung, Braunschweig

Vergleichende Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden gegenüber Pflanzenschutzmitteln und Möglichkeiten der expositionsabhängigen Risikoabschätzung - Resümee

Comparative studies on the sensitivity of non-target arthropods to plant protection products and feasibility of predicting risk based on exposure - Résumé

Zusammenfassung

Die Nutzung der Abtrifteckwerte für Pflanzenschutzmittel wird grundsätzlich als ein geeigneter Weg für die Expositions- und Risikoabschätzung für Arten auf terrestrischen Nichtzielflächen betrachtet.

Bezüglich der Extrapolation von Effekten auf nichtgeprüfte Arten müssen unter Berücksichtigung der Sensitivitätsunterschiede zwischen Arten aus unterschiedlichen taxonomischen und ökologischen Gruppen Unsicherheitsfaktoren zwischen 10 und 500 als realistisch betrachtet werden.

TER-Werte, die auf LD₅₀-Werten basieren und mittels topikaler Applikation gewonnen wurden, lassen ohne Validierung keinen sicheren Ausschluß von Risiken zu. Unter Verwendung von Unsicherheitsfaktoren zwischen 30 und 100 erscheinen jedoch einfache Risikoabschätzungen für die jeweils betrachtete Art wissenschaftlich vertretbar.

Risikoabschätzungen lassen ein potentiell Risiko für (Meta-)Populationen von Nichtzielarten auch außerhalb von Behandlungsflächen durch Abtrift als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Die Überarbeitung der traditionellen Methoden (z. B. BBA, EPPO, IOBC) zur Erarbeitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen sollte ein Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten sein.

Abstract

The use of spray drift data is regarded as an appropriate tool to predict exposure and risk for non-target species within terrestrial off-crop habitats.

To extrapolate effects on species not tested unsafety factors of about 10 to 500 are to be considered realistic, if based on differences in sensitivity between species of different taxonomical and ecological groups.

TER-values based on LD₅₀-values derived from topical application do not allow for an exclusion of risk and therefore need to be validated in the field. However, the application of unsafety factors (i.e. 30 to 100) allows for a basic prediction of risk, that is deemed scientifically acceptable for the particular species tested.

Risk assessments indicate a potential risk for (meta-)populations of non-target arthropods in off-crop habitats via spray drift.

The adaption of traditional methods (e.g. BBA, EPPO, IOBC) to dose-response-testing should be an objective of future work.

Exposition von Nichtzielarthropoden im Feldrain

Im Jahr 1994 wurden Freilanduntersuchungen zur Deposition eines Tracers (Kupferoxychlorid) in einem Weizenbestand (EC 65) und einem benachbarten Feldrain durchgeführt. Die Versuchsfläche wurde so gewählt, daß in Windrichtung ein mit Gräsern und Kräutern bewachsener Feldrain und eine Hecke vorhanden waren. Der Vergleich der 95%-Quantile der Wirkstoffmengen (d. h. unter diesen Werten lagen 95 % der gefundenen Sedimentationsraten) belegte eine annähernd homogene Sedimentation in den verschiedenen Lebensraumschichten (Strata) innerhalb des Bestandes und des Feldrains. Während die Hecke als effektiver Filter wirkte, wobei der Tracer nur auf der dem behandelten Bestand zugewandten Seite nachgewiesen werden konnte, wurden zwischen Bestand und Feldrain erwartungsgemäß erhebliche Unterschiede nachgewiesen. Die Sedimentation zeigte eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des bundesweiten Meßprogrammes, d. h. den Abtrifteckwerten. Die Nutzung dieser Abtrifteckwerte für die Risikoabschätzung im terrestrischen Bereich erscheint daher grundsätzlich möglich.

Vergleichende Untersuchungen zur Sensitivität von Nichtzielarthropoden

Die Auswahl der in den Untersuchungen verwendeten Nichtzielarthropoden wurde nach pragmatischen Gesichtspunkten getroffen, da

- a) die Zucht neuer Arten im allgemeinen als zu aufwendig bewertet wurde,
- b) bei der Anzahl der als „indifferent“ einzustufenden Arten ohnehin eine Auswahl getroffen werden mußte und

c) die bereits in Zucht befindlichen Arten aus ökologischer Sicht durchaus als Stellvertreterarten auch für „indifferente“ Arten angesehen werden konnten.

Die verschiedenen Arten sollten u. a. ein möglichst breites Spektrum ökologischer Gruppen repräsentieren. Insbesondere aufgrund der unterschiedlichen Größe der untersuchten Arten mußten bei der Ermittlung der toxikologischen Daten methodisch getrennte Wege eingeschlagen werden. So mußten die Applikationen bei den Arten *Euseius finlandicus* (Acarina; Phytoseiidae) und *Typhlodromus pyri* (Acarina; Phytoseiidae), *Folsomia candida* (Collembola; Isotomidae), *Isotoma tigrina* (Collembola; Isotomidae) und *Onychiurus fimatus* (Collembola; Onychiuridae) mit dem Potter-Tower durchgeführt werden, während bei den übrigen Tieren *Adoxophyes orana* (Lepidoptera; Tortricidae) und *Chrysoperla carnea* (Neuroptera; Chrysopidae), *Aleochara bilineata* (Coleoptera; Staphylinidae), *Bembidion tetracolum* (Coleoptera; Carabidae) und *Poecilus cupreus* (Coleoptera; Carabidae), *Cantharis lateralis* (Coleoptera; Cantharidae) und *Thanasimus formicarius* (Coleoptera; Cleroidea) sowie *Pardosa* spp. (Araneae; Lycosidae) die topikale Applikation mittels Burkard-Applikator angewendet werden konnte. Die PSM-Auswahl umfaßte mit Karate[®], Roxion[®], E 605 forte[®], Pirimor[®] und Thiodan 35 EC[®] (Thiodan 35 EC[®] z. Z. in Deutschland ohne Zulassung) die heute wichtigsten Insektizidgruppen.

Die toxikologischen Daten ergaben hinsichtlich der Sensitivität der verschiedenen Arten folgendes Bild:

- Je nach PSM konnte für verschiedene Arten aus unterschiedlichen ökologischen Gruppen eine vergleichbar hohe Sensitivität bezogen auf das Körpergewicht (ED_{50} in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$) festgestellt werden (z. B. Roxion[®]), aber auch eine sehr unterschiedliche Ausprägung der Effekte wurde innerhalb und zwischen den Gruppen beobachtet (z. B. Karate[®]).
- Die Sensitivitätsunterschiede zwischen den Arten ($ED_{50\text{max}} / ED_{50\text{min}}$; ED_{50} in $\mu\text{g a.i.} \cdot \text{g}^{-1}$) erreichten Werte von > 500 (z. B. Phytoseiidae bei E 605 forte[®]), > 400 (z. B. Collembola bei E 605 forte[®]) und > 200 (z. B. Coleoptera und Araneida und Karate[®]).
- Arten aus unterschiedlichen ökologischen Gruppen konnten je nach PSM hinsichtlich der Sensitivität einander ähnlicher sein als Arten aus der gleichen Gruppe.

Risikobetrachtung

Nichtzielarthropoden nehmen PSM über verschiedene Pfade auf wie durch direktes Übersprühen, Kontakt auf frischen oder angetrockneten PSM-Belägen oder durch die orale Aufnahme kontaminierter Beute- oder Wirtstiere, Nektar, Pollen oder Honigtau und die Atmung. Das Ausmaß der Intoxikation wird ferner durch die Aktivität der Tiere und die Abbaukinetik der jeweiligen Substanz bestimmt und durch Umwelteinflüsse modifiziert. Die in den vorliegenden Studien erprobten Applikationsverfahren dienen primär der Durchführung vergleichender toxikologischer Untersuchungen (Sensitivitätsvergleich) und können daher die Vielfaltigkeit der natürlich auftretenden Expositionsszenarien nur sehr unzureichend reproduzieren. Sie können jedoch Anhaltspunkte geben, inwieweit die Anwendung von PSM ein potentielles Risiko für Populationen von Nichtzielarthropoden („indifferente“ und andere „nützliche“ Arten) auf den Behandlungsflächen und im Feldrain darstellen kann. Durch Bildung des TER (Toxicity-Exposure-Ratio) lassen sich für verschiedene Expositionsszenarien erste Risikoabschätzungen durchführen, wobei die Effektdosis (ED_{50}) der jeweiligen Exposition (Predicted-Initial-Environmental-Concentration) gegenübergestellt wird:

$$TER = ED_{50 \text{ topikal}} / PIEC.$$

Ist der $TER \leq 1$, muß von einem hohen Risiko für Populationen von Nichtzielarthropoden bei der direkten Kontamination ausgegangen werden, ist der $TER > 1$, kann ein geringeres Risiko durch das direkte Übersprühen angenommen werden. In diesem Fall ist eine kritische Betrachtung und Evaluierung der unter natürlichen Bedingungen relevanten Kontaminationspfade von besonderer Bedeutung. Diese Problematik zeigte sich beispielsweise bei der Risikoabschätzung für *P. cupreus* bei Anwendung von Karate®. Basierend auf den Werten der topikalen Applikation wurde ein $TER = 50$ berechnet, was eine erhebliche Unterschätzung des Risikos nachsichziehen würde, weil auf Grundlage von Tests, die unter realistischeren Bedingungen durchgeführt wurden und in denen u. a. die Laufaktivität der Tiere zu einer erhöhten PSM-Aufnahme führte, eine LD_{50} in Höhe der im Ackerbau vorgesehenen Aufwandmenge von $150 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$ ermittelt wurde. Für Roxion® hingegen lagen die TER-Werte < 1 und wiesen damit auf ein (bekanntes) Risiko für Raubarthropoden auf den Applikationsflächen hin. Für *T. pyri* wurde das Risiko infolge der Anwendung (topikale Applikation) von Karate® als sehr hoch bewertet ($TER = 0,0013$). Diese Einschätzung deckt sich mit den Erkenntnissen bezüglich dieser Stoffgruppe. Anhand der TER-Werte wurde für Raubmilben der Familie Phytoseiidae ein potentielles Risiko auch außerhalb der

Behandlungsflächen durch die Applikation von PSM kalkuliert. So wurde beispielsweise für Karate® ein $TER \geq 1$ erst bei etwa 0,2 % der nominalen Aufwandmenge berechnet, entsprechend wären aufgrund von Abtrift in an Ackerflächen angrenzenden Habitaten unerwünschte Effekte in einer Entfernung von bis zu 15 m für vergleichbar sensitive Arten nicht auszuschließen. Auf die besondere Rolle von dichtbelaubten Hecken als effektive Filter weisen die Depositionsversuche hin.

Fazit und Ausblick

Auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungen läßt sich der folgende Sachstand feststellen:

- Die zur Abschätzung der Deposition etablierten Abtrifteckwerte für Flächenkulturen lassen sich im terrestrischen Bereich verwenden. Eine weitere Validierung der Abtrifteckwerte anhand von weiteren Belagsmessungen in Saumstrukturen wäre jedoch wünschenswert, weil die derzeitige Datenlage im Vergleich zu der der Abtrifteckwerte noch unbefriedigend ist.
- Effektdosen, die mittels der topikalen Applikation bestimmt wurden, sind für vergleichende Untersuchungen zur Sensitivität geeignet.
- Um allgemeingültige Aussagen über das Risiko nichtgeprüfter Arten treffen zu können, sind - unter Berücksichtigung der Sensitivitätsunterschiede (und unter Ausschluß der natürlichen Kontaminationspfade) zwischen Arten aus unterschiedlichen taxonomischen und ökologischen Gruppen - Unsicherheitsfaktoren zwischen 10 und 500 als realistisch zu betrachten.
- TER-Werte, die auf LD_{50} -Werten basieren und mittels topikaler Applikation gewonnen wurden, lassen ohne Validierung (z. B. anhand von Freilanddaten) keinen sicheren Ausschluß von Risiken zu. Unter Verwendung von Unsicherheitsfaktoren zwischen 30 und 100 scheinen jedoch Risikoabschätzungen für die jeweils betrachtete Art wissenschaftlich vertretbar zu sein.
- Risikoabschätzungen lassen ein potentiell Risiko für (Meta-)Populationen von sensitiven Nichtzielarten durch Abtrift von Pflanzenschutzmitteln außerhalb von Behandlungsflächen wahrscheinlich erscheinen.
- Toxikologische Tests für die Risikoabschätzung müssen die Aktivität der Tiere und die damit verbundene Aufnahme von PSM mit einbeziehen. Die Überarbeitung der traditionellen Methoden (z. B. BBA, EPPO, IOBC) zur Erarbeitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen sollte ein Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten sein.

Weitere Untersuchungen zur Deposition von PSM und ihren Auswirkungen sowie zur Exposition von Nichtzielarthropoden in den strukturierten Randbereichen der Behandlungsflächen sind für die Validierung der Risikoabschätzung erforderlich. Es besteht daher weiterhin Handlungsbedarf, um die noch bestehende Lücke bezüglich der Risikoabschätzung für (Teil-)Populationen außerhalb von Behandlungsflächen schließen zu können. Nur wenn dieses Risiko realistisch beschrieben werden kann, können Möglichkeiten der Wiederbesiedlung und Maßnahmen der Risikominimierung konkret bewertet und hinsichtlich der Annehmbarkeit unerwünschter Effekte im Rahmen der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln berücksichtigt werden.