



NACHRICHTENBLATT FÜR DEN DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENST

Neue Folge · Jahrgang 21 · Der ganzen Reihe 47. Jahrgang

1967 · Heft 1

Institut für Phytopathologie Aschersleben der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Rolf FRITZSCHE

Das Problem der Resistenzbildung bei Milben und Insekten



Mit der Entdeckung der neuen organischen Berührungsgifte, vor allem des DDT während des zweiten Weltkrieges, setzte eine völlige Wandlung in der bisherigen Praxis der Schädlingsbekämpfung ein. Ein führender Mediziner sagte im Jahre 1944, daß in der Geschichte der Entomologie noch niemals ein Stoff entdeckt wurde, der sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Hygiene von derartiger Bedeutung wurde wie das DDT. Eine große Anzahl von Insektenarten mit hoher Bedeutung als Pflanzen-, Vorrats- und Gesundheitsschädlinge, gegen die sich die bisher angewandten Maßnahmen als unbefriedigend oder nicht wirksam erwiesen, konnte nunmehr erfolgreich bekämpft werden. DDT- und später HCH-Mittel fanden weltweite Verbreitung und standen an erster Stelle in der Liste der insektiziden chemischen Verbindungen. Einige Jahre später traten organische Phosphorsäureverbindungen hinzu. Diese drei großen Wirkstoffgruppen stellen auch heute noch den Hauptanteil der insektiziden bzw. akariziden Bekämpfungsmittel dar, wenn auch andere, mit diesen genannten chemisch nicht verwandte Verbindungen in zunehmendem Maße auf den Markt gelangen und einen wichtigen Platz in der Bekämpfungsmittelpalette einnehmen.

Eines der ersten synthetischen Kontaktinsektizide, das DDT, gelangte in großem Umfang zu Beginn des zweiten Weltkrieges bei der Stubenfliegen- und Malariamückenbekämpfung zum Einsatz. Man war von seiner hervorragenden und sicheren Wirkung bei gleichzeitiger monatelanger Dauerwirkung beeindruckt. Aber bereits 1944 wurde die Befürchtung geäußert, daß durch diesen Großeinsatz die Herausbildung widerstandsfähiger Dipterenrassen eintreten könnte. Diese Vermutung kam nicht von ungefähr, da zu dieser Zeit das Auftreten von Insektizidresistenz bereits seit 50 Jahren bekannt war. Die ersten Angaben stammen aus dem Jahr 1897, als im Staate Colorado bestimmte Insekten mit dem damals angewandten Mittel „Kerosen“ (eine Erdölfraction) nicht mehr befriedigend bekämpft werden konnten. Im Verlauf der nächsten Jahrzehnte wurden auch bei Schwefel- und Arsenpräparaten in verschiedenen Ländern ähnliche Fälle eines Nachlassens der bisher ausreichenden Wirkung bekannt. 1914 wurde aus den USA über plötzliches Versagen der Schwefelmittel gegen die San-José-

Schildlaus berichtet. Bei Vorratsschädlingen wurde verminderte Wirkung von Blausäurebegasungen beobachtet. Tatsächlich trat eine ähnliche Situation auch beim DDT ein. Die ersten Berichte hierüber stammen aus dem Jahr 1946, als in Nordschweden nach dreijährigem Einsatz der bisherigen Erfolg gegen Stubenfliegen ausblieb. Fast gleichzeitig wurde über ähnliche Erscheinungen aus Italien, Dänemark, der Schweiz und anderen europäischen und außereuropäischen Ländern berichtet. Ursprünglich glaubte man, daß dies eine für das DDT spezifische Erscheinung wäre. Die folgenden Jahre zeigten aber, daß auch andere chlorierte Kohlenwasserstoffinsektizide, besonders HCH, Dieldrin, Chlordan u. a. und später auch verschiedene organische Phosphorsäureverbindungen nach anfänglichen guten Erfolgen in bestimmten Gebieten in der Wirkung nachließen. In einigen Fällen wurde sogar vollständiges Versagen gegen bestimmte Insekten- bzw. Milbenarten festgestellt.

Bis zum Ende des zweiten Weltkrieges war die Spinnmilbenbekämpfung im wesentlichen auf der Basis von Schwefelpräparaten aufgebaut, die in ihrer Wirkung nicht befriedigten. Mit der Einführung des Parathion in den praktischen Pflanzenschutz im Jahre 1946 in Amerika trat eine entscheidende Wendung ein. Der neue Wirkstoff und verschiedene verwandte Verbindungen erwiesen sich als hochgiftig für Spinnmilben, so daß das Problem der Bekämpfung dieser Schädlinge weitgehend gelöst zu sein schien. Bereits nach wenigen Jahren erhoben sich jedoch aus Kreisen der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis Klagen über teilweises bzw. vollständiges Versagen dieser Bekämpfungsmittel. Diese Erscheinung blieb nicht auf Amerika beschränkt, sondern wurde bisher in allen Ländern beobachtet, die eine intensive Spinnmilbenbekämpfung durchführen.

Gleiche Beobachtungen wurden sowohl bei der Bekämpfung von Pflanzen-, Vorrats- und Hygieneschädlingen gemacht. Für uns sind die Verhältnisse bei Pflanzen- und Vorratsschädlingen von besonderem Interesse, wenn auch in vielen Fällen die bei Hygieneschädlingen gemachten Feststellungen für die Belange des Pflanzenschutzes auswertbar sind.

Der Entdecker der insektiziden Eigenschaften des DDT, der Schweizer Dr. Paul MÜLLER, erhielt 1948 den Nobelpreis. Bereits drei Jahre später – auf der Europatagung aller Nobelpreisträger – sagte er in seinem Referat: „Ein Problem, das uns allen Sorge bereitet, ist die Ausbildung resistenter Formen von Schädlingen. Es ist zu erwarten, daß bei langer Anwendung mit der Zeit jedes Insektizid Resistenz erzeugen wird.“ Dies kann nach unseren heutigen Erfahrungen auch auf jedes Akarizid übertragen werden. In der Stubenfliegenbekämpfung hat es in bestimmten Gebieten dahin geführt, daß durch intensive Anwendung von Hexachlorcyclohexan, Toxaphen und DDT ein Fliegenstamm gezüchtet wurde, der gegen alle gebräuchlichen chlorierten Kohlenwasserstoffe resistent war. Dies geht so weit, daß die Zucht von Fliegenstämmen gelang, die sich Zeit ihres Lebens in Käfigen aufhalten können, deren Wände einen dicken Kristallbelag von Insektiziden tragen.

Wenn im Pflanzenschutz in der Bekämpfungstechnik, der Wahl der Wirkstoffe und Konzentrationen sowie der Behandlungstermine keine grundlegenden Fehler begangen wurden, ist man in der Praxis allgemein geneigt, bei Versagen anfänglich gut wirksamer Präparate von dem Vorliegen von Resistenz zu sprechen. Das gilt sowohl für Insektizide als auch für Akarizide.

Bevor eine Analyse des Komplexes Insektizid- und Akarizidresistenz erfolgen kann, macht sich eine Begriffsdefinition erforderlich. Unter dem Aspekt der insektiziden und akariziden Wirksamkeit gibt es zwei Gruppen von Schädlingsbekämpfungsmitteln:

1. Wirkstoffe ohne jede Wirkung auf Insekten oder Milben. Hier liegt Unempfindlichkeit vor.
2. Wirkstoffe mit mehr oder weniger intensiver Wirkung auf Insekten oder Milben. Hierher gehören auch die Wirkstoffe, deren Wirkung nach guten Anfangserfolgen verlorenght.

Für die Praxis der Schädlingsbekämpfung ist nur die letztgenannte Gruppe von Interesse. Die Reaktion der Tiere gegenüber Vertretern dieser Gruppe wird als Empfindlichkeit bezeichnet. Sie kann sich in verschiedenen Empfindlichkeitsgraden manifestieren, die zwischen den Grenzwerten „Unempfindlichkeit“ und „Hochempfindlichkeit“ liegen. Der Empfindlichkeitsgrad gegenüber Insektiziden und Akariziden kann seine zahlenmäßige Bewertung in der letalen Dosis LD bei veränderlicher Wirkstoffkonzentration oder in der letalen Zeit LT bei gleichbleibender Wirkstoffkonzentration finden. Weisen Insekten gegenüber einem Insektizid bzw. Milben gegenüber einem Akarizid eine mehr oder weniger hohe Unempfindlichkeit auf, dann liegt Toleranz vor. In dem Begriff „Toleranz“ wird ein Sammelbegriff gesehen, der in die Teilbegriffe „Resistenz“ und „Pseudoresistenz“ aufgliedert werden kann. Die Trennung dieser beiden Begriffe erfolgt nach den bedingenden kausalen Faktoren. Hiernach werden unter Resistenz bei Insekten und Milben die spontanen Reaktionen der Schädlinge mit dem Kennzeichen erblicher aktiver Abwehr des Organismus gegenüber Insektiziden bzw. Akariziden verstanden. Resistenz ist also genetisch bedingt und wird durch Selektion augenfällig. Die Selektionsbasis kann durch Mutationen verbreitert werden. Das Expertenkomitee der Weltgesundheitsorganisation definierte 1957 den Begriff der Resistenz als die sich innerhalb eines Stammes von Insekten entwickelnde Fähigkeit, Giftdosen zu überleben, welche für die meisten Individuen einer normalen Population gleicher Art tödlich wirken würden.

Zur Pseudoresistenz gehören alle Erscheinungen, die echte Resistenz vortäuschen. Es handelt sich um einen Ursachenkomplex, der sich aus heterogenen Faktoren zusammensetzt, von denen entweder jeder für sich allein oder mehrere zusammenwirkend Resistenz vortäuschen können. Hierher gehören individuelle Faktoren bei der Beurteilung der Mittelwirkung durch verschiedene Versuchsansteller,

Unterschiede in der Wirkstoffkonzentration der Präparate, Veränderungen der Trägerstoffe bei der Konfektionierung der Handelspräparate, falsche Mittellagerung, unvorschriftsmäßige Anwendung und falscher Behandlungszeitpunkt. Diese Faktoren lassen sich bei der Nachprüfung verhältnismäßig leicht erkennen und eliminieren. Pseudoresistenz kann aber auch auf Faktoren biologischer Art beruhen, die nicht ohne weiteres zu erkennen sind und daher leicht das Bestehen echter Resistenz vortäuschen. Hierher gehören die bei Insekten festgestellte temperaturgebundene Entgiftung nach der Giftaufnahme im Insektenkörper, die Beeinflussung der Prädisposition der Tiere durch Witterungsfaktoren, geschlechtsgebundene Empfindlichkeitsunterschiede und Einflüsse der Ernährung auf die Giftempfindlichkeit. Für die Wirkung der erstgenannten Faktoren liegen vor allem für die Stubenfliege gesicherte Beobachtungen vor, und es ist anzunehmen, daß dies auch für pflanzenschädigende Fliegen zutrifft. Für Schadmilben liegen zur Zeit noch keine Anhaltspunkte hierfür vor. Dagegen hat für pflanzenschädigende Milben, besonders Tetranychiden, das Verhältnis zwischen Wirtspflanze und Schädling eine beachtliche Bedeutung für die Erscheinung der Pseudoresistenz in der Praxis. Diese, im wesentlichen konstitutionell bedingte Veränderlichkeit der Insektizid- bzw. Akarizidempfindlichkeit wird als „vigour tolerance“ bezeichnet. Sie unterscheidet sich im Endeffekt in der Praxis höchstens durch den Grad der Empfindlichkeit bzw. Unempfindlichkeit gegen einen bestimmten Wirkstoff von der echten Resistenz, wobei der Empfindlichkeitsrückgang durch „vigour tolerance“ in der Regel geringer ist als der durch echte Resistenz. Nach internationaler Übereinkunft spricht man von Resistenz, wenn die Schädlingspopulation, d. h. die Gesamtheit der Einzeltiere der Insekten- bzw. Milbenart in dem betreffenden Gebiet verglichen mit der ursprünglichen Empfindlichkeit mindestens 5 bis 10mal so wenig empfindlich ist. Bei einigen Arten kennen wir heute Resistenzgrade von 100 und mehr gegen bestimmte Wirkstoffe. Ursächlich bestehen aber grundsätzliche Unterschiede. Während Pseudoresistenz unter veränderten Umweltbedingungen in der Regel reversibel ist, bleibt Resistenz auch unter diesen Bedingungen bestehen.

Mit der Tatsache, daß für die echte Resistenz das Merkmal der Erbllichkeit vorhanden sein muß, ergibt sich für die Praxis der Schädlingsbekämpfung eine sehr ernste Lage. Wo Resistenz einmal vorhanden ist, wird in der nächsten Behandlungsperiode der frühere Erfolg nur durch Erhöhung der Wirkstoffkonzentration erzielt. Unglücklicherweise können aber solche Insektenpopulationen mit einer weiteren Steigerung ihrer Resistenz antworten. Schließlich kann ein Zustand erreicht werden, der eine weitere Erhöhung der Dosierung nicht erlaubt, da jetzt die Pflanzen durch das Mittel selbst geschädigt werden.

Sowohl auf seiten der Vererbungsforscher als auch auf seiten der Vertreter der angewandten Entomologie herrscht Einmütigkeit darüber, daß es sich bei Entstehung der echten Resistenz um Selektion im Sinne von DARWIN handelt. Die empfindlichen Insekten bzw. Milben werden durch eine Behandlung vernichtet, die gifttoleranten haben eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit und werden daher von Generation zu Generation stärker in den Fortpflanzungsprozeß der Population einbezogen. Dies setzt allerdings voraus, daß in den Ausgangspopulationen Individuen mit erblich verschiedener Empfindlichkeit bereits vorhanden waren. Daß dies tatsächlich der Fall ist, konnte an der Tau- oder Obstfliege (*Drosophila melanogaster* L.) eindeutig nachgewiesen werden. Eine allmähliche Gewöhnung der Insekten oder Milben an die Gifte durch mehrere Bekämpfungsmaßnahmen konnte bisher noch in keinem Falle nachgewiesen werden. Aus den wenigen bisher vorliegenden Untersuchungen über die biologischen Resistenzmechanismen ergibt sich, daß die Eigenschaft „Widerstandsfähigkeit“ zumeist auf biochemischen Variationen des Erbgutes beruht.

Diese lösen im Insektenkörper physiologische Prozesse aus, die eine Neutralisierung der Gifte bedingen. Es können dies erhöhte Abbauprozesse, schnelle Absorption in bestimmten Geweben, besonders im Fettgewebe, oder erhöhte Produktion physiologischer Antagonisten sein. Für Stubenfliegen konnte nachgewiesen werden, daß die Tiere aus resistenten Stämmen das DDT sehr schnell in eine ungiftige Verbindung nach Aufnahme in den Körper überführen, während empfindliche Fliegenstämme dazu nur in geringem Maße befähigt sind. Von diesen Vorgängen ist es auch abhängig, wie weit die Resistenz gegenüber bestimmten Giften zugleich auch Resistenz gegenüber verwandten Giften nach sich zieht, ohne daß eine Behandlung mit diesen Giften stattgefunden hat.

Wenden wir uns zunächst der Frage nach dem Vorkommen von echter Resistenz bei pflanzenschädigenden Milben und Insekten zu. Hierbei sind wir uns darüber im klaren, daß diese Frage nicht losgelöst von dem zweiten Fragenkomplex der Wirt-Parasitbeziehungen behandelt werden kann, sondern daß hier zahlreiche Berührungspunkte bestehen.

Bereits im Jahre 1948, zwei Jahre nach der Einführung des Parathion in die Praxis der Spinnmilbenbekämpfung, wurde in Amerika ein schlagartiges Versagen der Bekämpfungsmaßnahmen mit diesem Wirkstoff festgestellt. Diese Beobachtung wurde in Rosenkulturen, die stark mit *Tetranychus urticae* Koch verseucht und regelmäßig mehrmals im Jahr mit Parathion behandelt wurden, gemacht. Nach Übertragung der Milben auf Buschbohnen ging die Widerstandsfähigkeit der Milben gegen diesen Wirkstoff nicht verloren.

Auch gegenüber Malathion wurden widerstandsfähige Populationen beobachtet. Bei Kreuzung von Individuen aus der widerstandsfähigen Population mit Tieren aus malathionempfindlichen Populationen erwies sich die Malathionwiderstandsfähigkeit als dominant. Die hier beobachtete Widerstandsfähigkeit muß daher als genetisch bedingt angesehen werden. Damit sind die Bedingungen für das Vorliegen echter Resistenz erfüllt. Auch für die Nelkenspinnmilbe (*T. urticae forma dianthica* Dosse) ist Resistenz gegenüber Parathion nachgewiesen worden. Sie trat in Nelkengewächshäusern auf, in denen im Verlauf mehrerer Jahre regelmäßig Parathionspritzmittel angewandt wurden. Ähnliche Feststellungen wurden für die Obstbaumspinnmilbe *Panonychus ulmi* Koch in Obstanlagen gemacht, die innerhalb von vier Jahren regelmäßig zweimal mit Parathion behandelt worden waren.

Die Ursache für die Entstehung der Akarizidresistenz ist wie bei der Insektizidresistenz darin zu sehen, daß die einzelnen Individuen einer Milbenpopulation in bezug auf das Merkmal der Empfindlichkeit gegen einen bestimmten Wirkstoff erblich uneinheitlich sind. Dies äußert sich bereits bei der Durchführung von Bekämpfungsversuchen, in denen die einzelnen Versuchstiere während des Versuchsablaufes beobachtet werden. Hier zeigt es sich, daß das Absterben nicht gleichzeitig erfolgt, sondern sich oft über Tage hinzieht. Bei genügend großen Populationen können sogar Individuen gefunden werden, die mit den Präparaten in handelsüblicher Konzentration nicht abgetötet werden. Durch häufige Behandlung mit dem gleichen Präparat werden auf diese Weise die widerstandsfähigen Milben selektiert, so daß nach einer bestimmten Zeit keine Wirkung mehr zu erzielen ist. Noch schneller geht die Selektion, wenn bei der Behandlung die Konzentration zu gering bemessen wird. In diesem Falle wird eine breitere Basis für die Selektion geschaffen. Die Resistenz geht nach der Übertragung der Milben auf andere Wirtspflanzen nicht verloren. Es liegen hier echte akarizidresistente Milbenrassen vor.

Gegen Gemüsefliegen kommen sowohl in der DDR als auch in der Bundesrepublik seit etwa 1950 insektizide Wirkstoffe aus der Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe in

der verschiedensten Form zur Anwendung. Bisher ließ sich mit Sicherheit nur in einem eng begrenzten Gebiet am Niederrhein ein Vorkommen von Resistenz bei Kohlfliegen gegen diese Insektizidgruppe nachweisen (CRÜGER, 1965). Aus dem Gebiet der DDR liegen sichere diesbezügliche Unterlagen bisher nicht vor. Da jedoch aus Kanada für Zwiebelfliegen, aus England, Frankreich, Kanada, den Niederlanden, Schweden und den USA für Kohlfliegen, aus Frankreich, Kanada, den Niederlanden und USA für Möhrenfliegen Meldungen über Resistenz gegen bestimmte chlorierte Kohlenwasserstoffinsektizide, vor allem Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Lindan vorliegen, bedarf dieses Problem auch bei uns besonderer Beachtung. Dies ist um so mehr der Fall, als Anzeichen für DDT-Lindan-Resistenz beim Kartoffelkäfer und bestimmten Blattlausarten vorzuliegen scheinen.

Die Ausbildung resistenter Rassen kann bei häufiger Anwendung eines bestimmten Wirkstoffes bereits innerhalb weniger Generationen erfolgen. Sie geht um so schneller, je höher die Vermehrungsrate und die Vermehrungsgeschwindigkeit der Insekten und Milben sind. Demgegenüber wird oft die Ansicht vertreten, daß für die Ausbildung resistenter Rassen mehrjährige Anwendung der betreffenden Wirkstoffe erforderlich ist. Bei einem Vergleich der zeitlichen Einführung der Wirkstoffe in den praktischen Pflanzenschutz mit dem Auftreten der ersten resistenten Spinnmilbenrassen zeigt sich jedoch, daß dies nicht immer zutrifft. Parathion wurde im Jahre 1946 erstmalig in größerem Umfang in den Vereinigten Staaten von Amerika angewandt. 1948 wurden bereits die ersten Beobachtungen über Parathionresistenz gemacht. Noch schneller ging die Resistenzausbildung bei Malathion. Hier erfolgte die Einführung des Wirkstoffes in die Praxis im Jahre 1950. 1951 bereits wurden resistente Rassen beobachtet. Bisher wurde Resistenz gegen eine Reihe weiterer Wirkstoffe festgestellt, z. B. Malathion, Chlorbenzilat, Demeton, Dimethoat, Tedion u. a. Ein Problem, welches zur Zeit in den Gürkengewächshäusern der DDR akut ist, ist die Resistenz von *Tetranychus urticae* Koch und *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. gegen Dimethoat (Präparat Bi 58) und Demeton (Tinox). In bestimmten Gebieten wurde hier mit Bi 58 nur noch ein Wirkungsgrad von 45% gegenüber anfänglich 100% erzielt.

Resistenz gegenüber einem bestimmten Wirkstoff ist nicht gleichbedeutend mit Resistenz gegenüber einem anderen. In diesem Zusammenhang muß auf das Problem der Gruppenresistenz aufmerksam gemacht werden. Es wurde zunächst für die Akarizide auf der Basis von organischen Phosphorsäureverbindungen untersucht. Dabei zeigte es sich, daß Milben, die gegenüber Parathion widerstandsfähig sind, sich auch verhältnismäßig unempfindlich gegenüber den verwandten Wirkstoffen Diazinon, Demeton, EPN und Malathion zeigten. Nur das verwandte Guthion nahm eine Ausnahmestellung ein. Auch für die Ovo-Larvizide Chlorparazid, Benzolsulfonat und Tedion konnte Gruppenresistenz nachgewiesen werden.

Ähnliche Erscheinungen sind auch bei Insektiziden bekannt. Gruppenresistenz konnte dabei sowohl innerhalb der chlorierten Kohlenwasserstoffinsektizide als auch der organischen Phosphorverbindungen beobachtet werden. Die in diesem Zusammenhang in der Literatur gebräuchliche Terminologie ist zur Zeit nicht eindeutig. Im allgemeinen spricht man von Gruppenresistenz, wenn mit Resistenz gegen einen Wirkstoff gleichzeitig Resistenz gegen chemisch verwandte Wirkstoffe verbunden ist, obwohl letztere gegen die Versuchspopulation nachweislich nicht zum Einsatz kamen. Kreuz-Resistenz liegt dann vor, wenn mit dem Eintritt von Resistenz gegen einen bestimmten Wirkstoff gleichzeitig Resistenz gegen einen chemisch nicht verwandten Wirkstoff verbunden ist und auch in diesem Falle die Population dem letzteren Wirkstoff nicht ausgesetzt wurde. Populationen können aber auch, wenn sie gleichzeitig oder nacheinander mit verschiedenen Wirkstoffen behandelt wurden,

gegen die eingesetzten Wirkstoffe Resistenz erwerben. In diesen Fällen spricht man von multivalenter Resistenz. Gruppenresistenz und Kreuz-Resistenz werden neuerdings unter der Bezeichnung Co-Resistenz zusammengefaßt.

Für die Entstehung resistenter Rassen von Spinnmilben hat die Wirtspflanze eine gewisse Bedeutung. Zuerst waren es amerikanische Forscher, die hierauf aufmerksam machten. Ihr Milbenmaterial stammte aus verschiedenen Gebieten Amerikas und wurde in jedem Gebiet von einer anderen Wirtspflanzenart gesammelt. Obwohl jede Pflanzenart über mehrere Jahre regelmäßig mit Malathion behandelt worden war, konnte eine Resistenz gegenüber diesem Wirkstoff nur auf Rose nachgewiesen werden. Das Milbenmaterial von Gurke und Nelke wird als nichtresistent bezeichnet. Da wir vermuteten, daß dieses Problem von Bedeutung für die landwirtschaftliche und gärtnerische Praxis werden könnte, haben wir uns hiermit näher befaßt (FRITZSCHE, 1960). Auf Grund von Vorversuchen wählten wir als Wirtspflanzen Buschbohnen und Chrysanthemen aus. Zum Einsatz kam als Demonstrationspräparat Wofatox-Spritzmittel in einer Konzentration von 0,30%. Die nach der Behandlung überlebenden Tiere wurden auf unbehandelte Pflanzen umgesetzt und dort nach der Entwicklung von zwei Generationen erneut bis zur achten Generation behandelt. Auf Buschbohnen war dies nicht möglich, da der Abtötungsprozentsatz zu Beginn des Versuches bereits so hoch war, daß eine Selektion widerstandsfähiger Tiere nicht möglich war. Auf Chrysantheme konnte dagegen nach acht Generationen nur noch ein Wirkungsgrad von 62% erzielt werden. Nach Umsetzen der Milben auf Buschbohne zeigten sie auch hier die gleiche Widerstandsfähigkeit wie auf Chrysantheme. Daraus geht hervor, daß es durch wiederholte Anwendung dieses Wirkstoffes auf Chrysantheme möglich war, resistente Tiere zu selektieren. Auf Buschbohnen war eine derartige Selektion erst bei einer Senkung der Konzentration des Präparates auf 0,15% möglich. Wie durch andere Untersuchungen festgestellt wurde, sind die Milben auf Buschbohne gegen Parathion wesentlich empfindlicher als auf Chrysantheme. Dies wirkt sich auf die Entstehung resistenter Milbenstämme aus. Während bei Anwendung des Präparates in der vorgeschriebenen Konzentration auf Bohne keine resistenten Individuen gefunden werden konnten, wurden sie nach häufiger Behandlung der Wirtspflanzen mit unterschwelligen Konzentrationen in größerer Anzahl beobachtet. Das ist für die Durchführung der praktischen Bekämpfungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Durch Konzentrationserhöhung kann die Entstehung resistenter Formen auf Chrysantheme vermieden werden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn hierdurch keine Pflanzenschäden befürchtet werden müssen und die Resistenz noch nicht deutlich zutage tritt. Nach Feststellungen amerikanischer Forscher vermögen Konzentrationserhöhungen die Resistenz nicht mehr zu brechen, wenn die Population durch fortgesetzte Selektion einen gewissen Resistenzgrad erreicht hat.

Das Auftreten der Resistenz an Buschbohnen nach Behandlung mit unterschwelligen Konzentrationen ist nicht gleichzusetzen mit einer Gewöhnung der Milben an das Gift. Hierfür gibt es auch für pflanzenschädigende Milben keinen Beweis.

Neuerdings konnte auch in der Bundesrepublik der Einfluß des physiologischen Zustandes der Wirtspflanzen auf die Resistenzentwicklung bei Spinnmilben nachgewiesen werden (HUWALD, 1965).

Der zweite Fragenkomplex, der uns bei der Erforschung der Ursachen des Versagens von Insektiziden bzw. Akariziden interessiert, ist die konstitutionell bedingte Veränderlichkeit der Empfindlichkeit, wobei der Einfluß der Ernährung bzw. der Wirtspflanzen der Insekten und Milben im Vordergrund stehen. Bei Stubenfliegen konnte einwandfrei nachgewiesen werden, daß ihre Empfindlichkeit gegen DDT in gewissen Grenzen von der Art und Zusammensetzung

ihrer Nahrung abhängig ist. Wird das Nahrungssubstrat gewechselt, dann tritt auch ein Wechsel in der Empfindlichkeit der Population ein. Damit ist bewiesen, daß in diesem Falle keine echte Resistenz, sondern „vigour tolerance“ vorliegt. Ähnliche Verhältnisse sind auch bei Spinnmilben nachweisbar.

Beobachtet man eine Milbenpopulation während eines Jahres an der Wirtspflanze, dann fällt auf, daß sich die Tiere im Laufe der Entwicklung der Pflanzen verfärben. An Buschbohnenjungpflanzen erscheinen die Tiere zunächst überwiegend gelbgrün gefärbt, im Stadium der Hülsenreife finden wir vor allem orangefarbene Farbtöne vorherrschend. An Nelke sind die Milben in allen Entwicklungsstadien der Pflanze zum größten Teil orange gefärbt. Anders liegen die Verhältnisse an Brennessel und Tomate. Hier herrschen besonders die grünen und gelbgrünen Farbtöne vor. Orangefarbene tritt auch zur Reifezeit der Pflanzen in den Hintergrund.

Es konnte festgestellt werden, daß die orangefarbene Form von *Tetranychus urticae* gegenüber Malathion empfindlicher ist als die gelbgrüne. Gegenüber Parathion ließ sich im Gegensatz hierzu eine hohe Empfindlichkeit der gelbgrünen Tiere und eine erhebliche Widerstandsfähigkeit der orangefarbenen nachweisen. Werden orange gefärbte Milben von Bohnenpflanzen im Stadium der Hülsenreife auf Bohnenjungpflanzen umgesetzt, dann entwickeln sich aus den dort abgelegten Eiern gelbgrüne Milben, die auch die hohe Empfindlichkeit von gelbgrünen Milben gegenüber Parathion aufweisen. Werden dagegen gelbgrüne Milben von Jungpflanzen mit Milben von Pflanzen im Stadium der Hülsenreife auf ihre Parathionempfindlichkeit hin verglichen, dann zeigen die Tiere von jungen Blättern eine höhere Empfindlichkeit als die Tiere von älteren. Je später im Jahr also eine Bekämpfungsmaßnahme durchgeführt wird, um so geringer wird der Erfolg sein. Da sich der Empfindlichkeitsgrad der Tiere nach Umsetzung auf Pflanzen anderen Entwicklungsstadiums verändert, kann hier nicht von Resistenz gesprochen werden. Es liegt nur eine umweltbedingte Modifikation der Empfindlichkeit vor.

Ähnlich verhält es sich bei der Abhängigkeit der Akarizidempfindlichkeit von der Höhe der Milbenschäden an den Blättern. Durch geeignete Versuchsmethodik kann nachgewiesen werden, daß an stark geschädigten Blättern die Milben eine geringere Empfindlichkeit aufweisen als an ungeschädigten.

Auch die Wirtspflanzenart beeinflusst entscheidend die Akarizidempfindlichkeit der Milben. Gegenüber Parathion zeigt *Tetranychus urticae* auf Tomate die höchste Empfindlichkeit. Am widerstandsfähigsten erweist sie sich auf Roter Rübe. Der Empfindlichkeitsgrad auf Buschbohne liegt zwischen diesen beiden Wirtspflanzenarten. Bei der Übertragung der überlebenden Milben von Roter Rübe auf Tomate zeigt die Population nach 2 bis 3 Generationen die gleiche Empfindlichkeit wie die ständig auf Tomate vermehrten Tiere.

Die Empfindlichkeitsunterschiede auf verschiedenen Wirtspflanzen und bei verschiedenem Pflanzenzustand deuten darauf hin, daß ihre Ursachen in der Nahrungsform liegen. Dies konnte durch künstliche Ernährung der Milben bestätigt werden. Durch geeignete Versuchsanordnung wurde festgestellt, daß die Parathionempfindlichkeit mit zunehmendem Gehalt der Nahrung an Zucker ansteigt. Blattanalysen zeigten, daß die Blätter von Jungpflanzen ebenfalls einen höheren Zuckergehalt aufweisen als ältere Blätter, so daß hier gute Übereinstimmung zwischen der Beobachtung an der Pflanze und dem Ernährungsversuch besteht. Anders ist dies bei den Beobachtungen an verschiedenen Wirtspflanzen. Der Blutzuckergehalt an Tomate und Roter Rübe erwies sich in den Versuchen als ähnlich hoch. Auf beiden Pflanzen weisen die Milben aber starke Empfindlichkeitsunterschiede auf. Wahrscheinlich müssen hierfür andere Pflanzeninhaltsstoffe verantwortlich gemacht werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß in den kommenden Jahren auf Grund der Feststellungen in fast allen Ländern der Erde, in denen eine intensive Bekämpfung von Schadinsekten und Milben mit chemischen Bekämpfungsmitteln durchgeführt wird, dem Auftreten von Resistenzerscheinungen eine ständig wachsende Bedeutung zukommt. Dieser Tatsache muß nicht nur der praktische Pflanzenschutz, sondern auch die Pflanzenschutzmittelindustrie Rechnung tragen. Der Entstehung resistenter Stämme läßt sich in erster Linie durch Spritzprogramme vorbeugen, die auf der Anwendung chemisch verschiedener Wirkstoffe innerhalb der Vegetationsperiode aufgebaut sind. Ihre Anwendung darf nicht in Form von Routinemaßnahmen erfolgen, sondern muß den biologischen Gegebenheiten von Schaderreger und Wirtspflanze Rechnung tragen, das heißt, es muß sich um gezielte Maßnahmen handeln. Aufgabe der Pflanzenschutzmittelindustrie ist die Bereitstellung einer ausreichenden Palette an Wirkstoffen, die es dem Praktiker erlaubt, seine Bekämpfungsaktionen den jeweils gegebenen Bedingungen anzupassen. Durch sinnvolle Zusammenarbeit zwischen Pflanzenschutzforschung und Pflanzenschutzmittelindustrie wird es möglich sein, einer sich anbahnenden Resistenzsituation rechtzeitig begegnen zu können. Aus diesen Tatsachen ergibt sich aber auch, daß in der Zukunft an die Qualifikation der im praktischen Pflanzenschutz Tätigen ständig höhere Anforderungen gestellt werden müssen, die ihnen erlauben, eine bestehende Befallssituation und eventuelle Mißerfolge von Bekämpfungsaktionen richtig einzuschätzen sowie entsprechende Bekämpfungsprogramme zu erarbeiten, um der Entstehung resistenter Insekten- oder Milbenpopulationen entgegenzuwirken.

Zusammenfassung

1. Entsprechend den Erfahrungen in anderen Ländern muß auch im Gebiet der DDR mit dem Auftreten von Resistenzerscheinungen gegen chemische Bekämpfungsmittel bei pflanzenschädigenden Insekten und Milben gerechnet werden. Akarizidresistente Spinnmilbenstämme konnten in verschiedenen Gartenbaubetrieben nachgewiesen werden.

2. Neben der auf Selektion beruhenden echten Resistenz muß in der Praxis des Pflanzenschutzes die Pseudoresistenz Beachtung finden, bei der es sich um reversible Veränderungen der Insektizid- bzw. Akarizidempfindlichkeit durch Umweltfaktoren, besonders bestimmter Bedingungen des Wirt-Parasitverhältnisses, handelt.

3. Die wirksamste Gegenmaßnahme gegen echte Resistenz ist ein gezieltes Bekämpfungsprogramm, in dem dem Wirkstoffwechsel eine wesentliche Bedeutung zukommt. Erscheinungen der Pseudoresistenz kann durch Veränderung der Umweltbedingungen, Berücksichtigung der vorhandenen Erkenntnisse über das Wirt-Parasitverhältnis sowie deren sinnvollen Einbau in die Maßnahmen des Pflanzenschutzes begegnet werden.

4. Hieraus ergeben sich bestimmte Anforderungen an die Pflanzenschutzmittelindustrie sowie die Qualifikation der im Pflanzenschutz Tätigen.

Резюме

Рольф Фритше

Проблема возникновения устойчивости у клещей и насекомых

1. Соответственно опыту других стран нужно считаться с возможностью возникновения устойчивости

насекомых и клещей к химическим средствам борьбы и на территории ГДР. Акарицидоустойчивые штаммы паутиных клещей удалось обнаружить в некоторых садоводческих хозяйствах.

2. Наряду с истинной, основанной на отборе, устойчивостью следует учитывать также псевдоустойчивость, сущностью которой являются обратимые изменения инсектицидной и акарицидной чувствительности в результате факторов внешней среды, особенно соотношения хозяин/паразит.

3. Наиболее действенным мероприятием, противодействующим истинной устойчивости является целенаправленная программа борьбы, в рамках которой большое значение имеет смена действующих веществ. Явления псевдоустойчивости могут быть предупреждены изменением условий внешней среды, учетом имеющихся сведений о соотношении хозяин/паразит, а также целесообразным включением этих сведений в мероприятия по защите растений.

4. Из этого вытекают определенные требования к промышленности производящей средства для защиты растений, а также к квалификации работников, занятых на работах по защите растений.

Summary

Rolf FRITZSCHE

The resistance problem in mites and insects

1. The occurrence of resistance to chemical agents used in the control of pest insects and mites has to be expected also for the area of the GDR, according to experience gained in other countries. Acaricide-resistant strains of red spider mites were identified in a number of horticultural farms.

2. Due consideration in practical plant protection should be given not only to natural resistance based on selection, but also to pseudo-resistance which is based on reversible changes in the sensibility to insecticides and acaricides due to environmental factors, mainly to certain conditions of the host-parasite relationship.

3. The adoption of a systematic control program, with primary consideration being given to the change of agents, is the most effective counter-measure to natural resistance. Phenomena of pseudo-resistance may be countered by change of environmental conditions as well as by careful consideration of the findings so far made on the host-parasite relationship and the purposeful integration of the latter into the measures of plant protection.

4. This would imply certain demands to the makers of plant protection agents as well as to the qualification standards of plant protection personell.

Literatur

CRÜGER, G.: Gemüsefliegen mit Resistenz gegen Insektizide. Rheinische Monatsschrift Gemüse-, Obst- und Gartenbau 4, (1965), S. 1

FRITZSCHE, R.: Morphologische, biologische und physiologische Variabilität und ihre Bedeutung für die Epidemiologie und Bekämpfung von *Tetranychus urticae* Koch. Biol. Zbl. 79, (1960), S. 521-576

HUWALD, K.: Resistenzentwicklung bei *Tetranychus urticae* Koch in Abhängigkeit von der Vorgeschichte der Population und dem physiologischen Zustand der Wirtspflanze. Z. Entom. 56, (1965), S. 1-40