

Union Internationale des Sciences Biologiques
Organisation Internationale de Lutte Biologique
contre les animaux et les plantes nuisibles
SECTION REGIONALE OUEST PALEARCTIQUE



LUTTE INTEGREE EN CULTURE
DE HOUBLON

INTEGRATED PEST AND DISEASES
CONTROL IN HOPS

LIBLICE (CZECHOSLOVAKIA)
26-28.08.1980

BULLETIN SROP
WPRS BULLETIN

1981/IV/3

International Union for Biological Sciences
International Organization for Biological
Control of noxious animals and plants
WEST PALAEARCTIC REGIONAL SECTION



ORGANISATION INTERNATIONALE DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE
LES ANIMAUX ET LES PLANTES NUISIBLES

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR BIOLOGICAL CONTROL OF
NOXIOUS ANIMALS AND PLANTS

INTEGRATED PEST AND DISEASE CONTROL IN HOPS

Liblice (Czechoslovakia), 26. - 28.8.1980

WPRS Bulletin 1981/IV/3
Bulletin SROP

The present Proceedings were edited by
I. Hrdý and (Mrs.) H. Hrdličková

CONTENTS

Introductory Remarks	1
Der Hopfenbau in der Tschechoslowakei - A. SRP	3
(1) <u>Resistance of pests</u> in hop gardens: hop aphid, two-spotted spider mite; methods of monitoring and measuring of resistance	
Resistance to pesticides in damson-hop aphid and red spider mite on English hops - R.C. MUIR & J.E. CRANHAM	11
Resistance to insecticides in the two-spotted spider mite and the hop aphid on hops in the Ukrainian SSR - A.P. BO-ROVOI	16
A standardized spray-residue method for measuring, and a dip-test for monitoring resistance in aphids - I. HRDÝ & J. KULDOVÁ	21
Insecticide-resistance spectrum in Czechoslovak populations of the hop aphid, <u>Phorodon humuli</u> - I. HRDÝ & J. KRÍŽ	29
Esterasetest zum Nachweis der Insektizidresistenz bei der Hopfenblattlaus, <u>Phorodon humuli</u> Schrk. - R. BÜCHI & A.K. BECK	40
Insecticide-resistance spectrum in the hop aphid (<u>Phorodon humuli</u>) populations from different regions: Notes on resistance mechanisms - J. ŠULA, J. KULDOVÁ & I. HRDÝ	46
Selektierung resistenter Blattlauspopulationen - auch eine Folge des Sortenwandels ? - U. HORNING	55
Insecticide resistance in Czechoslovak populations of the two-spotted spider mite, <u>Tetranychus urticae</u> - J. HURKOVÁ & M. GESNER	61

Some morphological and bioecological characteristics of insecticide resistant biotypes in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* - F. WEYDA & J. HURKOVÁ 69

(2) Effects of pesticides on entomofauna in hop gardens

Integrated pest management and the possibilities to cope with insecticide resistance in the hop aphid and the two-spotted spider mite in hops - I. HRDÝ 78

Population dynamics of aphid and mite predators in hops: Bohemian hop-growing area - J. ZELENÝ, I. HRDÝ & P.K. KALUSHKOV 87

Toxicity of five insecticides to resistant hop aphid Phorodon humuli, and its coccinellid predators - P.K. KALUSHKOV & J. ZELENÝ 97

(3) Supervised use of fungicides

Gezielte Bekämpfung der Hopfenperonospora (Pseudoperonospora humuli) auf Grund von Befallsprognosen - H.Th. KREMHELLER 107

Gezielte Bekämpfung der Hopfenperonospora auf Grund von kurzfristigen Prognosen - Z. PETRÍK & Z. ŠTYS 110

(4) Conventional and integrated protection: experiences and approaches to solving

(4.a) The present state in individual hop-growing regions

Stand des Pflanzenschutzes im Hopfenbau der DDR - K. BORDE 118

Derzeitiger Stand des Pflanzenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland im Hopfenbau - H.Th. KREMHELLER . . 122

The present situation in hop protection in Romania - T. PERJU	124
Die aktuellen Probleme des Hopfenschutzes in Polen - B. MICIŃSKI	125
Hopfenschutz in der Tschechoslowakei - Z. PETRĹÍK	127

(4.b) Integrated protection: experience and approaches

Damson-hop aphid: The scope for pest management - J.E. CRANHAM & R.C. MUIR	134
Integrated control of damson-hop aphid (<u>Phorodon humuli</u>) in commercial hops in south-east England, 1977-80 - A.L. WINFIELD	139
Bioecological research and integrated control of hop pests in Romania - T. PERJU & I. GHIZDAVU	147
Erste Erfahrungen bei der Einföhrung des gezielten Pflanzenschutzes in den Hopfenbau der DDR - U. SCHMIDT	156
Concluding Remarks	164
Titles and abstracts of papers in Russian translation . .	166
List of participants	177

INTRODUCTORY REMARKS

On the initiative of the West Palæarctic Regional Section of IOBC the first Panel "Integrated Pest and Disease Control in Hops" was held in July 1975 in Linz, Austria (IOBC/WPRS Bull. 2 : 66-81, 1976). In consideration of the close relationship of subject matters as well as for organizational reasons a Sub-Group "Integrated Control in Hops" was established in the framework of the Working Group "Integrated Control in Orchards". It has been recommended to hold the next Panel meeting in Czechoslovakia and to focuss attention on a more limited subject such as the problem of insecticide resistance in the hop aphid and to include, at the same time, questions pertaining to unification of methods and introduction of rapid-monitoring procedures.

In compliance with general recommendations the second Panel "Integrated Pest and Disease Control in Hops" is organized jointly by the West and East Palæarctic Regional Sections. This is also reflected in the participation of experts from both regions. To facilitate the assessment of the measure of understanding achieved over the last five years I want to recall the main goals we have set before us in 1975 at Linz as worthy particular regard:

- (1) To investigate population dynamics, or epidemiology of harmful organisms in consideration of all biotic and abiotic factors within ecosystems in order to provide basic data for the preparation of monographs on the most important pests and diseases.
- (2) To establish economic-threshold levels for pests, diseases and weeds as criteria for assessing the adequacy of control measures. This enquiry should also include the predators of pests, and the climatical conditions in the various hop-growing regions.
- (3) To investigate the effect of pesticides on the natural enemies of harmful organisms. In selecting particular pesticides regard be paid to partial results already available for a number of active ingredients.

- (4) To develop workable prognostication and warning methods capable of signalling with sufficient reliability the danger for the economic-threshold levels to be exceeded.

The present volume includes all reports presented at the IOBC Panel held at Liblice on 25th to 28th August, 1980. It also includes a list of participants and a summary of recommendations defining in more detail the long-term objectives adopted by our second Panel.

I. Hrdý
Department of Insect Toxicology
Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences,
Praha

DER HOPFENBAU IN DER TSCHECHOSLOWAKEI

A. Šrp

Hopfenforschungsinstitut, Žatec, Tschechoslowakei

Der Hopfenbau hat in den böhmischen Ländern eine lange Tradition. Wann und wie der Hopfen nach Mitteleuropa kam, wird heute kaum noch jemand sagen können. Die wahrscheinlichste Annahme wäre, dass der Hopfenbau zur Zeit der Völkerwanderung nach Mittel- und Westeuropa gelangte. Als Urheimat des Kulturhopfens wird das Gebiet der heutigen zentralen UdSSR angenommen. Zu diesem Schluss berechtigen z.B. die Reisebeschreibungen des arabischen Kaufmanns Ibrahim Saud, der etwa 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung das von slawischen Stämmen bewohnte Gebiet zwischen Don und Dnjepr besuchte und berichtete, dass er in den Wohnstätten dortiger Einwohner "Behälter voll schäumenden Honig" gesehen habe, d.h. den gehopften Honigtrank, das typische Getränk der Slawen. Nach der Ankunft der slawischen Stämme in Mitteleuropa verbreitete sich der Hopfenbau auch hier. Hopfen wurde relativ frühzeitig zum Gegenstand des Handels und wurde aus Böhmen in die Nachbarländer ausgeführt. Für diese älteste Zeit gibt es verhältnismässig wenige historische Belege und die ersten schriftlichen Dokumente über Hopfenbau stammen erst aus dem VIII. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. In Böhmen stammen die ältesten Urkunden erst aus dem X. Jahrhundert. In den Nachbarländern ist die Lage ähnlich, so dass die frühesten Anfänge des Hopfenbaus in Mittel- und Westeuropa kaum jemals wahrhaftig beschrieben werden können.

Mit der Entwicklung des Feudalismus wurden der weiteren Entfaltung des Hopfenbaus bereits gewisse Normen zugrundegelegt. In den böhmischen Ländern ist der Hopfenbau mit dem Namen des Königs Karl IV verbunden, der neben ökonomischen Massnahmen als erster den Versuch um gesetzliche Regelung unternahm, indem er die Ausfuhr von Hopfenpflanzengut aus Böhmen verbot. Der Hopfen wurde vornehmlich auf dem Elbewege ausgeführt, wovon Aufzeichnungen in den Hafengebühren der

Städte Litoměřice und Ústí n.L. zeugen. Jedoch war auch der nach Bayern und Österreich gehende Export von Bedeutung. Der Hopfenhandel machte im Laufe der Zeit auch gewisse Massnahmen in bezug auf Herkunftsschutz notwendig. Der früheste Nachweis der Hopfenprovenienz in Böhmen stammt aus dem Jahre 1575 und wurde als Beglaubigungsurkunde von der Stadt Rakovník herausgegeben.

Die steigenden Ansprüche auf Qualität und Quantität des Hopfens führten notwendigerweise zur allmählichen Konzentrierung des Hopfenbaus in jene Gebiete, wo die Pflanze am besten gedieh und auch die beste Qualität aufwies. Demzufolge begannen sich schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts die heutigen Grenzen der Hopfenanbaugebiete von Žatec und Ústěk klar abzuzeichnen, wie wohl damals noch ein Teil des Hopfens über ganz Böhmen und Mähren zerstreut bei Brauereien angebaut wurde.

Der Provenienzschutz, d.h. die Beglaubigung und Bezeichnung der Herkunft ist im Hopfenbau eine wichtige Massnahme. In der Vergangenheit gab es viele Versuche, die Echtheit des Hopfens zu verifizieren, den Hopfenhandel zu regeln usw., was sich in der Herausgabe zahlreicher Dekrete und Kodexe niederschlug. Die meisten wurden jedoch nie voll respektiert und eingehalten. Erst im 19. Jahrhundert beginnt bei uns der Zeitraum des sog. Provenienzgesetzes, d.h. des Gesetzes über den Herkunftsschutz des Hopfens. Heute gilt das im Jahre 1957 novelisierte Gesetz mit der amtlichen Bezeichnung "Gesetz über Produktionsgebiete, Anbaulagen, pflichtmässige Signierung und Evidenz des Hopfens", das alle wichtigsten Vorschriften für den Hopfenbau in der ČSSR zusammenfasst.

Fakten über den tschechoslowakischen Hopfenbau

Der Hopfen als technische Pflanze unterliegt oft Schwankungen, die sich vor allem in den Anbauflächen der Hopfengärten widerspiegeln. Die grösste in den böhmischen Ländern je angebaute Fläche betrug über 17.000 ha, die kleinste rund 4.000 ha. Heute wird der Hopfen in der Tschechoslowakei auf ca. 11.000 ha angebaut, was etwa 0,19 % der gesamten landwirtschaftlichen Anbaufläche des Landes entspricht. Die ČSSR ist Mitglied des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB) und nimmt in der Hopfenproduktion den dritten Platz in der Welt ein. An der Gesamtproduktion des Hopfens in der Welt hat die ČSSR etwa 10 %,

am Welthandel mit Hopfen etwa 18 % Anteil. Im Jahresdurchschnitt werden aus der ČSSR 6.000 t Hopfen exportiert.

In der Tschechoslowakei wird nur eine Sorte, der sog. Poloraný červeňák (Halbfrüher Rötling) angebaut. Alle zugelassenen Sorten sind einander morphologisch nahverwandt. Sie unterscheiden sich nur geringfügig in ihren ökonomischen Eigenschaften, wie in Frühzeitigkeit, Ertrag und Umweltsprüchen.

Der Žatec-Hopfen hat den Ruf des tschechoslowakischen Hopfenbaus in die ganze Welt verbreitet. Hinter diesen Erfolgen steht tausendjährige Tradition, Können, Fertigkeit und Arbeitsfreude der Züchter, die ihre Erfahrungen und Erkenntnisse von Generation zu Generation vertiefen und stets um Besseres bemüht sind.

Monopolexporteur des tschechoslowakischen Hopfens ist das Aussenhandelsunternehmen Koopol. Der Žatec-Hopfen wird vor allem zum Nachhopfen der letzten Hopfengabe verwendet. Aller Exporthopfen wird mit Siegel, Plombe, Beglaubigungsbeschreibung, Qualitätshöchstmarke Bohemiahop, Registrationsnummer und Beglaubigungsurkunde, dem. sog. Zertifikat, versehen. Das vom Provenienzgesetz vorgeschriebene Überprüfungsverfahren schützt den Weltruf des tschechoslowakischen Hopfens und gibt zugleich die Garantie, dass der Kunde einen erstklassigen Hopfen des gleichen Jahrgangs und aus dem gleichen Herkunftsgebiet erhält.

Bodenbedingungen

Der Hopfen braucht besondere Bodenbedingungen. Der Boden kann sehr reich an Nähr- oder Mineralstoffen sein, wobei der Gehalt an Kalk und Kali die wichtigste Rolle spielt. Die petrographische Zusammensetzung des Bodens allein - das Bodensubstrat - ist nicht so sehr wichtig und entscheidend. Der Hopfen gedeiht auf roten Perm-Böden (Rotböden des Žatec- und Louny-Gebiets), auf Kreideböden (Louny-, Ústěk- und Dubsko-Gebiete) wie auch auf tertiären und quartären Alluvialböden (Roudnice-Gebiet, nördlicher Teil des Žatec-Gebietes). Der Hopfen gedeiht in vorzüglicher Qualität vor allem auf Perm-Rotböden des Žatec-Gebietes, im Einzugsgebiet der Blšanka, wo er alle ausnehmend günstigen Wachstumsbedingungen vorfindet.

Klimabedingungen

Von den Naturbedingungen wird die Qualität des Hopfens vor allem durch das Klima beeinflusst. Wichtig ist die Verteilung der Lufttemperatur, der Niederschläge und des Sonnenscheins in den einzelnen Vegetationsmonaten. Das Jahresmittel der Lufttemperatur beträgt in den Hopfenbaugebieten $8,6^{\circ}\text{C}$. In den einzelnen wichtigsten Monaten sind es die folgenden Lufttemperaturmittel: Mai 13°C , Juni $16,3^{\circ}\text{C}$, Juli $18,0^{\circ}\text{C}$, August $17,3^{\circ}\text{C}$. Die Jahressumme der Lufttemperatur beträgt im Žatec-Gebiet $2\ 900^{\circ}\text{C}$. Die Sonne scheint etwa 1.700 Stunden im Jahr. Gemäss langfristigen Mittelwerten fallen im Žatec-Gebiet 460 mm Niederschläge im Jahr. Für den Vegetationszeitraum beträgt dieses Mittel 280 mm.

Territoriale Verteilung der Hopfenproduktion

Der Hopfenbau ist in der Tschechoslowakei auf 5 Hopfenbaugebiete verteilt. In Böhmen sind es die Gebiete von Žatec und Ústěk; in Mähren das Gebiet von Tršice und in der Slowakei das Gebiet von Piešťany, Topoľčany und Trebišov.

Anbauflächenmässig und in bezug auf Konzentration der Produktion ist das Žatec-Gebiet am grössten. Es greift in drei böhmische Bezirke ein: in den Nordböhmisches (Kreise Louny und Chomutov), in den Mittelböhmisches (Kreise Rakovník und Kladno) und in den Westböhmisches Bezirk (Kreise Pilsen und Rokycany). In dieser Region befindet sich 69 % (1978) der gesamten auf dem Territorium der Republik angebauten Flächen. Der grösste Hopfenbaukreis nicht nur in dieser Region, sondern in der gesamten ČSSR, ist der Kreis Louny mit 42,8 % Anteil an der Hopfen-Gesamtanbaufläche. Seinen Kern bilden die renommierten Landstriche Podlesí und Údolí Zlatého potoka mit ihren hohen Konzentrationen an hochwertigem Hopfenanbauflächen. Der zweitintensivste hopfenbauende Kreis ist Rakovník mit 25,5 % Anteil an der Hopfenbau-Gesamtfläche. In diesen Kreis greift zum Teil auch ein kleinerer Abschnitt des Podlesí-Landstriches ein. Der östliche Teil des Žatecer Hopfenbaugebietes greift in den Kreis Kladno ein, wo sich 3,4 % der Hopfenbau-Gesamtfläche befinden. Die übrigen Teile des Žatecer Hopfenbaugebietes werden von Randkreisen gebildet. Hier wird der Hopfen nur auf 1,3 % der Gesamtfläche angebaut.

Das Hopfenbaugebiet von Ústěk ist wesentlich kleiner. Hopfen wird hier nur auf 18 % der Gesamtfläche angebaut, wovon

der überwiegende Teil (14,2 %) im Kreis Litoměřice konzentriert ist. Das Kernstück dieses Gebietes wird vom Landstrich Polepská blata gebildet, wo ein sehr hochwertiger Hopfen produziert wird.

Im Tršice-Anbaugebiet beträgt die Hopfengartenfläche nur 5,6 % (1978) der Hopfenbau-Gesamtfläche der ČSSR (Kreise Olomouc, Přerov, Prostějov). Die günstigsten Bedingungen finden sich im Bezirk Olomouc in der Umgebung von Tršice.

Hopfenforschung

Die Hauptaufgaben des Hopfenforschungsinstituts Žatec sind die Entwicklung der Hopfenproduktion, die Forschung und die Überführung der Ergebnisse in die Praxis.

Das Hopfenforschungsinstitut, Träger des Ordens der Arbeit, ist eine wissenschaftliche Arbeitsstätte. Seine grundlegende Aufgabe ist die systematische Sorge für die Weiterentwicklung des Hopfenbauwesens mit dem Ziel, die Produktion des Hopfens in den LPGs und den Staatsgütern zu steigern.

Dem Institut obliegt die plangestützte Entfaltung dieses wissenschaftlichen Fachgebiets und die aktive Einflussnahme auf den wissenschaftlichen Fortschritt. Es liefert dazu die methodische Anleitung und die materielle Unterstützung und fördert dabei die Lösung der für Wissenschaft und Praxis wichtigsten Aufgaben. Es verfolgt systematisch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt in anderen Ländern und ist bemüht, im Einklang mit den Erkenntnissen der Wissenschaft auf weltweiter Basis, das Niveau seiner eigenen wissenschaftlich-technischen Tätigkeit ständig zu verbessern. Das Institut sorgt für die politische, fachliche und wissenschaftliche Erziehung seiner neuen wissenschaftlichen Mitarbeiter. Es betätigt sich im Bereich des wissenschaftlichen und praxisbezogenen Beratungswesens. Es veröffentlicht seine wissenschaftlichen Ergebnisse und stellt sie für rasche Überführung in die Produktion zur Verfügung. Es beteiligt sich an der Realisierung der Forschungsergebnisse in der Hopfenbau-praxis.

Im Forschungsinstitut arbeiten 15 wissenschaftliche Mitarbeiter, 2 wissenschaftlich-technische Mitarbeiter, 27 Fachleute mit Hochschulbildung und 64 Techniker, Laboranten usw.

Einschliesslich der Mitarbeiter des angeschlossenen landwirtschaftlichen Betriebes hat das Institut insgesamt 242

Beschäftigte. Der landwirtschaftliche Betrieb bearbeitet eine Anbaufläche von 435,61 ha Ackerland, davon 84,07 ha Hopfengärten.

Kurze Übersicht des Forschungswesens im Hopfenbau

- 1885 - Beginn des Versuchswesens im böhmischen Hopfenbau vornehmlich durch Jan Tomeš, Direktor der Landwirtschaftlichen Fachschule in Rakovník (bis 8. Oktober 1891).
- 1889 - Intensives Versuchswesen und breitangelegte Beratungstätigkeit, organisiert von Antonín Mohl, Direktor der Landwirtschaftlichen Fachschule in Louny (bis 1897) und später in Rakovník (1900 - 1923).
- 1922 - Die Errichtung der Landwirtschaftlichen Versuchsstation in Deštnice bei Žatec war der besondere Verdienst von Prof. Dr. Ing. Jelinek, Leiter des Pflanzenproduktions- und -forschungswesens, und Prof. Dr. Ing. A. Matoušek, Hopfenbaubeauftragter, beide am Ministerium für Landwirtschaft tätig. Der Letzgenannte war auch hauptsächlich Verfasser des tschechoslowakischen, für damalige Zeit sehr modernen, ersten Hopfenprovenienzgesetzes. Im gleichen Jahr begannen am Ministerium die Verhandlungen über den Einkauf eines Restgutes von 100,55 ha Anbaufläche (davon 50 % Felder, 30 % Hopfengärten und 20 % Weiden) für die Forschungsstation Deštnice.
- 1924 - Die Landwirtschaftliche Versuchsstation Deštnice wird in eine Hopfenforschungsstation umgewandelt und Dr. Ing. K. Oswald mit ihrer Leitung beauftragt.
- 1938 - Die Station wird vor angehender Okkupation aus dem Grenzgebiet nach Rakovník übersiedelt.
- 1946 - Im Oktober dieses Jahres wird die Hopfenforschungsstation von Rakovník nach Žatec übersiedelt.
- 1950 - Gemäss Gesetz Nr. 261 vom 7. Dezember 1949 über die Organisation des Forschungswesens und der technischen Entwicklung wird beim Staatlichen Planungsamt das Wissenschaftliche Forschungszentrum errichtet und aufgrund des Gesetzes Nr. 185 vom 20. Dezember 1950 die

Staatlichen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten in Praha, Brno, Bratislava und Košice aufgelöst. An deren Stelle entstehen drei Ressortanstalten des Ministeriums für Landwirtschaft: (1) die Pflanzenforschungsanstalt, (2) die Forschungsanstalt für tierische Produktion, und (3) die Forschungsanstalt für Mechanisierung der Landwirtschaft. Darüberhinaus wird in diesem Jahr eine Reihe weiterer Forschungsanstalten bei den Tschechoslowakischen Staatsgütern errichtet. Im Rahmen der Anstalten für Spezialfrüchte wird die Staatliche Hopfenforschungs- und -zuchtanstalt in Žatec gegründet. Damit geht die Arbeit der Forschungsstation zu Ende.

- 1950 - Beim Hopfenforschungsinstitut wird eine Mechanisationswerkstatt für technische Entwicklung errichtet.
- 1952 - Durch Regierungsbeschluss vom 16. September 1952 über die neue Organisation von Wissenschaft, Forschung und Propaganda wird dem Ministerium für Landwirtschaft aufgetragen, spezialisierte Forschungsanstalten zu errichten, darunter auch das Hopfenforschungsinstitut in Žatec als selbständige Organisationseinheit. Am Ministerium selbst wird die Hauptverwaltung Forschung und Propaganda errichtet, mit der Aufgabe, in Zusammenarbeit mit der Tschechoslowakischen Landwirtschaftlichen Akademie die Erfüllung der wissenschaftlichen Forschungsarbeiten in den einzelnen vom Ministerium angeleiteten Forschungsanstalten zu sichern und zu kontrollieren.
- 1956 - Aufgrund des Regierungsbeschlusses Nr. 2579 vom 14. September 1955 über die neue Organisation des landwirtschaftlichen Forschungs- und Zuchtwesens wird das Hopfenforschungsinstitut in Žatec mit Wirksamkeit ab 1. Januar 1956 zusammen mit anderen Anstalten in die Verwaltung der Tschechoslowakischen Landwirtschaftlichen Akademie überführt.
- 1964 - Am 4. September wird dem Hopfenforschungsinstitut als der ersten landwirtschaftlichen Anstalt in der Tschechoslowakei vom Präsidenten der Republik der Orden der Arbeit verliehen.

1974 - Am 31. August wird das neue Gebäude des Hopfenforschungsinstituts feierlich eröffnet.

1980 - Durch Beschluss des Ministeriums für Landwirtschaft und Ernährung der Tschechischen Sozialistischen Republik Nr. 336/79-314 vom 31.5.1979 wird das Hopfenforschungsinstitut zum 1. Januar 1980 aus der direkten Leitung des Ministeriums für Landwirtschaft und Ernährung ausgegliedert und zum gleichen Datum dem Fachbereichsunternehmen Hopfenbau als selbständige Produktionseinheit untergeordnet.

Internationale Zusammenarbeit

Das Hopfenforschungsinstitut arbeitet mit spezialisierten Anstalten in der ČSSR und im Ausland zusammen. Im Rahmen des Internationalen Hopfenbaubüros hat es Anteil an den Arbeiten der wissenschaftlichen, der technischen und der ökonomischen Kommission und pflegt gute Beziehungen zu wissenschaftlichen Arbeitsstätten in den Mitgliedsländern dieser Organisation. Zur Lösung von speziellen Problemen der Genetik und der Zucht sowie der Mechanisierung des Hopfenbaus im Rahmen des RGW wurde im Hopfenforschungsinstitut in Zusammenarbeit mit der Sowjetunion ein zeitweiliges internationales Kollektiv gebildet. Die internationale Zusammenarbeit trägt zur Entwicklung des tschechoslowakischen Hopfenbaus und zur Förderung des guten Rufes des tschechoslowakischen Hopfens auf den Weltmärkten bei.

RESISTANCE TO PESTICIDES IN DAMSON-HOP APHID
AND RED SPIDER MITE ON ENGLISH HOPS

R. C. Muir and J. E. Cranham

Zoology Department, East Malling Research Station,
Maidstone, Kent, England

ABSTRACT. From 1966 to 1979, damson-hop aphids and common spider mites were collected from hop gardens and their responses to pesticides were compared in bio-assays with susceptible stocks. Resistance in the aphid has become high to most but not all organophosphates (OPs), is still low to several carbamates, and in 1978-79 developed to endosulfan but not to pyrethroids. Resistance in the mite was high to all OPs and often to dicofol, and was low to carbamates, but those available are poor acaricides; there was no resistance to cyhexatin and very little to tetradifon.

INTRODUCTION

The aphid, Phorodon humuli, is a serious pest every year and spider mite, Tetranychus urticae, is usually widespread only in hot dry summers. Control of the aphid is therefore the primary consideration. The effects of aphicides, and also fungicides, on the spider mite are potentially important. This paper reviews work on the development of resistance in both pests as a basis for future strategy in pest control.

MATERIALS AND METHODS

With both aphid and spider mite the resistance levels quoted are based on laboratory bio-assays which involved comparisons with standard susceptible stocks.

Damson-hop aphid: Samples were collected from sites in Kent, the West Midlands, and a susceptible stock obtained from wild hops remote from commercial spraying in the north of England and in Eire. They were cultured on potted hops isolated in an insectary.

Aphids were sprayed in a Potter tower with serial concentrations of each insecticide under test. After treatment the aphids were transferred to clean foliage, so in effect only the contact action of insecticides was tested. Further details of the test method are given in Muir (1979).

Spider mite: Samples from hop gardens were cultured on dwarf French beans in cages in an insectary for at least one generation before testing. Standard susceptible and resistant strains were maintained on isolated leaf cultures which were used as nuclei for subsequent mass-rearing on beans in cages. Most bio-assays were on adult female mites

using a modified taped-slide technique; ovicidal effects, as with tetradifon, were tested using eggs laid on leaf 'squares' of French bean (Cranham, 1974).

RESULTS AND DISCUSSION

Damson-hop aphid

Chemical control is based on foliar sprays or soil-applied drenches or granules, or a combination of both. Organophosphates (OPs) were used as foliar sprays from c. 1952 and demeton-S-methyl was the most popular until resistance to it developed by the mid-1960s. Many aphicides used on other crops were shown to be ineffective against *P. humuli* which became a 'special situation'. Of the pesticides used as foliar sprays during 1970-1980, methidathion, methomyl and propoxur are cleared for use only on hops, and a large part of the use of omethoate, acephate and endosulfan was on hops.

Fig. 1 illustrates the increasing tolerance of aphids collected in Kent and the West Midlands. For demeton-S-methyl, samples from areas remote from commercial spraying in the north of England and Co. Clare, Eire, gave LC₅₀s of 4 and 5.5 mg/l respectively. Resistance to demeton-S-methyl conferred strong cross-resistance to omethoate from the year of introduction, and also to thiometon, not used in England. There has been a smaller increase in resistance to methidathion which is now somewhat less effective though still popular.

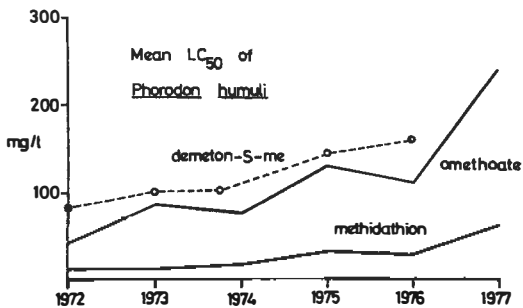


Fig. 1. The mean concentration in mg/l required to kill 50% of the test aphids in different years.

Table 1 gives recent mean LC₅₀ values and resistance factors (ratio of LC₅₀s for resistant and susceptible stocks) for a range of insecticides, illustrating the high levels to some OPs though not to all, and lower levels to most carbamates. Higher levels than indicated here were detected locally to acephate (dropped from use in 1975) and to endosulfan in 1978-79. The synthetic pyrethroids provide a new alternative group, and NRDC 161 ('Decis') was in use in 1979-80.

Table 1. The LC₅₀ and resistance factors of resistant P. humuli for some OPs, carbamates, endosulfan and permethrin

	LC ₅₀ resistant strain mg/l	Resistance factor
Demeton-S-methyl	118	29
Omethoate	93	26
Thiometon	188	50
Acephate	475	5
Mephosfolan	13	2
Methamidophos	77	3
Methidathion	22	4
Methomyl	100	6
Nitrilacarb	70	8
Endosulfan	118	2
Permethrin	9	2

In practice, failure to control the aphid has often been countered by raising rates of application and by more frequent spraying. Table 2 shows that recommended rates of application were higher than LC₉₅s determined by bio-assay, and should control aphids fully exposed to the spray; but in practice coverage is far from perfect.

Table 2. Comparison of the commercial concentrations (high-volume) of insecticides and the estimated LC₉₅ to P. humuli in 1976. The table also shows the years of introduction and when resistance was reported

	Commercial conc. in mg/l	LC ₉₅ mg/l	Year of introduction	Year resistance reported
Demeton-S-methyl	870	540	1954	1965
Methidathion	900	92	1970	1975
Propoxur	750	-	1970	-
Endosulfan	700	267	1971	1978
Methomyl	750	447	1971	-
Omethoate	1150	338	1972	1973
Acephate	1125	1020	1973	1975

Red spider mite

This pest was virtually absent from English hops for many years following the introduction of OP insecticides for controlling the aphid. In 1968-9, local infestations of highly OP-resistant mites appeared and these quickly became widespread. The resistance, shown to be

controlled by a single major gene, involved large R factors for all the OPs tested (Cranham, 1974). For instance, the R factors were 21 - 27 X for demeton-S-methyl, 31 X for methidathion and 64 X for omethoate, acephate and mephosfolan. Thus none of the OPs being used on hops, nor any that were likely to be used, would provide any control of the spider mite.

In 1970, certain OP-R field strains were slightly hypersusceptible in laboratory assays to some carbamates, including methomyl, thiocarboxime, oxamyl and formetanate. This unusual instance of 'negative cross-resistance' did not persist in the field, however, and further tests in 1974 showed that some OP-R field strains were exhibiting resistance of 2-4 X to the first three compounds and c. 40 X to formetanate.

The carbamates available for use as foliar sprays on hops, such as methomyl and propoxur, are poor acaricides. In contrast, aldicarb, used only as granules for soil application, has a strong acaricidal effect when the systemic uptake is good. However, uptake and the consequent insecticidal effects are sometimes poor in hops and the chemical is not at present widely used. Strong resistance to aldicarb can arise, as shown by strains of spider mite on all-year-round chrysanthemums under glass but none was found in mite strains on hop despite the low levels of resistance to other oxime carbamates. Summarising, the carbamates currently available can contribute very little to spider mite control on hops, but new candidates with acaricidal action may prove to have low R factors and be effective on both aphids and mites.

The only specific acaricides cleared by the Pesticides Safety Precautions Scheme for use on hops are dicofol, tetradifon, cyhexatin and amitraz. Resistance to dicofol was not found in 1970 and 1974, but became widespread by 1976, especially in gardens where it had been used for three or more years. There was evidence of slight resistance to tetradifon in only two samples but the other thirteen tested were fully susceptible. Since 1976, the status of resistance to these two specific acaricides has not been monitored. The incidence of the pest has been rather low in 1977-80. Growers who experienced failures with dicofol may have adopted cyhexatin, cleared for use in 1977. The combination product of dicofol and tetradifon appears generally to have given good control. There is some evidence that resistance to dicofol is unstable when the selection pressure is relaxed. There is no evidence of resistance to cyhexatin, which is equally effective on susceptible and all resistant strains.

CONCLUSION

Control of both aphid and spider mite depends at present on a few pesticides, a precarious situation in view of the probability of further resistance development. In the case of spider mites, there is a relative abundance of acaricidal groups and the problem arises because so few have been cleared for use on hops: efforts should be made to obtain clearance for additional groups. Because of the few insecticidal

chemical groups, and the unlikelihood of new ones being developed, the situation for aphid control is the most critical. 'Breakdown' of the OPs mephosfolan and methidathion would almost certainly at present result in intensive use of decamethrin, thus in turn increasing the likelihood of resistance to all pyrethroids.

A durable solution to the problems of control by pesticides alone is most unlikely, and hence an intensification of effort on the integrated approach is essential.

REFERENCES

- CRANHAM, J.E. (1974): Resistance to organophosphates in red spider mite, Tetranychus urticae, from English hop gardens. Ann. appl. Biol. 78, 99-111.
- MUIR, R.C. (1979): Insecticide resistance in damson-hop aphid, Phorodon humuli, in commercial hop gardens in Kent, Ann. appl. Biol. 92, 1-9.

ZUSAMMENFASSUNG: Von 1966-1976 wurden Blattläuse und Spinnmilben, die aus Hopfgärten stammten, in ihrer Empfindlichkeit gegen Pestizide in Laborversuchen mit anfälligen Stämmen verglichen. Die Resistenz der Blattläuse hat sich gegen fast alle Organophosphate erhöht, blieb schwach gegen mehrere Carbamate. Von 1978-79 hatte sich eine Resistenz gegen Endosulfan aber nicht gegen Pyrethroid entwickelt. Im Fall der Spinnmilben konnte hohe Resistenz gegen alle Organophosphate und oft gegen Dicofol festgestellt werden. Gegen die meisten Carbamate wurde nur eine schwache Resistenz gemessen doch es standen hierfür nur schwache Acaricide zur Verfügung. Es konnte keine Resistenz gegen Cyhexatin und nur geringe gegen Tetradifon festgestellt werden.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ПАУТИННОГО КЛЕЩА И ТЛИ НА ХМЕЛЕ В УССР

А. П. Воровой

Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства, Житомир, СССР

РЕЗЮМЕ. Важнейшими вредителями хмеля в Украинской ССР являются паутинный клещ Tetranychus urticae и хмелевая тля Phorodon humuli. В лаборатории испытывались некоторые фосфорорганические инсектоакарициды, карбаматы и пиретроиды; резистентность установлена у полевых популяций хмелевой тли и паутинного клеща. Рекомендуется предотвращать развитие резистентности путем циклической смены применяемых инсектоакарицидов.

Паутинный клещ и хмелевая тля являются одними из главных вредителей хмеля на Украине. Если ежегодный недобор урожая хмеля от вредителей и болезней составляет 25-30% и более, то на долю этих двух вредителей приходится более 50% потерь валового сбора шишек. Это обуславливается тем, что с каждым годом химический метод, применяемый до сих пор успешно, на данном этапе не дает надлежащего эффекта. Причина - появление резистентности к применяемым пестицидам у сосущих вредителей хмеля. Появление резистентности к инсектоакарицидам у вредных членистоногих составляет одну из отрицательных сторон химического метода защиты растений.

Много научных разработок и статей посвящено этому вопросу. Впервые поступили в литературу о резистентности калифорнийской щитовки к ИСО в штате Вашингтон в 1914 году, после 25-летнего периода массовых обработок этим препаратом (Melander, 1914). В 1920 году отмечено неудовлетворительные результаты применения серы оппыливанием или опрыскиванием ИСО против красного цитрусового клеща Paratetranychus citri.

В 1928 г. отмечена устойчивость хлопковой бахчевой тли Aphis gossypii к сивильной кислоте (Hough, 1928).

На хмеле резистентность определяется впервые в Англии в 1967 году, затем в ЧССР отметили уменьшение чувствительности хмелевой тли к тиометону, а в 1975 году на хмельниках Житомирской области УССР отмечено резкое снижение эффективности фосфорорганических пестицидов против сосущих вредителей (Таран & Сикюра, 1975).

Таким образом, резистентности членистоногих к пестицидам посвящена обширная научная литература, однако практические рекомендации организации борьбы против сосущих вредителей хмеля, культуре, которая выращивается бессменно на одном месте более 20 лет, практически отсутствуют.

Умелое сочетание различных пестицидов, имеющих в производстве для борьбы с резистентными популяциями вредителей хмеля, дает возможность не только защитить урожай, его качество, но и уменьшить скорость развития устойчивости, а также продлить в производственных условиях эффективность химического препарата, к которому выработано умелое применение.

Поэтому целью наших исследований, начиная с 1976 года, стало проведение широкого круга исследований: разработки новой системы обработок, изучение возможности замены одних ядов другими, выяснение условий борьбы, ограничивающей развитие устойчивости и т.д.

Первым этапом этой работы было определение показателя резистентности у популяций хмелевой тли и паутинного клеща с разных хозяйств, в которых выращивается хмель.

В соответствии с методикой, разработанной ВИЗРОм (А. А. Смирнова, И. В. Зильберминц, В. И. Корнилов, Т. И. Сухорученко) по определению устойчивости паутинных клещей и тлей проводилась работа. В основе метода лежит изучение реакции вредителя на серию дозровок какого-либо препарата - от минимальной, вызывавшей гибель 5-10% нормальных чувствительных особей, до максимальной, при использовании которой гибнет 90% особей и более. В целях стандартизации опытов все расчеты вели по действующему веществу препарата и применяли одинаковую схему разведения, так называемую "логарифмическую".

Критерием устойчивости считают величины $СК_{50}$ и $СК_{95}$, т.е. концентрации препарата, вызывающие гибель 50 или 95%

особей данной популяции. Соответственно уровень устойчивости характеризуется отношением $СК_{50}$ чувствительной популяции к $СК_{50}$ исследуемой.

Понятие чувствительной популяции входит то, что берется вредитель, который теоретически и практически не подвергался химобработкам.

По данным Меленевского (1940), тля может делать активные перелеты дальностью до 1 км, но есть сведения, что перелеты бывают и до 3 км, а пассивные и тем более увеличивают расстояние. Нами в 1977 году проведена экспедиция в леса Белоруссии, где на диком хмеле собраны чувствительные популяции Phorodon humuli, доставлены в лабораторию токсикологии и в климкамерах при температуре 20-25°C, относительной влажности более 60% и световом дне 16 часов разводится для исследований эта популяция.

Чувствительные популяции паутинного клеща собраны в лесу близ г. Житомира УССР и тоже разводятся в климкамере, создавая оптимальные условия для его развития.

Исследуемые популяции паутинного клеща и хмелевой тли в период вегетации завозились на свежесорванных листьях, помещенных в целлофановые мешки и в день сбора подвергались обработке разными концентрациями исследуемого препарата.

Для изучения развития резистентности у сосущих вредителей хмеля избраны хмелесовхозы, условно названные:

центр возделывания хмеля - опытное хозяйство "Вересы", г. Житомир;

юго-западный район - хмелесовхоз "Карповцы" Чудновского района Житомирской области, расположенный на расстоянии 50 км;

юго-восточный район - хмелесовхоз "Райгородок" Бердичевского района Житомирской области, расположенный на расстоянии 60 км;

южный район - хмелесовхоз "Сигнал" Казатинского района Винницкой области, расположенный на расстоянии 90 км;

северо-восточный район - хмелесовхоз "Хабное" Полесского района Киевской области, расположенный на расстоянии 140 км от центра возделывания хмеля.

Исследуемых популяций хмелевой тли хозяйств "Вересы", "Карповцы", "Райгородок", "Сигнал", "Хабное" и чувствитель-

ной обрабатывались растворами фосфамида, дециса, базудина, фозалона, пиримора, биоресметрина, кронетона, метилмеркаптофоса, сумицидина, амбуша, изатрина и дурсбана.

Результаты исследований показали, что к применяемым препаратам метилмеркаптофосу, фосфамиду, пиримору показатель резистентности в различных хозяйствах составил 17-25, тогда как к фозалону, базудину, кронетону колеблется в пределах 2,5-5,5.

Исследуемые популяции паутиного клеща доставлялись с упомянутых выше хмелехозяйств и обрабатывались метилмеркаптофосом, фосфамидом, кельтаном, фозалоном, акрексом, дурсбаном, торком, пликтраном, митаком, митраном, акартаном и децисом. Показатель резистентности к метилмеркаптофосу и фосфамиду у паутиного клеща составил 14-27, к кельтану 7-13, а к остальным - 1,5-3,2.

Как подтверждают литературные данные, что наиболее эффективным путем торможения развития резистентности является ротация препаратов в системе обработок, поэтому мы провели испытания разных схем чередования инсектоакарицидов для эффективной борьбы с паутиным клещом и хмелевой тлей. Лучшими схемами чередования для борьбы с толерантными популяциями паутиного клеща являются:

фосфамид - кельтан;

хмелевой тли:

фосфамид - пиримор или фозалон - пиримор.

При средней и высокой устойчивости паутиного клеща:

кельтан - фозалон - акрекс или коунтер - омайт - торсаден;

хмелевой тли:

базудин - кронетон - фозалон или дурсбан - кронитон - фозалон или изатрин - амбуш - сумицидин.

Обобщая литературные данные и результаты наших исследований можно сделать вывод, что

скорость развития резистентности у паутиного клеща и тли на хмеле зависит от количества генераций и интенсивности применения пестицида;

для получения эффективной борьбы при помощи химических средств с резистентными популяциями сосущих вредителей хмеля необходимо проводить обработки пестицидами с разных

химических групп.

ЛИТЕРАТУРА

- MELANDER, A.L. (1914): J. econ. Ent. 7, 167-173.
HOUGH, W.S. (1928): J. econ. Ent. 21, 325-329.
ТАРАН, Ф.И. & СИКУРА, Н.М. (1975): К вопросу об устойчивости хмелевой тли *Phorodon humuli*. Тезисы докладов 4-го Всесоюзного совещания. Л., ВАСХНИЛ, с. 75-76.

RESISTANCE TO INSECTICIDES IN THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE AND THE HOP APHID ON HOPS IN THE UKRAINIAN SSR

A. P. Borovoi

ABSTRACT. The major pests of the hop in the Ukrainian SSR include the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae, and the hop aphid, Phorodon humuli. By laboratory assays using several organophosphorous insecticides, carbamates and pyrethroids the resistance of field populations of the hop aphid and the two-spotted spider mite was investigated. Rotation of the pesticides applied is suggested to counteract the development of resistance.

INSEKTIZIDRESISTENZ BEI DER SPINNMILBE UND DER HOPFENBLATTLAUS AUF DEM HOPFEN IN DER UKRAINISCHEN SSR

A. P. Borowoj

ZUSAMMENFASSUNG. Die wichtigsten Schädlinge des Hopfens in der Ukrainischen SSR sind die Spinnmilbe, Tetranychus urticae und die Hopfenblattlaus, Phorodon humuli. Es wurden Resistenzuntersuchungen an Feldpopulationen der Hopfenblattlaus und der Spinnmilbe auf Grund von Laborprüfungen einiger phosphororganischen Insektizide, Carbamate und Pyrethroide durchgeführt. Es wird empfohlen, der Resistenzbildung durch die Rotation der anwendenden Pestizide entgegenzuwirken.

A STANDARDIZED SPRAY-RESIDUE METHOD FOR MEASURING,
AND A DIP-TEST FOR MONITORING RESISTANCE IN APHIDS

I. Hrdý and J. Kuldová

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT. Underlying principles and individual steps of two methods are presented: The spray-residue method, a more demanding procedure, adequate for detection and measurement of resistance. The dip-test, a very quick method to obtain guiding data adequate for monitoring resistance in field populations of aphids.

INTRODUCTION

Our first workshop^{/1} in Linz in 1975 stated that resistance to insecticides in the hop aphid, Phorodon humuli (Schr.) poses a serious problem and that co-operation in the control of this pest requires a standardized method of detecting resistance including an adequate field-monitoring system. Such a method based on topical application of insecticide droplets to individual aphids was recommended by FAO (Anonymous, 1970). This procedure, however, was time-consuming for larger test series without guaranteeing higher accuracy of the results as has been anticipated. In the East Malling Research Station in England (Muir, 1979) and in our laboratory (Hrdý, Zelený, 1968; Hrdý, Zelený et al., 1970) a spray method has been in use for several years in the study of resistance in the damson-hop aphid. This procedure, called "spray-residue method" has been adopted in some places in Czechoslovakia and in other countries and was made part of the newly revised method recommended by FAO in combination with the dip-test and a biochemical test. The dip-test which was devised in the Rothamsted Experimental Station (Sawicky, Devonshire et al., 1978) for monitoring resistance in the

^{/1} IOBC/WPRS workshop "Integrated pest and disease control in hops"

green peach aphid, Myzus persicae (Sulz.), has been used successfully in our experiments with the hop aphid. In the following, a detailed description of both, the spray method and the dip-test is given which, essentially, corresponds to the procedures recommended by FAO (Anonymus, 1979).

PRINCIPLES OF THE METHODS

Spray-residue method

The resistance level in field populations or investigated strains of the hop aphid is measured and compared with that of a standard susceptible strain. In the tests virginoparous apterous females are used. Batches of 20-30 insects are exposed to leaves treated with insecticidal sprays. A series of five concentrations should be used in such a way that at least three concentrations cause mortality higher than in the insecticide-free control and less than 100%. After 2-3 replications the results are summarized as a rule.

Dip-test

Resistant aphids in field populations of the hop aphid are detected. Batches of 10-15 virginoparous apterous females are dipped in aqueous preparation (emulsion, suspension) of the insecticide, partly dried and held for mortality counts. The insecticide preparation should be sufficiently concentrated to kill all susceptible aphids within 1-2 hours. After 2-3 replications the results are summarized as a rule.

MATERIALS AND EQUIPMENT

Rearing rooms

Two separate rooms for insect rearing before and after the insecticide treatment should be used. Possibly both, but at least one of them, should be air-conditioned. For insect rearing prior to the experiment the temperature of 20°-24°C and a 16-hour photoperiod are quite convenient. The temperature of the recreation room should be kept within the range of 22° ± 2°C, the relative humidity within 75% ± 10% and 16-hour light, 8-hour dark photoperiod.

Intoxication room

The insecticides should be sprayed in a thoroughly venti-

lated room at a temperature of 22^o - 26^oC.

Holding cages

The breedings of individual aphid strains or population samples should be safely isolated. For this purpose the cages are made of glass, or plexi glass, or fine-mesh covered metal frame. The cages should allow high transparency (with regard to the aphids and the host plant), sufficient ventilation (to prevent spreading of fungus infections) and, last not least, should be easy to handle. The cages must be properly handled to prevent escape of even one single aphid. A water barrier (water with detergent) may be used for the separation of individual breedings.

Host plant

Hop plant seedlings (Humulus lupulus) are used in aphid cultures. For the experiments cordiform leaves taken from untreated or residue-free plants are used.

Aphids

Samples of aphid populations under investigation are transferred into breedings. For the measurement of resistance a laboratory culture has to be established: Batches of 20-40 females are brought in from the field. The offspring produced are used in experiments. For monitoring resistance aphids collected in the field may be used.

Standard reference strain

In consequence of the massive use of insecticides in the field aphid populations unaffected by insecticides are difficult to secure. For this reason it is necessary to keep a standard reference strain in the laboratory. The susceptibility of this strain should be tested from time to time (in order to detect possible admixture of alien aphids, etc.).

Intoxication cages and other equipment

The spray-residue method requires glass cylinders (ca. 22 mm in diameter, 15 mm high) coated on the insides with Fluon to prevent escaping of aphids. The lower border of the cylinders is dipped in a paraffin/bee-wax mixture (melted at approx. 50^oC) and firmly glued to the leaf. Holders or clips with metal rings into which the glass cylinder may be easily inserted facilitate manipulation as well as panels with open-

ings for vials (containing water) into which leaf-stalks of the treated leaves are inset. A sedimentation tower (30cm in diameter, 96cm high) is required for the spray-residue test (Potter, 1952).

The dip-test requires glass cylinders (ca. 15mm in diameter, 25-30mm high) treated on the insides with a ring of Fluon to prevent aphids climbing up, small glass dishes (25mm in diameter) for dipping and a fine-mesh nylon gauze.

In addition the following appliances are recommended: Fine-paint brushes for handling the aphids, glass test tubes, holders, pipettes with safety sucker, syringes, filter paper, cellulose wipers and a low-powered binocular microscope for mortality counts.

Reagents

Fluon[®] (a polytetrafluorethylene dispersion, supplied by Chemical Industries Ltd., Plastic Division, Welwyn Garden City, Herts, GB), distilled water, emulsifiers, acetone, paraffin/bee-wax mixture, water solution of eosin (for testing proper functioning of the sedimentation-tower nozzle) are needed.

Insecticides

Samples of commercial insecticides, emulsions or suspensions of known content of the active ingredient are used. The record of the results should bear both the commercial name of the insecticide and the common name of the active ingredient. If an un-formulated, only partially water-soluble substance is used, an emulsion should be prepared with an adequate emulsifier (e.g. Tweens used in gas chromatography) and the control series should be run not on clear water only, but on a solution corresponding to the concentration of the emulsifier.

Substances with unknown effects should be first tested as dilutions in the ratio 1:10 (e.g. 1.0, 0.1, 0.01 percent formulation); Further experiments are carried out with serial concentrations differing by the constant factor 5 (or 6), starting with a one percent emulsion or suspension (convenient for most organophosphates and carbamates). If necessary because of the steepness of the resulting regression line, additional concentrations should be applied. Additional "inserted series" of concentrations derived from 0.75 percent

starting emulsion or suspension are recommended. Freshly prepared emulsions or suspensions should be used to prevent degradation and decline in biological activity.

PROCEDURE, OBSERVATION AND EVALUATION OF RESULTS

Spray-residue method

The starting emulsion or suspension of the insecticide, the serial concentrations and the emulsifier in water (if available) are prepared. The hop leaves are placed with their back side up on the bottom of the sedimentation tower and sprayed with 1 ml of the preparation through Potter's nozzle under a starting pressure of 200kPa (2atm). After 5 min. sedimentation the leaves are transferred into vials with water on marked places on the panel. Then the Fluon-coated glass cylinders are fixed on the leaves and 2-3 hours after spraying approximately 20-30 aphids are transferred into each cylinder by a fine, slightly moist brush, in the following sequence: (1) controls, (2) treated leaves in the order from the lowest to the highest concentration. After treatment the holders with host plants and aphids are transferred into the recreation room. After 24 hours the first mortality count is made. The live and dead individuals are counted, the dead aphids are removed. The final scoring is made after 48 hours (convenient for most insecticides). Survivors are counted and total-mortality counts are made (on the first and second day). The knocked down aphids and those unable to crawl are recorded as dead. Mortality counts in the control batches are made. The control mortality count should not exceed 20% (if so, the experiment should be repeated). With control mortality exceeding 5%, the percentage mortalities should be corrected using Abbott's formula:

$$\text{Corrected mortality} = \frac{\% \text{test mortality} - \% \text{control mortality}}{100 - \% \text{mortality in control}} \times 100$$

Measurements of resistance are determined according to the response to the series of five concentrations (of which at least three caused mortality higher than in the control and lower than 100%). The experiment is repeated twice or three times with concentrations best suitable for plotting

the regression line. The results from individual replics are summarized. The corrected mortalities are plotted on logarithmic-probability paper (mortality in percent on probit scale against concentrations on logarithmic scale). Each point should be based on 50-60 individuals investigated (if a number of points corresponds to several concentrations, the lower number of individuals per batch will suffice). The regression line is then plotted. Failure to plot a line points either to an experimental error, or to a mixed character of the population under investigation. In such a case the experiment should be repeated and the population checked thoroughly.

It is recommended to fit regression lines by calculation and express resulting slopes (b), LC50 values and their significance (confidence interval e.g. at 95% probability) on the basis of the hypothesis of linearity (by χ^2 test). The base-line data determined in the same way for the susceptible reference strain serve as a criterion for the estimation of the resistance level. The response of the susceptible reference strain should be occasionally checked by insecticide treatment. The base-line data are determined for all insecticides tested, resistance is expressed as RI (Resistance Index) or RF (Resistance Factor) respectively.

$$RF50 = \frac{\text{LC50 investigated population}}{\text{LC50 susceptible reference strain}}$$

Dip test

10-15 aphids are placed in each of a number of glass cylinders coated with Fluon halfway up the internal wall and with the bottom covered with fine-mesh nylon gauze fixed with a rubber or polyethylene ring. For each dip, the cylinder is placed in a small glass dish and 2ml of the insecticide preparation is pipetted onto the aphids. Following a 10 sec. contact with the solution the aphids are partly dried by blotting the cylinder bottom with cellulose wiper. The top-end of the cylinder is then covered with clean gauze fixed by a rubber band or plastic ring (made of plastic stop-

per). The cylinder is then inverted, tapped firmly to tip the aphids onto the clean part of the cylinder and the wet gauze is discarded. The other possibility, after dipping, is to transfer the aphids into clean dishes with internal walls coated with Fluon.

In preliminary tests, the aphids are examined at appropriately spaced intervals to determine the speed of action of the insecticide (15, 30, 45 ...120 min.). The treated insects are checked for kill under a microscope. Similar observations must be made on the controls. The control mortality should not exceed 20%. If it exceeds 5%, percentage mortalities should be corrected by Abbott's formula. The results from individual replications are summarized.

CONCLUSION

The more laborious spray-residue method is recommended for monitoring resistance or measuring the resistance levels when quantitative data are needed.

The dip-test is best suited for rapid detection of resistance and for monitoring when quantitative data are not needed. Survival of any number, even of individual aphids, in a situation where the standard reference strain shows quicker and higher mortality, is a reason for alarm, as it points to probable presence of resistant aphids in the population under investigation. In more striking cases the finding should be verified by checking the given population using the spray-residue test.

REFERENCES

- ANONYMUS (1970): Recommended methods for detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of the Peach-potato aphid (*Myzus persicae*) - FAO method No. 4. FAO Plant Protect. Bull. 18, 16-18.
- ANONYMUS (1979): Recommended methods for detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Method for adult aphids - FAO method No. 17. FAO Plant Protect. Bull. 27, 29-32.
- HRDÝ, I. & ZELENÝ, J. (1968): Hop aphid (*Phorodon humuli*) resistant to thiometon. Acta ent. bohemoslov. 65, 183-187.

- HRDÝ, I., ZELENÝ, J., HRDÁ, J. & BOUČKOVÁ, J. (1970): Stability of resistance to thiometon, multiple resistance and population density of the hop aphid, *Phorodon humuli* (Schrank), during 1967-68 (Homoptera, Aphidoidea). Acta ent. bohemoslov. 67, 143-174.
- MUIR, R.C. (1979): Insecticide resistance in damson-hop aphid, *Phorodon humuli* in commercial hop gardens in Kent. Ann. appl. Biol. 92, 1-9.
- POTTER, C. (1952): An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray fluids. Ann. appl. Biol. 39, 1-28.
- SAWICKI, R.M., DEVONSHIRE, A.L., RICE, A.D., MOORES, G.D., PETZING, S.M. & CAMERON, A. (1978): The detection and distribution of organophosphorus and carbamate insecticide-resistant *Myzus persicae* (Sulz.) in Britain in 1976. Pesticide Sci. 9, 189-201.

ZUSAMMENFASSUNG. Es werden Grundsätze und Arbeitsverfahren von zwei Methoden beschrieben. Der arbeitsintensivere Residualsprühtest eignet sich für die Bestimmung und Messung der Resistenz. Der sehr rasche Tauchtest liefert gute richtungsweisende Angaben für die Überwachung der Resistenz in Feldpopulationen von Blattläusen.

INSECTICIDE-RESISTANCE SPECTRUM IN CZECHOSLOVAK
POPULATIONS OF THE HOP APHID, PHORODON HUMULI

I. Hrdý^{/1} and J. Kříž^{/2}

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha^{/1} and Research Insti-
tute of Hop Growing, Žatec^{/2}, Czechoslovakia

ABSTRACT. Base-line data for susceptible laboratory strains of the hop aphid, Phorodon humuli, were determined by Spray-Residue Test for 31 organophosphorous insecticides, 11 carbamates, 3 pyrethroids, and 1 cyclodien chloro insecticide. A comprehensive survey of knowledge accumulated on insecticide resistance in the "Stekník" population from the Bohemian hop-growing region, and complementary data on resistance in the hop aphid from other hop-growing regions and areas are given. The question of resistance stability in field populations and laboratory strains of the hop aphid is discussed.

INTRODUCTION

In the late fifties organophosphorous insecticides were introduced in the protection of the hop and preventive use was made especially of soil-applied drenches. This way favourable conditions were created for the selection of resistance. The first reports on difficulties encountered in the chemical hop protection and related to resistance in the hop aphid came from England (Anonymus, 1956, 1966) in connection with the application of demeton-methyl (demeton-O-methyl + demeton-S-methyl). In Czechoslovakia, the first case of extensive failure of chemical control goes back to the year 1967 and resistance was reported by Hrdý & Zelený (1968). Difficulties in the chemical control (due to hop-aphid resistance) were reported from the FRG (Zohren, 1972) and resistance to demeton-S-methyl was found in Yugoslavia (Zolnir, 1973). It has become evident that the resistance to insecti-

cides found in this key pest of the hop was one of the main factors underlying the troubles in several European hop regions, e.g. in France (Coulon et al., 1967), in Switzerland (Meier, 1969), or in the USSR (Taran & Sikura, 1975).

In 1975, the first IOBC/WPRS Workshop "Integrated Protection in Hops" pointed out that the main pre-requisite for any improvement in the protection of hop is the solution of the problem of resistance. Up to now, many data have been collected in England (Muir, 1979; Muir & Cranham, 1979), and also in Czechoslovakia. The present contribution summarizes our knowledge so far on the resistance spectrum in the hop aphid in commercial hop gardens of the main Bohemian hop-growing area. Data on the spreading of resistant populations were reported elsewhere (Hrdý, 1975). As the history of insecticide application against the hop aphid has been similar in most areas within our regions, it may be assumed that in both the Bohemian region (Žatec and Ústěck areas), and the Moravian region (Tršice area) the situation has been very like, if not identical, as was shown by the results obtained from earlier tests. Correspondingly, a similar situation may be assumed for the Slovakian region, mainly for the more important Piešťany-Topolčany area, whereas, the less important eastern-Slovakian region (Trebišov area) escaped comparison because of lack of data.

MATERIAL AND METHODS

The majority of data relate to the "Stekník" population of the hop aphid, Phorodon humuli (Schrank) collected from a commercial hop garden at the village Stekník near Žatec and repeatedly transferred into laboratory rearings. Their samples were used for our experiments. The history of insecticide application at this locality and, analogically, in all Bohemian hop-growing areas has been roughly as follows:

In the years 1956-1960, prevailingly the insecticide sprayings E 605 (parathion), Systox (demeton), and Ekatin (thiometon) were used. Since 1960, the soil-applied drenches Terra Sytam (dimefox), and later, since 1963, the drench Teration had been in use until 1967, the year in which it was dropped from application because of insufficient effectiveness. Sprayings in the 1963-1967 period relied on thiometon-

-based products. Along with growing understanding of the phenomenon of resistance in the hop aphid the following insecticides have been gradually introduced in the protection of the hop: methidathion (Ultracid) since 1968, phosphamidon (Dimecron) since 1969, omethoate (Folimat), azinphosmethyl (Gusathion) and monocrotophos (Azodrin) since 1971. Of the foregoing chemicals only Ultracid has been in use up to the present time. After 1974, the insecticides methomyl (Lannate), acephate (Orthene) and carbofuran (Furadan) have been introduced and used since. Up to 1978, immediate pre-harvest treatment also included mevinphos (Phosdrin). Other agrochemicals used in hop yards include mainly acaricides based on dicofol (Milbol) and amitraz (Mitac) (to a larger extent since 1977, but invariably more or less locally). In 1973 - 1980, carbofuran (Furadan) was used for the control of the weevil Otiorrhynchus ligustici (L.). Regular use has been made of fungicides based on Cu oxychloride, such as Kuprikol, and recently also of fungicides with curative effect (Curzate), as well as of herbicides based on simazine, atrazine, linurone, MCPA, TCA and diquate. All these chemicals may form part of selection pressure leading to the development of resistance. They undoubtedly participate in building up a complex of influencing agents engendering changes in the diversity of species and in the ecological stability of biocoenoses in hop gardens.

Table 1 includes some complementary data related to aphids from England and Bavaria. The initial material originating from the hop area of Hallertau was collected in 1978 (we thank Mrs. Dr. H.Th. Kremheller for her assistance) and transferred to rearings in the Institute of Entomology, and the Institute of Hop Growing for later trials. Samples of two English strains, i.e. Yorkshire and Hereford, were received by courtesy of Mr. R.C. Muir in 1977.

The results summarized in the present report are based on tests carried out by the spray-residue test described in detail by Hrdý & Kuldová and reported at this workshop (see Anonymus, 1979). It is only thanks to the intimate co-operation between the Entomological, and the Hop Research Institutes, that it has been possible to secure the present substantial bulk of data. The results obtained allow of sum-

marization owing to identical methodology and joint evaluation by probit analysis including a graphical output.

RESULTS AND DISCUSSION

Data on the resistance spectrum of the hop aphid in the Bohemian hop-growing region were subjected to repeated summarizations (Hrdý et al., 1970; Hrdý, 1975; Kříž & Gesner, 1977; Hrdý, 1979). Table 1 gives a comprehensive account of the results obtained in 1971-1975, the period in which a large set of almost 40 insecticides was being tested. The results tabulated under later years refer to replicated tests of the most important or otherwise interesting insecticides and include also experiments with some new insecticides. Older data are included exceptionally if missing in the surveys quoted above.

From the survey in Table 1 it is evident that in the aphids from the Bohemian hop-growing region resistance has been found both to the compounds responsible for its development through selection pressure (e.g. dimefox, thiometon, Teration and, later, mevinphos) and to chemicals which either have never left the laboratory (e.g. carbamates VÚAgT 93, VÚAgT 113 - Hrdý & Kuldová, 1970), or have not been used for hop protection in the area under study (e.g. the carbamates aminocarb, dioxacarb, ethiophencarb, and thioxamyl, the organophosphates amidithion and dimethoate). Whereas, selection by some insecticides may, at the same time, induce cross-resistance to other substances, it is evident that the resistance spectrum is capable of reflecting, to a certain extent, the history of the application of chemicals in a given area. Discussion of these issues forms part of another report at the present workshop (see Šula, Kuldová & Hrdý).

Laboratory tests designed for detection and measurement of insecticide resistance constitute a very important step towards rational choice of insecticides needed for practical control. Such choice of a particular insecticide with the best mode of action against the resistant population may prevent inappropriately increased dosages of less effective insecticide and thereby limit toxicological and ecological hazards. Laboratory tests are also helpful in the assessment of changes in resistance levels of field populations. The

Table 1. Insecticide resistance in the hop aphid according to the spray-residue test, summary of data from VÚCH and ENU

Common name Product name	LC50 - S (c.i. 95%)	b	Year: RF (Population/ ¹)
<u>Cyclodiene chloro insecticides</u>			
endosulfan Thiodan	0.0241 (0.0221-0.0264)	4.93	78-79: 1.8-2.2; 78-79: 1.8 (Hüll)
<u>Phosphorus insecticides: Phosphoric anhydride and halide type</u>			
dimefox Terra Sytam	0.0017-0.0043	2.83-5.03	75 ² : 11.3; 78-79: 32.3; 78-79: 20.8 (Hüll)
<u>Haloalkyl phosphates</u>			
dichlorvos Nogos	0.0530-0.0569	2.36-2.61	75: 1.6
<u>Thioether derivatives</u>			
demephion Tinox	0.0012-0.0012	2.69-2.84	75: 20.0
thiometon Intration Ekatin	0.0008-0.0080	3.43-5.95	75: 36.8; 78-79: 35.3-37.5; 78-79: 35.9-149.5 (Hallertau)
isothioate Hosdon	0.0149-0.0151	1.98-2.01	75: 4.2
phorate Thimet	0.0055-0.0069	1.44-3.86	75: 1.8
<u>Carboxylic ester and amide derivatives</u>			
mevinphos Phosdrin	0.0006-0.0042	1.72-3.16	75: 5.5; 78-79: 12.7-15.3; 78-79: 8.4 (Hüll)
dimethoate Rogor, Bi 58 EC	0.0006-0.0007	2.00-2.30	75: 22.9
omethoate Folimat	0.0002-0.0006	2.59-4.23	75: 6.9; 78-79: 55.0; 78-79: 21.0 (Hüll)
ethoate-met- hyl Fitios	0.0006-0.0007	2.92-3.16	75: 23.9
amidithion Thiocron	0.0004-0.0005	2.29-2.42	75: 13.8
formothion Anthio	0.0012 (0.0009-0.00015)	1.82	75: 4.3
monocro- tophos Azodrin	0.0004-0.0004	2.13-2.24	75: 4.8

Explanations to the table see page 36

Table 1. Continued

Common name Product name	LC50 - S (c.i. 95%)	b	Year: RF (Population ^{/1})
dicrotophos Bidrin	0.0003-0.0016	2.10-2.48	75: 31.8; 78-79: 31.3; 78-79: 17.0 (Hüll)
vamidothion Kilval	0.0375-0.0376	2.34-2.44	75: 1.2
phosphamidon Dimecron	0.0021-0.0021	2.22-2.25	75: 1.0
<u>Miscellaneous nitrogen compounds</u>			
acephate Orthene	0.0078-0.0086	4.33-4.38	75: 4.5
methamidophos Tamaron	0.0016 (0.0013-0.0019)	2.15	
<u>Phenyl esters with nitrogen substituents</u>			
parathion E 605 Forte	0.0059 (0.0055-0.0064)	5.93	78-79: 23.1 (Hüll)
fenitrothion Metation	0.0065-0.0068	2.46-2.89	75: 3.5
EPN EPN	0.0018-0.0019	3.63-4.04	75: 1.6
cyanophos Cyanox	0.325-0.0341	3.64-4.16	75: 4.6
<u>Phosphorylated heterocycles</u>			
mephosfolan Cytrolane	0.0006-0.0006	2.66-3.16	75: 2.5
Salithion Salithion	0.0591-0.598	5.21-6.24	75: -1.2
chlorpyri- fos-e/ ³ Dursban	0.0086-0.0094	2.14-4.44	75: -1.8
chlorpyri- fos-m/ ⁴ Dowco 214	0.0077-0.0115	1.62-2.20	75: 8.0
triazonphos Hostation	0.0009-0.0009	4.41-4.73	75: 2.8
azinphos-e Gusathion ethyl	0.00004-0.00097	2.42-4.92	75: 13.8; 78-79: 15.3; 78-79: 15.8 (Hüll)
phosalone Zolone	0.0002-0.0003	1.90-4.22	75: 1.0; 78-79: 11.7
methidathion Ultracid	0.0007-0.0012	3.28-5.79	75: 3.8; 78-79: 2.7; 78-79: 2.2-18.6 (Hüll)

Table 1. Continued

Common name Product name	LC50 - S (c.i. 95%)	b	Year: RF (Population ^{/1})
<u>Multicomponent phosphorus insecticides</u>			
O-methyl ^{/5} Teration	0.0020-0.0020	2.56-2.66	75: 27.4
<u>Carbamates: Aryl N-alkylcarbamate insecticides</u>			
carbaryl Sevin	0.1123-0.1126	5.63-5.64	75: -1.8
methiocarb Mesuro1	0.0089-0.0090	5.39-5.60	75: 1.5
ethiophencarb Croneton	0.0080-0.0080	2.55-2.56	75: 3.1
aminocarb Matacil	0.0183-0.0184	2.06-2.07	75: 3.3
propoxur Baygon	0.0141 (0.0101-0.0214)	2.84	78-79: 1.5; 78-79: 4.3 (Hüll)
2-methyl ^{/6} VÜAgT 93	0.0025 (0.0022-0.0030)	1.96	69: 18.2
6-methyl ^{/7} VÜAgT 113	0.0050 (0.0043-0.0059)	1.98	69: 11.7
<u>Heterocyclic N-alkylcarbamate insecticides</u>			
carbofuran Furadan	0.0015-0.0024	3.00-4.72	75: 1.1; 78: 2.8 ^{/8} 78: 3.2 ^{/8} (Hüll)
dioxacarb Elocron	0.0094-0.0098	2.74-2.88	75: 3.5
<u>Carbamoyloxime insecticides</u>			
methomyl Lannate	0.0033-0.0080	2.56-5.45	75: -1.3; 78: 3.3-5.1 ^{/8} ; 78: 2.7-2.8 ^{/8} ; (Hallertau) 78: 3.8-5.4 ^{/8} (York.-Her.) ^{/9}
thioxamyl Vydate	0.00016-0.00021	1.79-3.05	75: 10.0
<u>Pyrethroids</u>			
decamethrin Decis	0.000098 (0.000091-0.000105)	6.53	76: 1.0
permethrin Ambush	0.00037 (0.00032-0.00043)	2.41	76: 4.1
cypermethrin Cymbush	0.00035 (0.00001-0.00078)	5.56	76: 2.1

Explanations to the Table 1:

VÚCH: Res. Inst. of Hop Growing; ENU: Inst. of Entomology
LC 50 - S: LC 50 in % of active ingredient, base-line data for a standard susceptible strain (or strains). If data on several susceptible strains are available the range of LC 50 values is given. If only single base-line data are available, the LC 50 value is indicated along with the confidence interval (c.i.) (in paranthesis) on the 95 % probability level.

b: regresion-line slope

RF: resistance factor
$$= \frac{\text{LC 50 of the studied population}}{\text{LC 50 of the susceptible strain}}$$

The calculation of RF is based, where possible, on the LC 50 value for the susceptible strain investigated simultaneously with, or immediately after, the sample of the population under study.

¹ Unless not otherwise indicated, data on RF refer to the population from Stekník in the Žatec area. Samples taken from the commercial hop garden were re-transferred to the rearings. The data before the RF value indicates the period of sampling and investigation of the given population.

² 75: summarized results from 1971 - 1975. Base-line data according to the susceptible strain Spišské Podhradie. The strain is characterized by the following base-line data for thiometon: LC 50 = 0.0054 (0.0040 - 0.0065), b = 2.76.

³ e: ethyl

⁴ m: methyl

⁵ 0-methyl: 0-methyl-0-ethyl-S(2 ethylmercaptoethyl)dithio-phosphate + thiometon + disyston

⁶ 2-methyl: 2-methylmercaptomethyl-fenyl-N-methylcarbamate

⁷ 6-methyl: 6-methylmercaptomethyl-3-methyl-fenyl-N-methyl-carbamate

⁸ Base-line data according to the susceptible strain Rožňava. The range of RF values includes data either obtained from replicated assessments over a period of time, or different data obtained from a greater number of samples (populations) within the region under study.

⁹ English strains Yorkshire and Hereford.

critical point is whether the dropping of some insecticide from use will necessarily engender a decrease in the level of resistance. Regrettably, no optimistic prognosis can be made for the time being. From Table 1 e.g. it is obvious that in spite of the exclusion of Teration and thiometon from hop protection as early as 1967, no decrease, but rather an increase in resistance to both insecticides has been recorded since. This is of course explainable by the long-term pressure of insecticides which induce increased levels of enzymes responsible for the function of protective mechanism. Our laboratory investigations, however not yet completely evaluated, point to more or less distinct seasonal variations in, and decrease of, resistance in strains kept under long-term rearing free of selection pressure. The understanding of these problems, however, is too poor yet to underlie a discussion directed at the hop aphid, the main object of our interest. Similarly, the findings reported from England (Muir, 1979; Muir & Cranham, 1979) sound not overmuch optimistic. Despite variations in the values obtained, no significantly decreasing trend in the level of resistance could be recorded so far. In contrast, in the intensively studied green peach aphid, Myzus persicae (Sulzer) a spontaneous break in the level of resistance occurred (Sawicky et al., 1980). A new increase in resistance can re-establish itself only very exceptionally following fresh selection on broad clonal populations.

It is assumed that the high esterase activity, which is typical of resistant populations, may possibly be maintained through permanent selection pressure during chemical treatment. Should this finding, e.g. the loss of resistance, be also confirmed for the hop aphid, new possibilities would be opened for the chemical protection of the hop. In any case, ways must be sought which would lead to an alleviation of the selection pressure by conventional insecticides.

REFERENCES

- ANONYMUS (1965): Entomology. Report of the East Malling Research Station for 1964, p. 34.
- ANONYMUS (1966): Entomology. Report of the East Malling Research Station for 1965, p. 50.

- ANONYMUS (1979): Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Method for adult aphids - FAO method No. 17. FAO Plant Prot. Bull. 27, 29-32.
- BONESS, M. & UNTERSTENHÜFER, G. (1974): Insektizidresistenz bei Blattläusen. Z. angew. Ent. 77, 1-19.
- COULON, J., LHOSTE, J. & MISSONIER, R. (1967): Probleme, die in Frankreich durch die Insektizid-Resistenz von Pflanzenschädlingen entstehen. Abstracts 6th Int. Pflanzenschutzkongress, Wien 1967, 578-579.
- HRDÝ, I. (1975): Insecticide resistance in aphids. Proc. 8th British Insect. Fungic. Conf., Brighton 1975, 737-749.
- HRDÝ, I. (1979): Integrierter Pflanzenschutz im Hopfenbau. Proc. Int. Symp. IOBC/WPRS Integrated Control in Agriculture and Forestry, Wien 1979, 267-280.
- HRDÝ, I. & KŘÍŽ, J. (1976): Problémy boje se škůdci chmele (Problems of the hop-pest control), Agrochémia 16, 37-42.
- HRDÝ, I. & ZELENÝ, J. (1968): Hop aphid (*Phorodon humuli*) resistant to thiometon. Acta ent. bohemoslov. 65, 183-187.
- HRDÝ, I., ZELENÝ, J., HRDÁ, J. & BOUČKOVÁ-KONFÍČKOVÁ, J. (1970): Stability of resistance to thiometon, multiple-resistance and population density of the hop aphid, *Phorodon humuli* (Schrank), during 1967-68 (Homoptera, Aphididae). Acta ent. bohemoslov. 67, 143-147.
- HRDÝ, I. & KULDOVÁ, J. (1970): Rezistence mšice chmelové k některým organofosforovým insekticidům v roce 1969 a předběžná zpráva o nálezu spřažené rezistence ke karbamátům (Resistance to some organophosphorous insecticides in the hop aphid in 1969 and a preliminary report of the cross-resistance to carbamates). Agrochémia 10, 223-228.
- KŘÍŽ, J. & GESNER, M. (1977): Rezistence mšice chmelové *Phorodon humuli* (Schrank) k insekticidům (The resistance of the damson-hop aphid *Phorodon humuli* /Schrank/ to insecticides). Ochrana rostlin 13, 277-283.
- MEIER, W. (1969): Untersuchungen zum Stand der Insektizidresistenz bei Blattläusen. Mitt. schweiz. Landw. 17, 65-77.
- MUIR, R.C. (1979): Insecticide resistance in damson-hop aphid,

- Phorodon humuli in commercial hop gardens in Kent. Ann. appl. Biol. 92, 1-9.
- MUIR, R.C. & CRANHAM, J.E. (1979): Resistance to pesticides in damson-hop aphid and red spider mite on English hops. Proc. 1979 British Crop Prot. Conf. - Pests and Diseases, Brighton 1979, 161-167.
- SAWICKI, R.M., DEVONSHIRE, A.L., PAYNE, R.W. & PETZING, S.M. (1980): Stability of insecticide-resistance in the peach-potato aphid *Myzus persicae* (Sulzer). Pesticide Sci. 11, 33-42.
- TARAN, F.I. & SIKURA, N.M. (1975): K voprosu ustojčivosti chmelovoj tli (*Phorodon humuli* Schr.) k insekticidam (To the question of insecticide-resistance in the damson-hop aphid). Tězisy dokladov 4. Vsěsojuznogo sověščanija, Leningrad 1975, 75-76.
- ZOHREN, E. (1972): Ergebnisse eines Versuches zur Bekämpfung der Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli* Schr.) mit verschiedenen Insektiziden und Applikationsmethoden. Z. PflKrankh. PflSchutz 79, 668-676.
- ZOLNIR, M. (1973): Pojav odpornosti hmeljevě listne uši (*Phorodon humuli* Schr.) v hmeljiščih Savinske doline na metasystox (The occurrence of resistance of the hop aphid to *Metasystox* in hop gardens in Savinjska Dolina). 3. Jugoslovenski simpozijum za hmeljarstvo, Bilten za Hmeljarstvo, Novi Sad 5, 91-96.

ZUSAMMENFASSUNG. Aufgrund des Residualsprühtestes wurden Base-line-Daten für 31 phosphororganische Insektizide, 11 Carbamate und 1 Cycloidiene an empfindlichen Laborstämmen der Hopfenblattlaus, Phorodon humuli, bestimmt. Es wird eine Zusammenfassung der Erkenntnisse über das Resistenzspektrum der "Steknik" - Hopfenblattlauspopulation aus dem böhmischen Hopfenanbauggebiet gegeben, mit einigen ergänzenden Angaben über die Resistenz bei der Hopfenblattlaus in anderen Anbaugebieten. Es wird die Frage der Stabilität der Insektizidresistenz in Freilandpopulationen der Hopfenblattlaus sowie in Laborstämmen diskutiert.

ESTERASETEST ZUM NACHWEIS DER INSEKTIZIDRESISTENZ BEI DER
HOPFENBLATTLAUS, PHORODON HUMULI SCHRK.

R. Büchi und A.K. Beck

Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, 8046 Zürich, Schweiz

Zusammenfassung. Die bereits bei der Grünen Pfirsichblattlaus, Myzus persicae Sulz., erprobten biochemischen Methoden zur Bestimmung der Insektizidresistenz bei einzelnen Blattläusen wurden auf ihre Eignung auch bei Phorodon humuli getestet. Es handelt sich um die photometrische Messung der Gesamtcaboxylesterasenaktivität und die elektrophoretische Auftrennung der einzelnen Carboxylesterasen mit anschliessender Färbung. Parallel dazu führte man Biotests mit einem künstlichen Nährmedium durch, das verschiedene Konzentrationen der Wirkstoffe Demeton-S-methylsulfoxid (Metasystox) und Acephat (Orthene) enthielt. Für die Versuche wurden vier relativ sensible Klone von P. humuli von Wildhopfen vier Klonen von Kulturhopfen gegenübergestellt. Ein Vergleich der biochemischen Methoden mit den Biotests ergab auch für Phorodon humuli den Zusammenhang von erhöhter Carboxylesterasenaktivität und Insektizidresistenz.

EINLEITUNG

Zunehmende Schwierigkeiten bei der Bekämpfung von P. humuli mit Phosphorsäureestern und Carbamaten veranlassten uns, neue Methoden zur Resistenzdiagnose zu prüfen. Im Vordergrund standen biochemische Methoden, die an der Grünen Pfirsichblattlaus, Myzus persicae, zur Ermittlung der Resistenz von Einzelläusen erprobt worden sind. Sie beruhen auf einem Zusammenhang zwischen Resistenz gegen Phosphorsäureester und erhöhter Aktivität von Carboxylesterasen (Needam, Sawicki 1971). Allgemein wird angenommen, dass die biologische Wirksamkeit der Phosphorsäureester und Carbamate auf ihrer Interaktion mit der Acetylcholinesterase beruht. Aus diesem Grunde wurde auch die Aktivität der Acetylcholinesterase von Einzelläusen gemessen. Die Resultate der biochemischen Methoden wurden mit denjenigen aus Biotests verglichen. Für die Versuche wurde Blattlausmaterial von Wild- und Kulturhopfen verwendet.

MATERIAL UND METHODEN

a) Herkunft der Blattläuse

Für die Versuche wurden 1978 Blattlausproben von Wildhopfen eines Standortes in der Nähe von Zürich und von Kulturhopfen der Hopfenanlage in Stammheim gesammelt. Ausgehend von Einzelläusen wurden pro Herkunft je 4 Klone gezogen. Für einen Teil der Versuche wurden die unselektionierten Populationen der beiden Herkünfte einbezogen.

b) Messung der Gesamtcaboxylesteraseaktivität

Wir benützen die Methode von Devonshire (1975). Je eine adulte Blattlaus wurde in einem Phosphatpuffer zerdrückt, in dem als Substrat α -Naphthylacetat vorhanden war. Nach der Inkubation bei 25° wurde Natriumlaurylsulfat und Echtblausalz B zugegeben. Bei 605 nm wurde die Absorption der Lösung in einem Photospektrometer gemessen. Je grösser die Absorption desto höher die Esteraseaktivität und desto grösser die Insektizidresistenz der geprüften Blattlaus.

c) Messung der Aktivität der Acetylcholinesteraseaktivität

Nach der Methode von Ellmann et al. (1961) wurde die Aktivität der Acetylcholinesterase gemessen.

d) Elektrophorese

Die Homogenate von adulten Blattläusen wurden in einer Apparatur zur vertikalen Plattenelektrophorese auf 6 %igen Polyacrylamid-Gelen aufgetragen. Wir verwendeten das von Stegemann & Loeschcke (1976) beschriebene Gel-, Puffer- und Färbesystem.

e) Biotest

Zur Ermittlung der Dosismortalitätskurven der verschiedenen Blattlausklone wurden die Wirkstoffe Demeton-S-methylsulfoxid (Metasystox) und Acephat (Orthene) in verschiedenen Konzentrationen einem künstlichen Nährmedium beigemischt.

Alle oben erwähnten Methoden sind ausführlich beschrieben in Beck und Büchi (1980).

RESULTATE

a) Carboxylesterasen und Acetylcholinesterase

In Abb.1a sind die photometrisch gemessenen Gesamtcaboxylesteraseaktivitäten von je 4 Blattlausklonen von Wildhopfen und Kulturhopfen dargestellt. Ebenfalls in die Versuche einbezogen wurde je eine Popu-

lation von Wildhopfen und Kulturhopfen. Abb. 1b zeigt die Aktivitäten für die Acetylcholinesterase. Die Säulen stellen Durchschnittswerte von 36-50 Blattläusen dar.

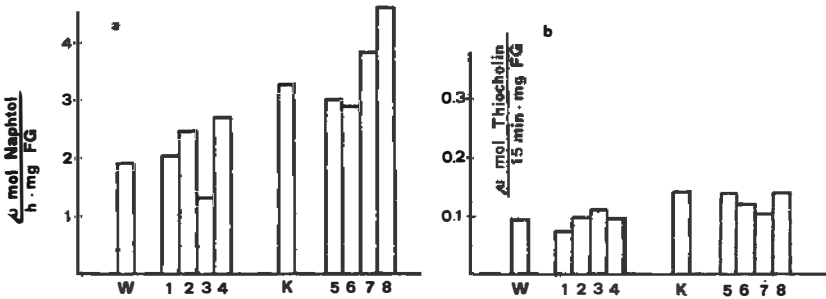


Abb. 1. Photometrisch gemessene Aktivität der Gesamtesterasen (1a) und der Acetylcholinesterase (1b) von Hopfenblattläusen. Klone 1-4 von Wildhopfen; W = Population von Wildhopfen; Klone 5-8 von Kulturhopfen; K = Population von Kulturhopfen

b) Pro Klon wurden 3 Blattläuse, pro Population 6 Blattläuse elektrophoretisch analysiert. (Abb. 3 in Beck und Büchi, 1980).

c) Biotest

Die Probit-Regressionsgeraden der Dosismortalitätskurven der verschiedenen Blattlausklone gegen die Wirkstoffe Demeton-S-methylsulfoxid und Acephat sind aus Abb. 2 ersichtlich. Deutlich zeigt sich, dass die Klone von Wildhopfen empfindlicher auf die Insektizide reagieren als die Klone von Kulturhopfen. In Tabelle 1 sind die Resistenzfaktoren der einzelnen Klone aufgeführt, wobei jeweils der empfindlichste Klon von Wildhopfen als Standard genommen wurde. Für beide Phosphorsäureester zeigen sich bei den Klonen von Kulturhopfen leichte Resistenzerscheinungen.

Klon Nr.	Resistenzfaktor	
	Demeton-S-sulfoxid	Acephat
1	1	1,3
2	6,3	1
3	1,3	1,3
4	3,2	1,5
5	5,8	4,5
6	11,8	-

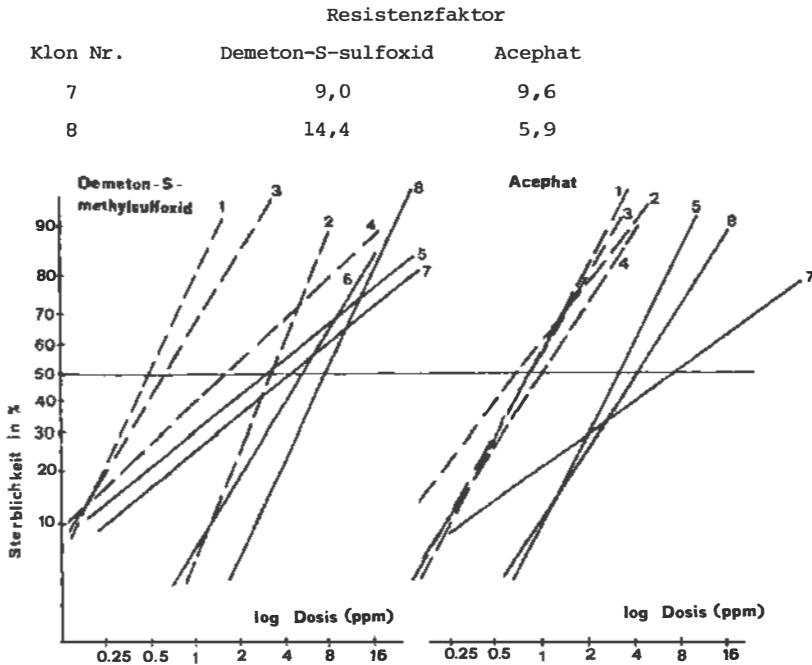


Abb. 2. Probit-Regressionsgeraden der Dosismortalitätskurven der Hopfenblattlausklone 1-4 von Wildhopfen und 5-8 von Kulturhopfen. Sterblichkeit in Abhängigkeit der Konzentration von Demeton-S-methylsulfoxid und Acephat.

DISKUSSION

Vergleicht man die Ergebnisse der Biotests mit den photometrisch bestimmten Carboxylesterasenaktivitäten, so stellt man eine gute Uebereinstimmung fest. Beispielsweise hat Klon Nr. 8 mit der höchsten Carboxylesterasenaktivität auch die grösste LC_{50} gegen Demeton-S-methylsulfoxid und die zweitgrösste LC_{50} gegen Acephat. Bei Klon 3 mit der kleinsten Carboxylesterasenaktivität ist LC_{50} gegen Demeton-S-methylsulfoxid und Acephat je am zweitkleinsten. Die Uebereinstimmung ist nicht vollkommen, mit der neuen Methode ist es aber möglich, Feldproben von Blattläusen mit wenig Zeitaufwand direkt auf Resistenz gegen Phosphorsäureester zu prüfen.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Klonen bezüglich der Aktivität der Acetylcholinesterase klein. Sie reichen nicht aus, um die Unterschiede in der Insektizidempfindlichkeit der einzelnen Klone zu erklären. Diese Methode ist demnach ungeeig-

net, sensible von resistenten Läusen zu unterscheiden. Bei der in vitro Hemmung der Acetylcholinesterase von Myzus persicae konnten wir keinen Hinweis finden, dass das unterschiedliche Resistenzverhalten von verschiedenen Klonen auf einer veränderten "unsensiblen" Acetylcholinesterase beruht, wie das für andere Insekten beschrieben wurde (Ayad und Georghiou 1975).

Als Erklärung des Zusammenhanges zwischen der erhöhten Carboxylesterasenaktivität und der Resistenz einer Blattlaus kann man annehmen, dass diese Esterasen am Abbau der Insektizide im Blattlauskörper beteiligt sind. Beranek und Oppenoorth (1976) wiesen bereits nach, dass bei Myzus persicae eine Carboxylesterase Phosphorsäureester hydrolysiert. Wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, weisen die Probitregressionsgeraden der einzelnen Klone stark unterschiedliche Steigungen auf, was auf Unterschiede in der Homogenität der Klone schliessen lässt. Um trotzdem einen quantitativen Vergleich der Insektizidempfindlichkeit zu haben, berechneten wir die in Tab. 1 aufgeführten Resistenzfaktoren. Für beide Phosphorsäurepräparate zeigen die Klone von Kulturhopfen verglichen mit den Klonen von Wildhopfen leichte Resistenzerscheinungen. Durch die Applikation der Insektizide über ein künstliches Nährmedium haben wir eigentlich nur die Wirksamkeit der systemischen Komponente geprüft. In einem Biotest auf behandelten Hopfenblättern würden die Unterschiede der Herkünfte Wildhopfen und Kulturhopfen vielleicht stärker ausfallen. Abschliessend kann man sagen, dass die neuen biochemischen Methoden zur Resistenzdiagnose bei der Hopfenblattlaus die herkömmlichen Insektizidtests nicht vollumfänglich ersetzen können, jedoch zeit- und kostensparende Methoden sind, um die Resistenzentwicklung von Blattlauspopulationen zu überwachen.

LITERATUR

- Ayad, U. und Georghiou G.P. (1975): Resistance to organophosphates and carbamates in Anopheles albimanus based on reduced sensibility of acetylcholinesterase. J. Econ. Entomol. 68, 295-297.
- Beck, A.K. und Büchi, R. Esterasetest zum Nachweis der Insektizidresistenz bei der Hopfenblattlaus, Phorodon humuli Schrk. Z. ang. Ent. 89, 113-121.
- Beranek, A.P. und Oppenoorth F.J. (1976): Evidence that the elevated carboxylesterase (esterase 2) in organophosphorus-resistant, Myzus

persicae (Sulz.) is identical with the organophosphate-hydrolyzing enzyme. Pestic. Biochem. und Physiol. 7, 16-20

Devonshire, A.L. (1975): Studies of the carboxylesterases of Myzus persicae resistant and susceptible to organophosphorus insecticides. Proc. 8th Br. Insectic. Fungic. Conf. 1, 67-73.

Needham, P.H. und Sawicki, R.M. (1971): Diagnosis of resistance to organophosphorus insecticides in Myzus persicae (Sulz.) Nature 230, 125-126.

Stegemann, H. und Loeschcke, V. (1976): Index europäischer Kartoffel-sorten. Bestimmung durch elektrophoretische Spektren. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw., Berlin Dahlem, 168, April 1976.

Abstract. Esterase assay for the detection of resistance to insecticides in hop aphids Phorodon humuli Schrk.

Both the acetylcholinesterase and the carboxylesterase activities were measured colorimetrically in hop aphids collected from wildhop and from hop in a plantation. These carboxylesterases were also examined by electrophoresis. The results were compared with those obtained in bioassays on an artificial diet which contained different concentrations of the insecticides Demeton-S-methylsulfoxid and Acephat. We found a positive correlation between increased carboxylesterase activity and resistance to the insecticides examined. These studies show that the time saving biochemical tests are suitable for rapidly assessing general levels of resistance in field populations of hop aphids.

INSECTICIDE-RESISTANCE SPECTRUM IN THE HOP APHID
(PHORODON HUMULI) POPULATIONS FROM DIFFERENT REGIONS:
NOTES ON RESISTANCE MECHANISMS

J. Šula, J. Kuldová and I. Hrdý

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT. Resistance in hop-aphid strains from the Bohemian hop-growing region (Stekník), from Bavaria (Hüll, Hallertau) and from England (Hereford) was investigated by bio-assays and biochemical tests. Several susceptible aphid strains were tested for comparison. The esterases were separated into 5 zones by disc electrophoresis. The resistant and susceptible strains only differed in the activity of the esterase zone 3. The highest esterase activity in proportion to the rest of the esterases was found in the Stekník strain. Hereford and Hüll followed next. From the influence of piperonylbutoxide on the effectivity of dicrotophos it may be inferred that microsomal oxidases are taking part in the build-up of resistance, this participation being higher in the Hüll strain and lower in the Stekník strain. The history of insecticide application in the control of the hop aphid is reflected in the resistance spectrum of local populations which, moreover, differ in the proportion of individual detoxication mechanisms.

INTRODUCTION

Aphids constitute a group with high developmental plasticity. In several economically important species subjected to sustained selection pressure by insecticides resistant populations have been developed. The protection mechanisms responsible for resistance to organophosphorous and carbamate insecticides were studied in more detail in the green peach aphid, Myzus persicae (Sulzer) (Beranek & Oppenoorth, 1977; Devonshire, 1977; Sawicki, Devonshire et al., 1978).

Similar to the green peach aphid hightened esterase activities were also found in resistant strains of the hop aphid, Phorodon humuli (Schrank) (Šula, 1980; Beck & Büchi, 1980).

MATERIAL AND METHODS

The results obtained in bio-assays by both the dip-test and the spray-residue method (Hrdý & Kuldová, report at the present symposium) were compared with the results obtained from esterase determination by disc electrophoresis and from esterase-activity determination by measuring the speed of hydrolysis of 4-nitrophenylacetate (Huggins & Lapidés, 1947). The activity of microsomal oxidases was estimated by tests using piperonylbutoxid as inhibitor. For the experiments laboratory strains of the hop aphid, Phorodon humuli were used: "Rožňava", "Jablonov", "Spišské Podhradie" and "Yorkshire" considered as susceptible (S), and resistant (R) strains founded from aphid samples transferred from the field into laboratory rearings (the strains were named after the places of their origin). The strains "Yorkshire" and "Hereford" were received by courtesy of Mr. R.C. Muir from the stocks of East Malling Research Station in 1977. For assistance in the isolation of the "Hüll" and other strains from Bavaria (Hallertau) we are indebted to (Mrs.) Dr. H.Th. Kremheller. The strain "Stekník" originated from a commercial hop garden near Žatec.

RESULTS AND DISCUSSION

During the experiments the susceptibility to thiometon in our standard strains was periodically checked. The LC50 values obtained varied within the range of 0.0008-0.0019 % in the Rožňava strain, and within the range of 0.0008-0.0034 % in the Jablonov strain. The strain Spišské Podhradie (employed only occasionally) was characterized by the LC50 value 0.0054 %. For the resistant strain derived from the Stekník field population LC50 was 0.0670-0.0713. This may serve as a guide for putting the data summarized here in gear with the resistance-spectrum data for the Stekník population (see Hrdý & Kříž - report at the present symposium).

Most trials were conducted in the 1978-1979 period in

Table 1. Resistance Factors for selected insecticides in strains of different origin

Strain	Thiodan endosulfan 0.01% /1		Terra Sytam dimefox 0.05%		Nogos dichlorvos 0.005%		Ekatin thiometon 0.01%		Phosdrin mevinphos 0.01%		Folimat omethoate 0.01%	
	dip/ ²	spray/ ³	dip	spray	dip	spray	dip	spray	dip	spray	dip	spray
Rožňava	•		•		•		•	•	•	•	•	
Jablonov				•								•
Sp.Podhradie		•				•						
Yorkshire			++				++					
Stekník	2.1	1.8- 2.2	+++	32.3	0	1.6	+	35.3- 37.5	+	12.7- 15.3	2.1- 3.2	55.0
Hüll	5.2	1.8	+++	20.8	0		+++/ ⁴	35.9- 149.5/ ⁴	++	8.4	1.1	21.0
	Ultracid methidathion 0.01%		Baygon propoxur 0.01%		Pirimor pirimicarb 0.025%		Lannate methomyl 0.02%		Ambush permethrin 0.0005%		Ripcord cypermethrin 0.00005%	
	dip	spray	dip	spray	dip	spray	dip	spray	dip	spray	dip	spray
Rožňava	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•
Jablonov		•										
Yorkshire							++	3.8				
Stekník	+	2.7	++	1.5/ ⁷⁸	+++		++	3.3- 5.1	1.0	4.1	1.0	2.1
Hüll	++	2.2- 18.6	0	4.3/ ⁷⁹	+++		++-+++/ ⁴	2.7- 2.8/ ⁴	1.1		2.4	
Hereford								4.4				

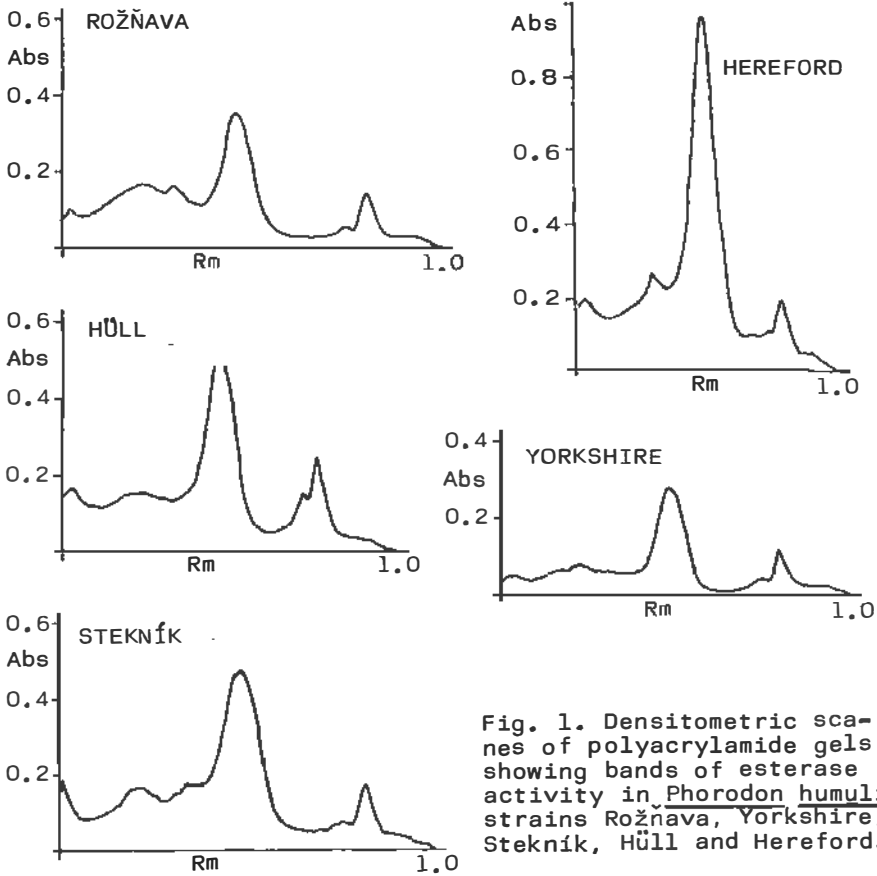


Fig. 1. Densitometric scans of polyacrylamide gels showing bands of esterase activity in Phorodon humuli strains Rožnava, Yorkshire, Stekník, Hüll and Hereford.

Comments to the Table 1:

● The respective S reference strain.

/¹ Concentration of insecticide (active compound) used in the dip-test.

/² Dip-test: RF according LT50 or expressed as difference to S - strain; 0 no difference, + small, +++ highest difference.

/³ Spray-residue method: RF according LC50.

/⁴ Data from several localities in Hallertau.

/⁷⁸, /⁷⁹ Experiments with identical strains in 1978 and 1979: Lowering of resistance level in laboratory cultures was observed.

which the bio-assay values varied along with the generally decreasing trend of resistance in both the R - and S - strains. This may be related to either the physiological changes, e.g. those connected with nutrition (continual rearings in the laboratory, as a rule, undergo a crisis in the pre-spring period) or to accommodation to steady conditions in the laboratory including a limitation of stress from environmental conditions. In order to bridge this difficulty invariably in the related experimental series not only the same insecticide samples, but also the same aphid strains were used and the trials were limited to shorter time periods (propoxur was an exception, see Tab. 1). Up to the present time our experiments have not been directed towards observation of resistance stability in strains free from selection pressure by insecticides. However, partial results obtained so far have not revealed any loss in resistance as was found in Myzus persicae by Sawicki et al. (1980).

All S-strains, with the exception of Yorkshire, behaved as susceptible in all assays, i.e. neither the dip-test, nor the spray-residue method produced paradoxical results. On the other hand, in bio-assays the Yorkshire strain (Tab. 1) exhibited higher resistance not only compared to other S - strains tested (see test with phosdrin), but on a similar, or even higher level also to some R - strains under investigations (see tests with thiometon and methomyl, Tab. 1).

The esterase activity was determined in the strains Rožňava, Jablonov and Yorkshire (rated as susceptible) and in the resistant strains Stekník, Hüll and Hereford. The speed of hydrolysis of 4-nitrophenylacetate was measured at pH 7.0. Acetylcholinesterase activity was inhibited by eserine in $6 \times 10^{-7}M$ concentration. The basic enzyme constants, the Michaelis constant K_m and the maximum velocity V , are shown in Table 2. The esterases in the aphid strains moreover differed in the values of the dissociation constant K_d and the bimolecular reaction constant k_i for esterase inhibition by ethylbutyrate. The K_d values were directly proportional to the resistance level in the corresponding strain (Tab. 3). The esterases of the strains Rožňava, Yorkshire, Stekník, Hüll and Hereford were separated into 5 zones by disc ele-

ctrophoresis. The individual strains only differed in the activity of esterase 3. 1-naphtylacetate was used as substrate. After the preparation of the gels on a densitometer the activity of esterase 3 was expressed as the ratio between the area of this esterase and the sum of areas of the other esterases. The numerical value of this ratio was lowest in the Rožňava S - strain and highest in the R - strains Hereford and Stekník (Tab. 4, Fig. 1).

Table 2. Kinetic constants for the reaction of hop aphid esterases with 4-nitrophenylacetate

Strain	$K_m (M) \times 10^4$	$V_{max} (\mu\text{moles/hr/mg protein})$
Rožňava	1.23 (\pm 0.13)	25.7 (\pm 10.3)
Jablonov	1.51 (\pm 0.23)	28.2 (\pm 3.2)
Yorkshire	1.34 (\pm 0.30)	33.6 (\pm 0.8)
Hüll	1.32 (\pm 0.28)	41.8 (\pm 4.2)
Stekník	1.21 (\pm 0.32)	33.7 (\pm 9.8)
Hereford	1.31 (\pm 0.26)	52.3 (\pm 23.8)

Table 3. Dissociation (K_d) and bimolecular reaction (k_i) constants for the inhibition of hop aphid esterases by ethylbutyrate

Strain	$K_d (M) \times 10^3$	$k_i (M)^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
Rožňava	5.04 (\pm 2.0)	4.62 (\pm 2.6)
Yorkshire	5.53 (\pm 1.9)	4.05 (\pm 4.5)
Hüll	7.90 (\pm 2.5)	2.14 (\pm 2.0)
Stekník	8.17 (\pm 3.8)	4.38 (\pm 1.8)
Hereford	9.42 (\pm 1.8)	2.09 (\pm 0.8)

Table 4. The ratio of esterase 3 area to the areas of the other esterases on densitogram

Strain	Rožňava	Yorkshire	Hüll	Hereford	Stekník
Ratio:	0.65	0.68	0.99	1.78	2.00

Because in resistant aphids there is a correlation between esterase 3 and both the higher V_{max} and the higher K_d values, the differences in activity in the individual strains are probably mainly due to the action of esterase 3. Also, its

affinity to ethylbutyrate seems to be lower compared with other esterases.

However, the increase in esterase activity in resistant hop-aphid strains was relatively low and, hence, evidently provided the basis for a part of resistance only. Therefore, we also attempted to prove the presence of activity in microsomal oxidases (Casida, 1970). While investigating the level of resistance by the dip-test we applied dicrotophos with piperonylbutoxide (pb) at concentrations 0.01 % and 0.05 %, respectively. Susceptibility of the individual strains was evaluated on the basis of LT50. Under the effect of the insecticide applied with pb the LT50 values in all strains tested were lowered as compared with LT50 under dicrotophos only. From Table 5 it is evident that the smallest decrease in LT occurred in the Rožňava S - strain. In R - strains a more marked decrease was recorded.

Table 5. Resistance Factors for dicrotophos (Bidrin) according LC50 (spray-residue method), according LT50 (dip-test), and the ratio of LT50 values for dicrotophos and dicrotophos + piperonylbutoxide

Strain	Rožňava	Yorkshire	Stekník	Hüll
RF - spray/ ¹			31.8	17.4
RF - dip/ ²		2.4	4.8	3.3
$\frac{\text{LT50 dicr. + pb}}{\text{LT50 dicr.}}$	0.67	0.57	0.49	0.23

¹ Reference strain Jablonov; ² Reference strain Rožňava

From the lowered resistance levels found under the application of pb in combination with the insecticide it may be estimated that the microsomal oxidases inhibited by pb took part in the degradation of the insecticides and that their activity was higher in R - strains.

In the hop aphid, similar to the green peach aphid (Nedham & Sawicki, 1971) both the esterases and the microsomal oxidases are taking part in the build-up of resistance to insecticides. The foregoing results suggest that either

mechanism is brought to bear to a different degree in different strains. In the Hüll strain, which the bioassay revealed as the most resistant to several insecticides, the highest participation of oxidases and, compared with the Stekník strain, a lesser participation of the esterase was found. This may, presumably, be connected with the use of different insecticides in either region. For instance, in Bavaria (provenance of the Hüll strain) chlorinated cyclodiene insecticide endosulfan has been in current use, whereas it has never been introduced in the Bohemian hop-growing region (strain Stekník). Hence, the history of the application of insecticides against the hop aphid is reflected in the proportion of the individual detoxication mechanism taking part in building up resistance as well as in the resistance spectrum of local populations (biotypes? - see Hrdý, 1979).

REFERENCES

- BECK, A.K. & BÜCHI, R. (1980): Esterasetest zum Nachweis der Insektizidresistenz bei Hopfenblattlaus, *Phorodon humuli* Schr. Z. angew. Ent. 89, 113-121.
- BERANEK, A.P. & OPPENOORTH, F.J. (1977): Evidence that the elevated carboxylesterase (esterase 2) in organophosphorus-resistant *Myzus persicae* (Sulz.) is identical with the organophosphorus-hydrolysing enzyme. Pestic. Biochem. Physiol. 7 : 16-20.
- CASIDA, J.E. (1970): Mixed-function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. J. Agric. Food Chem. 18 : 753-772.
- DEVONSHIRE, A.L. (1973): The biochemical mechanisms of resistance to insecticides with especial reference to the housefly, *Musca domestica* and aphid, *Myzus persicae*. Pestic. Sci. 4 : 521-529.
- DEVONSHIRE, A.L. (1977): The properties of a carboxylesterase from the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulz.) and its role in conferring insecticide resistance. Biochem. J. 167 : 675-683.
- HRDÝ, I. (1979): Insecticide resistance in aphids. Sec. V,

- Symp. 2 "New Pest Biotypes" IX Int. Congr. Plant Prot., Washington, D.C., in print.
- HUGGINS, CH. & LAPIDES, J. (1947): Chromogenic substrates: IV. Acyl esters of p-nitrophenol as substrates for the colorimetric determination of esterase. J. Biol. Chem. 170 : 467.
- NEEDHAM, P.H. & SAWICKI, R.M. (1971): Diagnosis of resistance to organophosphorus insecticides in *Myzus persicae*. Nature (Lond.) 230 : 125-126.
- SAWICKI, R.M., DEVONSHIRE, A.L., RICE, A.D., MOORES, G.D., PETZING, S.M. & CAMERON, A. (1978): The detection and distribution of organophosphorus and carbamate insecticide-resistant *Myzus persicae* (Sulz.) in Britain in 1976. Pestic. Sci. 9 : 189-201.
- SAWICKI, R.M., DEVONSHIRE, A.L., PAYNE, R.V. & PETZING, S.M. (1980): Stability of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Pestic. Sci. 11, 33-42.
- ŠULA, J. (1980): A contribution to the mechanism of the insecticide resistance of the hop aphid (*Phorodon humuli*): Importance of some hydrolytic enzymes. Ph.D.Thesis, Praha.

ZUSAMMENFASSUNG. Mit Biotesten und biochemischen Methoden wurden resistente Hopfenblattlausstämme aus einem böhmischen Hopfenanbaugebiet (Steknik), aus Bayern (Hüll, Gebiet Hallertau) und aus England (Hereford) mit empfindlichen Stämmen verglichen. Von den durch Disc-Elektrophorese in 5 Zonen geteilten Esterasen zeigte nur die Zone 3 eine für resistente Stämme charakteristische, erhöhte Esteraseaktivität, mit höchsten Anteilen der Stämme Steknik, Hereford und Hüll. Aus der Inhibierung der Wirksamkeit von Dicrotophos durch Piperonylbutoxid kann gefolgert werden, dass an der Resistenz mikrosomale Oxidasen beteiligt sind, u.zw. in höherem Masse bei dem Stamm Hüll und in niedrigerem bei dem Stamm Steknik. Die Geschichte des Insektizideinsatzes zur Bekämpfung der Hopfenblattlaus wird in dem Resistenzspektrum der lokalen Populationen widerspiegelt, die sich auch durch den Anteil der bei ihnen wirkenden Detoxikationsprozesse unterscheiden.

SELEKTIERUNG RESISTENTER BLATTLAUSPOPULATIONEN -
AUCH EINE FOLGE DES SORTENWANDELS?

Ursula HORNING

Lehrstuhl für Botanik der Technischen Universität München in
D-8050 Freising-Weihenstephan

ZUSAMMENFASSUNG: Am Beispiel der Hallertau wird dargestellt, wie in einem Anbaugbiet der Blattlausbesatz zum Problem werden kann, wenn durch den großflächigen Anbau einer anfälligen Hopfensorte günstige Ernährungsbedingungen für den Schädiger geschaffen werden. Dadurch werden Pflanzenschutzmaßnahmen erzwungen, die schwerwiegende Folgen durch Resistenzbildung nach sich ziehen.

EINFÜHRUNG

Die Hopfenblattlaus, *Rhopodion humuli* SCHRANK, ist als Phloemsauger von der Zusammensetzung des Siebröhrensaftes ihrer Wirtspflanzen abhängig, und hier vor allem vom Gehalt an freien Aminosäuren (AS). Bekanntlich variiert dieser in Blättern im Laufe der pflanzlichen Ontogenese, wobei qualitative wie auch quantitative Veränderungen auftreten. Auch beim Hopfen wurden in einem Testversuch Veränderungen im Gehalt freier AS in Abhängigkeit vom Blattentwicklungsstadium nachgewiesen (Hornung, 1975).

Im Zusammenhang mit der Ernährungsphysiologie von Blattläusen gilt ein besonderes Interesse dem Gehalt an Histidin, Isoleucin, Methionin und Cystein. Nach Dadd & Krieger (1968) sind Histidin, Isoleucin und Methionin für Blattläuse essentiell. Methionin wirkt nach Mittler (1967) phagostimulierend auf Aphiden. Der Mangel an Methionin und Cystein führt nach Ehrhardt (1968) zu einem Entwicklungsstopp bei Blattläusen, sofern nicht anorganischer Schwefel in ausreichender Menge angeboten wird.

Für zwei bedeutende Hopfensorten wurde der Gehalt an 16 AS bestimmt: für den Edel- oder Aromahopfen 'Hallertauer mittelfrüher'*) und für die Bittersorte 'Northern Brewer'. Beide Sorten stehen stellvertretend für Anbautendenzen und spiegeln

*) Abkürzungen: AS = Aminosäuren

Hallertauer mfr = Hallertauer mittelfrüher

gleichzeitig die Anbauentwicklung in der Hallertau wieder, dem größten geschlossenen Hopfenanbaugesbiet der Welt. In diesem Gebiet wurde bis in die 60er Jahre fast ausnahmslos die Landsorte, eben der "Hallertauer" angebaut, weshalb die Hallertau als Einheitssortenanbaugesbiet bezeichnet wurde (Zattler, 1969). Doch innerhalb weniger Jahre eroberte sich der 'Northern Brewer', eine ertragreiche Bitterhopfensorte, fast die Hälfte der Anbaufläche (Kastner, 1975). Mit diesem Wandel im Sortenspektrum lief eine Beobachtung der Anbauer parallel: ihr "Hallertauer" war plötzlich blattlausanfällig geworden, und zwar besorgniserregend. Wie war dies zu erklären?

Im folgenden soll dargestellt werden, wie sich sowohl sortenbedingte als auch entwicklungsbedingte Unterschiede im Gehalt an AS auf die Populationsdynamik der Hopfenblattlaus in einem geschlossenen Anbaugesbiet auswirken können, und inwieweit dabei Wirt-Parasit-Interaktionen berücksichtigt werden müssen.

AMINOSÄURENGEHALT IN HOPFENBLÄTTERN ZWEIER HAUPTSORTEN, UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON DREI BLATTENTWICKLUNGSSTADIEN

Der Gehalt an freien AS wurde einmal aus den Methanol-Chloroform-Extrakten bestimmt (Huber, 1974). Auftrennung und Auswertung erfolgten mittels eines AS-Analysers^{*)}. Des Weiteren wurden nach Säurehydrolyse die Gesamt-AS als Prozent des Gewichts gefriergetrockneten Materials ermittelt^{*)}. In jedem Fall sind junge Blätter von der Rebspitze, reife Blätter aus der Rebmitte, sowie alternde Blätter vom unteren Teil der Reben getrennt analysiert worden. Die Reben - je 5 pro Sorte - waren Anfang Juli in Hüll bei Wolnzach geschnitten worden.

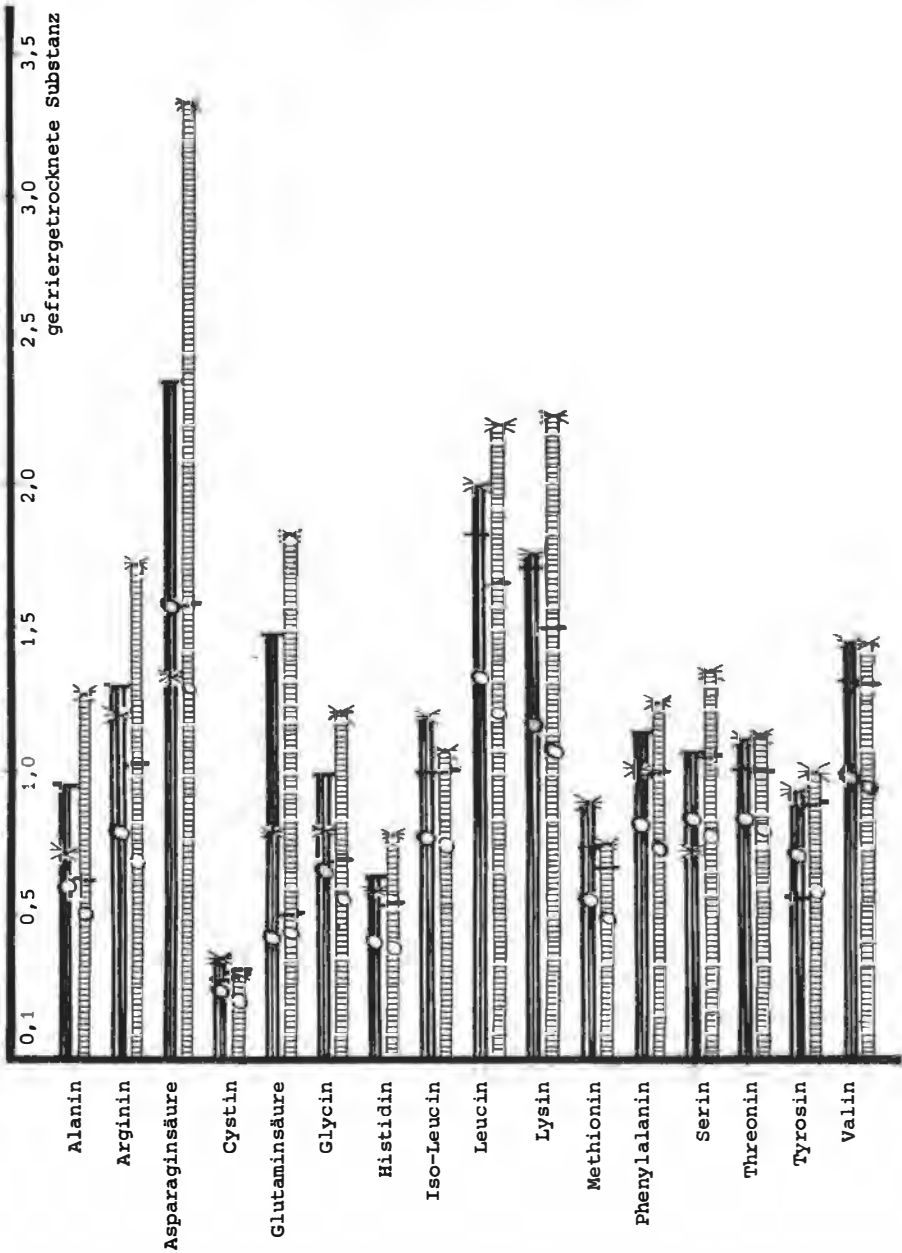
Abgesehen von den erwarteten sortenspezifischen Unterschieden in den AS-Spektren ergab sich, daß beim 'Northern Brewer' die jungen Blätter den jeweils höchsten, die alternenden Blätter den niedrigsten AS-Gehalt besitzen. Beim 'Hallertauer mfr' war ein gleiches Verhalten nur in 8 von 16 Fällen gegeben. Ein Maximum für alternde Blätter im Vergleich zu jungen und reifen Blättern trat nur für die Asparaginsäure beim 'Hallertauer mfr' auf. Die Zu- bzw. Abnahme im AS-Gehalt konnte bis zu einer Zehnerpotenz betragen, es gab jedoch auch

^{*)} Dem Botanischen Institut der TU München und der Bayer. HVA Weihenstephan gebührt für die Durchführung der Analysen besonderer Dank.

Abb.1. Aminosäuregehalt von Hopfenblättern (Säureanalysen)

Blattentwicklungsstadien : * jung - reif o alternd

Sorten: ■ Hallertauer mfr. 16,675 18,555 12,610 ‰ AS
 ▨ Northern Brewer 22,705 12,275 11,325 ‰ AS



Fälle, in denen der Gehalt über diese Entwicklungsstadien nahezu konstant blieb. Die vier besonders interessierenden AS Histidin, Isoleucin, Methionin und Cystein/Cystin, werden in beiden Sorten in vergleichbarer Menge angeboten. Nur das Histidin bildet eine deutliche Ausnahme bei der Sorte 'Northern Brewer'. In dessen jungen Blättern liegt es um ca. 50 % reichlicher vor als in reifen, und alternde Blätter enthalten sogar 100 % weniger Histidin. (Abb.1).

Aus diesen Verhältnissen läßt sich ableiten, daß Blattläuse auf jungen Blättern der Hopfensorte 'Northern Brewer' günstigere Ernährungsbedingungen vorfinden als auf reifen und alternden Blättern, und als auf den jungen Blättern der Aromasorte 'Hallertauer mfr'. Dies gilt vor allem für das für Aphiden essentielle Histidin. Dieser Schluß deckt sich auch mit der Anbauerfahrung der Hallertauer Hopfenerzeuger, wonach der 'Northern Brewer' blattlausanfälliger ist als der 'Hallertauer mfr'. Aus englischen Untersuchungen geht ebenfalls hervor, daß der 'Northern Brewer' eine besonders anfällige Hopfensorte (Campbell, 1977) ist, was nicht nur der enormen Blattgröße und -masse dieser Sorte zugeschrieben wird.

EINFLUSS DES SORTEN- UND ENTWICKLUNGSBEDINGTEN AS-SPEKTRUMS AUF DIE POPULATIONSDYNAMIK DER HOPFENBLATTLAUS

Wie schon erwähnt, besitzen junge Blätter der Sorte 'Hallertauer mfr' relativ niedrige AS-Gehalte. Die Nachkommen der angeflogenen Blattläuse, der Aphisfliegen, benötigen dadurch ernährungsbedingt längere Zeit für die Entwicklung zum Adultstadium und sie setzen weniger Larven ab als dies unter optimalen Bedingungen möglich wäre. Auch die Produktivität ihrer Nachkommen ist herabgesetzt. Als der 'Hallertauer mfr' noch die einzige Sorte im großen Anbaugebiet Hallertau war, entwickelte sich ein relativ geringes Blattlauspotential, und die Schadensschwelle wurde nur gelegentlich überschritten. Mit der Einführung und sehr raschen Verbreitung der Sorte 'Northern Brewer' wurden die Ernährungsbedingungen für die Hopfen-Blattlaus wesentlich günstiger, denn nun fanden die Aphisfliegen in den Hopfengärten auch Pflanzen mit reichhaltigerem AS-Angebot vor. An jungen Reben von Pflanzen der Sorte 'Northern Brewer' können sich rasch starke Blattlauspopulationen aufbauen. Kommt es im Hochsommer zudem zum Auftreten von Sommergeflügelten (Kirschner, 1932; Hornung, 1973), so können diese

in Gärten mit 'Hallertauer mfr' migrieren, wo sie wesentlich günstigere Ernährungsbedingungen antreffen, als zur selben Zeit auf Pflanzen der Sorte 'Northern Brewer'. Damit sind beste Voraussetzungen für eine Massenvermehrung und für die vom Anbauer mit Recht gefürchtete Spätinfektion gegeben. Die letztgenannte Gefahr besteht in jedem Fall verstärkt in Anlagen mit 'Northern Brewer'. Dort finden Blattläuse, die in den kühleren Augustnächten Schutz in den Hopfendolden suchen, wieder ein reiches Nahrungsangebot vor, weil generative Pflanzenteile in der Regel einen höheren AS-Pegel besitzen als vegetative.

An diesem Beispiel läßt sich darstellen, wie Änderungen in den Anbaugewohnheiten - hier insbesondere beim Sortenwechsel - auf das Verhältnis zwischen Wirt und Schädiger wirken können. Im aufgezeigten Fall wird das Gleichgewicht zum Nachteil der Kulturpflanze verschoben. Der durch die Einführung einer neuen Sorte angestrebte wirtschaftliche Vorteil wird geschmälert, weil nur durch erhöhten Aufwand für Pflanzenschutzmaßnahmen das ursprüngliche Ertrags- und Qualitätsniveau aufrechterhalten werden kann. Als Folge des erhöhten Insektizideinsatzes kam es in den letzten Jahren zu einer überregionalen Resistenzbildung (vgl. auch Schütterer, 1980). Auch im Hopfenbau entstanden dadurch besondere Probleme, unter anderem mit der Hopfenblattlaus (z.B. Bräunling & Wiedemann, 1979). Heute stellt sich die Frage, ob nicht durch den Sortenwandel und die dadurch erzwungenen Pflanzenschutzmaßnahmen die Selektierung resistenter Populationen bei der Hopfenblattlaus gefördert, wenn nicht gar induziert wurde.

Für technische Assistenz danke ich Ulrike VENTNER und Marianne HUBER.

LITERATURVERZEICHNIS

- BRÄUNLING, H. & WIEDEMANN, R. (1979): Zur Resistenzfrage der Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli* SCHRANK) gegenüber Dimefox (Wacker S 14/10). WACKER Pflanzenschutz.
- CAMPBELL, C.A.M. (1977): Distribution of damson-hop aphid (*Phorodon humuli*) migrants on hops in relation to hop variety and wind shelter. Ann. appl.Biol. 87, 315-325.
- DADD, R.H. & KRIEGER, D.L. (1968): Dietary amino acid requirements of the aphid *Mycus persicae*. J. Insect Physiology 14, 741-764.

- EHRHARDT, P. (1969): Die Rolle von Methionin, Cystein, Cystin und Sulfat bei der künstlichen Ernährung von *Neomyzus (Aulacorthum) circumflexus* BUCKT. (Aphidae, Homoptera, Insecta). Biol. Zbl. 88, 335-348.
- HORNUNG, Ursula (1973): Möglichkeiten für ganzjährige Versuche mit *Phorodon humuli* SCHRANK (Homoptera, Aphididae) an Hopfen (*Humulus lupulus* L.). Z. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. 80, 711-717.
- HORNUNG, Ursula (1975): Zum Einfluß der Wirtspflanze auf ihren Parasiten am Beispiel *Humulus lupulus* L. - *Phorodon humuli* SCHRANK. Angew. Bot. 49, 45-53.
- HUBER, W. (1974): Über den Einfluß von NaCl- und Abscisinsäurebehandlung auf den Proteinmetabolismus und einige weitere Enzyme des Aminosäurestoffwechsels in Keimlingen von *Pennisetum typhoides*. Planta 121, 225-235.
- KASTNER, A. (1975): Länderbericht BR Deutschland. Hopfenrundscha 26, 320.
- KIRSCHNER, R. (1932): Beiträge zur Biologie von *Phorodon humuli* SCHRANK. nebst Bemerkungen und Versuchen über das Entstehen von geflügelten Aphiden. Biol. Zbl. 52, 103-117.
- MITTLER, T.E. (1967): Effect on aphid feeding of dietary methionine. Nature (London) 214, 386.
- SCHMUTTERER, H. (1980): Aktuelle Pflanzenschutzfragen mit besonderer Berücksichtigung ökologischer Probleme. Dt. Forschungsgemeinschaft - Boppard: Boldt, 17-19.
- ZATTLER, F. (1969): Unterscheidung der Dolden nach äußeren Merkmalen bei den in Deutschland angebauten in- und ausländischen Hopfensorten. Hopfenrundscha 20, 88-94.

SUMMARY: For the Hallertau area, the pest density of an actual region is shown to become a problem caused by the large-area cultivation of a new susceptible cultivar offering favourable nutrient conditions to the parasite. By this, pest control measures may be necessary in hops which in return bring about trouble with resistance of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*.

INSECTICIDE RESISTANCE IN CZECHOSLOVAK POPULATIONS
OF THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE, TETRANYCHUS URTICAE

J. Hůrková^{/1} and M. Gesner^{/2}

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha^{/1} and Research Insti-
tute of Hop Growing, Žatec^{/2}, Czechoslovakia

ABSTRACT. In 24 examined populations of the two-spotted spi-
der mite Tetranychus urticae from Bohemian hop gardens, a
high level of resistance to thiometon was found in 1976-1977.
These resistant populations were selected mainly by OP-aphi-
cides used against Phorodon humuli since the fifties, and are
now controlled with specific acaricides, that must be applied
on almost 50% of Bohemian hop-growing area.

INTRODUCTION

The two-spotted spider mite, Tetranychus urticae Koch,
is a cosmopolitan phytophagous mite with a wide range of
host plants. Its economic importance has been increasing
over the last decade due to the onesided chemical protection
of some crops which brought about a serious disturbance of
the natural balance within biocenosis. On the one hand, the
natural enemies were decimated and, on the other, resistant
spider mite populations have been selected. After the intro-
duction of systemic and contact organophosphorous insectici-
des against the hop aphid the problem of spider mites seemed
to have been resolved simultaneously because most of the OP-
insecticides exhibited additional good acaricide effective-
ness.

As late as 1962, in the hop gardens of the Bohemian hop-
-growing region, the effectiveness of dimefox (Terra Sytam)
applied as soil drench, as well as of thiometon (Intra-
tion) was found satisfactory against populations of the two-
spotted spider mite (Kříž & Taimr, 1962). Ten years later,
however, resistance to both dimefox and thiometon was found
in a population from a hop garden in Žatec, whereas, in a

nearby hop garden in Líštiny (district Louny) a highly susceptible population of this species was still recorded (Zohdy & Šedivý, 1972).

During regular observations of the population dynamics in the hop aphid (Hrdý et al., 1972; Zelený, 1972), the number of spider mites observed in hop gardens of the Žatec area had not assumed any substantial proportion (Zelený and Hrdý, unpublished data) until 1975, the year in which a conspicuous increase was recorded. In 1976, under unusually warm and dry weather conditions in June and early July, outbreaks of the two-spotted spider mite occurred which made chemical treatment necessary. On this occasion it came to light that, meantime, some organophosphorous compounds have become totally ineffective against populations from hop gardens under intensive chemical control.

By this time, resistance of T. urticae to OP-insecticides was already reported from hop in the FRG (Kolbe, 1966), in England (Cranham, 1974) and in the Ukraine (Sikura & Taran, 1975). Hence it was reasonable to believe that the failure of OP-insecticides in some Bohemian hop gardens was due to the resistance of the two-spotted spider mite. This assumption was confirmed by monitoring (based on a laboratory method of resistance detection) of populations resistant to thiometon in 7 hop gardens in the Žatec area during 1976 and in 17 hop gardens in both the Žatec and Ústěck areas in 1977 (Hůrková & Gesner, 1978; Gesner & Hůrková, 1979).

MATERIAL AND METHODS

All examined samples of T. urticae populations from hop gardens were compared with a susceptible reference strain "Abertamy - S", collected on Urticae dioica L. in the Ore Mountains (850 m a.s.l.) in the district of Karlovy Vary. This strain was reared since Aug. 23, 1976 under laboratory conditions at $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ under 16 hours photoperiod at low relative humidity on hop, Humulus lupulus. Its susceptibility was proved by comparison with a Leverkusen N-OP normal strain bred in our laboratory under the same conditions two years earlier (Hůrková, 1977).

Samples of populations from hop gardens were collected

along with the infested leaves from July 7, to September 9, and then transferred to the laboratory onto clean hop seedlings. After some multiplication, only females were taken for the experiments.

Pesticides: For resistance monitoring, thiometon was used (active ingredient of Intration 25 EC, produced by CHZJD), a standard formulation checked in the Central Agricultural Control Testing Institute in Brno. The highly resistant population from Stekník was used for the testing of the following alternative acaricides: Mitac 20 (20% amitraz, Chemie Linz); Plictran (25% cyhexantin, Dow); Milbol (25% dicofol, Delicia); Acrex (30% dinobuton, Kenogard); Fusilade (25% fentrifalin, ICI); Torque (50% fenbutatinoxid, Shell); Galecron (50% chlorphenamidin, Schering); Rospin (25% chloropropylate, Ciba); Kilacar (30% proclonol, George Servos). **Organophosphorous acaricides:** Terra Sytam (50% dimefox, Wacker Chemie); Ortho-dibrom (50% naled, Wacker Chemie); Ultraacid (40% metidathion, Ciba); Phosdrin (24% mevinphos, Shell); Ekatin (25% thiometon, Sandoz) and Kilval (40% vamidothion, Rhone-Poulenc). **Carbamates:** Mesurool (50% methiocarb, Bayer) and Lannate (90% methomyl, Du Pont).

In all laboratory tests of pesticide effectiveness on the two-spotted spider mite, a modified method of resistance detection recommended by FAO (Anonymous, 1974) was used: Discs of host-plant leaves were treated by spraying in a sedimentation tower with the appropriate pesticide concentration and the exposure of T. urticae females followed. Their mortality was checked after 24 hours (OP-insecticides) and after 48 hours (specific acaricides and carbamates). Three to seven concentrations of the tested compound were used for each population. Mortality data were processed statistically by probit analysis and the probit/log lines were plotted on a Hewlett-Packard 98-10 calculator.

RESULTS

From the survey in Table 1 and Table 2 it is obvious, that all treated populations of the two-spotted spider mite in the Žatec and the Ústěk hop areas were highly resistant to OP-insecticide used here against Phorodon humuli since the late fifties.

Table 1. Thiometon-resistant populations of *Tetranychus urticae* from Bohemian hop gardens in 1976 (Hůrková & Gesner, 1978)

Hop garden	LC 50	95% probability limits	LC 90	slope b	FR
Blšany	0.01	(0.02 - 0.02)	0.05	1.84	4.1
Lubeneč	0.02	(0.02 - 0.02)	0.07	3.58	6.9
Radičevy	0.04	(0.04 - 0.05)	0.07	6.06	13.6
Kněževy	0.05	(0.04 - 0.06)	0.18	3.17	15.8
Žatec	0.65	(0.36 - 0.85)	4.79	1.89	180.8
Trnovany	1.00	(0.86 - 1.19)	3.93	3.73	279.4
Stekník	2.30	(1.38 - 4.06)	6.35	2.77	640.5

Table 2. Thiometon-resistant populations of *Tetranychus urticae* from Bohemian hop gardens in 1977 (Gesner & Hůrková, 1979)

Hop garden	LC 50	95% probability limits	LC 90	slope b	RF
D. Beřkovice	0.02	(0.01 - 0.02)	0.03	4.79	5.9
Pšov	0.25	(0.16 - 0.30)	0.55	3.79	70.8
Hostín	0.37	(0.33 - 0.41)	0.61	6.06	140.5
Quholice	0.42	(0.38 - 0.47)	0.69	5.95	118.2
Šlapanice	0.52	(0.48 - 0.56)	1.91	2.26	144.4
Ploskovice	0.56	(0.44 - 0.65)	1.04	4.95	158.0
Dřínov	0.67	(0.51 - 0.86)	3.48	1.79	187.1
Břeštiny	0.69	(0.60 - 0.70)	1.50	3.79	191.8
Liběšice	0.69	(0.60 - 0.72)	2.22	2.52	192.4
Sulejovice	0.72	(0.40 - 0.62)	3.06	2.05	202.7
Dušníky n.V.	0.79	(0.63 - 0.97)	2.04	3.13	221.4
Jištěrby	0.85	(0.74 - 0.97)	2.10	3.26	237.4
Vojkovice	0.86	(0.78 - 0.95)	1.39	6.21	240.3
Žatec nursery	1.33	(1.20 - 1.47)	2.40	4.98	369.4
Žatec sortim.	1.36	(1.18 - 1.57)	2.69	4.34	379.6
Strkovice	1.46	(1.21 - 2.25)	3.56	3.31	406.7
Stekník	1.69	(1.55 - 1.84)	2.54	7.24	470.0

In 1976, out of seven populations examined, four still showed a resistance factor lower than 100; whereas, in 1977, out of 17 populations only two were less resistant than 100x, in seven the resistance factor was 100 - 200 and 8 exceeded the factor of 200. A population with the highest resistance factor was found in Stekník in 1976, exhibiting an increase of LC 50 by the factor of 640. In 1977, this population showed a slight decrease of resistance to thiometon by a factor of 470 and further breeding in the laboratory free

of selection pressure from pesticides brought about consequent slight reduction of LC 50 after two months (6.9.1977 RF = 447). In this situation, the effectiveness of other alternative pesticides was tested on this population.

Table 3. Effectiveness of 10 alternative specific acaricides and 2 carbamates on a *T. urticae* population highly resistant to thiometon (R = resistant population Steknik, S = susceptible reference strain "Abertamy - S")

Active ingredient		LC 50	LC 90	slope b	RF
cyhexantin	R	0.1423	0.6323	1.99	-2.4
	S	0.3548	1.3539	2.20	-
amitraz	R	0.0216	0.0723	2.51	-2.3
	S	0.0509	0.1047	1.19	-
dicofol	R	0.0030	0.0220	1.48	-1.4
	S	0.0041	0.0394	4.82	-
fentrifanil	R	0.0001	0.0002	1.03	2.3
	S	0.00005	0.0001	1.26	-
dinobuton	R	0.0072	0.0151	4.01	4.0
	S	0.0018	0.0037	4.08	-
fenbutatinoxid	R	0.1583	0.3729	3.44	-1.0
	S	0.1685	0.4886	2.77	-
chlorphenamidin	R	0.1494	0.4571	2.64	1,4
	S	0.1006	0.3759	2.44	-
chloropropylate	R	0.0330	0.0591	5.06	1.3
	S	0.0240	0.0502	3.56	-
proclonol	R	0.0309	0.0506	5.98	1.3
	S	0.0232	0.0371	6.26	-
methiocarb	R	0.3482	2.5550	1.46	4,0
	S	0.0866	0.2220	3.13	-
methomyl	R	0.0874	0.2125	3.32	3.8
	S	0.0228	0.0629	2.91	-

DISCUSSION

Although the resistance factors to thiometon in field populations of *Tetranychus urticae* are relatively high and resistance occurs throughout the region (6 000 ha), the selection pressure exerted by OP-insecticides did not induce cross-resistance to specific acaricides. The fact that some of these compounds may manifest initial higher toxicity to resistant pest populations is known from literature as the so-called negatively correlated effectiveness (Steinhausen, 1965; Dit-

Table 4. Cross-resistance spectrum of a highly thiometon-resistant population of T. urticae from a hop garden in Stekník

Active ingredient		LC 50	LC 90	slope b	RF
thiometon	R	1.6451	2.8550	5.35	567.2
	S	0.0029	0.0051	5.32	-
dibrom	R	0.0758	0.1307	5.41	7.3
	S	0.0103	0.0209	4.17	-
methidathion	R	0.8278	1.4377	5.34	132.8
	S	0.0062	0.0121	4.42	-
mevinphos	R	0.4997	0.7950	6.35	64.9
	S	0.0077	0.0382	1.84	-
vamidothion	R	0.4346	0.8439	4.44	103.5
	S	0.0042	0.0103	3.32	-

trich, 1969). Nevertheless, it is also known that this good initial effectiveness on resistant populations is rather shortlived and that as early as after a few repeated applications of the specific acaricide, resistance is being quickly built up even to these compounds. Presently, the specific acaricides Mitac and Milbol are currently applied in Bohemian hop gardens to suppress the two-spotted spider mite populations and to bring them under the economic threshold level in the focal localities of their outbreaks. However, gradual failure also of these compounds has to be envisaged.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1974): Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. FAO Pl. Prot. Bull. 22, 103-107.
- CRANHAM, J.E (1974): Resistance to organophosphates in red spider mite *Tetranychus urticae*, from English hop gardens. Ann. appl. Biol. 78, 99-111.
- DITTRICH, V. (1969): Negative correlation between OP-resistance and chlorphenamidin action in the two-spotted spider mite strains. J. econ. Ent. 62, 44-47.
- GESNER, M. & HŮRKOVÁ, J. (1979): Rezistence populací *Tetranychus urticae* (Koch) k insekticidům ve chmelnicích Čech (Insecticide-resistant populations of *Tetranychus urticae*

- Koch in hop gardens in Bohemia). Ochrana rostlin 15, 133-138.
- HRDÝ, I., ZELENÝ, J., HRDÁ, J. & BOUČKOVÁ-KONÍČKOVÁ, J. (1970): Stability of resistance to thiometon, multiple resistance and population density of the hop aphid, *Phorodon humuli* (Schrank) during 1967-1968 (Homoptera, Aphididae). Acta ent. bohemoslov. 67, 143-174.
- HŮRKOVÁ, J. (1977): Resistance to thiometon and tetradifon in green-house populations of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Věst. čs. spol. zool. 41, 170-184.
- HŮRKOVÁ, J. & GESNER, M. (1978): Thiometon resistant *Tetranychus urticae* from Bohemian hop gardens. Věst. čs. spol. zool. 42, 188-190.
- KOLBE, J. (1966): Untersuchungen über die Bekämpfung resistenter Spinnmilbenstämme in Hopfenbau. Pflanzenschutz-Nachrichten "Bayer" 19, 247-282.
- KŘÍŽ, J. & TAIMR, L. (1962): Zálivková metoda aplikace systémických insekticidů v boji proti mšici chmelové (*Drangonemethod application of systemic insecticides to hop aphid control*). Rostl. výroba 8, 1081-1090.
- SIKURA, N.M. & TARAN, F.I. (1975): Sniženi je efektivity priměnenija fosfororganičeskich insektoakaricidov na chmele (Failure of OP-insecticides in hop). Tězisy dokladov 4ogo všesojuznogo sověščanija po rezistentnosti vreditělej i vzbuditělej bolezněj k chimičeskim sredstvam zaščity rastěnij, Leningrad 1975, 61-63.
- STEINHAUSEN, W.R. (1969): Neue Aspekte der Spinnmilbenbekämpfung mit akariziden Carbamaten. 5 pp., Congr. Int. des Antiparasitaires, Milano.
- ZELENÝ, J. (1972): Populační dynamika mšice chmelové (*Phorodon humuli* /Schr./) a jejich predátorů v letech 1967-1971 (Population dynamics of hop aphid (*Phorodon humuli* /Schr./) and its predators during 1967-1971). Sbor. věd. prací IV. celost. konf. o ochraně rostlin, Bratislava, 247-257.
- ZOHDY, G.I. & ŠEDIVÝ, J. (1972): Study of the acaricide resistance of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Koch) in Czechoslovakia. Sci. agric. bohemoslov. 4, 13-25.

ZUSAMMENFASSUNG. In 24 untersuchten Populationen der Spinnmilbe, Tetranychus urticae, aus böhmischen Hopfengärten wurde in den Jahren 1976 - 1977 hohe Resistenz gegen Thiometon ermittelt. Diese resistenten Populationen wurden vornehmlich durch phosphororganische Aphizide, die seit den fünfziger Jahren gegen Phorodon humuli eingesetzt wurden, selektiert. Zurzeit werden diese Populationen mit spezifischen Akariziden bekämpft, die auf fast 50 % des böhmischen Hopfenbaugebiets angewendet werden müssen.

SOME MORPHOLOGICAL AND BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INSECTICIDE RESISTANT BIOTYPES IN THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE, TETRANYCHUS URTICAE

F. Weyda and J. Hůrková

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT. Some differences in morphological and bioecological characteristics has been found between 2 susceptible and 2 resistant strains of the two-spotted spider mite females. These differences comprise the length of body, sex ratio, survivorship, fecundity, etc. The resistant strains had some advantageous attributes in comparison with susceptible ones (lower mortality, higher fecundity). On the other hand the susceptible strains had more advantageous sex ratio.

INTRODUCTION

Over recent years the concept of pest biotypes (Eastop, 1973; Hrdý, 1979) has crystallized as a pragmatical view of a particular group of organisms which already have acquired resistance towards pesticides and whose specific properties have enabled them to survive novel man-made conditions and thereby to increase their harmfulness to cultural plants. Similar to aphids, spider mites provide a good model for the study of this problem.

Our investigation was divided into two steps: (1) the study of a set of morphological and bioecological characteristics in selected susceptible (S), and resistant (R) laboratory strains; (2) the study of several selected morphological and bioecological characteristics in a set of field populations subjected to short-term rearing under analogous conditions in the laboratory and showing different levels of resistance. Here we present some results obtained from the first, preliminary, stage of our investigation.

MATERIAL AND METHODS

We studied two selected susceptible strains (Leningrad

S-L and Mnichovo Hradiště S-MH) and two resistant strains (Stekník R-St and Žatec R-Ž) of the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae (Koch). All four strains were reared under the same conditions (climate, light, feeding, etc.) and samples from the individual strains used for comparison experiments were taken within the same time periods. In most cases active females of the individual strains were used.

RESULTS

Morphological characteristics

Differences in body size and other characteristics between susceptible and resistant strains have been studied by several authors on flies (a comprehensive account was given by Brown & Pal, 1971) and on aphids (Eastop & Banks, 1970). Some of the results, however, are controversial and the problem needs further investigation. No morphometric analysis has yet been performed on susceptible and resistant strains of the two-spotted spider mite. We gathered a set of data on body size from laboratory strains of T. urticae. From the result obtained from evaluation the situation in the susceptible strain Abertamy (S-A) and the resistant strain Stekník (R-St) may serve as an example. There exists significant difference in average body length between the females of the S and R strains. It is only on the basis of definitive evaluation of the data gathered from complete morphometrical assessments, mainly in field populations, that it will be possible to show whether there exists some correlation between body size and level of resistance, or whether the body size depends on the general genetical and physiological properties of the given population without any relation to resistance.

Some groups of mites including the spider mites carry typical cuticular ribs on the surface of the body (Gibbs & Morrison, 1959; Bostanian & Morrison, 1973). Crowe (1975) assumes their function to consist in reinforcing the rigidity of the body cuticle. A morphological analysis of the ribs was made by Dupont (1979) in connection with the synonymization of T. urticae and T. cinnabarinus. We undertook a morphometrical analysis of the cuticular ribs in laboratory strains of T. urticae using a scanning electron microscope. Here we want to demonstrate the results obtained from the analysis

of laboratory-reared R and S strains of related species, Tetranychus viennensis, from the USSR. The average distance between the cuticular ribs is larger in the R strain than in S strain (0.86 μm and 0.80 μm , respectively), but the differences are statistically non-significant. The study of cuticular ribs in this species revealed polymorphism in their structure. Out of 30 females investigated 24 had ribs with lobes, 5 had totally smooth ribs without lobes, 1 represented an intermediary stage. Also, the shape of the cuticular ribs may vary from semi-circular to finger-like outgrowths. The shape of the cuticular ribs and lobes has no taxonomic importance, and it is not yet clear whether the different forms of these structures have anything to do with resistance, or other bioecological characters in these strains.

We also investigated the anatomy and the ultrastructure of the digestive and reproductive systems in S and R strains of T. urticae on both the organ and the cellular level. In spider mites these two major organs comprise about 75% of the body volume. However, the results obtained from morphometrical analysis of these organs so far are not still sufficient for statistical analysis. To obtain sufficient anatomical and mainly ultrastructural data is very time-consuming and demanding methodically. Also, individual variability in ultrastructure has a negative effect on such assessments, as it is strongly dependent from a number of factors (physiological condition and age of spider mite, condition of the host plant, etc.).

Bioecological characteristics

Several authors have been concerned with the study of resistant and susceptible strains of spider mites from the point of view of bionomy and ecology. They investigated fecundity, length of embryonal, postembryonal and imaginal life, survivorship in both embryonal and postembryonal life, time of egg laying, sex ratio, behaviour, and several other phenomena. It is interesting that some of them arrived at totally different conclusions. E.g. in his classical paper Dittrich (1961) reported lowered fecundity, increased embryonal and postembryonal mortality, and prolonged development from egg to imago in resistant strains. Quite opposite results were published

by Zilbermanc and Petrušov (1976) who investigated four strains resistant to various acaricides and found increased fecundity, prolonged life time of females, shorter development from egg to imago, etc. Hence, while some authors found lessened vigour and reproductive ability in resistant spider mites, others reported the reverse. In the following we submit some results obtained from our S and R strains.

(a) Sex ratio

Table 1 shows at least twice as much females per male in susceptible strains as compared with resistant ones. This finding complies with the results obtained by Dittrich (1961).

Table 1. Sex ratio

Strain	Females	Males	Ratio females : males
S-L Leningrad	124	31	4 : 1
S-MH Mnichovo Hradiště	145	32	4.5: 1
R-St Stekník	192	98	2 : 1

(b) Survivorship

Table 2 shows the susceptible strains to account for higher mortality (within the egg-to-fresh-imago period) as compared with the resistant strain, and hence to manifest lower survivorship.

Table 2. Survivorship (from eggs to adults)

Strain	Number of laying eggs	Number of adults after 14 days	Survivorship / mortality in %
S-L Leningrad	304	155	51 / 49
S-MH Mnichovo Hradiště	410	225	55 / 45
R-St Stekník	357	290	81 / 29

(c) Fecundity

From the Table 3 it is evident that susceptible strains produced a lower average of eggs per female in 24 hours than did the resistant ones. The differences are significant only between S-L and R-St ($P < 0.05$). The issue of fecundity, however, is more complex and subjected to a number of influencing factors. We have also found that fecundity in individual strains may vary with time, and that the relationship between S and R strains as to the number of eggs laid per 24 hours may even be reversed. Such inversion may be caused by a particular factor, e.g. change in the physiology of the host plant, presence of some special substance etc., entailing a selective effect on S and R strains. This question is still left unanswered.

Table 3. Fecundity (number of eggs per one female during 24 h)

	Strain			
	S-L	S-MH	R-Ž	R-St
Number of groups	16	15	8	15
Number of females	134	148	56	116
Number of eggs per one female	5.4	6.2	6.9	7.0
S.D.	2.01	1.77	1.74	1.70

(d) Production of black pellets

Table 4 shows the average production of black pellets (one type of the excrements of spider mites) per female in 24 hours in S and R strains. A significant difference between S-MH and R-St ($P < 0.05$) was only found in the number of black pellets per female. Hazan & Gerson (1975) and Gerson (1979) established a positive correlation between the number of eggs laid and the number of black pellets excreted by the same female. We also were able to establish this correlation (Table 5).

(e) Feeding activity

Feeding activity in a spider mite population was assessed

Table 4. Production of black pellets (number of pellets per one female in 24 hours)

	Strain			
	S-L	S-MH	R-Ž	R-St
Number of groups	16	15	8	15
Number of females	134	148	56	116
Number of black pellets	3.7	2.9	3.2	3.8
S.D.	1.25	1.16	0.89	1.22

Table 5. Relationship between eggs and black pellets production per one female in 24 hours

	Strain			
	S-L	S-MH	R-Ž	R-St
Number of females	134	148	56	116
Number of eggs per female	5.4	6.2	6.9	7.0
Number of black pellets per female	3.7	2.9	3.2	3.8
Coefficient of correlation	0.76	0.56	0.88	0.55
Significant on probability level	99%	95%	99%	95%

by Saito (1979) as the relationship between walking and feeding. We evaluated the number of places stinged and sucked on bean discs (stylet injuries) by one female in 24 hours (Table 6). Resistant strains, on average, caused more damage on the host plant without, however, the differences being significant ($P>0.05$). We also established a positive correlation between the average number of stylet injuries and the number of black pellets excreted by one female in 24 hours (Table 6).

Table 6. Relationship between stylet injuries and production of black pellets per one female in 24 hours

	Strain			
	S-L	S-MH	R-Ž	R-St
Number of females	134	148	56	116
Number of stylet injuries per one female	14.1	14.5	16.9	15.1
S.D.	4.41	4.17	5.17	6.08
Coefficient of correlation	0.85	0.74	0.75	0.80
Significant on probability level	99%	99%	95%	99%

(f) The growth of R and S strains over a longer period of time

The growth of R and S strains was observed in S-L and R-St strains founded from equal numbers of females. At the end of the experiment (after 50 days), S-L comprised more individuals (eggs, juveniles and adults) than R-St in spite of the fact that the females of the susceptible strain showed lower egg laying, on average, and moreover shared some unfavourable characteristics in comparison with the resistant strain. We believe that one of the main reason for this might be the more favourable sex ratio in S strains and the greater number of females produced by them. The problem, however, is a by far more complex one. Our further attempts, therefore, will be aimed at drawing up a mathematical model of population growth in susceptible and resistant strains on the basis of maximum available biological data.

REFERENCES

- BOSTANIAN, N.J. & MORRISON, F.O. (1973): Etude histologique du tégument et de l'effet de divers acaricides chez le tétranyque à deux points. Can. J. Zool. 51, 1065-1067
- BROWN, A.W.A. & PAL, R. (1971): Insecticide resistance in arthropods. WHO, Geneva

- CROWE, J.H. (1975): Studies on acarine cuticles. III. Cuticular ridges in the citrus red mite. Trans. Am. Microsc. Soc. 94, 98-108
- DITTRICH, V. (1961): Populationsgenetische Untersuchungen an normalen un phosphorsäureester-resistenten Stämmen von *Tetranychus urticae* Koch. Z. angew. Ent. 48, 34-57
- DUPONT, L.M. (1979): On gene flow between *Tetranychus urticae* Koch, 1836 and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) Boudreaux, 1956 (Acari: Tetranychidae): Synonymy between the two species. Ent. exp. appl. 25, 297-303
- EASTOP, V.F. (1973): Biotypes of aphids. In: LOWE, A.D. (ed.): Perspectives in aphid biology. The Entomological Society of New Zealand, Auckland, pp.40-51
- EASTOP, V.F. & BANKS, C.J. (1970): Suspected insecticide resistance mechanism in the peach-potato aphid. Nature, Lond., 225, 970-971
- GERSON, U. (1979): Silk production in *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae). In: RODRIGUEZ, J.G. (ed.): Recent advances in acarology. Vol. I, Academic Press, New York, pp.177-188
- GIBBS, K.E. & MORRISON, F.O. (1959): The cuticle of the two-spotted spider mite, *Tetranychus telarius* (Linnaeus) (Acarina: Tetranychidae). Can. J. Zool. 37: 633-637
- HAZAN, A. & GERSON, U. (1975): Quantitative evaluation of the feeding of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.) (Acari: Tetranychidae). Bull. ent. Res. 65: 515-521
- HRDÝ, I. (1979): Insecticide resistance in aphids. IX. Int. Congr. Plant. Prot., Washington, 1979
- SAITO, Y. (1979): Study on spinning behavior of spider mites. III. Responses of mites to webbing residues and their preferences for particular physical conditions of leaf surfaces (Acarina: Tetranychidae). Jap. J. appl. Ent. Zool. 23: 82-91
- ZILBERMINE, I.V. & PETRUŠOV, A.Z. (1976): Biologičeskiye i toxiologičeskiye issledovanija populacij *Tetranychus urticae* (Acariformes, Tetranychidae), rezistentnykh k ovicidam. Zool. Zhur. 55: 982-988

ZUSAMMENFASSUNG. Es werden gewisse Unterschiede in Befunden der morphologischen und bioökologischen Charakteristiken bei Weibchen von 2 empfindlichen und 2 resistenten Stämmen der Spinnmilbe dargelegt. Sie beziehen sich auf Körperlänge, Geschlechterverhältnis, Überleben, Fruchtbarkeit u.a. Die resistenten Stämme besaßen im Vergleich mit den empfindlichen einige günstige Eigenschaften (niedrigere Mortalität, höhere Fruchtbarkeit), während die empfindlichen Stämme ein günstigeres Geschlechterverhältnis aufweisen.

INTEGRATED PEST MANAGEMENT AND THE POSSIBILITIES
TO COPE WITH INSECTICIDE RESISTANCE IN THE HOP APHID
AND THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE IN HOPS

I. Hrdý

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT: The major parameters influencing the selection of resistance in field populations may be categorized into genetic, biotic, and operational. The development of novel biotypes of pests reflects the integration of resistance into the genome as well as the selection-based fitness for changed conditions of agroecosystems. The genetic and biotic properties in Phorodon humuli and Tetranychus urticae are described from the point of view of resistance, and possibilities to refine operational measures with the aim of slowing down resistance selection are discussed.

*

Until 1975, according to recent data published by FAO and WHO, resistance to insecticides was found in 364 species of arthropods including 225 species of agricultural importance (Georghiou & Taylor, 1976). The increasing number of species developing resistance (Fig. 1) is the consequence of indiscriminative, often preventive, application of insecticides. The development of resistance in pest populations and the control exerted over them has been accompanied by adverse phenomena. The decrease in effectiveness of insecticides has often been compensated by increased doses and more frequent treatments. This again has engendered heightened hazard to health both during field application and after it through the accumulation of residua in the food chain. The growingly harmful side effects have made an unfavourable impact on the species diversity, the ecological stability and the quality of the environment. Naturally, the cost of plant protection has increased simultaneously. Thus e.g. in 1967-1977, the consumption of insecticides and acaricides on hops in the Bohemian hop-growing region has increased from

ab. 3.5 kg to ab. 8.3 kg active ingredients per hectar and year due to resistance in both major pests, particularly the hop aphid, the key pest in our region (Hrdý, 1979).

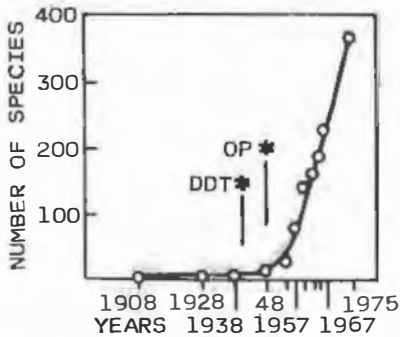


Fig. 1. Increase in number of species of Arthropods in which resistance to pesticides has been observed; data according to WHO and FAO as summarized by Georghiou & Taylor (1976).

* introduction of DDT and OPs (organophosphorous insecticides - parathion) into the pest control.

The various aspects of understanding achieved on resistance in both pests which play an important rôle in the protection of hop, the hop aphid and the two-spotted spider mite, have been discussed in depth at the present symposium (for more details see the corresponding reports not listed here). In the following I want to make some general observations and point out some problems.

The experiences of WHO and FAO experts were summarized by Georghiou & Taylor (1976) who categorized them as genetic, biotic and operational factors (parameters) influencing the rapidity of resistance selection.

The major genetic factors include: the frequency of R genes in a given population, the number and the dominance of R genes, penetration, expressivity and interaction of R alleles. So far, no data are available on the frequency of R genes in different field populations of the hop aphid and the two-spotted spider mite. But there exist satisfactory bio-assays permitting determination of R phenotypes as a basis for the estimation of the frequency of R genes. In addition, complementary to bio-assays, highly sensitive biochemical methods are at our disposal. The goal now is to arrive at methods enabling the detection of R characters in individual animals (see tests with Myzus persicae - Sawicky et al., 1980). This would make possible detailed studies of the genetical aspects

of resistance in our pests. Possible dominance of R alleles, naturally, would accelerate the process of selection. It was shown in a population of Tetranychus urticae from a hop yard in Kent (Cranham, 1974) that resistance is controlled by a single major gene incompletely dominant with parathion, and nearer to intermediate in expression to demeton-S-methyl and to azinphos-ethyl. Besides dominance penetration and expressivity of R genes also exert influence on the rapidity of selection. The interaction of R genes is closely related to the problem of cross-resistance.

There is a general consensus that, initially, resistance increases only gradually over a period of time in which environmental selection stresses, including insecticidal pressure, are being integrated and become manifest in the genome of the population until, finally, a more rapid growth is induced as a consequence of concentration of R genes subjected to sustained selection pressure by the same factor (the selective insecticide). Supplementary minor or major R genes may come to bear simultaneously, or successively, as a result of coincident selection (e.g. the selection of resistance to OP insecticides and to frost in field populations of Myzus persicae found in Scotland - Baker, 1977) or in consequence of genetic interaction between selected and other populations.

It has been repeatedly shown that a high level of resistance may rely on one single gene responsible for increased production of a specific detoxication enzyme. This mechanism protects the organism from substances of similar mode of action and is called single resistance (Sawicky, 1974). In field populations, however, - and this is also the case of our two pests - selection by alternative insecticides leads to the development of multiple resistance which brings about a complex, imperceptible situation in which a set of mechanisms takes part, in different measure, in the resulting resistance. It should be pointed out that in applying any selection factor, the development of resistance should be taken into account as a general biological phenomenon. Resistance cannot be a priori excluded even with quite novel compounds, either as a freshly selected, or generated ability of the organism to exploit already existant protective mechanisms induced by conventional pesticides. This way, resistance to

the so-called Insect Growth Regulators, e.g. juvenoids, or the inhibitors of chitin synthesis, has been established. (Resistance to juvenoids or derived substances: Dyte (1972) in Tribolium castaneum; Hrdý (1974) in aphids; Hůrková & Matolín (1975) in the two-spotted spider mite; Resistance to diflubenzuron : Cerf & Georghiu (1974) in Musca domestica).

The history of pesticide application in a given area constitutes another important factor influencing the genetic basis of R populations. Selection by various pesticides is of course reflected in the resistance spectrum of local populations. The degree of integration of the R genome depends on further factors constituting the so-called fitness, i.e. factors enabling the resistant phenotype to have its way in competition with the non-resistant one in a given environment. This leads us to the question of pest biotypes. Eastop (1973) formulated the concept of biotypes based on three aspects: (1) the taxonomical, related to the morphological characters allowing the discrimination of individual biotypes; (2) the physiological, particularly in relation to quantitative changes in food intake and the capacity to tolerate poisons; and (3) the ecological, particularly in relation to the infrastructure of the species diversity which may be reflected in a changed stability of the ecological system. The problem of biotypes, in my opinion, has become one of the major issues of plant protection. The pest biotype should be considered an infraspecific category (Hrdý, 1980) which may be defined as a set of individuals of a similar genotype whose harmfulness has been potentiated in a man-altered environment. This becomes possible (1) owing to its ability also to attack those plant varieties which have resisted the original pest population, (2) owing to greater vitality and reproduction capacity as well as capability to withstand environmental stress (so-called vigour), (3) because of resistance to pesticides, and/or due to an integration of the foregoing abilities.

A different degree of fitness may be assumed in the resistant populations or biotypes of our pests. In the hop aphid a broad multiple resistance, yet not an extremely high one was found whereas its fitness, evidently, is higher. As was pointed out earlier, resistance under field conditions

being highly stabile, resistant populations tend to displace, gradually, the susceptible ones even in biotopes free from insecticides as e.g. on wild hops (Hrdý, 1975). In the two-spotted spider mite, on the other hand, a rapid increase in resistance was found which may differ markedly in local populations not too distant from one another (Gesner & Hůrková, 1979). These phenomena moreover, are closely linked to another category, the biotic factors.

The number of generations and the fertility of females belong among the major biotic factors influencing the rapidity of resistance selection. These factors facilitate readily the development of resistance in both pests under study. In the hop aphid in the Bohemian hop-growing areas 7-9 generations of virginogenies (Kříž, 1962), and in the two-spotted spider mite about 9 generations (Gasser, 1951) may be expected on hops. Similarly, the reproduction rate in both pests is very high. It has been shown that parthenogenesis in the summer generations of the hop aphid does not constitute a hindrance to the selection of resistance although the increase of the level of resistance seems to be slower under such conditions as we have been witnessing in amphimictic populations of the two-spotted spider mite.

There are significant differences between both pests in their behavioural characters. Aphids are much more mobile; the winged may be transported over large distances, a capacity which also explains the colonization of wild hops by resistant biotypes, at sites very remote from the commercial hop gardens. Migrations on summer (hop) and winter (Prunus) hosts, an essential component of the life cycle, also add to homogenization of populations over extensive areas. This notwithstanding, the history of insecticide application, as discussed earlier, has to be taken into account as a factor reflected in the formation of the resistance spectrum of aphid populations in the individual hop-growing areas. The two-spotted spider mite, on the other hand, is limited in its dispersal and this may explain the marked differences in resistance levels which may even exist between closely neighbouring populations.

The foregoing factors constitute a complex whole of preliminaries influencing the selection of resistance in indi-

vidual species. Their understanding is important especially from the point of view of the strategy adopted in the control of resistant pests. Other categories of influencing factors however, are in our immediate control and, hence, constitute potential instruments for slowing down resistance in the field populations of the pests. They are called operational factors and include mainly the impacts impressed by agrochemicals. The highly complex nature of this issue deserves special emphasis. Agrochemicals (particularly insecticides) besides having direct selective effect on pest populations also exercise mediated influence, e.g. on the reproduction capacity of pests by acting on the physiology of the plant, or by creating a "chemical background" influencing the level of mutations etc. Successive application of chemically related, or un-related, pesticides as well as the mode of their application and formulation also play a role in resistance selection. Thus it may e.g. be anticipated that preparations similar to those used previously as well as preparations with long-term residual effectiveness will accelerate the growth of resistance. The mode of application may also assume importance in speeding up selection, especially if insecticides are used preventively, or if too low economic-threshold levels were chosen with the effect of inducing too frequent treatments. It is advisable also to ascertain the developmental stage best suited for treatment. There is a general consensus that if used against larvae, the preparation applied will facilitate the selection of resistance. This also applies to our case i.e. insecto-acaricides used simultaneously against both non-adult stages and adults thus adding to quicker development of resistance. The proportion of all populations under selection pressure by insecticides within one species is also important. From this point of view selection in the hop aphid was to be expected earlier than e.g. in the black bean aphid, Aphis fabae. In the hop aphid important proportion of its single-summer-host generations is exposed to extreme selection pressure, whereas the black-been aphid may chose from several alternative summer hosts not all of which are treated with insecticides. The areal limitation of insecticide treatment, such as with

the black-bean aphid, which only involves a part of pest populations, may also become an important factor retarding the development of resistance. The exemplified operational factors acting on selection should be taken into account when opting for tactics to delay, or possibly prevent, the selection of resistance.

From what has been said it follows that in order to cope successfully with the problem of resistance it seems to be necessary:

- (1) To develop novel means capable of overcoming resistance and lending themselves to the concept of integrated pest control, particularly with a view to specific effectiveness on individual pest species.
- (2) To achieve early detection of insecticide resistance in pest populations while dropping from use pesticides to which resistance already has established itself. It seems reasonable to use a particular insecticide (or insecticides of one group) as long as no resistance has become manifest. If so, however, the mechanism of action in the follow-up insecticide should differ from the one in the preceding compound.
- (3) To establish economic threshold levels and to use insecticides only when absolutely necessary and within the focus of clearly defined targets.
- (4) To select the insecticides from the point of view of their effectiveness on both the target and the non-target species while only using those with the least effect on the diversity of species and the stability of the system; moreover, in deliberately opting for insecticides with specific effectiveness, to promote the role of pest antagonists and, thereby, to lessen the frequency of treatments.
- (5) To create preliminaries, where possible, for agrotechnical, biological, and other methods as alternatives to chemical control.

REFERENCES

- BAKER, J.P. (1977): Changes in composition in populations of the peach potato aphid, *Myzus persicae*, overwintering in Scotland in 1976-7. *Proc. British Crop Prot. Conf. Pests and Diseases*, 1977 : 255-261.
- CERF, D.C. & GEORGHIOU, G.P. (1974): Cross-resistance to an inhibitor of chitin synthesis, TH-60-40, in insecticide-resistant strains of the house fly. *J. Agric. Food Chem.* 22 : 1145-1146.
- CRANHAM, J.E. (1974): Resistance to organophosphates in red spider mite, *Tetranychus urticae*, from English hop gardens. *Ann. appl. Biol.* 78 : 99-111.
- DYTE, C.E. (1972): Resistance to synthetic juvenile hormone in a strain of the flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Nature, Lond.* 238 : 401-402.
- EASTOP, V.F. (1973): Biotypes of aphids. In: LOWE, A.D. (ed.): *Perspectives in aphid biology.* *Ent. Soc. New Zealand, Bull.* No. 2 : 40-51.
- GASSER, R. (1951): Zur Kenntnis der gemeinen Spinnmilbe *Tetranychus urticae* Koch. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 24 : 217-261.
- GEORGHIOU, G.P. & TAYLOR, C.E. (1976): Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. *Proc. 15th Int. Congr. Ent.*, Washington, D.C., 1976 : 759-785.
- GESNER, M. & HŮRKOVÁ, J. (1979): The resistance of red spider mite populations (*Tetranychus urticae*) to insecticides applied in the hop gardens of Bohemia (in Czech). *Ochrana rostlin* 15 : 133-138.
- HRDÝ, I. (1974): Effects of juvenoids on insecticide susceptible and resistant aphids (*Myzus persicae*, *Aphis fabae* and *Therioaphis maculata*; Homoptera, Aphididae). *Acta ent. bohemoslov.* 71 : 367-381.
- HRDÝ, I. (1975): Insecticide resistance in aphids. *Proc. 8th British Insecticide and Fungicide Conf.*, 1975 : 737-749.
- HRDÝ, I. (1979): Integrierter Pflanzenschutz im Hopfenbau. *Proc. Int. Symp. IOBC/WPRS Integrated Control in Agriculture and Forestry*, Wien, 1979 : 267-280.
- HRDÝ, I. (1980): Insecticides in the integrated plant protection (in Czech). *Agrochémia* 20 : 205-214.

- HŮRKOVÁ, J. & MATOLÍN, S. (1975): Effect of two cyclopropane miticides on *Tetranychus urticae* (Acari, Tetranychidae). Acta ent. bohemoslov. 72 : 209-214.
- KŘÍŽ, J. (1962): Bionomics and ecology of the hop aphid (*Phorodon humuli* Schr.) (PhD-Thesis, in Czech). VŮCH Žatec.
- SAWICKI, R.M. (1974): Interaction between different factors or mechanism of resistance to insecticides in insects. Pesticides, IUPAC 3 rd Int. Congr. Pesticide Chemistry, Helsinki, Suppl. Vol. 3 : 429-436.
- SAWICKI, R.M., DEVONSHIRE, A.L., PAYNE, R.W. & PETZING, S.M. (1980): Stability of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Pestic. Sci., 11 : 33-42.

ZUSAMMENFASSUNG. Die für die Geschwindigkeit der Resistenzentwicklung in Freilandpopulationen bedeutenden Faktoren können in genetische, biotische und operative kategorisiert werden. Das Entstehen neuer Schädlingstypen ist Ausdruck der Integrierung der durch Selektion gewonnenen Anpassungsbereitschaft des Genoms zur Resistenz und für die veränderten Bedingungen der Agroökosysteme. Es werden die genetischen, und biotischen Eigenschaften von Phorodon humuli und Tetranychus urticae vom Blickpunkt der Resistenzselektion dargelegt und Möglichkeiten entsprechender Massnahmen zur Verzögerung derselben diskutiert.

POPULATION DYNAMICS OF APHID AND MITE PREDATORS IN
HOPS: BOHEMIAN HOP-GROWING AREA

J. Zelený, I. Hrdý and P.K. Kalushkov

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT. Population dynamics of the major predators and parasitoids of the hop aphid, Phorodon humuli (Schr.), and the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae Koch, has been observed in commercial hop yards and on insecticide-free plots since 1967. The main predators include: from the order Coleoptera the ladybirds (Coccinellidae) - Coccinella septempunctata L., Propylaea quatuordecimpunctata (L.), Adalia bipunctata L., and the soldier beetles (Cantharidae); from the order Diptera the syrphid flies (Syrphidae), the aphid midges (Cecidomyiidae), Chamaemyiidae, from Planipennia the green lacewings (Chrysopidae); from Heteroptera the minute pirate bugs (Anthoridae). By far less important are the parasitoids of the order Hymenoptera, the aphids (Aphidiidae). The most frequent predator of the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae Koch, is Stethorus punctillum (Weise) whose population dynamics is also shown. Examples are given of other predators of aphids and mites with evaluation of their supposed importance. The occurrence of predators depends to a different extent from the population density of the host pest. The population density of predators in hop yards was found to increase only if the population density of aphids exceeded the rate of 50 specimens per one hop leaf.

INTRODUCTION

Hop growing today cannot do without protection against pests, nor will it ever be able to do without it in future. However, new ways have to be sought leading to severe limitation of insecticides and other pesticides used, and to their

replacement with other agents, less objectionable hygienically and less damaging to the ecological stability in hop growths as well in agrocoenoses, or agroecosystems in general. The hop aphid, Phorodon humuli (Schr.) is one of the most important pests on hops in Europe including Czechoslovakia. In particular years the two-spotted spider mite, Tetranychus urticae Koch, may also assume importance. The control of the hop aphid at the present time requires chemical treatment twice, or even several times during the vegetation period (Hrdý & Kříž, 1976; Hrdý, 1979). This entails strong negative influence on the species diversity of insects in hops and disturbs the population structure of pest bioregulators. However, the population structure of predators and parasitoids as well as their ecology and the role of factors influencing their population dynamics are poorly known so far. The study of these problems, therefore, has to go hand in hand with the investigation of novel, selective insecticides. Methods of hop protection have to be sought which would make effective use of, or strengthen, the role of predators and parasitoids.

The aphidophagous fauna in hops is not altogether specific. It only has some specific characters without differing too much from other agrocoenoses in the whole western Palearctic subregion. Several beneficial insect species in hops have been mentioned e.g. by Blatný & Oswald (1950). Seasonal variations in the relative representation of some groups of predators have been worked out by Zelený (1978). The ladybird, Adalia bipunctata L., an important predator of the hop aphid, living in various biotopes including the hop, has been studied in detail by Pruszyński & Lipa (1970) in Poland. Much attention has been paid to bioregulators of the hop aphid in England where Buxton & Madge (1976) have been concerned with the European earwing, Forficula auricularis L., Campbell (1977) with the bugs Anthocoris nemorum (L.) and A. nemoralis (F.), and Copland (1979) with parasitoids. The first IOBC meeting on integrated hop protection also paid attention to these problems (Hrdý, 1976).

MATERIAL AND METHODS

The occurrence of predators and parasitoids of the hop

aphid has been investigated in the Czech hop region (Steknik near Žatec) since 1967 in the framework of population-density studies. The leaf method was employed on a comparative basis on both untreated and insecticide-treated plots (organophosphates, carbamates, pyrethroids, and juvenoids). Bioregulators and their developmental stages were observed on samples of collected leaves, as well as by direct processing of whole hop plants, using sweeping method, or catching on yellow sticky plates, 20 x 20 cm in size.

RESULTS

Similar to the pest fauna of the surface parts of hop plants, the predator and parasitoid fauna of the given pest re-establishes itself every year. The most abundant and most important predators of aphids were found to include the following species. From the order Coleoptera the ladybirds (Coccinellidae): Coccinella septempunctata L., Propylaea quatuordecimpunctata (L.), Adalia bipunctata L., A. decempunctata L.,

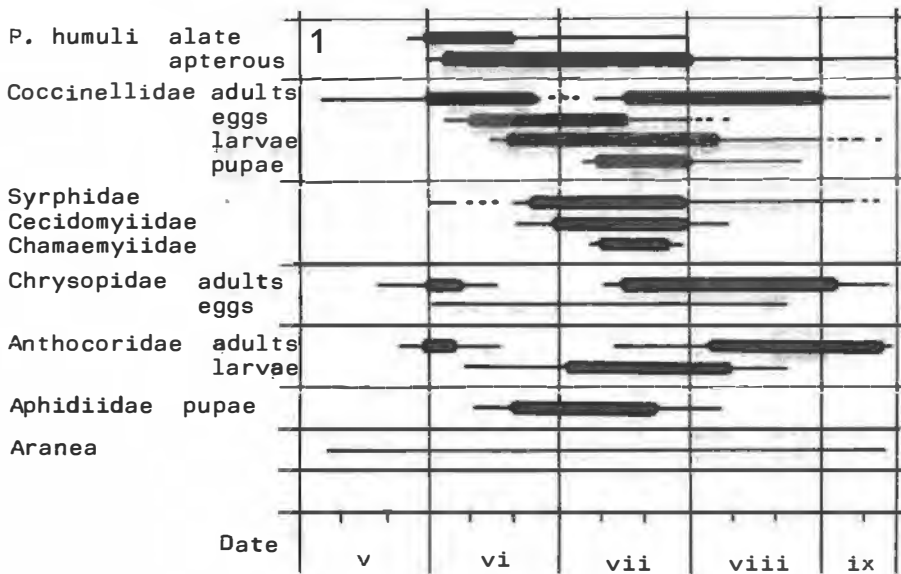


Fig. 1. Occurrence of the major predator and parasitoid groups on the hop related to P. humuli

Synharmonia conglobata (L.), Scymnus ferrugatus (Mell.); Cantharidae: Cantharis fusca L., Rhagonycha sp.; from Planipennia - Chrysopidae: Chrysopa carnea Steph., Ch. perla (L.); from Hemerobiidae: Hemerobius humulinus L., H. lutescens Steph., Wesmaelius subnebulosus (Steph.); from the order Diptera the syrphid flies (Syrphidae): Episyrphus balteatus (Degeer), Metasyrphus corollae (F.), Syrphus ribesii (L.), S. vitripennis Meigen, Spaerophoria spp., Sceva pyrastris (L.); Cecidomyiidae: Aphidoletes aphidimyza (Rondani); Chamaenyidae: Leucopis sp.; from the order Heteroptera - Anthocoridae: Orius minutus (L.), O. niger (Wolff), Anthocoris nemorum (L.), A. nemoralis (F.); from the order Dermaptera - Forficulidae: Forficula auricularia L., and Aranea spp. Out of four species

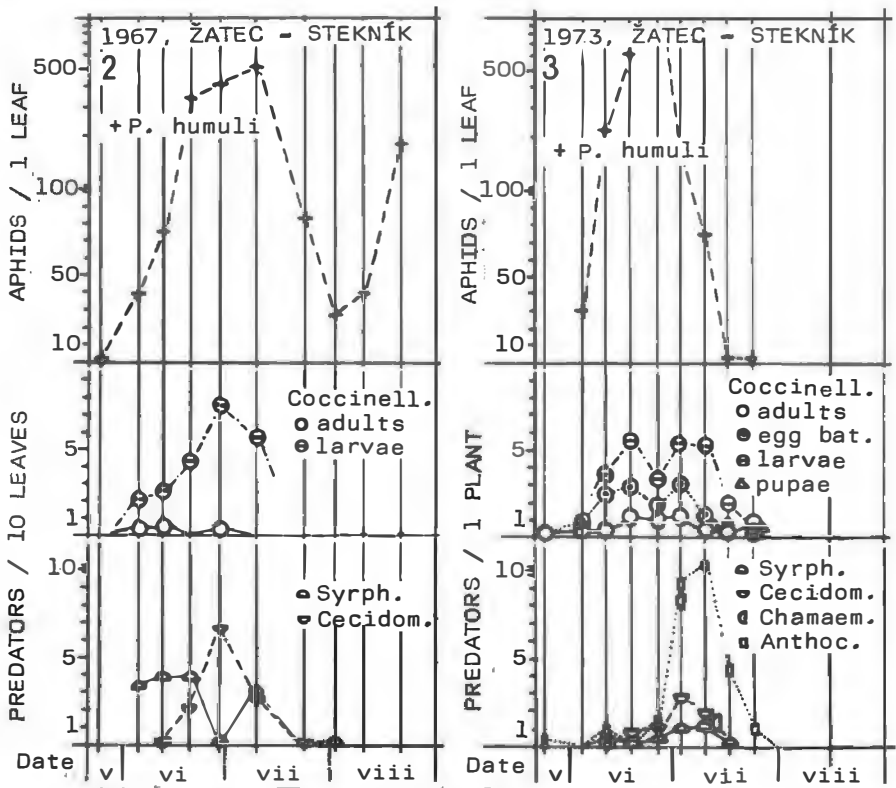


Fig. 2. Population dynamics of *P. humuli* and its predators, Steknik near Žatec, 1967

Fig. 3. Population dynamics of *P. humuli* and its predators Steknik near Žatec, 1973

of parasitoids the most abundant was Trioxis humuli Mackauer from the order Hymenoptera - Aphidiidae. Among predators of spider mites the most abundant were species from the order Coleoptera - Coccinellidae: Scymnus spp., and Stethorus punctillum Weise; from Staphilinidae: Oligota flavicornis Boisd. Several order species within the above groups occurred less regularly and in low density only.

Aphids are preceded on the hop by imagos of the ladybirds C. septempunctata, P. quatuordecimpunctata and A. bipunctata, as well as by the green lacewing Ch. carnea (Fig. 1). Other species invade the hop yards after the hop aphid, especially the various species of syrphid flies (Syrphidae). No predator, however, deposits eggs in the absence of aphids. Following the invasion of alate aphids on the hop during late May and early June the individual predator species appear gradually from mid-June on as a rule. Up to this time their occurrence re-

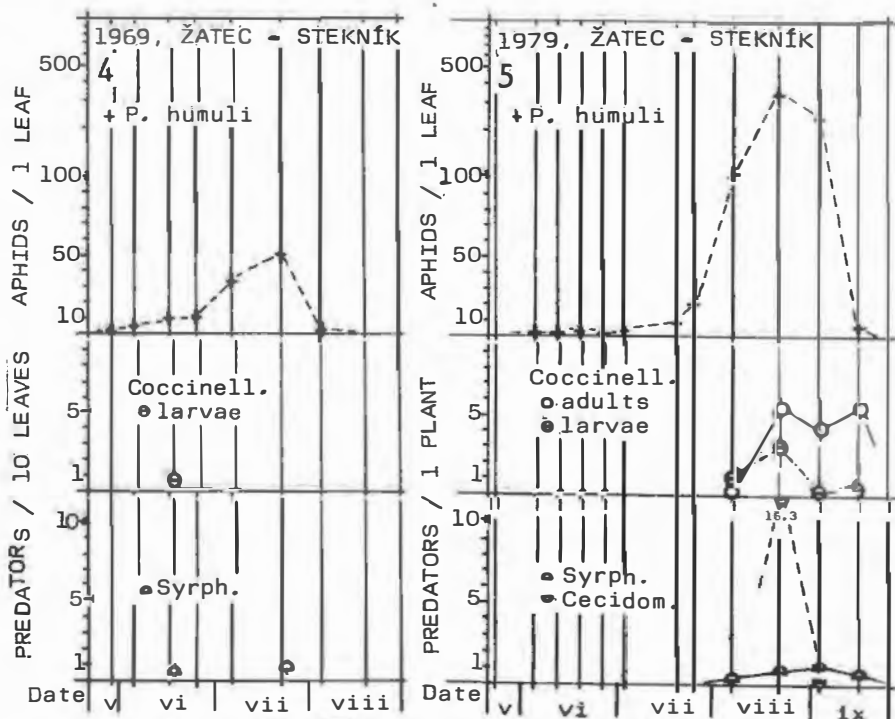


Fig. 4. Population dynamics of P. humuli in 1969 characterised by low population density, Stekník near Žatec

Fig. 5. Population dynamics of P. humuli in 1979, Stekník near Žatec.

Table 1. Migration of predators (according to catches on yellow sticky plates - averages per one plate) related to the population density of *P. humuli* (number of aphids per one leaf) in a commercial hop garden, Steknik near Žatec, 1977. Insecticide methomyls sprayed on August 22, 1800 g a.i./ha.

Month	Date	<i>P. humuli</i>	<u>Coccinellidae</u>	<u>C. septempunctata</u>	<u>P. quatuordecimpunctata</u>	<u>A. bipunctata</u>	<u>Scymnus spp.</u>	<u>Cantharidae</u>	<u>Syrphidae</u>	<u>Chrysopidae</u>
June	1	1.9	1.5				0.2	1.0		0.2
	8	4.2	1.0					1.3		0.2
	14	52.2	12.7	2.2	4.0	0.5	2.8	0.2		0.3
	22	87.1	5.8	3.8	2.7	5.0	1.8	0.2		0.3
	30	208.8	5.5	14.5	0.3	4.8	1.7			0.8
July	6	348.1	3.3	3.5			5.2	1.3	0.3	
	13	226.2		0.5	0.2	0.2			7.3	0.3
	20	417.1	0.2	0.2			0.2		4.2	0.2
	27	0.8	0.5	0.2			0.7		10.8	0.2
Aug.	3	0.4	0.2	0.2					1.3	0.5
	17	4.2		0.3			1.0		0.3	0.2
Sept.	7	1.0								

mains sporadic and limited to incidental migrations during search for feed. The increase in population density of hop-aphid virginogenies is followed by an increase in the population density of their predators (Figs 2 and 3). It is only at a population density exceeding the ratio of 50 aphids per leaf that permanent colonization of plants by predators and reproduction, i.e. egg laying and development of larvae, take place. As long as the population density of aphids is insufficient, the predators occur only sporadically, e.g. individual ladybirds and their larvae, or larvae of syrphids (Fig. 4). The close relationship between population density of aphids and the development of predator populations is clearly shown in Fig. 5. In 1979, the increase in hop-aphid population density was delayed, and so was equally the population density of the predators. The relationship between

Table 2. Population dynamics of *I. urticae* and its predator *St. punctillum* (larvae, pupae and imagos) on 3 experimental plots (hop seedlings) at Steknik near Zatec, 1976.

Month	Date	<i>I. urticae</i> ^{/1}			<i>St. punctillum</i> ^{/2}		
		Insecticide free control	decamethrin 0.00125 % a.i., 3 application	dimefox 0.05 % a.i. 10 ml/plant	Insecticide free control	decamethrin 0.00125 % a.i., 3 applications	dimefox 0.05 % a.i. 10 ml/plant
June	3	1	1	1			
	9	8	8	11			
	16	46	55	54			
	23	17	50	23			
July	1	12	17	54			
	7	18	134	12			
	14	93	337	29			
	21	151	358	349	0.3		
	28	45	442	367	0.3		1.3
Aug.	4	164	461	401	5.0	1.2	27.5
	11	265	570	511	2.9		60.6
	18	343	557	617	1.6	1.0	41.3
	25	380	457	490	8.9	1.6	27.2
Sept.	1	398	385	564	11.8	2.9	13.9

^{/1} Average numbers per one leaf; ^{/2} Average numbers per one plant

predator invasion on the hop, and population density of the hop aphid was clearly reflected in the catches on yellow sticky plates (Tab. 1). Here, the succession on predators is distinctly depicted: the ladybird *C. septempunctata* appears as first, with *P. quatuordecimpunctata* and, finally, *A. bipunctata* following. That is the normal course of events.

The individual predator groups do not occur on the hop throughout the whole vegetation period, but rather appear by turns, or complement one another (Figs 2, 3, 5; Tab. 1). Occasionally, for shorter periods, the larvae of predacious

Diptera may supersede the ladybirds in population density (Figs 3, 5). This is the case mainly of syrphid flies (Syrphidae) and gall midges (Cecidomyiidae). The green lacewings (Chrysopidae) are distinguished for their regular occurrence while their population density hardly ever shown any substantial increase.

On the hop, one generation only, namely the second one, develops as a rule, while the first one had already completed its development on another biotope and on another aphid species. No predator is specific for the hop aphid. Invariably, species are involved which occur in field agrocoenoses, or on trees and bushes in gardens, parks, and on the fringes of forests.

The parasitoid T. humuli is the only one specific bioregulator of the hop aphid. It occurs regularly throughout the year and presumably produces two generations. All the time, however, its population density is very low.

Along with a more abundant reproduction of the two-spotted spider mite the population density of its major predator, Stethorus punctillum, also increases. During the entire period of our observations, carried on since 1967, a massive gradation of this species only occurred one, in 1976. Its population density was relatively high, particularly on plants treated against P. humuli by soil drench with dimefox (Tab.2), whereas on the plot treated with decamethrin the occurrence of S. punctillum was very low.

REFERENCES

- BLATTNÝ, C. & OSVALD, V. (1950): Jen zdravý a jakostní chmel. (Only healthy and qualitative hops). 368 pp., Brázda, Praha.
- BUXTON, J.H. & MADGE, D.S. (1976): The evaluation of the European earwing (*Forficula auricularia*) as a predator of the damson-hop aphid (*Phorodon humuli*). I. Feeding experiment. Ent. Exp. Appl. 19 : 109-114.
- CAMPBELL, C.A.M. (1977): A laboratory evaluation of *Anthocoris nemorum* and *A. nemoralis* (Hem.: Anthocoridae) as predators of *Phorodon humuli* (Hom.: Aphididae). Entomophaga 22 : 309-314.
- COPLAND, M.J.W. (1979): Hymenoptera in hop gardens, with par-

ticular reference to parasitoids associated with the damson-hop aphid *Phorodon humuli*. Ent. Exp. Appl. 25 : 146-152.

HRDÝ, I. (1976): 2.10 Integrated control of pests and diseases in hops (Linz, Austria, 16-18 July 1975).

SROP/WPRS Bull. 2 : 66-81.

HRDÝ, I. (1979): Integrierter Pflanzenschutz im Hopfenbau. Proc. Int. Symp. IOBC/WPRS Integrated Control in Agriculture and Forestry, Wien 1979 : 267-280.

HRDÝ, I. & KŘÍŽ, J. (1976): Problémy boje se škůdci chmele (Problems of hop pests control). Agrochémia 16 : 37-42.

PRUSZYNSKI, S. & LIPA, J.J. (1970): Obserwacje nad cyklem rozwojowym i specjalizacja pokarmowa biedronki dwukropki - *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) (Observations on life cycle and food specialization of *Adalia bipunctata*). Prace Nauk. IOR Poznan 12 : 99-116.

ZELENÝ, J. (1978): Changes in the distribution of aphidophagous insects of the hop aphid, *Phorodon humuli* (Schr.). Ann. Zool. Écol. Anim. 10 : 377-380.

ZUSAMMENFASSUNG. Seit 1967 wird die Populationsdynamik der hauptsächlichlichen Predatoren und Parasitoiden der Hopfenblattlaus, *Phorodon humuli* (Schr.) und der Spinnmilbe, *Tetranychus urticae* Koch, in Produktionsgärten und auf insektizidfreien Flächen untersucht. Zu den wichtigsten Predatoren aus der Ordnung Coleoptera zählen die Marienkäfer (Coccinellidae) - *Coccinella septempunctata* L., *Propylaea quatuordecimpunctata* (L.), *Adalia bipunctata* L., ferner die Weichkäfer (Cantharidae); aus der Ordnung Diptera die Schwebfliegen (Syrphidae), die Gallmücken (Cecidomyiidae) und Chamaemyiidae; aus der Ordnung Planipennia die Florfliegen (Chrysopidae) und aus der Ordnung Heteroptera die Raubwanzen (Anthoçoridae). Wesentlich weniger bedeutend sind Parasitoide aus der Ordnung Hymenoptera - die Braconiden (Aphidiidae). Der häufigste Predator der Spinnmilbe ist der Marienkäfer Stethorus punctillum (Weise), dessen Populationsdynamik dargestellt wird. Es werden weitere Beispiele Blattläus- und Spinnmilbenpredatoren angeführt und ihre potentielle Bedeutung eingeschätzt. Das Vorkommen der einzelnen Predatorenarten hängt

in verschiedenem Masse von der Populationsdichte der Wirtschaftlinge ab. Eine erhöhte Populationsdichte von Predatoren in Hopfengärten wurde erst bei einer Populationsdichte von über 50 Blattläusen je 1 Hopfenblatt ermittelt.

TOXICITY OF FIVE INSECTICIDES TO RESISTANT HOP APHID
PHORODON HUMULI, AND ITS COCCINELLID PREDATORS

P.K. Kalushkov and J. Zelený

Department of Insect Toxicology, Institute of Entomology,
Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia

ABSTRACT. A laboratory bioassay study of the contact effect of 5 insecticides (pirimicarb, thiometon, methomyl, permethrin, decamethrin) on resistant populations of the hop aphid, Phorodon humuli Schr., and the ladybirds Propylaea quatuordecimpunctata L., Adalia bipunctata L., Coccinella septempunctata L., and C. quiquepunctata L., is described. In tolerable concentrations thiometon and pirimicarb were insufficiently effective on the hop aphid, P. humuli. In concentrations effective on the aphid, thiometon was mildly harmful also to ladybird imagos and pirimicarb had no harmful action on ladybird eggs, larvae, and imagos. Methomyl was highly effective on the hop aphid, but it was also highly harmful to ladybirds. Both permethrin and decamethrin gave a good control of aphids and the larvae of ladybirds exhibited about the same susceptibility as did the aphids, while the ladybird imagos were less susceptible. With a view to this effect, pyrethroids should be applied prior to, or immediately after, the migration of ladybirds into hop gardens, i.e. before egg laying has started.

INTRODUCTION

Similar to other crops, the protection of hop cannot go on unlimited the way of preventive treatment only. In hop treated against pests, diseases and weeds the biotic strength of the environment has been weakened and the ecological balance disturbed. Thus, much more room has been opened for gradations of the adapted insecticide-resistant pest populations. The critical issue in today's hop protection is the control

of resistant populations of the hop aphid, Phorodon humuli. The participants in the first OILB workshop adopted the standpoint that efforts should be oriented towards devising integrated methods of pests and diseases control (Hrdý & Kříž, 1976). Theoretically, integrated control of the hop aphid is possible because (1) the hop is a perennial crop, and (2) up to 1956 predators were the major regulating agent of the hop aphid in hop yards in Czechoslovakia (Kříž, 1962). The decimation of the majority of predators accompanying the introduction of organophosphates into hop protection brought about an abrupt reduction in the biotic strength of the environment. Kříž et al. (1978) reported from treated hop gardens in Bohemia a permanent decrease in the number of ladybirds, the major predators of the hop aphid in Czechoslovakia. Therefore, in devising programmes of integrated control of the hop aphid the impact of pesticides on non-target organisms, particularly predators and parasitoids, should be taken into account. There are two review papers available (Ripper, 1956; Croft & Brown, 1975) and several dozens of individual articles including data on the impact of different insecticide on ladybirds. For the present, no laboratory data are available which would compare the degree of susceptibility to various insecticides in both resistant aphid populations and ladybirds.

MATERIAL AND METHODS

The experiments were conducted on adult wingless females (virginogenies) of Phorodon humuli Schrank. The laboratory aphid strain was derived from a sample taken from the field (Žatec - Stekník) and transferred into laboratory rearings. (In the hop aphid in Czechoslovakia resistance, or vigour tolerance to 42 from 55 insecticides tested was found - Kříž et al., 1978. More details on the resistance spectrum of the Stekník population are included in the report by Hrdý & Kříž at the present symposium. The aphids were reared on seedlings of the hop (Humulus lupulus L.) in plexite cylinders at 22°C during the day (16 hours fluorescent illumination) and at 19 - 20°C during night-time (8 hours). The relative humidity in the cylinders was not checked. The aphid stocks

were kept continuously from June 1979 on. The ladybirds Propylaea quatuordecimpunctata L., Coccinella quinquepunctata L., Coccinella septempunctata L. were also collected from hop gardens in Stekník and reared in the laboratory on aphids A. fabae and A. craccivora. The imagos of Adalia bipunctata L., were collected from lime-trees (Tilia sp.) in Prague and reared in the laboratory on aphids P. humuli and Myzus cerasi.

For the experiments the following insecticides were used: Pirimor^R 50DP (50 % pirimicarb), Ekatin^R 25EC (25 % thiometon), Lannate^R 90WP (90 % methomyl), Ambush^R 25EC (25 % permethrin) and Decis^R 2.5EC (2.5 % decamethrin). The insecticides were applied onto the aphids by a standard leave-spraying method employed in the Department of Toxicology of the Institute of Entomology of the Czechoslovak Academy of Sciences (Anonymus, 1979; report by Hrdý & Kuldová at the present symposium). One ml of insecticide emulsion was applied. The sedimentation took 5 minutes. At each concentration 90 - 140 aphids were used in 3 replicates. The same equipment served for direct spraying of ladybirds. A Petri dish, 9 cm in diameter, holding the insects to be tested was placed on the bottom of the sedimentation tower. The dishes were coated with Fluon on the inside. In experiments with imagos the dishes were covered with wire mesh to prevent the insects from escaping. 10 - 15 experimental individuals were placed in each dish. Invariably at least three replicates were used. The substrate (filter paper) with the eggs laid was placed on the bottom of the sedimentation tower and treated one day after egg deposition. Mortality counts followed after 48 hours for aphid, after 3 days for ladybird imagos and larvae, and one day after the hatching of larvae for eggs. The experiments were evaluated by probit analysis by Finney after correction for mortality according to Abbott. The probit analysis was carried out on a Hewlett Packard 9810A calculator using a programme with both a graphical and a numerical output (programme used in the Department of Toxicology).

RESULTS AND DISCUSSION

Pirimicarb (Tab. 1, Fig. 1) had no contact effect on resistant hop aphid populations (P. humuli) when applied in the

Table 1. Responseto pirimicarb of resistant hop aphid, P. humuli, and its coccinellid predators

Species	LC50	95 % probability limits	LC90	b ⁺
<u>Phorodon humuli</u>				
R population	0.3796	0.0923 - 3.1580	1.5173	2.130
<u>Propylaea quatuordecimpunctata</u>				
eggs	1.0444	0.8924 - 1.3900	2.3091	3.721
larvae II	0.5901	0.5237 - 0.6650	1.0913	4.801
larvae IV	0.5093	0.4323 - 0.6035	1.3692	2.985
imagos	3.3035	++	10.4369	2.566
<u>Adalia bipunctata</u>				
imagos >1		-	-	-
<u>Coccinella septempunctata</u>				
imagos	4.6659	++	7.5873	6.071
<u>Coccinella quinquepunctata</u>				
imagos >1		-	-	-

+ Slope of regression line, ++ Probability limits not established.

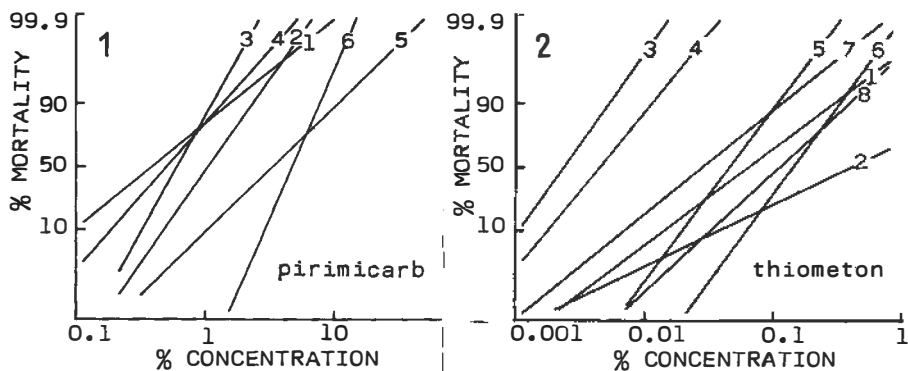


Fig. 1. Log dosage-probit-mortality curves of pirimicarb to: P. humuli R population - 1; P. quatuordecimpunctata: eggs - 2, larvae II - 3, larvae IV - 4, imagos - 5; C. septempunctata imagos - 6.

Fig. 2. Log dosage-probit-mortality curves of thiometon to: P. humuli R population - 1; P. quatuordecimpunctata: eggs - 2, larvae II - 3, larvae IV - 4, imagos - 5; C. septempunctata imagos - 6; A. bipunctata imagos - 7; C. quinquepunctata imagos - 8.

recommended concentration. The LC50 value established for this aphid in the laboratory was 10 times higher than the recommended concentration (0.025 - 0.037 % spraying to pro-

Table 2. Response to thiometon of resistant hop aphid, P. humuli, and its coccinellid predators

Species	LC50	95 % probability limits	LC90	b ⁺
<u>Phorodon humuli</u>				
R population	0.0625	0.0533 - 0.0732	0.2781	1.975
<u>Propylaea quatuordecimpunctata</u>				
eggs	0.3698	0.2523 - 0.5421	3.6990	1.282
larvae II	0.0023	0.0021 - 0.0027	0.0052	3.699
larvae IV	0.0043	0.0038 - 0.0049	0.0108	3.209
imagos	0.0450	0.0399 - 0.0508	0.1042	3.513
<u>Adalia bipunctata</u>				
imagos	0.0279	++	0.1117	2.126
<u>Coccinella septempunctata</u>				
imagos	0.1345	0.1238 - 0.1461	0.3066	3.582
<u>Coccinella quinquepunctata</u>				
imagos	0.1122	0.0941 - 0.1338	0.3796	2.422

+ Slope of regression line, ++ Probability limits not established.

tect plants against aphids)^{/1} Pirimicarb showed strong selective action on ladybirds (Coccinellidae). Spraying with 0.1 % concentration had no influence on eggs and larvae of P. quatuordecimpunctata; spraying concentrations as high as 1.0 % had no influence on imagos of C. septempunctata, A. bipunctata (under this concentration 43 % of C. quinquepunctata imagos died). Pirimicarb showed rapid action in concentrations effective on ladybird imagos (2 % - 6 %). All imagos showed signs of intoxication (uncoordinated movements) immediately after treatment, but the surviving individuals were normal after 24 hours and the percentage of mortality did not rise in the following two days. In larvae the percentage of mortality increased gradually from the first to the third day after treatment.

Thiometon (Tab. 2, Fig. 2) if applied to a P. humuli population in the recommended concentration (up to 0.02 % for spraying) showed insufficient effectiveness. LC50 for P. humuli was 0.07 %. Thiometon in low concentrations acted on ladybird larvae. Intoxication of larvae became manifest shortly after spraying. Mortality occurred after one day and lasted for another two days. In higher concentrations thio-

^{/1} Recommended doses according to producer's data - see Obenberger & Trojan (1976).

Table 3. Response to methomyl of resistant hop aphid, P. humuli and its coccinellid predators

Species	LC50	95 % probability limits	LC90	b*
<u>Phorodon humuli</u>				
R population	0.0134	++	0.0347	3.095
<u>Propylaea quatuordecimpunctata</u>				
eggs	0.0116	0.0107 -	0.0242	4.016
larvae II	0.0044	0.0033 -	0.0095	3.818
larvae IV	0.0051	0.0045 -	0.0130	3.105
imagos	0.0469	0.0307 -	0.0982	3.997
<u>Adalia bipunctata</u>				
imagos	0.0355	0.0308 -	0.1072	2.671
<u>Coccinella septempunctata</u>				
imagos	0.0472	0.0414 -	0.1280	2.959
<u>Coccinella quinquepunctata</u>				
imagos	0.0573	0.0509 -	0.1019	5.131

+ Slope of regression line, ++ Probability limits not established.

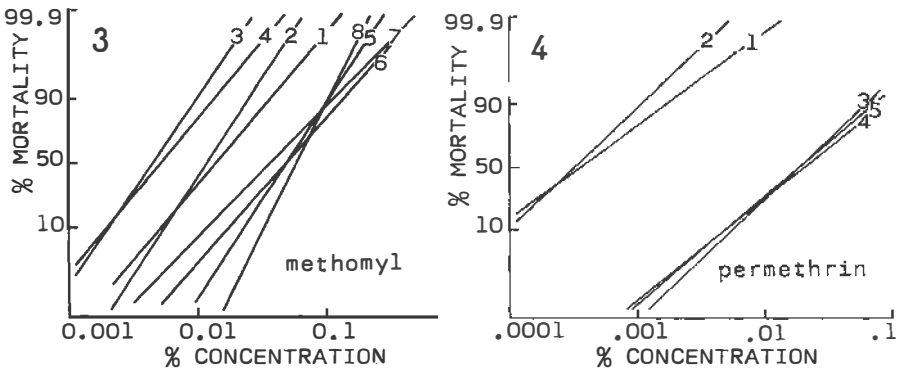


Fig. 3. Log dosage-probit-mortality curves of methomyl to: P. humuli R population - 1; P. quatuordecimpunctata: eggs - 2, larvae II - 3, larvae IV - 4, imagos - 5; C. septempunctata imagos - 6; A. bipunctata imagos - 7; C. quinquepunctata imagos - 8.

Fig. 4. Log dosage-probit-mortality curves of permethrin to: P. humuli R population - 1; P. quatuordecimpunctata: larvae IV - 2, imagos - 3; A. bipunctata imagos - 4; C. quinquepunctata imagos - 5.

meton showed ovicidal effect (LC50 = 0.4 %) but hatching larvae were killed after application of a 0.05 % solution due to the residual effect. Concentrations recommended for aphid control showed middle toxicity to imagos of P. quatuordecimpunctata and A. bipunctata, and low toxicity to imagos

of C.quinquepunctata and C.septempunctata. Thiometon exhibited slower action on the imagos. Signs of intoxication (accelerated uncoordinated movements) started within 24 hours after application and death occurred within 30 - 48 hours.

Methomyl (Tab. 3, Fig. 3) was powerfully effective both on aphids and ladybirds. Compared to aphids the ladybird larvae and eggs were more susceptible while the imagos were a little more resistant. Only an insignificant number of ladybird imagos has the chance to survive the recommended concentrations of 0.1 %. Methomyl had a very rapid toxic effect. Ladybird imagos died 100 % or showed irreversible signs of intoxication (laying on the back, faint movements of extremities, discharge of a yellow fluid from the mouth orifice) within one hour after spraying. In approx. 50 % of treated larvae development was delayed for several days compared with the control and most of these larvae died finally.

Permethrin and decamethrin were effective on aphids in very low concentrations (Tab. 4 and 5, Fig. 4 and 5). Ladybird larvae exhibited about the same susceptibility to these compounds as aphids, while the imagos were highly resistant. With permethrin, LC50 for ladybird imagos was 10 times higher than LC90 for aphid while with decamethrin it was only 5 times higher. Both pyrethroids caused a quick knock-down, but

Table 4. Response to permethrin of resistant hop aphid, P. humuli and its coccinellid predators

Species	LC50	95 % probability	LC90	b ⁺
<u>Phorodon humuli</u>				
R population	0.00036	0.00011 - 0.00107	0.00170	1.903
<u>Propylaea quatuordecimpunctata</u>				
larvae IV	0.00033	0.00027 - 0.00040	0.00108	2.469
imagos	0.01979	0.01726 - 0.02270	0.06678	2.427
<u>Adalia bipunctata</u>				
imagos	0.01851	0.01456 - 0.02458	0.07000	2.219
<u>Coccinella quinquepunctata</u>				
imagos	0.02024	0.01628 - 0.02516	0.08192	2.111

+ Slope of regression line.

death only occurred after 3 - 5 days after treatment. Application of decamethrin to larvae did not engender any regular increase of mortality.

Table 5. Response to decamethrin of resistant hop aphid, P. humuli and its coccinellid predators

Species	LC50	95 % probability limits	LC90	b ⁺
<u>Phorodon humuli</u>				
R population	0.00002	0.00002 - 0.00003	0.00009	2.229
<u>Propylaea quatuordecimpunctata</u>				
larvae IV	0.00001	++	0.00007	1.553
imagos	0.00039	0.00032 - 0.00046	0.00112	2.801
<u>Coccinella quinquepunctata</u>				
imagos	0.00056	0.00043 - 0.00074	0.00214	2.212

+ Slope of regression line, ++ Probability limits not established.

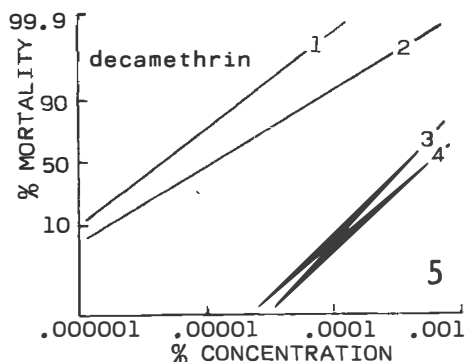


Fig. 5. Log dosage-probit-mortality curves of decamethrin to: P. humuli R population -1; P. quatuordecimpunctata: larvae IV - 2, imagos - 3; C. quinquepunctata imagos - 4.

SUMMARY

The investigation brought fresh evidence that pirimicarb has a very low effect on ladybirds. However, because of insufficient action on resistant hop aphids it seems unserviceable for hop gardens. Similarly with thiometon which, however, includes a much higher risk to ladybirds. Permethrin and decamethrin may be usefully applied against resistant populations of the hop aphid prior to the migration of ladybirds into hop gardens, or at a time when only the imagos of ladybirds are present and the number of eggs laid is still very small. It is necessary in field tests to find out the lowest concentrations which, on the one hand, would provide suffi-

cient effect on the aphid and, on the order, would remain harmless as far as possible to non-target animals. For the time being methomyl seems to have sufficient effect on resistant populations in the field, but, at the same time, to lack adequate selectivity. Recommendably, lower hectar doses should be tested in the field in order to establish concentrations sufficiently effective on aphids and, at the same time, more sparing to predators. Anyway, further search for a selective insecticide against the resistant hop aphid is necessary.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1979): Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. FAO Plant Prot. Bull. 27 : 29-32.
- CROFT, B.A. & BROWN, A.W.A. (1975): Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annu. Rev. Ent. 20 : 285-335.
- HRDÝ, I. & KŘÍŽ, J. (1976): Problémy boje se škůdci chmele (Problems of hop pests control). Agrochémia 16 : 37-42.
- KŘÍŽ, J. (1962): Bionomics and ecology of the hop aphid (*Phorodon humuli* Schr.) (PhD-Thesis, in Czech), VÚCH Žatec.
- KŘÍŽ, J., ZELENÝ, J. HRDÝ, I. & GESNER, M. (1978): Rezistence mšice chmelové a její důsledky pro ochranu chmele (Hop aphid resistance and its significance in plant protection). VIIth Czechoslov. Conf. Plant Prot., Nitra 1978 : 166-167.
- OBENBERGER, J. & TROJAN, V. (1976): Příručka chemické ochrany rostlin (Manual for chemical plant protection). 415 pp., SNTL, Praha.
- RIPPER, W.E. (1956): Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Annu. Rev. Ent. 1 : 403-438.

ZUSAMMENFASSUNG. In Laborversuchen wurde die Kontaktwirkung von 5 Insektiziden (Pirimicarb, Thiometon, Methomyl, Permethrin und Decamethrin) auf resistente Populationen der Hopfenblattlaus, Phorodon humuli (Schr.) und auf die Marienkäfer Propylaea quatuordecimpunctata (L.), Adalia bipunctata L., Coccinella septempunctata L. und C. quinquepunctata L. geprüft. Thiometon und Pirimicarb zeigten bei Applikation der

tolerierbaren Konzentrationen ungenügende Wirkung auf die Blattlaus P. humuli. Thiometon übte bei Applikation der gegen die Blattlaus empfohlenen Konzentration nur eine milde toxische Wirkung auf Imagines der Marienkäfer aus und Pirimicarb blieb gegen Eier, Larven und Imagines der Marienkäfer ohne Wirkung. Methomyl wirkte stark auf die Hopfenblattlaus, in gleichem Masse jedoch auch auf Marienkäfer. Permethrin und Decamethrin zeichneten sich durch gute Wirkung auf die Hopfenblattlaus aus. Gegenüber diesen beiden Pyrethroiden waren die Larven der Marienkäfer ungefähr gleich empfindlich wie die Blattläuse, während die Marienkäfer-Imagines bedeutend weniger empfindlich waren. Mit Rücksicht auf ihre Wirksamkeit wird empfohlen, die Pyrethroide vor oder unmittelbar nach dem Anflug der Marienkäfer in Hopfengärten, stets jedoch vor Beginn deren Eiablage einzusetzen.

GEZIELTE BEKÄMPFUNG DER HOPFENPERONOSPORA (PSEUDOPERONOSPORA HUMULI) AUF GRUND VON BEFALLSPROGNOSEN

H. Th. Krehmeller

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,
Abschnitt Hopfen, Wolnzach/Hüll, Bundesrepublik Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG: In mehrjährigen Untersuchungen wurde die Abhängigkeit der Krankheitsentwicklung der Hopfenperonospora von meteorologischen und biologischen Faktoren bestimmt. Die Regressionsanalyse ergab, daß die Regenbenetzungszeit und der Zoosporangiengehalt der Luft den größten Einfluß auf den Befall haben. Diese im Freiland gewonnenen Ergebnisse ließen sich durch experimentelle Untersuchungen der Krankheitsentwicklung unter genau kontrollierten Bedingungen in Phytotronen bestätigen.

Es wurde eine biometeorologische Einflußgröße definiert, die aus dem Produkt von Zoosporangiengehalt der Luft und Regenbenetzungszeit besteht, und etwa 80% der Gesamtvariation der Befallshäufigkeit erklärt. Mit Hilfe dieser Einflußgröße wurde ein Modell zur Befallsprognose entwickelt.

Die Befallsprognose wird bei der Bestimmung von Bekämpfungsterminen derart eingesetzt, daß nur noch dann Spritzungen ausgebracht werden, wenn die Gefahr der Erkrankung des Hopfens gegeben ist. Diese Methode gezielter Spritzungen hat sich bereits 5 Jahre in Freilandversuchen bewährt, wobei die praxisüblichen Spritzungen um 50-80% reduziert wurden.

EINFÜHRUNG

Zur Bekämpfung der Sekundärinfektion des Hopfens mit Pseudoperonospora humuli wird derzeit in der Hallertau während der Vegetationsperiode des Hopfens in 7-14-tägigen Abständen gespritzt. Diese häufigen Spritzungen belasten die Umwelt und erhöhen die Gesteungskosten. Daher war es das Ziel der Untersuchungen die Epidemiologie der Hopfenperonospora quantitativ zu erfassen, so daß daraus eine Prognose des Befalls zur gezielten Krankheitsbekämpfung abgeleitet werden kann. Mit einer Befallsprognose ist es dann möglich Spritzungen auf die Anzahl zu reduzieren, welche zur Gesunderhaltung der Pflanzen unbedingt erforderlich ist.

MATERIAL UND METHODEN

In ungespritzten Hopfengärten der peronospora-anfälligen Sorte Hallertauer mfr. wurden in den Jahren 1973 bis 1976 relative Luftfeuchte, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, Regenmenge und -dauer, Benetzung der Blätter durch Regen und durch Tau kontinuierlich festgehalten. Mit Hilfe einer Burkard-Sporenfalle wurde stündlich der Gehalt der Luft an Zoosporangien von Pseudoperonospora humuli ermittelt. Die Anzahl der Bodentriebe mit Primärinfektion und die Anzahl von Blättern, Blüten und Dolden mit Sekundärinfektion wurden in 1- bzw. 2-tägigen Abständen festgestellt. Aus der Gesamtzahl der Blätter wurde die Anzahl der anfälligen errechnet. Korrelations- und Regressionsrechnungen wurden mit dem Programm BMDP 2R an dem IBM-Rechner 370/158 des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums durchgeführt.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Für eine Befallsprognose zum gezielten Einsatz von protektiven und systemischen Fungiziden müssen sowohl Zeitpunkt als auch Stärke der Infektion des Hopfens mit Pseudoperonospora humuli bestimmt werden. Hierfür ist eine genaue Kenntnis der biologischen und meteorologischen Faktoren, die zur Infektion führen, erforderlich. Daher wurde durch Korrelations- und Regressionsrechnungen überprüft, welche Zusammenhänge zwischen den biologischen und meteorologischen Variablen einerseits und dem Befall andererseits bestehen. Die Berechnungen ergaben, daß das Produkt aus Zoosporangiengehalt der Luft und Regenbenetzungszeit den größten Einfluß auf die Befallsänderungen hat. Mit dieser Variablen ließen sich etwa 80% der gesamten Variation in der Befallsänderung erklären.

Sowohl im Freiland als auch unter kontrollierten Bedingungen in Phytotronen hat sich der entscheidende Einfluß der Faktoren Regenbenetzungszeit und Zoosporangienanzahl auf den Befall klar herausgestellt. Daher basiert auch die Befallsprognose auf dem Produkt dieser beiden Faktoren.

Für die Befallsprognose wurden die Zoosporangienmengen in Klassen eingeteilt. Entsprechend der Zoosporangienanzahl erhalten die einzelnen Klassen die Werte 0, 1 und 2, wobei die Klasse mit den meisten Zoosporangien den Wert 2 erhält.

Ist nun das Produkt aus der Regenbenetzungszeit in Stunden und dem Wert der Zoosporangienklasse größer als Null, so ist mit einer Infektion zu rechnen, die umso schwerer ist je größer dieses Produkt ist.

Bei der Verwendung von systemischen Fungiziden wurde erst nach dem Regen gespritzt, wenn die entsprechende Zoosporangienmenge gegeben war. Wurde die Bekämpfung mit Kontaktmitteln durchgeführt, wurde bereits gespritzt, wenn die entsprechende Anzahl an Zoosporangien vorhanden war und die kurzfristige regionale Wettervorhersage Regen ankündigte. Diese gezielten Spritzungen auf Grund von Befallsprognosen wurden seit dem Jahre 1976 bis heute erfolgreich in den Hopfenanlagen durchgeführt. Es wurden dabei zwischen 50% und 80% der praxisüblichen Behandlungen zur Peronosporabekämpfung eingespart. Bei Anwendung der Prognose waren anstelle von 16 Spritzungen mit Kontaktfungiziden nicht mehr als 8, und bei Verwendung von systemischen Fungiziden nicht mehr als 4 Behandlungen erforderlich.

Derzeit wird die Frage untersucht, in welchen räumlichen Abständen Meßstationen für eine Befallsprognose für das ganze Anbaugbiet benötigt werden.

LITERATUR

KREMHELLER, H.Th. (1979): Untersuchungen zur Epidemiologie und Prognose des Falschen Mehltreues an Hopfen. Dissertation, Technische Universität, München.

ABSTRACT: The development of disease (Pseudoperonospora humuli) as a function of meteorological and biological factors was investigated from 1973 to 1976 in hop gardens of the Halbertau. Regression analysis showed, that the duration of rain wetness and the zoosporangia concentration in the air have the greatest influence upon infection. These field results could be confirmed by experimental investigations under

closely controlled conditions in phytotrones. A biometeorological parameter, i.e. the product of the zoosporangia concentration in the air and the duration of rain wetness, was defined, which explains about 80% of the total variation of the probability of disease. This parameter was then used to develop a model for the prognosis of disease. The prognosis is employed to determine the dates of control sprayings, so that sprayings are applied only when the hops are endangered by the disease.

This method of controlled sprayings has been successfully tested in the field from 1976 to 1980; the number of sprayings usually applied in practice could be reduced by 50-80% when this model was used.

GEZIELTE BEKÄMPFUNG DER HOPFENPERONOSPORA AUF GRUND
VON KURZFRISTIGEN PROGNOSEN

Z. Petrlík und Z. Štys

Hopfenforschungsinstitut, Žatec

ZUSAMMENFASSUNG: Die Methode der kurzfristigen Prognose der Hopfenperonospora (Peronoplasmopara humuli Miy. et Tak.) bedient sich der Berechnung des aus relativer Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge bzw. niederschlagsfreien Tagen ermittelten sog. Peronospora-Indexes zur Einschätzung des Krankheitsauftretens auf Hopfenblättern und -dolden. Die Gefahr einer Hopfenschädigung liegt vor, wenn der Index den Wert 500 und der Mittelwert des Blattbefalls die kritische Zahl (ein oder mehr Flecken pro Blatt) übersteigt, oder wenn die Dolden irgendwelchen Fleckenbefall aufweisen. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, dann ist es möglich, von einer der fünf planmässigen Spritzungen abzusehen. Testversuche in den Jahren 1976-1979 zeigten, dass die Anzahl der Schutzmassnahmen in Abhängigkeit vom Wetterverlauf von fünf auf eine bis vier Spritzungen verringert werden konnte. Die kleinere Anzahl der Spritzungen beeinflusste den Gesundheitszustand des Hopfens nicht. Die neue Methode weist einen realen Weg zum effektiveren und wirkungsvolleren Schutz des Hopfens gegen die Peronosporakrankheit.

EINFÜHRUNG

Die Bekämpfung der Peronospora (Peronoplasmopara humuli Miy. et Tak.), die bei uns auf fünf regelmässig wiederholten Spritzungen beruht, entspricht nicht mehr den Erfordernissen des modernen Pflanzenschutzes. Sie berücksichtigt ausschliesslich nur Wachstum und Entwicklung des Hopfens, ohne den Wetterverlauf in Betracht zu ziehen, der das nachfolgende Auftreten und die Schädigung des Parasiten bedingt. In den für die Peronospora günstigen Jahren entspricht die angeführte Anzahl der Spritzungen nicht der tatsächlichen Notwendigkeit, was auch der unerwünschten

Vermehrung des Pestizidlast in den Hopfengärten zugrunde liegt. Deshalb tritt im letzten Jahrzehnt immer mehr das Bemühen der Hopfenforschung um gezielte, prognosengestützte Peronosporabekämpfung in den Vordergrund.

Kriterien für die Signalisierung der Notwendigkeit einer Schutzbehandlung gegen die Peronospora wurden bei uns zum ersten Male von Elatný & Oswald (1950) formuliert. Die Abhängigkeit der Peronosporaverbreitung von meteorologischen Faktoren wurde von Zattler (1951), Kusnetzowa (1954), Acimović (1962) und weiteren untersucht. Mit der epidemiologischen Problematik und den sich daraus ergebenden Fragen der Peronospora-Prognose befassten sich bei uns Pejml & Petrlík (1967), Pejml, Petrlík & Štys (1978), in England Royle & Thomas (1972), in der BRD Kremheller (1978-1980) und in Jugoslawien Dolinar (1979).

MATERIAL UND METHODE

Unserem Studium der Prognose der Peronospora legten wir ein Modell des Peronosporawetters zugrunde (Pejml & Petrlík, 1962), aus dem hervorgeht, dass für das Auftreten und die Verbreitung der Krankheit die Lufttemperatur, Niederschläge und die relative Luftfeuchtigkeit von grösster Bedeutung sind. Aufgrund dieser Analyse leiteten wir eine Formel ab, die den Einfluss der Gesamtheit der meteorologischen Faktoren auf die Peronospora in einer einzigen Zahl (Index) zusammenfasst. Der Indexberechnung liegen die aus einer meteorologischen Station gewonnenen Tageswerte gemäss den nachfolgenden Formeln zugrunde:

- für Tage mit Niederschlag:

$$i = 100 + 10(t - 15) + 2(R - 60) + r$$

- für niederschlagsfreie Tage:

$$i = \frac{100 + 10(t - 15) + 2(R - 60)}{S}$$

i = Peronosporawetter-Index

t = mittlere Tagestemperatur der Luft in °C

R = mittlere relative Luftfeuchtigkeit in %

r = Tagessumme der Niederschläge, abgerundet auf ganze mm

S = Anzahl niederschlagsfreier Tage (Länge der Trockenperiode)

Die Indexwerte werden auf ganze Einheiten abgerundet und nach fünf Tagen addiert, so dass sie zu einem bestimmten Datum den Gesamtwetterwert für die verflossenen 5 Tage ergeben. Der Indexverlauf wird vom 15. Mai bis 17. August berechnet.

Die Berechnung des Peronospora-Indexes bildet die Grundlage der kurzfristigen Prognose der Peronospora. Ihr unteilbarer Bestandteil ist die biologische Auswertung. In 15tägigen Intervallen vom 1. Juni bis 15. August werden die Rebenblätter auf die Anzahl der Flecken mit virulenten Zoosporangien der Peronospora untersucht. Ein bzw. mehrere Flecken pro Blatt im Durchschnitt von 100 Blättern bilden die kritische Zahl. Im Zeitraum der Doldenbildung wird jedwedes Vorkommen der Peronospora in den Dolden als gefahranzeigend bewertet.

Bei der gezielten Bekämpfung beruht die Prognose auf genau festgelegten Terminen für 5 bis 6 Spritzungen. Auf Grund langjähriger Erfahrungen und Versuche legten wir für die Gebiete von Ústěk und Žatec die nachfolgenden Termine als die günstigsten für die Ausbringung der einzelnen Spritzungen fest:

1. Behandlung vom 6. Juni bis 15. Juni
2. Behandlung vom 21. Juni bis 30. Juni
3. Behandlung vom 6. Juli bis 15. Juli
4. Behandlung vom 21. Juli bis 30. Juli
5. Behandlung vom 6. August bis 15. August
6. Behandlung vom 20. August bis 25. August

Die Notwendigkeit der Bekämpfungsmassnahmen wird aufgrund der Ergebnisse der meteorologischen und biologischen Auswertungen im Zeitraum vor den einzelnen Spritzungen bestimmt. Für die erste Behandlung ist es der Zeitraum vom 20. Mai bis 3. Juni, für die zweite vom 4. Juni bis 18. Juni, für die dritte vom 19. Juni bis 3. Juli, für die vierte vom 4. Juli bis 18. Juli, für die fünfte vom 19. Juli bis 2. August und für die eventuelle sechste vom 3. August bis 17. August. Die ersten drei Behandlungen müssen

dann durchgeführt werden, wenn der Index in den angeführten 15tägigen Intervallen für mindestens 11 Tage grösser ist als 500, oder wenn die Anzahl der Flecken auf den Blättern die kritische Zahl übersteigt. Bei der 4. bis 6. Behandlung tritt noch jedes Peronosporavorkommen in den Blüten und Dolden hinzu. Sofern diese Bedingungen nicht gegeben sind, kann von einer Behandlung abgesehen werden. In Anbetracht der höheren Empfindlichkeit der Fruktifikationsorgane unseres Hopfens gegenüber einer Peronosporainfektion halten wir die planmässige fünfte Behandlung, ohne Rücksicht auf den Indexwert und das Krankheitsvorkommen, in jedem Jahr für notwendig. Bei der Organisation der Schutzmassnahmen wird für die einzelnen Termine nicht der Behandlungsbedarf angezeigt, sondern - wenn keine Schädigungsgefahr für den Hopfen vorliegt - im Gegenteil darauf hingewiesen, dass von der planmässigen Spritzung abgesehen werden kann.

RESULTATE

Die gezielte Peronosporabekämpfung haben wir gemäss der beschriebenen kurzfristigen Prognosemethode unter grosstechnischen Bedingungen auf dem Hopfenversuchsgut des Hopfenforschungsinstitutes in Stekník und im LPG Blšany bei Žatec in den Jahren 1976 bis 1979 überprüft. In den ersten drei Jahren stand auf jeder Lokalität eine Versuchsfläche von 10 ha zur Verfügung. Im Jahre 1979 wurde die Fläche in Stekník auf 30 ha und in Blšany auf 100 ha ausgeweitet. Zur Indexberechnung bedienten wir uns der in den meteorologischen Stationen beider Betriebe gewonnenen Messwerte. In der Tabelle führen wir die Anzahl der Tage an, deren Index im Zeitraum der Entscheidungsbildung über Schutzmassnahmen den Wert 500 überstieg, desgleichen wie auch das Peronosporaaufreten am Hopfen und die Anzahl der gemäss Prognose durchgeführten Behandlungen.

Im Jahre 1976 waren die Kriterien für das Auslassen einer Spritzung bei der ersten bis vierten Behandlung erfüllt. Im Zeitraum der 5. Spritzung signalisierten die Indexwerte die Notwendigkeit eines Eingriffes. In den beo-

Zielte, prognosengestützte Bekämpfung der Hopfenperonospora in Stekník und Blšany in den Jahren 1976-1979

Jahr	Standort	Anzahl der Tage mit Index > 500 im Signalisationszeitraum						Peronosporavorkommen		Anzahl der Behandlungen gemäss Prognose
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	auf Blättern	auf Dolden	
1976	Stekník	5	1	0	5	13	2	+	-	1
	Blšany	5	7	0	4	11	4	-	-	1
1977	Stekník	0	12	13	7	11	15	+	+	4
	Blšany	0	8	12	12	12	7	-	-	4
1978	Stekník	9	10	11	11	5	10	+	-	2
	Blšany	9	4	2	7	1	11	+	-	2
1979	Stekník	3	11	7	6	10	6	-	-	2
	Blšany	3	4	6	6	8	5	+	-	1

bachteten Hopfengärten trat die Peronospora an Blättern nur in Stekník auf, während die Dolden auf beiden Standorten gesund blieben. Die Wetterverhältnisse waren jedoch in diesem Jahr für die Verbreitung der Peronospora ausserordentlich günstig. Die Ergebnisse bestätigten, dass unter solchen Bedingungen eine gezielte Bekämpfung besonders günstig ist und beträchtliche Kosteneinsparungen mit sich bringt.

Das Jahr 1977 wich vom vorhergehenden ganz wesentlich ab. Besonders die zweite Hälfte der Hopfenvegetationszeit war durch übernormale Niederschlagsmengen und damit auch durch günstige Bedingungen für die Peronospora gekennzeichnet. Von den Spritzungen wurde nur die erste ausgelassen. Der Gesundheitszustand der geernteten Dolden war in Blšany sehr gut. In Stekník war er wegen verspäteter Doldenbehandlung verschlechtert. Dieses Jahr bestätigte die Bedeutung der Doldenbehandlung vor der Ernte.

Im Jahr 1978 herrschten in Stekník ab zweiter Hälfte Juni bis Ende Juli günstige Bedingungen für die Verbreitung der Peronospora, in Blšany dagegen nur im August, während der Doldenbildung und -abreifung. Dieser Situation entsprach auch die Anzahl der Bekämpfungsmassnahmen. In Stekník wurde nur die 4. und 5. Spritzung, in Blšany die 5. und 6. Spritzung ausgebracht. Der Gesundheitszustand der Dolden war auf beiden Standorten sehr gut.

Im Jahre 1979 herrschten in Stekník nur im Zeitraum der 2. Spritzung peronosporagünstige Verhältnisse. In Blšany genügte zur wirksamen Bekämpfung nur eine einzige Behandlung der Dolden vor der Ernte. Die wesentliche Minderung der Anzahl der Schutzmassnahmen hatte keinen negativen Einfluss auf die Höhe und Qualität der Hopfenernte.

SCHLUSSFOLGERUNG

Das Ziel der gemäss der beschriebenen kurzfristigen Prognose vorgenommenen Hopfenperonospora-Bekämpfung ist die Verringerung der Anzahl der Schutzeingriffe entsprechend dem Vorkommen der Krankheit und den Bedingungen ihrer Verbreitung. Die Erfahrungen zeigten, dass bei extrem parasi-

tenwidrigen Bedingungen anstelle der bislang laufend eingesetzten fünf Spritzungen nur ein einziger Eingriff, und bei extrem parasitenfördernden Bedingungen nur vier Eingriffe genügten. Die Methode weist einen realen Weg zum effektiveren Hopfenschutz gegenüber den bislang nach Wachstum und Entwicklung des Hopfens mechanisch durchgeführten Spritzungen.

LITERATUR

- AČIMOVIĆ, M. (1962): Proučavanje plamenjača hmelja (Pseudoperonospora humuli Miy. et Tak.) u Vojvodiny. I. Jugoslovanski simpozij za hmeljarstvo. 164-168.
- BLATTNÝ, C. & OSVALD, V. (1950): Jen zdravý a jakostní chmel. Praha.
- DOLINAR, M. (1979): Výzkum epidemiologie a možnosti prognózy peronosporý chmelové. Chmelařství 52, 137.
- KREMHELLER, H. T. (1978): Neue Wege in der Bekämpfung der Hopfenperonospora. Hopfen - Rundschau 29, 211-212.
- KREMHELLER, H. T. (1980): Gezielte Bekämpfung der Hopfenperonospora mit systemischen und Kontakt-Fungiziden. Bodenkultur u. Pflbau, Sondernummer 1, 43-47.
- KUSNETZOWA, A. P. (1954): Ložnaja mučnistaja rosa chmelja i mery borby s nej. Trudy vypusk I., 80-99.
- PEJML, K. & PETRLÍK, Z. (1962): Působení některých meteorologických činitelů na vznik a šíření peronosporý chmelové. Chmelařství 35, 156-157, 189-190.
- PEJML, K. & PETRLÍK, Z. (1967): Typizace charakteristického počasí pro šíření peronosporý chmelové (Pseudoperonospora humuli Miyabe - Takahashi Wilson). Sbor. ÚVTIZ - Ochr. Rostl. 3 (XL), 109-116.
- PEJML, K., PETRLÍK, Z. & ŠTYS, Z. (1978): Krátkodobá prognóza peronosporý chmelové (Peronoplasmopora humuli Miy. et Tak.). Sbor. ÚVTIZ - Ochr. Rostl. 14 (LI), 41-46.

ROYLE, D. & THOMAS, D. (1972): Analysis of Relationships between Weather Factors and Concentrations Airborne of *Pseudoperonospora humuli*. Trans. Br. mycol. Soc. 58, 79-89.

ZÄTTLER, F. (1951): 25 Jahre im Dienste der deutschen Hopfenforschung. München.

ABSTRACT: The short-term prognosis of Peronosplasmopara humuli Miy. et Tak., uses measurements of relative humidity of the air and rainfall/dry-day counts to calculate the so-called Peronospora Index which permits prognostication of the disease on leaves and cones of hops. Danger of damage to the plant is signalled if the Index < 500 and the average occurrence of spots exceeds the critical value (one or more spots per leaf), or if any number of spots is found on the cones. In the absence of these conditions one of the five routine sprayings can be left out. Tests related to weather conditions in the 1976-1979 period made it possible for one to four sprayings out of five usual treatments to be omitted without any risk to the sound development of the hop. The methods points to a practicable way towards more effective and more economical protection against the Peronosplasmopara humuli disease.

STAND DES PFLANZENSCHUTZES IM HOPFENBAU DER DDR

K. Borde

VEB Hopfen und Malz, Leipzig, Deutsche Demokratische Republik

ZUSAMMENFASSUNG

Im Hopfenbau der DDR wurden durch die Konzentration größere Produktionseinheiten geschaffen, die auch günstige Voraussetzungen für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen bieten.

Das ständige Ansteigen der Zahl der Behandlungen mit chemischen Mitteln und die damit verbundene Umweltbelastung sowie der steigende Energieaufwand zwingen dazu, weitere Voraussetzungen für die Anwendung von Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes zu schaffen, um eine zweckmäßige Kombination zwischen anbautechnischen, biologischen und chemischen Verfahren zur Bekämpfung von Schaderregern im Hopfenbau zu erreichen.

Auch in der DDR wird die Hopfenpflanze von den bekannten spezifischen Schaderregern befallen, die bedingt durch den langjährigen Anbau in den Hopfenbeständen günstige Entwicklungsbedingungen finden.

Seit Jahrzehnten erfolgt ein hoher Bekämpfungsaufwand durch den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel gegen den Falschen Mehltau (Pseudoperonospora humuli), die Hopfenblattlaus (Phorodon humuli Schrank) und die Spinnmilbe (Tetranychus urticae Koch).

Bedingt durch den steigenden Anbau der Sorte "Nordischer Brauer" ist an einigen Standorten auch der Echte Mehltau (Sphaerotheca humuli) festzustellen. Zunehmend verbreitet sich auch der Luzernerüßler (Otiorrhynchus ligustici Gyll.). Die Wirksamkeit des Einsatzes chemischer Mittel wird durch viele Faktoren beeinflusst, von denen die Pflanzenentwicklung, der Witterungsverlauf und das Resistenzverhalten der

Schaderreger von großer Bedeutung sind. Deshalb sind wir bestrebt, Chemikalien zielgerichtet nach eingehender Bestandsüberwachung bzw. vorbeugend, unter Berücksichtigung des Witterungsverlaufes, anzuwenden, um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Besonders beachtet werden dabei auch die Standortwahl sowie Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit.

Trotzdem ist festzustellen, daß der Aufwand an Bekämpfungsmaßnahmen, besonders die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, eine steigende Tendenz zeigt.

Während zu Beginn der sechziger Jahre noch 4 - 5 Spritzungen ausreichen, müssen gegenwärtig zwischen 8 - 12 Behandlungen durch bodengebundene Pflanzenschutzmaschinen und Luftfahrzeuge sowohl in Gieß-, Spritz- oder Sprühverfahren vorgenommen werden.

Für die Landwirtschaft der DDR sind Pflanzenproduktionsbetriebe mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von etwa 5000 ha typisch. Der Hopfenanbau umfaßt eine ertragsfähige Fläche von etwa 2200 ha und der Umfang der Hopfenproduktion beträgt im Durchschnitt je Betrieb 25 bis 30 ha. Eine Konzentration des Anbaus auf 50 bis 100 ha wird angestrebt, weil dadurch günstigere Bedingungen für den Einsatz von Mechanisierungsmitteln, also auch Pflanzenschutzmaschinen geschaffen werden, die dann im Komplex einsetzbar sind (Borde, 1980).

Die in einigen Erzeugerbetrieben für Hopfen noch vorhandenen Pflanzenschutzgeräte der Baukastenreihe S 031 bringen weder die notwendige Flächenleistung, noch wird die für die wirksame Bekämpfung der Schaderreger erforderliche Schutzwirkung, besonders in der Spitzenregion, erzielt. Deshalb werden zunehmend Sprühmaschinen des Typs Kertitox S 1000 und S 2000 eingesetzt. Mit diesen Geräten sind Flächenleistungen von 0,8 bis 1,2 ha je Einsatzstunde erreichbar und während einer Saison können die notwendigen Behandlungen auf einer Fläche von 40 bis 50 ha erfolgen. Die Maschinen des Typs S 2000 werden vorrangig in Spannbe-
tonanlagen ab 15 ha mit einer Länge von etwa 600 eingesetzt.

Von besonderer Bedeutung ist die Organisation der Pflanzenschutzarbeiten im Schichteinsatz, damit große Flächenleistungen unter optimalen Einsatzbedingungen erreicht werden. Bekanntlich besteht ein enger Zusammenhang zwischen Witterungsverlauf, Schädlingsauftreten und spezifischem Bestandsklima im Hinblick auf die Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen.

Im Rahmen der Anwendung industriemäßiger Verfahren in der Hopfenproduktion kommt dem Einsatz von Luftfahrzeugen zur Schaderregerbekämpfung eine immer größere Bedeutung zu. Unter Berücksichtigung der Einsatzbedingungen bilden sie eine wertvolle Ergänzung der Bekämpfungsmaßnahmen mit bodengebundenen Pflanzenschutzmaschinen.

Im Jahre 1978 wurden Luftfahrzeuge auf etwa 900 ha Hopfenfläche, das sind etwa 42 % der Gesamtfläche, eingesetzt. Den Vorrang haben gegenwärtig noch Starrflügler (behandelte Fläche etwa 800 ha), allerdings kann der Bekämpfungserfolg beim Einsatz des Hubschraubers (behandelte Fläche 100 ha) als noch besser eingeschätzt werden. Eine Koordinierung mit dem Obstbau hat sich wegen der für einen effektiven Einsatz notwendigen Voraussetzungen als zweckmäßig erwiesen. Obwohl mit der großflächigen Hopfenproduktion ohne nennenswerte Hindernisse bessere Voraussetzungen für den Einsatz von Luftfahrzeugen geschaffen werden, können diese die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen mit Hilfe von Bodengeräten nicht ersetzen. Es ist eine sinnvolle Kombination beider Verfahren anzustreben, wobei jedoch Pflanzenschutz aus der Luft immer eine Ergänzungsmaßnahme zur Bodenapplikation sein dürfte (Borde, John, 1980).

Die durch die Konzentration des Anbaus geschaffenen günstigen Bedingungen für einen zielgerichteten und wirksamen Einsatz der Pflanzenschutztechnik reichen nicht aus, um den steigenden Aufwand an Energie und Kraftstoffen sowie an Chemikalien wesentlich zu verringern. Deshalb kommt es darauf an, die Zahl der Behandlungen mit chemischen Mitteln insgesamt zu reduzieren, u. a. durch

- sorgfältige Überwachung des Hopfenbestandes sowie des Auftretens von Schaderregern
- den gezielten Einsatz wirksamer Chemikalien bei optimalen Witterungsbedingungen.

LITERATUR

- BORDE, K. (1980): 30 Jahre Hopfenbau in der DDR - Beitrag zur Tagung der Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros am 14. 08. 1980, Dresden.
- BORDE, K. & JOHN, F. (1980): Die wirksame Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen in der Hopfenproduktion zur Sicherung von stabilen Erträgen. Feldwirtschaft 14.

SUMMARY

In the G.D.R., the concentration of hop growing resulted in the establishment of larger production units which also provide favorable conditions for effective crop protection on a large scale. The constant increase in the number of different treatments with chemical agents, the consequent pressure on the environment, and the increase in the consumption of power require that further conditions be established for the introduction of what is known as integrated crop protection in order to arrive at an appropriate combination of cultivation, biological, and chemical methods of pest control.

DERZEITIGER STAND DES PFLANZENSCHUTZES IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND IM HOPFENBAU

H. Th. Krehmeller

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,
Abschnitt Hopfen, Wolnzach/Hüll, Bundesrepublik Deutschland

Eine wesentliche Aufgabe des Abschnittes Hopfen der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau ist die Beratung der Hopfenpflanzler bei Fragen des Pflanzenbaues und Pflanzenschutzes. Jährlich werden etwa 4000 Beratungen bei den Pflanzern durchgeführt. Durch Alibiphondurchsagen und Pressemitteilungen werden die Pflanzler zusätzlich auf jeweils notwendige Pflanzenschutzmaßnahmen hingewiesen.

Die größte wirtschaftliche Bedeutung unter den tierischen Schädlingen hat die Hopfenblattlaus, bei den Pilzkrankheiten sind es *Verticillium*-Welke und Hopfenperonospora.

Die Bekämpfung der Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli*) ist wegen zunehmender Resistenz der Tiere gegenüber Insektiziden in den letzten Jahren schwieriger geworden.

Während im Jahre 1975 noch etwa 60% der Anbaufläche mit Dimefox, einer Phosphorsäure-Verbindung, zur Blattlausbekämpfung behandelt wurden, kann dieses Mittel heute wegen Resistenz nicht mehr eingesetzt werden. Auch gegen weitere Phosphorsäureester besteht Resistenz in unterschiedlichem Ausmaß, so daß ein Teil dieser Mittel heute nicht mehr voll wirksam ist. Beginnende Resistenz der Blattläuse wurde auch gegenüber Carbamaten festgestellt.

Bei den Pilzkrankheiten verursachte die *Verticillium*welke, hervorgerufen durch *Verticillium albo-atrum* große Probleme. Diese seit dem Jahr 1952 im Anbaugebiet Hallertau vorkommende Krankheit läßt sich derzeit noch nicht chemisch bekämpfen. Daher werden zunehmend die in der Hallertau welkeresistenten Hopfensorten, wie Northern Brewer und Perle, angebaut. Mit dem Auftreten neuer Erregerrassen, die die Resistenz dieser Sorten brechen, muß jedoch gerechnet werden. Daher arbeitet man daran Hopfensorten zu züchten, deren Welkeresistenz auf anderen Grundlagen beruht als die der heute verfügbaren Sorten.

Der Erreger der seit dem Jahre 1924 in den deutschen Hopfenanbaugebieten bekannten Hopfenperonospora ist der Pilz *Pseudoperonospora humuli*. Neben den gut wirksamen protektiven Fungiziden stehen seit 1980 systemische Fungizide aus der Gruppe der Acylalanine und Aluminiumäthylphosphite für die Bekämpfung zur Verfügung. Vor allem Acylalanine haben sich bei der Bekämpfung der Primärinfektion hervorragend bewährt. Es besteht jedoch die Gefahr der Selektion von resistenten Rassen des Erregers, wenn die systemischen Fungizide in großem Umfang während der ganzen Vegetationsperiode eingesetzt werden. Daher sollte man diese Fungizide nicht wahllos anwenden. Je überlegter diese Mittel eingesetzt werden, desto länger werden sie für eine wirkungsvolle Bekämpfung der Hopfenperonospora zur Verfügung stehen.

In den deutschen Hopfenanbaugebieten sind Virosen, verursacht durch das Hopfenmosaik-Virus, das latente Hopfenvirus und das Prunus Necrotic Ringspot-Virus, weitverbreitet. Nur die beiden zuerst genannten Viren werden durch Blattläuse übertragen. Die Verbreitung des Prunus Necrotic Ringspot-Virus findet im Garten im wesentlichen über den Pflanzensaft beim Schneiden des Hopfens statt. Im Anbaugebiet werden Viren zusätzlich mit Pflanzgut aus virusbefallenen Anlagen verbreitet. Der Ertrag des mit Prunus Necrotic Ringspot-Virus befallenen Hopfens ist um etwa 30% niedriger als bei Hopfen der frei von dieser Virose ist. Zudem liegt der Gehalt an α -Säure von virusfreiem Hopfen bis zu 20% über dem des virusverseuchten Hopfens.

Es wurde nachgewiesen, daß man - unter Einhaltung von Vor-sichtsmaßnahmen - Hopfengärten mehrere Jahre von Prunus Necrotic Ringspot-Virus freihalten kann. Daher wurde damit begonnen für Neuanlagen virusfreies Pflanzgut zu verwenden. Die Überprüfung des Pflanzgutes auf Virusbefall wird mit dem ELISA-Test durchgeführt.

Weitere Schädlinge und Krankheiten des Hopfens, wie Tetranychus urticae und Sphaerotheca humuli, kommen nur an bestimmten Standorten des Anbaugebietes, und auch dort nicht regelmäßig, in jedem Jahr vor. Deshalb soll in dieser kurzen Übersicht nicht weiter auf sie eingegangen werden.

THE PRESENT SITUATION IN HOP PROTECTION IN ROMANIA

T. Perju

Institute of Agronomy, Department of Agricultural Entomology,
Cluj-Napoca, Romania

According to the targets of the hop-breeding program in Romania, the present hop-cultivated area extends to 1,000 ha.

Hop-plant protection includes mainly the control of some diseases, especially the hop mildew Peronospora humuli, Botritis cinerea, Fusarium spp., etc., and some pests such as the hop aphid, Phorodon humuli Schr., and Tirodia sylvina L. From 1973 to 1978, the red spider mite Tetranychus urticae Koch also caused serious injuries. In young plants, severe damage was due to the white grub, Melolontha melolontha and, over the last two years in two farms, the root weevil Otiorrhynchus lingustici L. was detected as an injurious pest.

The control of pathogens (mildew) and the pests Tirodia sylvina, Melolontha melolontha, Tetranychus urticae and Phorodon humuli was based on classical methods, such as cultural management, mechanical, biological and chemical control. Hop chemotherapy was performed by means of a large scale of pesticides, indigenous or imported. Some of the results obtained are included in the paper submitted to the present Symposium.

DIE AKTUELLEN PROBLEME DES HOPFENSCHUTZES IN POLEN

B. Miciński

Institut für Pflanzenschutz Poznań, Polen

SCHÄDLINGE DES HOPFENS

Der einzige Schädling, dessen Bekämpfung uns einige Schwierigkeiten bereitet, ist die Hopfenblattlaus (Phorodon humuli). Man ist in Polen bemüht, gegen diesen Schädling nicht über längere Zeit dasselbe Präparat einzusetzen. Vor allem aus diesem Grund wird das Präparat Terra Sytam nicht mehr verwendet, obwohl es noch ausreichend effektiv wäre. Deshalb hat aber die Zurückziehung dieses Präparates Unzufriedenheit bei den Hopfenpflanzern ausgelöst.

Zur Zeit wird die Hopfenblattlaus hauptsächlich mit zwei Präparaten bekämpft, und zwar mit Ultracid und Lannate. Für die nächste Zeit beabsichtigen wir, das Präparat Cytrolane für das Giessverfahren einzuführen.

In den letzten zwei Jahren, d.h. 1978 und 1979 verlief die Entwicklung der Hopfenblattlaus untypisch.

1978 erfolgte Anflug der Hopfenblattläuse um zwei Wochen früher als gewöhnlich und dauerte länger. 1979 war der Anflug unbedeutend, aber er dauerte sehr lange. Das untypische Anflugverhalten der Hopfenblattlaus in den Jahren 1978 und 1979 verursachte Schwierigkeiten bei der wirksamen Bekämpfung dieses Schädlings. Für 1980 ist eine typische Entwicklung der Hopfenblattlauspopulationen zu beobachten.

KRANKHEITEN DES HOPFENS

Der Falsche Mehltan des Hopfens (Pseudoperonospora humuli) ist in den letzten zwei Jahren, d.h. 1978 und 1979, nur in unbedeutendem Ausmass aufgetreten und hat auch nicht viel Schaden verursacht.

Das Jahr 1980 scheint ein Jahr mit stärkerem Befall durch den Hopfenmehltau zu sein, was in Polen durchschnittlich alle 4 Jahre zu beobachten ist. Man muss betonen, dass nur in solchen Jahren die Bekämpfung dieser Krankheit Schwierigkeiten bereitet. Die unterschiedliche Intensität des Auftretens dieser Krankheit vergrößert die Bedeutung des Warndienstes bezüglich Anzahl und Termine der Bekämpfungsmassnahmen. Deswegen bemühen wir uns, die von uns erarbeiteten Prinzipien der Bespritzungsprognosen in die Praxis einzuführen. Die wichtigsten Präparate bei der Bekämpfung des Mehltaus des Hopfens sind:

Poliram Combi und Dithane M-45.

Ausserdem wird von uns die Wirksamkeit neuer Präparate, wie Aliette, Curzate und Ridomil, geprüft.

WELKEKRANKHEIT DES HOPFENS

Diese Krankheit wird vor allem von den Pilzen Verticillium albo-atrum und Fusarium sambucinum verursacht. Sie erwies sich aber schon in den letzten zwei Jahren nicht mehr so gefährlich wie früher, dank der verminderten Stickstoffdüngung und aufgrund der Pflanzung der resistenten Sorte Norther Brewer in den besonders gefährdeten Hopfengärten.

VIRUSKRANKHEITEN DES HOPFENS

Wir sind dabei, Untersuchungen zum Auftreten von Viruskrankheiten des Hopfens mit Hilfe der ELISA Methode durchzuführen.

HOPFENSCHUTZ IN DER TSCHECHOSLOWAKEI

Z. Petřík

Hopfenforschungsinstitut, Zatec, Tschechoslowakei

Der Hopfenschutz in der Tschechoslowakei hat eine langjährige Tradition. Seine Anfänge sind mit der organisierten Bekämpfung der Blattlaus schon in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts verbunden. Die gegenwärtige Grossproduktion von Hopfen in spezialisierten Betrieben schafft günstige Voraussetzungen für die Entwicklung, Verbreitung und Übervermehrung von Schädlingen. Landwirtschaftliche Betriebe sind mit modernen leistungsfähigen Sprühgeräten ausgerüstet und verfügen über ein breites Sortiment von Präparaten, deren Wirkungsgrad regelmässig kontrolliert wird. Demzufolge stellen Schaderreger in der Tschechoslowakei nicht mehr den Hauptfaktor der Hopfen-ernteschwankungen dar.

Die ernstesten Probleme des Hopfenschutzes sind in der Tschechoslowakei in den letzten Jahren vor allem durch die Resistenz der Hopfenblattlaus und der Hopfenspinnmilbe gegen die angewandten Insektizide und durch die übermässige Verbreitung des Luzernerüsslers bedingt. Die Hopfenblattlaus und die Spinnmilbe sind Mehrgenerationsschädlinge, deren intensive chemische Bekämpfung bei wiederholter Applikation polyvalenter Insektizide eine Schwächung des biologischen Widerstandes der Umwelt herbeiführte. Der langfristige Gebrauch dieser Bekämpfungsmittel ermöglichte gleichzeitig die Anpassung der Blattlaus und der Spinnmilbe an diese Präparate. Die Resistenz der gegenwärtigen Blattlauspopulationen bezieht sich auf alle Präparate, deren Druck der Schädling in der Vergangenheit ausgesetzt war.

In dieser Situation richtet sich unsere besondere Aufmerksamkeit auf die Auswahl neuer Insektizide und gleichzeitig auf das Niveau der Blattlaus gegen die bislang angewandten Präparate. Die Ursache der niedrigen Wirksam-

keit der zur Blütezeit und bei Doldenbildung durchgeführten Bekämpfungsmassnahmen ist jedoch nicht nur auf die Resistenz der Blattlaus gegen Insektizide, sondern auch auf die mangelhafte Durchführung der Eingriffe zurückzuführen. Es ist notwendig, die Grundsätze eines optimalen Arbeitsregimes bei den einzelnen Spritzgerätetypen einzuhalten, damit die Pflanzen in ihrem gesamten Profil, einschliesslich der Dolden und der Triebspitzenblätter, lückenlos behandelt werden. Die Hopfenblattlaus gehört zur Zeit mit vollem Recht zu jenen wirtschaftlich bedeutendsten Schädlingen, mit deren Vorkommen in der Tschechoslowakei alljährlich gerechnet werden muss. Entsprechend der Abundanz der Blattläuse müssen die Spritzungen wiederholt werden, u.zw. bei uns 3 - 5mal im Verlaufe der Vegetationszeit. Unter den benutzten systemischen Insektiziden ist Lanmate 90 WS das Grundpräparat, das den Vorteil einer kurzen Verweilzeit (14 Tage) bietet. Hoch wirksam ist das systemische Insektizid D Furadan 75 WP, das sich für die ersten zwei Spritzungen eignet. Von den phosphororganischen Verbindungen wird weiterhin mit Erfolg Ultracid 40 WP zur Hopfenbehandlung in der Periode des intensiven Wachstums benutzt.

In den letzten Jahren gehört auch die Spinnmilbe zu den gefährlichen Hopfenschädlingen. Zum Unterschied von der Hopfenblattlaus wirkt sich ihr schädigender Einfluss bei trockenem und warmem Wetter aus. Die gegenwärtigen Spinnmilbenpopulationen weisen gegenüber allen bei uns in der Vergangenheit angewandten Präparaten eine hohe Resistenz auf. Im Vergleich zur Blattlaus ist die Resistenz der Spinnmilbe gegen Insektizide wesentlich höher. Gegen Akarizide allerdings, denen sie noch nicht begegnete, ist ihre Widerstandsfähigkeit nur gering. Unter den Akariziden gibt es genügend Präparate, die gegen die Spinnmilbe eingesetzt werden können. Wir benutzen mit Erfolg Milbol EC und Mitac 20 EC. Da es sich um Kontaktpräparate handelt, ist eine sorgfältige Behandlung der Pflanzen unumgänglich. Frühzeitige, schon beim ersten Erscheinen der Spinnmilbe an den unteren Rebenblättern durchgeführte Behandlung hat

gute Erfolgsaussichten. Bei verspäteten Eingriffen ist die Hoffnung auf Erfolg wesentlich geringer. In Anbetracht der bisherigen Erkenntnisse über die Anpassungsfähigkeit der Spinnmilbe ist zu erwarten, dass auch dieser Schädling in Zukunft ein bedeutender Hopfenschädling in der Tschechoslowakei bleiben wird.

Zu den Schaderregern, die zurzeit eine ständige Gefahr für die Hopfenpflanze in allen unseren Hopfengebieten darstellen, gehört der Luzernerüssler, der früher nur gelegentliche Schadwirkung aufwies. In den Hopfengärten traten nur die Käfer als Frühlingsschädlinge auf, die nach Befrass auf ihre ursprünglichen Nährpflanzen (Klee, Luzerne) zur Eiablage zurückkehrten und dort auch ihren restlichen Entwicklungszyklus beendeten. In den letzten Jahren vermochte sich dieser Schädling jedoch am Hopfen zu adaptieren und wurde zu seinem primären Schädling. Aus den unter der Erdoberfläche seicht gelegten Eiern schlüpfen Larven, die an den unterirdischen Hopfenpflanzenteilen leben und bedeutende Schäden verursachen. Die Käfer befallen die Frühjahrstriebe. Bei kalamitärem Vorkommen können sie alle aus der Pflanze treibenden Triebe vernichten. Der Luzernerüssler durchläuft bei uns zwei- bis dreijährige Entwicklung. Die grosse Fruchtbarkeit der Käfer und die verborgene Lebensweise der Larven liegen seiner grossen Schadwirkung zugrunde. In den Jahren 1973 - 1977 kam es in der Tschechoslowakei zu einer Übervermehrung dieses Schädlings. Er wird mit dem systemischen Insektizid Furadan 75 WP wirksam bekämpft, das in Bandspritzungen mit Dosen von $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ gegen diese Käfer hoch effektiv ist. In Anbetracht der langen Entwicklung des Schädlings muss die chemische Behandlung in drei nacheinanderfolgenden Jahren wiederholt werden. Durch intensive Bekämpfung konnte die Schadwirkung des Luzernerüsslers in der Tschechoslowakei verringert werden; ausgedehnte Schäden kommen nicht mehr vor, doch ständige Wachsamkeit ist vonnöten.

Die übrigen tierischen Schädlinge, die sich in der Vergangenheit in bedeutendem Masse am Hopfenbefall beteiligten, wurden bei uns durch langdauernden Einsatz che-

mischer Bekämpfungsmittel gänzlich verdrängt, oder zumindest in ihrem Vorkommen weitgehend eingeschränkt. Die tierische Schädlingsgruppe wurde eingeengt, ihre wirtschaftliche Bedeutung ist jedoch angewachsen.

Von den Pilzkrankheiten werden bei uns die grössten Verluste an Qualität und Ertrag durch die Peronospora verursacht. Die Schädwirkung der übrigen Pilzkrankheiten ist wesentlich geringer. Der Schutz des Hopfens vor der Peronospora beruht in der Tschechoslowakei auf 5 - 6 Spritzungen. Die einzelnen Behandlungstermine werden derart gewählt, dass die Pflanzen zur Zeit des intensiven Anfangswachstums, bei der Seitentriebbildung, zur Blütezeit, am Anfang der Zapfenbildung und bei Doldenabreifen geschützt werden. Trotz intensiver Entwicklung neuer Fungizide verbleiben kupferhaltige Präparate weiterhin Grundlage der chemischen Bekämpfung. Organische Fungizide kommen im System der chemischen Spritzungen weniger zur Geltung und werden wegen ihrer günstigen Nebenwirkungen zur zweiten Behandlung ausgenützt. Guter Schutz kann auch mit dem kupferorganischen Gemischinsektizid Neroxon 50 gewährleistet werden. Hohe biologische und zum Teil auch kurative Wirkung hat das Fungizid Curzate in 50prozentiger Kombination mit Kuprikol 50, Neroxon 50, oder dem organischen Dithan M-45. Wegen ihrer Kontaktwirkung müssen diese Fungizide präventiv appliziert werden. Im Bedarfsfalle werden Fungizide zur Bekämpfung der Blattlaus und der Spinnmilbe mit bestimmten Insektiziden kombiniert. In Hopfengärten, in denen die Kräuselkrankheit auftritt, werden in den ersten 3 Spritzungen Fungizide mit Zinksulfat kombiniert, das sich für die Beseitigung der Symptome dieser Krankheit bewährt hat. Die Ergebnisse des Studiums der Beziehungen zwischen den Wetterverhältnissen und dem Vorkommen der Hopfenperonospora weisen darauf hin, dass in den für die Peronospora günstigen Jahren die Anzahl der Behandlungen herabgesetzt werden kann. Im Hopfenforschungsinstitut in Žatec wurde eine Methode der kurzfristigen Prognose der Hopfenperonospora entwickelt, die in den letzten Jahren unter Betriebsbedingungen überprüft wird. Neben einer Senkung der direkten Bekämpfungskosten trägt diese Methode auch zur Einschränkung

der negativen Auswirkung der Pestizide auf die Umwelt bei.

Von den übrigen Pilzkrankheiten kommt in der Tschechoslowakei auch der Echte Mehltau (Sphaerotheca humuli Burr.) vor. Der Žatec-Hopfen (Saathopfen) ist zum Unterschied von den bitterstoffreichen Sorten gegen diese Krankheit verhältnismässig widerstandskräftig, so dass sich regelmässige Eingriffe vorläufig erübrigten. Die Pflanzen werden erst bei Erscheinen der ersten Flecken behandelt und die Behandlung wird nach Bedarf wiederholt. Als klassische Präparate werden schwefelhaltige Fungizide eingesetzt.

Dem Problem der Viruskrankheiten wird in der Tschechoslowakei ebenfalls Aufmerksamkeit gewidmet. Das schon vor 30 Jahren eingeführte System des Anerkennungsverfahrens für Muttergärten gewährleistet die Gewinnung von gesundem Pflanzenmaterial. Aufgrund eingehender Untersuchungen haben wir die Kräuselkrankheit nicht den Viruskrankheiten zugeordnet, da sie durch Mangel an Zink verursacht wird; desgleichen auch nicht die Sterilität, für deren infektiösen Charakter noch kein Beweis erbracht werden konnte. Von den wenigen Virosen kommt zurzeit der Ring- und Bandmosaik (Ringspot virus) die grösste Bedeutung zu, deren nekrotische Form das Produktionsvermögen der Pflanzen bis um 50 % verringert. Schwerpunkt der Schutzmassnahmen ist die negative Auslese, bei welcher erkrankte Pflanzen bezeichnet und aus den Muttergärten beseitigt werden.

In den letzten Jahren werden in unserem Hopfenbau immer mehr Herbizide appliziert, die es ermöglichen, die Anzahl der zur Unkrautvertilgung in Produktionsanlagen, Auspflanzungen und Wurzelfächerschulen bestimmten kulturtechnischen Eingriffe zu beschränken. Herbizide benutzen wir ausserdem auch zur Chemisation gewisser anbautechnischer Massnahmen, die bisher auf manuelle Arbeit angewiesen waren. In Produktionsgärten applizieren wir Herbizide im Frühjahr nach dem Hopfenschnitt, oder im Sommer nach der Anackerung. Im Frühjahr behandeln wir nur die in feuchten Tallagen befindlichen Hopfengärten, wo genügende Bodenfeuchte eine hohe Wirksamkeit der applizierten Präparate gewährleistet. Mit nötiger Vorsicht werden Herbizide

im Frühling auch in Wurzelfächerschulen und in neuen Auspflanzungen angewandt. In Produktions-Hopfengärten bewährte sich die Sommerbehandlung besser, da sie nicht so sehr von der Bodenfeuchte abhängt und Unkrautvertilgung bis zur Winterfurche gewährleistet. Im Frühjahr kommen Präparate auf der Basis von Simazin, Prometryn u.ä. zur Geltung. In der Sommerperiode bewähren sich Herbizide mit Atrazin als Wirkstoff. Zur chemischen Tilgung nach Anackerung neu treibender Triebe und zur gleichzeitigen Defoliation der untersten Rebenblätter wird in vielen Betrieben Reglone benutzt. Dies ist ein nichtselektives Herbizid, das die durch genügend starke Haut geschützten Gewebe nicht beschädigt. In den Hopfengärten ist es für den Nachackerungszeitraum geeignet, wo die Pflanzen schon wenigstens 5 m hoch sind.

Zur Pestizidapplikation im Hopfenschutz benutzen wir in der Tschechoslowakei Sprüngeräte, die bei richtiger Einstellung eine hochwertige Hopfenbehandlung bei minimalem Arbeitskräfteinsatz ermöglichen. Von den älteren Maschinentypen sind es Myers-Sprüngeräte und in der jüngsten Zeit auch das Kertitox-Sprüngerät, das nach geringfügiger Modifikation auch für die Applikation von Herbiziden benutzbar ist. Flugzeuge setzen wir zur Hopfenbehandlung nur bei starkem Schaderregerbefall oder ergänzend zu den maschinellen Bodenbehandlungen ein. Der Einsatz von Hubschraubern wird zurzeit für die Vorerntebehandlung der Dolden geprüft.

In der vorgelegten Übersicht wies ich auf die hauptsächlichsten Grundsätze des Hopfenschutzes in der Tschechoslowakei hin. Die gegenwärtige Situation ist verhältnismässig kompliziert. Die Anzahl der chemischen Eingriffe wird ständig gesteigert. Gleichzeitig wachsen die für den Hopfenschutz anfallenden Kosten, desgleichen wie auch die Gesundheitsgefährdung für die Mitarbeiter und die negativen Auswirkungen der Hopfenschutzmassnahmen auf die Umwelt überhaupt. Einen Ausweg bietet der integrierte Hopfenschutz, der es ermöglicht, Pestizide aufgrund von Prognosen des Schaderregervorkommens nur in unerlässlichen Fällen einzu-

setzen. Es ist anzunehmen, dass es auf diese Art und Weise möglich sein wird, die Anzahl der Schutzeingriffe in Hopfengärten im Vergleich mit dem heutigen Stand mindestens um ein Drittel herabzusetzen. Auf dieses Ziel sind in der Tschechoslowakei die weiteren Untersuchungen der Schad-
erreger gerichtet.

DAMSON-HOP APHID: THE SCOPE FOR PEST MANAGEMENT

J. E. Cranham and R. C. Muir

Zoology Department, East Malling Research Station,
Maidstone, Kent, England

ABSTRACT. Field trials on integrated control combined the use of a soil-applied drench of mephosfolan (1 g a.i./hill) which provided control of aphids until July with control by predators during the remainder of the season. Of a range of predators, anthocorids were the most numerous and effective, especially within the hop cones. Methods of obtaining a selective, partial reduction of aphids in July are being sought.

INTRODUCTION

The damson-hop aphid, Phorodon humuli Schrank, has a long history as the major pest of hops in England. Heavy infestations can completely stop the growth of the bines by July, and relatively light infestations in the hop cones in August/September result in the growth of sooty moulds on honeydew, leading to downgrading or rejection of the harvest.

Hop cultivation, although originally practised widely throughout England, soon became concentrated. Today, of just under 6000 hectares, roughly two-thirds is grown in Kent and E. Sussex and most of the rest between the Wye and Severn valleys in Herefordshire and Worcestershire. Wild hops are fairly common in hedgerows, particularly in the south-east, and northwards to Yorkshire, but they are probably very rare beyond that. Using data from the Rothamsted Insect Survey suction traps, Taylor, Woiwod & Taylor (1979) were able to show that, of 320 species of aphids studied, only the sexual autumn migrants of P. humuli originated from dense, isolated and persistent population patches, namely hop gardens in south-east England and the West Midlands. Wild hops, therefore, contributed relatively very few aphids to this migration. In contrast, the winter host plants, Prunus spp., are widely distributed and the spring migration of the aphid is diffuse, concentrated across southern England to the Welsh borders but extending even to the north of Scotland.

Since the major part of the summer population is on cultivated hops and is subjected every year to intense selection pressure from pesticides, it is hardly surprising that resistance to pesticides has become a major problem. Taylor et al. (1979) estimated a median distance travelled in the migrations of 15-20 km and a 95% limit of 100-150 km. Hence resistance genes can spread very rapidly throughout the entire population.

Integrated control

Work at Wye College by C.A.M. Campbell (1973) and C. Aveling (1977), successive Ph.D. students working with Dr. Madge and Dr. R. Neve, Head of Hop Research Department, involved the use of soil drenches of dimefox and later - from c. 1970 - of mephosfolan. With the latter applied in May, the aphicidal effect is declining through July, allowing some increase in aphids which attract various predators, especially anthocorids.

Aveling found that anthocorids were more abundant than other predatory insects on all the sites he studied. Three species, but particularly Anthocoris nemoralis, were mainly responsible for the rapid decline in aphid numbers in July/August each year. The decline always coincided with peak numbers of the 4th and 5th instar larvae and adults of anthocorids i.e. the most voracious stages. It is crucial to control aphids whilst the hop cones are forming, and anthocorids were the only predators found in the cones. When predators were excluded from bines by sleeve cages of muslin, aphid infestation of the cones was severe. Campbell (1973, 1978) had earlier obtained rather similar results using dimefox as the insecticide but in his work both earwigs and anthocorids were abundant as natural enemies. Buxton & Madge (1976) showed that Forficula auricularia fed voraciously on P. humuli in the laboratory and it was suspected that the earwig was an important natural enemy. Campbell (1978) managed to show that predators, mostly anthocorids, reduced aphid numbers more slowly when earwigs (and other non-flying predators) were excluded than when they were not.

In Aveling's 1976 trials, anthocorids controlled the aphids well in advance of cone formation, with the result that a few aphids entered the cones and developed to an appreciable infestation. In contrast, on certain farms where foliar sprays toxic to predators were used the subsequent infestations in the cones were severe. He concluded that, ideally, control of the aphid by natural enemies should not occur too far in advance of cone formation; it was important that anthocorids were fairly abundant at this growth stage.

These studies pointed to anthocorids as key natural enemies of the aphid but left a question mark over the role of earwigs. A recent study of Copland (1979) showed that parasitism by Hymenoptera causes little mortality of the aphid. General observations suggest that entomophthorous fungi likewise rarely contribute much.

Mephosfolan may not be an ideal pesticide in this integrated system. Field observations suggest that it can sometimes control aphids for too long, so that there are not enough to attract in predators. Also it does cause mortality of a proportion of anthocorid eggs which, unlike those of many other predatory species, are laid within the plant tissues. Elliot & Way (1968) studied this aspect with other insecticides; the distribution of ³²P-labelled phorate which accumulated in the leaves of beans, potatoes and Brussels sprouts was such that more accumulated in the distal parts and round leaf margins. A. nemorum eggs, laid in

the periphery or tips of leaves where most phorate accumulated, suffered high mortality. In contrast, A. confusus eggs, nearly all laid in the midribs, petioles and young stems, where much less phorate accumulated, were unharmed. On mephosfolan-treated hops, Aveling (1977) found a similar difference in egg mortality between anthocorid species, attributable to the choice of oviposition sites. Thus mortality in one field trial was up to c. 50% in A. nemorum eggs, laid mainly in the leaf margins, c. 20-25% in A. nemoralis eggs, laid mostly in interveinal areas of the leaf laminae, and negligible in A. confusus eggs which were sited in the petioles or veins.

A further aspect of Aveling's work concerns the role of what he termed 'banker plants' - hop plants from which the mephosfolan drench was accidentally missed or deliberately withheld, so that many aphids and consequently anthocorids developed which were later available as adults to colonise surrounding plants. The aphid infestation is no danger whatever to surrounding plants because P. humuli does not produce summer migrants on hop. Aveling argued that growers tolerated no crop on the 1% or so of the stand planted as male hops for pollination, and that therefore they might not object to 1% of bankers particularly if bankers were not a total loss. Some would argue that it is not necessary to create bankers since they tend to arise anyway. Application and/or uptake is rarely good on 100% of the plants. Some further work has been done on this aspect but the practical value of bankers is still not clear.

The scope for integrated pest management

Many growers are already using mephosfolan as a soil drench, but at present the integration of natural enemy action is a hit-and-miss affair. If it is achieved, this is generally more by good luck than management. Often, the hop garden is oversprayed in July and thereafter with broad-spectrum pesticides. For commercial implementation we lack simple and reliable methods of monitoring for predators as a basis for decision making; and above all we lack means of selective and partial kill of aphids in July. Our personal impression is that sooner or later, in most gardens and in most years, anthocorids - if allowed to survive - will regulate aphid numbers, and they are the ideal agent for doing so within hop cones. The latter is something which no systemic insecticide will do; translocation of systemics into cones is minimal because the bracts of hop cones lack or have few stomata.

Aphid migration often continues through July and in some years into August. Anthocorids begin to arrive from late June/early July. With the high reproductive rate of the aphid, management of the period of changeover from chemical to biological control - essentially through July - is difficult. The insecticidal component of an IPM system therefore, involves (a) insecticidal control through June, when non-selective insecticides can be used provided their residual effects do not last into July - or ideally, give partial kill of aphids in July with minimal effects on predators; and (b) through July and August we need

foliar sprays of low toxicity to anthocorids which can be used, when monitoring indicates the need, to reduce aphid numbers without 'overkill' which would cause the predators to starve.

The range of available foliar sprays (especially considering those already cleared for use on hops) provides almost no scope to achieve (b), except that endosulfan is least toxic to anthocorids. With the recent development of resistance to this compound, the control of aphids it provides is likely to become unpredictable. Insect growth regulators effective on aphids could clearly be of interest. Unfortunately, epofenonane (R. Maag A.G.) has been dropped from commercial development. The fungus Verticillium lecanii, used at Glasshouse Crops Research Institute for control of aphids on chrysanthemums and other crops, must be tried, though germination of spores is dependent on very high humidities, which it could well be difficult to achieve in July on hops. Foliar sprays of pirimicarb, which shows excellent selectivity in orchards, give very poor control of P. humuli, but it might be interesting to explore the scope for synergism.

At East Malling Research Station it is planned to compare candidate OP and carbamate systemics for their persistent toxicity to aphids and anthocorids, assessing both chemical residues and biological effects, including sub-lethal effects. It may be that a soil treatment in May, followed in June - when there are few predators to harm - by a broad-spectrum foliar spray of short persistence, will contain the aphid population long enough for anthocorids to establish. Key questions are "what level of aphid infestation is tolerable in July?" and "what level is necessary to attract anthocorids?". There is an almost total dearth of work to quantify crop loss in relation to aphid numbers at different stages of the growing season. However one suspects that the simple answer is that quite low numbers will attract anthocorids and that such numbers do not reduce crop.

Can anything be done to help attract and establish natural enemies, or boost their action? Release of mass-reared anthocorids has been proposed; calculations based on their known voracity and rate of development suggest that quite low numbers per plant put on in late June would serve. A. confusus, because its eggs are less affected by mepfosfolan than those of other species, may merit special consideration. Or it may be that some exotic parasite or predator, one more easily mass-reared, might serve better for annual release.

Some growers have already been encouraging growth of nettles and other weeds around - and a few even within - their hop gardens. There is however, little evidence that anthocorids arrive in hops mainly from nearby vegetation e.g. nettles, beech and hawthorn hedges. Both A. nemoralis and A. nemorum show considerable flight activity (Southwood, 1960) and can probably disperse over long distances. Hops are sometimes grown over large continuous areas, and the role of non-crop habitats as sources of anthocorids merits further investigation. It may be that anthocorids are slower to colonise hops in years in which

aphid prey is abundant elsewhere.

In conclusion, there is probably a great potential value in ending each season with control by the predators, which feed on pesticide-resistant and susceptible aphids alike. This should help both to counteract the effects of insecticidal selection and result in few aphids returning to Prunus for the winter. There is clearly considerable need and scope for further investigation on integrated control.

REFERENCES

- AVELING, C. (1977): The biology of anthocorids (Heteroptera: Anthocoridae) and their role in the integrated control of damson-hop aphid, Phorodon humuli (Schrank). Ph.D. Thesis, University of London.
- CAMPBELL, C.A.M. (1973): Studies on the ecology of the damson-hop aphid, Phorodon humuli (Schrank). Ph.D. Thesis, University of London.
- CAMPBELL, C.A.M. (1978): Regulation of the damson-hop aphid (Phorodon humuli) on hops (Humulus lupulus L.) by predators. J. Hort. Sci. 53, 235-242.
- COPLAND, M.J.W. (1979): Hymenoptera in hop gardens with particular reference to parasitoids associated with the damson-hop aphid, Phorodon humuli (Schrank). Entomologia exp. appl. 25, 146-152.
- ELLIOTT, W.M. & WAY, M.J. (1968): The action of some systemic aphicides on the eggs of Anthocoris nemorum (L.) and A. confusus Reut. Ann. appl. Biol. 62, 215-226.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1960): The flight activity of the Heteroptera. Trans. R. ent. Soc. Lond. 112, 173-220.
- TAYLOR, L.R., WOIWOD, I.P. & TAYLOR, R.A.J. (1979): The migratory ambit of the hop aphid and its significance in aphid population dynamics. J. anim. Ecol. 48, 955-972.

ZUSAMMENFASSUNG: Bei Feldversuchen mit integrierten Bekämpfungsmaßnahmen wurde die bis Juli anhaltende Blattlauswirkung von Mephosfolan (1g/Pflanze) mit der biologischen Bekämpfung der Blattläuse durch Prädatoren während der restlichen Zeit der Vegetationsperiode kombiniert. Es wurde eine größere Zahl von Prädatorenarten beobachtet. Am häufigsten und wirksamsten waren die Anthocoriden, vor allem in den Hopfenzapfen. Nach selektiven Methoden zur Reduzierung der Blattläuse wird gesucht.

INTEGRATED CONTROL OF DAMSON-HOP APHID (PHORODON HUMULI) IN
COMMERCIAL HOPS IN SOUTH EAST ENGLAND, 1977-80

A. L. Winfield

Agricultural Development and Advisory Service, Wye, Ashford, Kent, England

ABSTRACT. Up to six (6) hop gardens in Kent that had been drenched with mephosfolan in late May or early June were visited on up to 14 occasions from mid June to mid September in the years 1977-80 inclusive. On each occasion aphid invasion, multiplication and the degree of control exerted by the insecticide was noted and observations were made on the incidence of parasites, predators and diseases of the pest. At one site (Brooks Garden, Bockingfold Farm, Goudhurst) no further treatment than the original drench was needed in any of the four years. A second site (Westwood Farm, Faversham) was oversprayed in 1979 but received only the drench in 1977, 1978 and 1980. Up to four (4) other sites were oversprayed in July and August each year and had to be abandoned from the point of view of integrated control of the aphid. The key predators were anthocorid bugs (Anthocoridae) although hover flies (Syrphidae), lacewings (Chrysopidae) and earwigs (Forficula spp) were common at most sites. Ladybird beetles (Coccinellidae) were common in 1977 and 1978, almost absent in 1979 and scarce in 1980.

INTRODUCTION

The damson-hop aphid (Phorodon humuli) is a major limiting factor of production of hops (Humulus lupulus) in south-east England and yields used to fluctuate greatly from season to season eg 225 kg/ha in 1882 to 1600 kg/ha in 1899 (Scott, 1977). These fluctuations were due in part to the weather but mainly because of the damage caused by damson-hop aphid. The first mention of chemical control in England was in 1697 (Meagher, cited by Burgess 1964) who recommended that the plants should be sprinkled with water in which wormwood (Artemisia absinthium L) had been boiled. Spraying hops with a solution of soft soap was introduced in the 1860's and quassia extract was added a few years later, until by

1883 almost every crop was sprayed. Nicotine and soft soap were commonly used until the introduction of TEPP and schradan in 1946, parathion in 1950 and eventually demeton-methyl in 1952. By the early 1960's growers in south-east England were unable to obtain a commercial control of the aphid with demeton-methyl and resistance has since been confirmed to a range of organophosphate and carbamate insecticides including the soil drench dimefox (Muir 1979).

The systemic organophosphorus compound mephosfolan replaced dimefox in 1972 and after a slow start 72% of the hops (total 6,600 ha) was treated in 1980, mostly with great success and with minimal effects on the parasites and predators of aphids especially the anthocorid bugs (Aveling, 1977; Campbell 1977, 1978). Accurate forecasting of the beginning and end of the migration from Prunus to hops (Taylor, Woiwood and Taylor, 1979; Goldwin and Thomas, personal communication) has enabled growers to arrange their soil drenching and foliar spraying of insecticides to minimise harm to predators; the observations described here were an attempt to assess in commerce the results of research outlined by Cranham and Muir (1980).

METHODS

Each year regular visits were made to up to six (6) hop gardens in Kent (Table I) that had been drenched with the systemic organophosphorus insecticide mephosfolan in late May or early June at the rate of 1 g active ingredient/hill (a "hill" is a single plant from which 4-12 bines are trained up 2-4 strings).

Table I. Six hop gardens in Kent which were observed at regular intervals in 1977-80 for the effects of mephosfolan, foliar sprays and aphid predators

Name of Garden	Cultivar	Area (ha)	Strings /hill	Bines/string	Total Bines /hill	Age of Garden (Years) in 1977
1.Black Hut Garden, Boughton, Nr Canterbury.	Wye Northdown + Wye Challenger	1.8	2	3	6	6
2.Brooks Garden, Bockingfold, Nr Goudhurst.	Wye Target	2.5	2	3/4	6-8	3
3.Meads Garden, Little Sheephurst Marden.	Keyworths Mid-Season OR 55	2.0	4	2 x 2 + 2 x 3	10	4
4.Norton West Garden, Lewson Street, Nr Sittingbourne.	Brewers Gold	2.5	4	1	4	6
5.Triangle and Six Acre Garden, Clockhouse, Nr Linton.	Whitbread's Goldings Variety	2.1	4	2 x 2 + 2 x 3	10	19+
6.Westwood Garden, Nr Faversham.	Wye Challenger	1.2	3	3	12	4

In each year up to 14 visits were made (approximately weekly) from mid-June, when aphid immigration was at its height until mid-September (just before harvest), when immigration from *Prunus* had been finished for over four weeks; by this time the degree of control exerted by insecticides, parasites, predators and disease was obvious and easily assessed. In 1977 and 1978 the laborious searching method of Aveling (1977) was followed for predators and aphids were counted in the field on single upper, middle and lower leaves from each of ten plants. In 1979/80 a short period search was made for predators on each occasion and ten (10) upper, middle and lower leaves were brought back to the laboratory, washed into a 250 μ mesh sieve and aphids counted in a Doncaster dish (Plate XIV in Southey, 1970); the leaf samples were also examined for predator eggs.

RESULTS

1977

At Brooks Garden, Bockingfold and Westwood Garden, Faversham, no further treatment than the original drench was needed although aphids began to increase alarmingly during July, especially at Westwood. Anthocorid bugs built up in both gardens and completely cleared up the aphid infestation by late August (see also Campbell 1973; Aveling 1977). In the four other gardens (Black Hut, Meads, Norton West and Triangle) the growers had to resort to foliar sprays because the drench did not work sufficiently well; in these four gardens few or no anthocorids were seen and other predators were scarce throughout the critical period in July and early August. The growers did not record spray rates or dates so a special record sheet was devised for 1978.

1978

In the same two gardens as in 1977 no further treatment than the original drench was needed. Aphid migration to hops began in the last week of May and continued until the third week of August and although migrants were very much less numerous than usual (the Rothamsted Insect Survey 10 metre Suction Trap at Wye never registered more than 80 alatae/week compared with 600-800 in normal years) conditions in the crop were quite favourable for build-up. Anthocorid bugs and other parasites and predators were not numerous but evidently there were sufficient to assist the mephosfolan in the two clean gardens (Brooks and Westwood). In the other four gardens conventional spray programmes kept aphids under control from mid-July to harvest. The aphicidal sprays were:- Black Hut, endosulfan on 30 June and 8 August (2 sprays); Meads, methidathion on 12 July and methomyl on 14 July (2 sprays); Norton West endosulfan on 27 June, 7, 19 July, 4 and 14 August plus omethoate on 14 July (6 sprays); Triangle, methidathion on 22 June, 25 July and 7 August, plus omethoate on 22 August (4 sprays). All sprays were high volume (1000-1750 l/ha) and endosulfan was applied at 70 g a.i./100 l; methidathion at 60-90 g a.i./100 l, omethoate at 57-115 g a.i./100 l; and methomyl at 110 g a.i./100 l; all very high dose rates/ha.

1979

Only four (4) gardens were kept under observation (Dignan, 1979); Black Hut, Westwood, Brooks and Meads (1, 6, 2 and 3 in Table I). Black Hut and Westwood were oversprayed during July and August and were abandoned from the point of view of integrated control. Black Hut was sprayed with endosulfan on 12 July when apterous aphids averaged 2/leaf and many plants were very heavily infested. At Westwood spraying was delayed until 2 August when endosulfan was applied and aphids averaged 60/leaf; some plants were blackened with sooty mould and leaves were falling. Meads was mainly oversprayed on 4 August when apterous aphids averaged 128/leaf but about half a hectare at one end was left untreated; aphids built up to unacceptable levels and the trial was considered a failure. At Brooks Garden, Bockingfold, near Goudhurst, no further treatment than the original drench was needed for the third consecutive season and aphids never averaged more than 1/leaf. This is a sloped garden on Wadhurst Clay and as shown in Table I is 2-string Worcester-work (6-8 bines/hill) of the cultivar Wye Target. Two whole rows of plants (about 200 hills) were left undrenched with mephosfolan. The aphid infestation in these rows was so severe that the plants were defoliated and yielded no hops; the rest of the crop was comparatively clean at harvest with only very small numbers of aphids in the cones. In 1979 the aphid invasion was later than usual, beginning with a trickle in late May, but reaching a peak only in the fortnight 8-22 July. Alatae continued to migrate into hops from Prunus until mid-August. Anthocorids were not numerous (they were very obviously concentrated on the two untreated rows of hops at Brooks, but scarce elsewhere in the garden) but there were considerable numbers of hover flies, lacewings and earwigs. Ladybirds were almost totally absent. At none of the four sites were parasites and predators more common than one egg, larva or parasitised individual/10 leaves but at Westwood, aphids with the fungus disease entomophthora averaged 2.2/leaf by 31 July (Dignan, 1979).

1980

Three gardens were visited three (3) times only in 1980. Brooks, Meads and Westwood. At the time of writing (1 August) Meads had been sprayed once with endosulfan during the first week of July but Brooks and Westwood had received only the drench of mephosfolan in late May and

were comparatively free of aphids (except the hills left untreated for comparative purposes which were very heavily infested). Meads was drenched on 12 June, comparatively late, because of the very dry weather and heavy clay soil that had cracked, which may account for the apparent lack of success. Anthocorids were seen at Meads in the latter part of July and it is possible that no further treatment than the single spray and the drench may be necessary.

DISCUSSION

It is evident that predators, especially anthocorid bugs, play an important part in the control of damson-hop aphid and can sometimes clean up quite severely infested gardens (Campbell 1973, Aveling 1977; R. A. Neve - personal communication). However, in the commercial gardens observed here it was equally evident that successful integrated control depended very heavily on the success or otherwise of the mephosfolan drench. In seasons and crops where soil moisture, rainfall and application techniques were satisfactory the drench worked well and kept aphid numbers well in check. Under these circumstances parasites and predators were able to assist in cleaning up the crop. Sometimes (eg Westwood in 1979) the drench had been applied incorrectly or at an unfavourable time in relation to soil moisture and rainfall, the aphids built up rapidly and it was obvious that predators were unable to cope with the problem.

Growers are reluctant to allow even small populations of aphids to develop during July, especially on early-harvested varieties where aphids can move into newly-formed cones. Direct damage by small numbers of aphids in June is thought to be important also. Thus, there is great impatience whilst waiting for predators to arrive. In 1980, when June and July were very wet, the mephosfolan drench worked well under a wide range of conditions. In less favourable years the 'failure' rate of drenches is much greater and incentive to abandon integrated control in favour of foliar sprays is much stronger. The major constraint is, of course, the resistance of the aphid to most insecticides used as foliar sprays and the strong possibility that the pest will soon become resistant to mephosfolan. An alternative to mephosfolan is needed and also a quick and repeatable method of field sampling for the major predators.

I thank Mary Short, Susan Underwood, Geraldine Dignan, R. S. Culpin, A. W. Jackson and M. A. Enfield for field and laboratory assistance and the various hop growers for allowing us to visit their crops and for encouragement.

REFERENCES

- AVELING, C. (1977) The biology of anthocorids (Heteroptera, Anthocoridae) and their role in integrated control of the damson-hop aphid (*Phorodon humuli*). Ph. D. thesis, University of London.
- BURGESS, A. H. (1964) Hops, botany, cultivation and utilisation, Leonard Hill, London and New York, 300 pp.
- CAMPBELL, C. A. M. (1973) Studies on the ecology of damson-hop aphid (*Phorodon humuli*) Ph. D. thesis, University of London.
- CAMPBELL, C. A. M. (1977) A laboratory evaluation of *Anthocoris nemorum* and *A. nemoralis* [Hem: Anthocoridae] as predators of *Phorodon humuli* [Hom: Aphididae]. *Entomophaga* 22 (3) 309-314.
- CAMPBELL, C. A. M. (1978) Regulation of the damson-hop aphid (*Phorodon humuli* (Schrank)) on hops (*Humulus lupulus* L.) by predators. *Journal of Horticultural Science* 53 (3) 235-242.
- CRANHAM, J. C., and MUIR, R. C. (1980) Damson-hop aphid; the scope for pest management. *Proceedings of the IOBC Workshop; Integrated Pest and Disease control in hops, Czechoslovakia 1980.*
- DIGNAN, G (1979) The chemical and integrated control of the damson-hop aphid (*Phorodon humuli*) M.Sc. thesis, University of Reading.
- MUIR, R. C. (1979) Insecticide resistance in damson-hop aphid (*Phorodon humuli*) in commercial hop gardens in Kent. *Annals of Applied Biology* 92 (1), 1-9.
- SCOTT, P. D. (1977) Hops in Britain and West Germany. *Outlook on Agriculture* 9 (4), 174-179.
- SOUTHEY, J. F. (1970) Dishes for counting nematodes in suspension; C, Doncaster counting dish with vertical sides (commercially available pattern) Plate XIV in *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*. HMSO London 148 pp.
- TAYLOR, L. R., WORWOOD, I. P., and TAYLOR, R. A. J. (1979) The migratory ambit of the hop aphid and its significance in aphid population dynamics. *Journal of Animal Ecology* 48, 955-972.

Zusammenfassung: In 6 Hopfengärten in Kent wurde die Wirkung einer Behandlung Ende Mai oder Anfang Juni mit Mephosfolan im Giessverfahren geprüft. Sie wurden 1977 bis 1980 von Mitte Juni bis Mitte September 14 mal kontrolliert. Dabei wurde der Anflug und die Vermehrung der Blattläuse, die durch die Behandlung erzielte Abtötung derselben, der Besatz an Parasiten und Prädatoren und das Auftreten von Blattlauskrankheiten beobachtet. An einem der Standorte (Brooks Garden, Bockingfold bei Goudhurst) war in keinem der 4 Versuchsjahre eine weitere Blattlausbekämpfung nötig. In einem zweiten Hopfengarten (Westwood Farm, Faversham) mussten jedoch 1979 weitere Spritzungen durchgeführt werden. An den übrigen 4 Standorten waren in allen 4 Jahren weitere Spritzungen erforderlich, sie schieden damit für eine integrierte Bekämpfung der Blattläuse aus. Die wichtigsten räuberischen Insekten waren die Blumenwanzen (Anthocoridae), doch kamen in den meisten Hopfengärten auch Schwebfliegen (Syrphidae), Netzflügler (Chrysopidae) und Ohrwürmer (Forficula spp.) häufig vor. Die Marienkäfer (Coccinellidae) waren zwar 1977 und 1978 häufig, traten aber 1979 kaum und 1980 nur spärlich auf.

BIOECOLOGICAL RESEARCH AND INTEGRATED CONTROL OF HOP
PESTS IN ROMANIA

T. Perju and I. Ghizdavu

Institute of Agronomy, Department of Agricultural Entomology,
Cluj-Napoca, Romania

ABSTRACT. During the period 1973 to 1980, fauna and integrated hop crops protection were studied against main pest species. Experimental data are presented on hop crops fauna composition, control by different means of Triodia sylvina L. and Phorodon humuli Schrnk, and incidence of aphid resistance against pesticides.

INTRODUCTION

World wide research work has been done in studying hop pests, bioecology and control: in Great Britain extensive studies have been performed by EDWARDS (1964), CAMPBELL (1978) and COPLAND (1979); in Czechoslovakia by HRDY (1970), KRIZ and PETRLIK (1972), TALMR et al. (1979), ZELENY (1978), NOVOTNY (1974) etc.; in the USSR by DJOLOVA and KUZNETSOVA (1955), MIHAILUKOV (1978); in GDR by BORN (1968); in West Germany by KOHLMANN and KÄSTNER (1975), ZOHREN (1970); in France by CARAISCHI et al. (1961); in Hungary by BENEDEK (1968); in Bulgaria by TZVETKOV (1971).

In Romania, hop breeding though traditional (RUSU, 1978), the phytosanitary condition of hop crops have only been little studied until now. No sooner than 1972 a research program has been initiated on cultural technology, hop breeding and protection (SALONTAI, 1978).

As concerns hop plant pests in Romania, the main species found are: Triodia sylvina L., Melolontha melolontha L., Otiorynchus ligustici L. and Arvicola terrestris L. damaging subterranean organs, and Tetranychus urticae Koch, Psylliodes attenuata Koch, and especially Phorodon Humuli Schrnk, causing injuries on aerial organs, namely the foliar system (PERJU and co-workers, 1974).

MATERIAL AND METHODS

Laboratory and field studies on Triodia sylvina L. and Phorodon humuli Schrnk, and on biological and chemical con-

trol of these main species seen the last 8 years were performed in different areas of the country, especially at Sighisoara and Rupea, main hop breeding areas.

The investigations on T. sylvina L. were done on an old hop breeding farm of a superficies of 100 ha, and lasted from April until October each experimental year. Soil samples were analysed and insects were collected and bred in captivity. Laboratory rearing of young caterpillars failed, instead developing caterpillars captured in the fields and bred on glasshouse hop plants or resulted from pupae, yielded adult insects which layed eggs. The biological material collected - larvae and pupae - maintained in captivity produced hepialid predators and parasites. At the same time host plant were recorded on which caterpillars fed. In controlling hop aphids, some biological and chemical insecticides were manually or semi-mechanically applied. The results are listed in Tables 1 and 2.

The investigations on Phorodon humuli Schrnk were carried out in almost all hop breeding farms of Transylvania on glasshouse and on field cultivated hop plants, and concerned the lower developmental threshold of virginogen females on hop, the sum of actual temperatures needed for growth of one and of all generations developing on hop, aphid preferences for the main hop varieties, aphid populations ND, and aphid natural enemies.

Researches on aphid chemical control were done especially in the field by testing a wide range of organ chloric, organo phosphoric, carbamic, and piretroid insecticides. Selefos 50 CE (Ethyl-parathion) and Fosfotox-Sinoratox R 35 CE (Dimethoate) insecticides were almost exclusively used in aphid control as terms of comparison, for the period 1970 to 1975. Treatments were applied by spraying with an Kioritz type atomyser. Tests were performed by a standard experimental method and the efficacy of tested products was measured on a mortality percentage basis, 48 hours following treatment. Differences as compared to controls were ensured statistically on a limit difference basis.

As seen since 1974 that per cent mortalities caused by control products (Selefos 50 CE and Fosfotox R 35 CE in concentrations of 0.04 to 0.08% and 0.06 to 0.1% respectively) on

hop varieties tested, were lower as compared to other insecticides, starting with 1975 the same products were further experimented but in higher concentrations (0.1 and 0.2 per cent respectively). The results are presented in Tables 3 and 4.

RESULTS

- HOP CATERPILLAR - Triodia sylvina L. Spread all over the country, particularly in the areas Braşov and Sighişoara, this species caused severe damages in hop crops; the numerical density (ND) was sometimes as high as 20 to 60 caterpillars per plant. Under such circumstances cone losses recorded per ha were significant. As studies on insect behaviour have indicated, it produced one generation annually, hibernating as neonate larva on the upper layer of hop cultivated soil. The active larval stage lasted from April until July, with a maximum feeding period in June and early July. Butterfly flight started early August and lasted until October and during this time period a female laid 600 to 1,000 eggs on the fly or on the soil (PERJU and co-workers, 1978). In spring, prior to contact hop shoots, caterpillars feed temporarily on various host plants as Agropyron spp., Mentha spp., Stachis spp. etc., meanwhile all caterpillars concentrate on hop vines and bite stems below the root neck, which hang on wire. Larvae of this species were not seen feeding on Malvaceae plants, as mentioned in the literature (BALACHOWSKY, 1968).

A high caterpillars per cent have normally been infected by fungus Bauveria bassiana Vuill. and parasitised by nematode (Mermithidae) and insects (Tachinidae and Ichneumonidae); of these, ichneumonid Pterocormus terminatorius Graw. seemed to be the most efficient, killing 5 to 15 per cent larvae and pupae (PERJU and co-workers, 1978).

Some results concerning control of hop caterpillar are shown in Tables 1 and 2.

As Table 1 shows, satisfactory results were obtained with almost all products by applying semi-mechanically 1 l. insecticide emulsion on vine. The best results exhibited insecticides Heptachlor 25 CE, Sumithion 50 CE, Selefos 50 CE, Accothion 50 CE, Fosfotox R 35 CE applied at larvae first instars. Poorer results showed granular products and bio-preparations (Table 2).

Table 1. Efficacy of some conditioned emulsifiable insecticides on Triodia sylvina L. control (Criț-Brașov, 1976)

Variant (Product and dose concentration)	Classifi- cation	Mean larvae num./plant alive	dead	% of mor- tali- ty	Diffe- rences as com- pared to non- treated controls	Dif- feren- ces signi- ficance
1. Heptachlor 25 0.5%	III	0.0	2.4	100.0	3.6	xx
2. Heptachlor 25 0.25%	I	1.0	0.4	28.5	2.6	x
3. Sumithion 50 0.2%	I	0.0	4.0	100.0	3.6	xx
4. Sumithion 50 0.1%	VI	1.4	3.0	68.1	2.2	x
5. Selefos 50 0.2%	II	0.0	3.0	100.0	3.6	xx
6. Thionex 35W.P 0.2%	IX	2.2	1.0	31.2	1.4	-
7. Accothion 50 0.2%	III	0.0	2.8	100.0	3.6	xx
8. Fosfotox R ₃₅ 0.2%	I	0.0	5.4	100.0	3.6	xx
9. Lindatix 20 1.0%	II	0.0	3.8	100.0	3.6	xx
10. Non-treated control	XII	3.6	0.0	0.0	-	-

Table 2. Efficacy of some biopreparations and granular chemical insecticides in controlling Triodia sylvina L. (Criț-Brașov, 1977)

Variant (Product and dose concentration)	Larvae no./vine	% Mortali- ty	Difference as compared to non-treat- ed control	Differ- ences signifi- cance
1. Beaverin 0.1%	4	36.51	- 2.3	-
2. Beaverin 0.2%	4	36.51	- 2.3	-
3. Thurinton 0.1%	5	20.64	- 1.3	-
4. Thurinton 0.2%	4	36.51	- 2.3	-
5. Dyfonate 5G log/vine	4	36.51	- 2.3	-
6. Carboyl 5G 10 g/vine	5	20.64	- 1.3	-
7. Dursban 5G 10 g/vine	4	36.51	- 2.3	-
8. Volaton 10G log/vine	3	52.39	- 3.3	-
9. Non-treated control	6.3	-	-	-

As Table 2 shows, larvae mortality varied from 20.64 to 52.32%, generally lower than emulsifiable insecticides caused mortality.

Following a 3-year control program performed on the whole superficies of farm Criț with emulsifiable products ap-

plied on vine, caterpillars eradication was successful, populations ND became non-significant.

- HOP APHID - Phorodon humuli Schrnk. Similarly to other countries, in the area favourable to hop cultivation in Romania as well a rich flora of genus Prunus, primary host of this aphid is encountered. Hence, young and older hop plantations have every year been overwhelmed by dense aphid populations. Furthermore, hop spontaneous flora on which aphid first feed, favour hop plants infestation by migratory winged females. Owing to the aphid uncommon reproduction ability, quick resistance acquired against insecticides used, hop crops protection has all the time been actual, requiring further effective control means against such a dangerous pest.

As investigations revealed, the aphid first appeared on hop crops early in June, when the lower developmental threshold was beyond 8°C. During hop vegetative period the aphid develops 5 to 6 generations which overlap. One generation needs a sum of 140° or 150°C effective temperature for its development (PERJU and co-workers, 1978).

Aphid natural enemies play a minor part in its multiplication; some predator species as Chrysopidae, Coccinellidae, and Syrphidae lessen insignificantly aphid populations. Hop varieties are attacked in a differential manner, some of them are more tolerant, some are more susceptible (PERJU et al. 1978).

Chemical control of Phorodon humuli Schrnk is still a current problem since many insecticides, though effective, the aphid acquires resistance against them so that their use fails to yield the results expected. A wide range of insecticides have been used for more than ten years to a large extent; initially, organo-chloric derivatives, then organo-phosphorous and particularly products based on Parathion and Dimethoate, further Malathion, Diazinon etc. Lately, organo-phosphorous products as Phosdrin, Actelic, Bidrin, Fernos, and more recently, synthetical pyretroid insecticides like Ambusch, Permetrin, Ripcord, Decis, Sumicidin have been largely used.

Laboratory and field experiments included more than 40 insecticides showing mainly satisfactory early results. Yet, the use of the same insecticides in the field induced, a few generations later, a well marked aphid resistance to insecticides (Table 3 and 4).

Table 3. Selefos 50 CE (Ethyl-parathion) and Fosfotox R 35 (Dimethoate) insecticides evolutive efficiency in controlling Phorodon humuli Schrnk pest (Sighisoara-Mures, 1973 to 1978).

Product and concentration used	Percent of mortality for the time period					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Selefos 50 CE 0.04%	98.6	97.9	97.2	83.9	-	-
Selefos 50 CE 0.08%	99.4	98.8	98.3	96.6	77.6	42.3
Selefos 50 CE 0.1%	-	-	99.7	98.2	86.8	57.7
Selefos 50 CE 0.2%	-	-	-	99.7	96.7	90.8
Fosfotox R35 CE 0.06%	89.2	78.2	-	-	-	-
Fosfotox R35 CE 0.1%	-	98.5	98.4	98.2	43.4	-
Fosfotox R35 CE 0.2%	-	-	-	99.0	79.6	53.3

As listed in Table 3, starting with 1974 aphid populations grew progressively resistant against products based on Ethyl-parathion and Dimethoate so that in 1978 a Selefos 50 CE 0.2% concentration was less efficient than the 0.04% concentration (5 times lower) in 1973.

A more rapid resistance aphids developed against Fosfotox R 35. Since a Fosfotox 0.1% concentration caused a 98.5% mortality rate in 1974, three years later (1977) per cent mortalities diminished to 43.4%, and with a concentration of 0.2% the initial mortality rate of 99.07% lessened to 53.3%, for the same period of time.

In avoiding aphid resistance against pesticides, new insecticides were tested, the results of which are presented in Table 4.

As seen in Table 4, aphid resistance has been expressed against insecticides based on Parathion and Dimethoate but though mortality differences obtained with such products were highly significant they only represented 77.65%, a rate not so bad, anyhow less satisfactory than that of the new products which amounted to 88.85 and 99.78%.

DISCUSSION

Incidence and development of Phorodon humuli Schrnk, resistance at Sighisoara were observed against other organophosphoric products (Methyl-parathion, Malathion etc.), though

Table 4. Efficacy of new insecticides in controlling Phorodon humuli Schrnk (Sighisoara-Mures, 1977)

Variant (Product and concentration used)	ND aphid/ leaf.-	Differ- ences as compared to non- treated control	% of morta- lity	Differ- ence sig- nificance as com- pared to controls
Parathion 50 CE 0.08%	20.90	-72.60	77.65	0 0 0
Fosfotox R35 CE 0.1%	52.16	-40.60	43.42	0 0 0
Fernos 50 PM 0.05%	10.43	-83.07	88.85	0 0 0
Thionex 50 PM 0.2%	6.73	-86.77	92.81	0 0 0
Cotnion F 20 CE 0.2%	0.96	-92.83	99.30	0 0 0
Hostaquick 50 CE 0.08%	0.66	-92.84	99.30	0 0 0
Naled 50 CE 0.08%	1.16	-92.34	98.76	0 0 0
Thiodan 35 CE 0.1%	1.96	-91.54	97.91	0 0 0
Decis 25 CE 0.1%	0.90	-92.60	99.04	0 0 0
Phosdrin 24 CE 0.05%	1.40	-92.10	98.51	0 0 0
Nogos 50 CE 0.05%	0.43	-93.07	99.55	0 0 0
Dimecron 50 CE 0.08%	1.53	-91.97	98.36	0 0 0
CGA 15324 0.08%	0.53	-92.97	99.43	0 0 0
Enlofos 50 CE 0.08%	0.20	-93.30	99.78	0 0 0
Croneton 50 CE 0.08%	0.66	-92.84	99.29	0 0 0
Permethrin 25 CE 0.1%	0.26	-93.24	99.72	0 0 0
Non-treated control	93.50	-	-	-

less markedly. An explanation of this aphid behaviour consists in the use by the hop growing farm in the area of products based on Ethyl-parathion (Ekatox 50 CE, E 605, Lirothion 50 CE, Selefos 50 CE etc.) and on Dimethoate (Bi 58, Ekatin, etc.) alternatively with other organo-phosphoric products showing similar chemical structures (Intrathion, Metathion, Malathion etc.) since 1960. Still, aphid resistance was much enhanced by 1970 when insecticides based on Ethyl-parathion and on Dimethoate were almost exclusively used.

Exclusive use of two insecticides caused a strong selective pressure on aphid local populations, of which 0.5 to 3% survived treatments, each of them showing more or less marked resistance.

Considering the climatic conditions in Transylvania, where Phorodon humuli Schrnk develop at least 5 to 6 virgigen generation yearly, it results that from 1970 to 1978 54 generations were exposed to a selective pressure following Ethyl-parathion and Dimethoate treatments. As almost 60 aphid generations were at least partially in contact with the above mentioned products the last decade, resistance incidence and its accelerated dynamics during the past 4 to 5 years was

evident. Consequently, and as a series of other insecticides based on different chemical structures (Pgaretoird, Carbamate) showed a high efficacy against local populations of Phorodon humuli Schrnk. the hop breeding area of Sighișoara in the whole applied these new products on a large scale the last 3 years, in alternat treatments of 3 insecticides at least.

REFERENCES

- BABACHOWSKY, A.S.(1968): Entomologie appliquée à l'agriculture. II, 2: Lepidoptères. Masson et Cie, Paris.
- BENEDEK, M.I. (1968): Vizsgálatok a kómló hazai kartevoín. A Növényvédelem Korzerucitese. 2,1; 49-59.
- BORN, M.(1968): Beitrage zur Bionomie von Phorodon humuli Schrnk.. Arch. Pflanzenschuts. 4,1: 37-52.
- CAMPBELL, C.A.M.(1978): Regulation of the damson-hop aphid (Phorodon humuli Schrnk.) on hops (Humulus lupulus L.) by predators. J. Hart. Sci., 53, 3: 235-242.
- CARAISCHI, E.A., HARRANGER, J. and KUCALY, J. (1961): La lutte contre les insectes nuisibles aux hublon. Journées françaises d'études et d'information. Paris.
- COPLAND, M.J.W. (1979): Hymenoptera in hop gardens, with particular reference to parasitoids associated with the damson-hop aphid Phorodon humuli. Entomol.exp.et appl., 25, 2: 146-152
- DJOLOVA, N.G. and KUZNETOVA, A.P. (1955): Vrediteli i bolezni hmélea i borbi s nimi. Pišeepromizdat. Moskva.
- EDWARD, C.A. (1964). The bionomics of swift moths.I.The ghost swift moth, Hepialus humuli (L.). Bull.ent.Res., 52,1, 147-160.
- HRDY, J.(1970): Premnozeni Msice Chmelova. Chmelarstvi, 43, 11:166-167
- KRIZ, J. and PETRLIK, Z.(1972): 50 let Hmelarského výzkumu v Československu, 1922-1972. Praha.
- KOHLMANN, H. and KASTNER, L.(1975). Der Hopfen.388 pp.Hopfen Verlag Wolnzach.
- MIHAILIUKOV, V.S.(1978): Opasni parazit hmelca. Zasc.rast. vred. i bolezni, 6:42
- NOVOTNY, J. (1974): The effectiveness of new spray materials against hop aphid. Hmelarstvi, 44, 7: 109-110.
- PERJU, T., MUSFT, D. and GHIZDAVU, I. (1974): Dăunătorii plantațiilor de hamei și combateres lor integrată. Probl. Protecția Plantelor, 2, 4 : 407-420
- PERJU, T. and GHIZDAVU, I.(1978): Contribuții la cunoașterea biologiei și ecologiei omizii hameiului, Triodia sylvina L.(Hepialidae-Lepidoptera).Stud.și Cerc.Biol., ser.Biol.anim., 29, 1: 88-85 Bukareat.
- PERJU, T., ZAHARIA, R., GHIZDAVU, I., ZAHARIA, R. and STAN,O. (1978): Comportarea unor soiuri de hamei la atacul pădușelului verde (Phorodon humuli Schrnk.).Simpozion II.

Cultura Hameiului în România. pp. 155-158 Cluj-Napoca.

PERJU, T., GHIZDAVU, I., NUSSBAUMER, M., HAZARIA, R. and

PAAL, G. (1978): Rezultate experimentale cu noi insecticide în combaterea păduchelui verde al hameiului (Phorodon humuli Schrank.) Simpozion II: Cultura hameiului în România. pp. 149-154.

RUSU, C. (1978) Situația actuală și perspectivele culturii hameiului în R.S. România. Simpozion II: Cultura hameiului în România. 7-11, Cluj-Napoca.

SALONTAI, A., MUNTEANU, L. și KOPROS, O. (1978): Principalele însușiri morfologice, biologice și calitative ale soiurilor de hamei cultivate în România. Simpozion II: Cultura hameiului în România: 12-18. Cluj-Napoca.

TAIMR, L., HOLMAN, L. HODAN, J. and KRIZ, J. (1979): Spring migration of the hop aphid Phorodon humuli Schrnk. (Homoptera, Aphididae). Acta entom. Bohemoslov., 76: 10-21

TZVETKOV, D. (1971): Golemist liužerno hobotnik opasen nepriatelii po hmela u nas. Rastit. Zast., 19, 10: 18-22. Sofia.

ZELÉNY, F. (1978). Changes in the distribution of aphidophagous insects of the hop aphid, Phorodon humuli Schrnk. Ann. Zool., Ecol. anim., 10, 3: 377-380

ZOHREN, F. (1970): Möglichkeiten einiger integrierter Bekämpfung von Hopfenschädlingen. Z. Angew. Ent., 65, 4: 412-418, BDR.

ZUSAMMENFASSUNG. Im Zeitraum 1973 - 1980 wurde die Fauna des Hopfens vom Blickpunkt des integrierten Pflanzenschutzes gegen die hauptsächlichlichen Schädlinge: Tirodia sylvina L. und Phorodon humuli Schrnk beobachtet. Experimentelle Daten in bezug auf die Faunazusammensetzung der Hopfenpflanzungen, die Bekämpfung der hauptsächlichlichen Arten mit verschiedenen Mitteln, sowie das Auftreten der Pestizidresistenz bei der Hopfenblattlaus werden beschrieben.

ERSTE ERFAHRUNGEN BEI DER EINFÜHRUNG DES GEZIELTEN PFLANZENSCHUTZES IN DEN HOPFENBAU DER DDR

U. Schmidt

VEB Hopfen und Malz, Leipzig, Deutsche Demokratische Republik

ZUSAMMENFASSUNG

Die auf Grund sporadischer Bestandsüberwachung durchgeführte Bekämpfung der Schaderreger des Hopfens führte zu hohen materiellen und personellen Aufwendungen sowie zur verstärkten Belastung der Umwelt durch chemische Schadstoffe. Zur Sicherung hoher und stabiler Erträge waren bis zu 20 fungizide Spritzungen notwendig. Die Erarbeitung eines Entwurfs des Programmes zur systematischen Bestandsüberwachung des Hopfens stellt eine der Voraussetzungen zur Einführung des integrierten Pflanzenschutzes dar. In diesem Programm ist die Überwachung der Hauptschaderreger Luzernerüßler, Hopfenblattlaus, Gemeine Spinnmilbe, Falscher Mehltau und Echter Mehltau Hauptbestandteil.

EINLEITUNG

Im Hopfenbau der DDR gelten zur Zeit als Hauptschaderreger der Luzernerüßler, die Hopfenblattlaus, die Gemeine Spinnmilbe sowie der Falsche und Echte Mehltau, von denen die Hopfenblattlaus und der Falsche Mehltau in ihrem schädigenden Einfluß auf den Hopfenertrag an erster Stelle liegen. Die bisherige Bekämpfung dieser Schaderreger erfolgte nach Erfahrungswerten oder auf Grund einer überwiegend sporadischen Bestandsüberwachung, wodurch die Anzahl der Spritzungen seit Beginn des Hopfenanbaues ständig stieg. Kam man in den 50er Jahren noch mit durchschnittlich drei fungiziden Spritzungen pro Jahr aus, so waren es 1977 schon durchschnittlich 10 Applikationen. 1978 gab es bereits Betriebe, die 20 mal gegen Falschen Mehltau spritzten, denn es gab bisher keine Möglichkeit, eine eventuell auftretende Infektion exakt vorauszusagen und die Spritzungen danach einzu-

setzen. In der Regel wurden die fungiziden Spritzungen pauschal durchgeführt, obwohl zu Zeitpunkten ohne Infektionsgefahr Behandlungen nicht nötig sind. Ebenso verhielt es sich mit den insektiziden Applikationen, nur in niedrigeren Relationen, wobei neben der schädigenden Beeinflussung der Biosphäre die zunehmende Resistenz der Hopfenblattlaus und der Gemeinen Spinmilbe durch unzureichenden Wirkstoffwechsel eine wesentliche Rolle spielt.

Das führte zu immer höheren materiellen und personellen Aufwendungen und zu einer immer stärker werdenden Belastung der Umwelt durch chemische Schadstoffe, um das erreichte Ertragsniveau zu halten bzw. Ertragssteigerungen zu erzielen. Durch die Einführung des integrierten Pflanzenschutzes soll einer einseitigen chemischen Bekämpfung mit allen negativen Auswirkungen entgegengewirkt werden durch eine sinnvolle Kombination von kultur-technischen, biologischen und chemischen Vorbeuge- und Bekämpfungsverfahren. Voraussetzung dazu ist die Anwendung eines gezielten Pflanzenschutzes auf der Grundlage einer systematischen Bestandsüberwachung, um die Anzahl der chemischen Applikationen zu verringern, Wirkstoffwechsel durchzuführen und selektiv wirkende Präparate einzusetzen. Die Auswahl geeigneter Kulturmaßnahmen bzw. ständige Verbesserung der agrotechnischen Verfahren im Hinblick auf eine vorbeugende Bekämpfung wird dabei selbstverständlich mit einbezogen. Deshalb wurde im vorigen Jahr der Entwurf eines Programms zur systematischen Bestandsüberwachung erarbeitet, auf dessen Grundlage in verschiedenen Hopfenanlagen des Anbaugesbietes seit 1979 systematische Beobachtungen im Bestand und an den Schaderregern durchgeführt werden.

LUZERNERÜSSLER (OTIORRHYNCHUS LIGUSTICI)

Die ersten Ermittlungen erfolgten bereits ab Mitte März, um das Auftreten des Luzernerüsslers im Bestand und seine Aktivität rechtzeitig zu erkennen. Dazu wurden 1979 und 1980 die täglichen Bodentemperaturen in 50 cm, 20 cm, 10 cm und 5 cm Tiefe ermittelt, da das Wandern des Käfers aus der Puppenkammer in 30 bis 40 cm Tiefe zur Erdoberfläche sowie seine Fraßtätigkeit wesentlich von der Bodentem-

peratur abhängen. Außerdem wurde der Hopfenaustrieb in regelmäßigen Abständen auf Fraßstellen untersucht.

Aus den Beobachtungen ergaben sich als kritische Temperaturen, bei deren Überschreitung mit Käferfraß zu rechnen ist, folgende Werte:

in 50 cm Tiefe = 7 °C

20 cm Tiefe = 8 °C

10 cm Tiefe = 9 °C

5 cm Tiefe = 10 °C,

wobei die Temperaturen in 50 und 20 cm Tiefe für die Fraßtätigkeit des Käfers von untergeordneter Bedeutung sind, so daß sie in Zukunft vernachlässigt werden können. In den betreffenden Betrieben wurde durch diese täglichen Temperaturmessungen und Auszählen der angefressenen Hopfentriebe der optimale Bekämpfungszeitpunkt ermittelt, welcher beim Luzernerüßler oftmals nur Stunden betragen kann, so daß eine erfolgreiche Käferbekämpfung durchgeführt werden konnte. Der Bekämpfungserfolg wurde bis sieben Tage nach der Applikation lediglich durch Kontrolle auf frische Fraßspuren an einer bestimmten Anzahl Pflanzen ermittelt. Sind mehr als an 10 % der befallenen Kontrollpflanzen frische Fraßspuren festzustellen, muß die Bekämpfung wiederholt werden. Das Auszählen vorhandener Käfer zur Festlegung des Bekämpfungszeitpunktes und zur Ermittlung des Bekämpfungserfolges erscheint nicht geeignet, da der Käfer auf Grund seiner unauffälligen Farbe und seiner verborgenen Lebensweise schwer auffindbar ist. Für eine gezielte Bekämpfung des Luzernerüßlers erwiesen sich die Kriterien tägliche Messung der Bodentemperaturen ab Mitte März in 10 und 5 cm Tiefe und tägliche Kontrolle der Fraßtätigkeit an den Hopfentrieben ab Erreichen der genannten kritischen Temperaturen am erfolgreichsten. Eine zusätzliche Larven- und Käferkontrolle im vorhergehenden Herbst durch Ausgraben von mindestens fünf Hopfenstöcken je befallene Anlage gibt Informationen über die Befallsstärke an Käfern in den folgenden Jahren.

HOPFENBLATTLAUS (PHORODON HUMULI)

Die systematische Kontrolle der Hopfenblattlaus verlangt weit mehr personellen Aufwand als die Überwachung des Luzernerüßlers, da eine regelmäßige Kontrolle während der gesamten Vegetationszeit gewährleistet sein muß.

Die Überwachung beginnt Ende Mai mit dem Aufstellen von mindestens zwei mit Wasser gefüllten Gelbschalen in 1 m Höhe in Luv und Lee unmittelbar am Hopfenschlag, um den Beginn und die Stärke des Zufluges der geflügelten Hopfenblattläuse von den Winterwirten zum Hopfen zu erfassen. Die Kontrolle und Auszählung der Läuse erfolgt mindestens zweimal wöchentlich bis Erntebeginn, wobei nach jeder Kontrolle das Wasser in den Gelbschalen erneuert wird. Bei durchschnittlich 10 Läusen und mehr je Termin muß die Befallskontrolle im Bestand verstärkt werden.

Da die Erstbesiedlung des Hopfens mit geflügelten Läusen vom Rand her erfolgt, wird einmal wöchentlich vor der ersten Behandlung der Rand der Anlage auf Läusebesatz kontrolliert. Nach der ersten Behandlung ist eine wöchentliche Kontrolle im gesamten Bestand notwendig. Diese Kontrolle ist entweder als Ganzpflanzenkontrolle oder als Blattkontrolle möglich. Bis 2 m Bestandshöhe kann die Zuflugstärke der Hopfenblattlaus an der gesamten Pflanze visuell eingeschätzt werden. Ab 2 m Bestandshöhe erfolgt die Ganzpflanzenkontrolle stichprobenartig mittels einer fahrbaren Bühne oder durch Aushängen der Pflanze bei Häkchenaufhängung oder durch Herunterreißen der Pflanze bei Bindfadenbefestigung. Auch eine Beurteilung des Blattlausbefalls an Fallreben ist möglich. Die Einstufung des Blattlausbefalls in verschiedene Befallstärken kann anhand von Boniturnoten nach folgendem Schema vorgenommen werden:

Boniturnote 9	=	0 % Befall
Boniturnote 7	=	über 0 % bis 5 % Befall
Boniturnote 5	=	über 5 % bis 15 % Befall
Boniturnote 3	=	über 15 % bis 35 % Befall
Boniturnote 1	=	über 35 % bis 100 % Befall

Ergibt die Einschätzung bei 50 % der kontrollierten Pflanzen Boniturnote 5 und niedriger, so ist eine Bekämpfung erforderlich. Einfacher und für alle Aufhängungsverfahren ist die Blattkontrolle, die mittels Messerstange diagonal zu den Reihen durchgeführt werden kann. Dazu wird am oberen

Ende einer mindestens 4 m langen Stange ein scharfes Messer befestigt, mit welchem aus dem oberen Pflanzendrittel je Bestandseinheit mindestens 50 Blätter von verschiedenen Stellen entnommen werden. Als eine Bestandseinheit wurden 15 ha angenommen. Sind von den kontrollierten Blättern 50 % befallen, so ist eine Bekämpfung erforderlich. Zusätzlich sollten die unteren Blätter der Pflanzen auf Honigtau beobachtet werden, welcher ein sicheres Zeichen für den Befall mit Blattläusen darstellt. Nach erfolgter Behandlung ist eine Kontrolle des Bekämpfungserfolges erforderlich. Dieser kann am besten durch Einschätzung der gesamten Pflanze nach dem bereits beschriebenen Befallsklassenschema 9 ... 1 beurteilt werden. Die Kontrolle des Bekämpfungserfolges sollte am zweckmäßigsten bei Kontaktinsektiziden 1 Tag, bei Systeminsektiziden 3 Tage und bei Gießpräparaten und Granulaten 7 Tage nach der Behandlung durchgeführt werden. Die Wiederholung einer Bekämpfung richtet sich nach dem Untersuchungsbefund analog der Befallskontrolle.

GEMEINE SPINNMILBE (TETRANYCHUS URTICAE)

Die Gemeine Spinnmilbe tritt im allgemeinen immer wieder an den gleichen Stellen auf, wobei Rand- und Mastenreihen bevorzugt werden. Nur in ausgesprochenen Trockenjahren kann es zu großflächigem Befall kommen, wenn die rechtzeitige Kontrolle versäumt wurde. Deshalb sollte die systematische Bestandskontrolle bereits ab Anfang Mai im 14tägigen Abstand und ab Mitte Juni im 7tägigen Abstand erfolgen, indem auf den bekannten Flächen in den Rand- und Mastenreihen mindestens 30 Pflanzen in ihrem unteren Drittel auf Spinnmilbenbefall untersucht werden. Sind 5 % der kontrollierten Pflanzen befallen, ist eine Bekämpfung erforderlich. Die Kontrolle des Bekämpfungserfolges erfolgt wiederum an mindestens 30 Pflanzen je Bestandseinheit wie bei den Blattläusen. Wird ein Spinnmilbenbefall durch sorgfältige systematische Beobachtung rechtzeitig erkannt und sofort bekämpft, ist in der Regel eine weitere Ausbreitung der Spinnmilbe nicht zu befürchten.

FALSCHER MEHLTAU (PSEUDOPERONOSPORA HUMULI)

Weitaus problematischer muß die Bestandsüberwachung und Prognose des Falschen Mehltau beurteilt werden, denn zur Zeit ist der Hopfenanbauer auf eine große Anzahl prophylaktischer Spritzungen angewiesen.

Der Zeitpunkt der Infektion und die Stärke des Mehлтаubefalls hängen im wesentlichen von klimatischen Faktoren wie rel. Luftfeuchte, Niederschlag, Benetzungsdauer der Blätter, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer sowie von dem Vorhandensein anfälligen Pflanzenmaterials ab, wobei den Faktoren Lufttemperatur und Benetzungsdauer der Blätter wahrscheinlich der stärkste Einfluß zukommt. Ausgehend von dieser Annahme wird seit einem Jahr versucht, durch kontinuierliche Erfassung der rel. Luftfeuchte und Lufttemperatur sowie der Benetzungsdauer der Blätter durch Aufstellen von Blattfeuchteschreibern im Bestand Beziehungen zwischen diesen Faktoren und der Anzahl befallener Triebe auf einer dafür festgelegten Fläche zu finden, um eventuell daraus für die Praxis eine leicht anwendbare, ausreichend exakte Methode zum gezielten Einsatz chemischer Präparate zu entwickeln. Die Ermittlungen stehen noch am Anfang, so daß darüber keine Aussagen gemacht werden können.

ECHTER MEHLTAU (SPHAEROTHECA HUMULI)

Der Echte Mehltau hat nach anfänglichem kalamitären Auftreten an Bedeutung etwas verloren, nachdem einer gründlichen Bodenbearbeitung wieder erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt wird. In den letzten Jahren zeichnete sich deutlich ab, daß starker Mehлтаubefall nur in Anlagen mit Nichtschnitt auftrat. Die in diesen Anlagen zwangsläufig durchgeführte minimierte Bodenbearbeitung begünstigte zweifelsohne das Überwintern der Kleistothezien bzw. des Pilzmyzels. Daraus ergab sich die Forderung nach einer gründlichen, wendenden Bodenbearbeitung bereits im Herbst, Einebnen der Dämme und Schnitt des Hopfens in gefährdeten Anlagen, um die Fruchtkörper in tiefere Bodenschichten zu bringen und eventuehl vorhandenes Pilzmyzel zu vernichten. Eine sorgfältige mechanische Unkrautbekämpfung vor allem im Frühjahr und während der gesamten Vegetation ist notwen-

dig, um Unkräuter als Zwischenwirte des Echten Mehltau auszuschalten. Außerdem ist eine frühzeitige und sorgfältige Bestandsüberwachung besonders wichtig. Bereits ab 1. Juni sollten besonders in wiederholt befallenen Beständen wöchentliche Kontrollen auf Blattbefall an mindestens 10 Probestellen verteilt im Bestand durchgeführt werden.

Dabei sind Masten- und Ankerreihen sowie üppige Bestände zu bevorzugen. Bei der besonders anfälligen Sorte "Nordischer Brauer" genügt eine Blattkontrolle in den unteren Pflanzenregionen nicht, hier sollte ab Mitte Juli eine Ganzpflanzenkontrolle auf Blatt-, Blüten- bzw. Zapfenbefall mittels Bühne, Aushängen oder Herunterreißen der Reben erfolgen. Diese intensive Kontrolle der ganzen Pflanze ist besonders während der Zapfenbildung und -reifung wichtig, da der Echte Mehltau auf Grund seiner Bevorzugung diffuser Lichtverhältnisse bei Spätbefall zuerst den sogenannten "Mutterhopfen", das sind die Zapfen an der Hauptrebe, befällt. Dieser Befall ist vom Boden her nicht zu erkennen und es kommt oft zu Fehleinschätzungen des Ausmaßes eines Mehltaubefalls. Werden die ersten Anzeichen einer Mehltauinfektion festgestellt, ist sofort eine wirksame Bekämpfung einzuleiten.

Ebenso wichtig wie die Erstbefallskontrolle ist die Kontrolle des Bekämpfungserfolges. 5 ... 7 Tage nach jeder Behandlung wird wiederum eine Ganzpflanzenkontrolle an mindestens fünf Probestellen verteilt im Bestand durchgeführt. Sind keine Anzeichen einer weiteren Infektion festzustellen, werden die Behandlungsintervalle vergrößert. Bei erneutem Mehltaubefall muß die chemische Bekämpfung intensiv in Abständen von 7 ... 9 Tagen mit kurativ wirkenden Mitteln fortgeführt werden, wobei ein Wirkstoffwechsel einbezogen werden sollte.

ABSTRACT. Hop pest control required a major equipment and a considerable amount of extra work in addition to resulting in a great pressure on the environment by pesticide chemi-

cals. To assure high and stable yields it was necessary to make as many as twenty fungicide spray applications. The development of a draft program of systematic control is an important prerequisite of the introduction of integrated crop protection. This program provides for the effective control of such pests as alfalfa weevils, hop aphids, common red spiders, and downy and powdery mildew.

CONCLUDING REMARKS

At the second IOBC Panel "Integrated Pest and Disease Control in Hops" topical problems of hop protection and possibilities of integrated control were considered from the following aspects:

(1) Resistance in the key pest, the damson-hop aphid, and, in a certain degree, also in the secondary pest, the two-spotted spider mite, constitutes a serious hindrance to an ecological approach to the protection of hops. Since the last IOBC Panel in 1975 some progress has been achieved towards the unification of methods used for monitoring and measurement of resistance and biochemical methods have been introduced into the study of resistance in the hop aphid. Enlarged understanding has been arrived at on the resistance spectrum in some regions. Knowledge accumulated so far permits proper orientation of control measures based on currently used insecticides and allows adequate choice of insecticides effective on local populations of resistant pests. Attention should be focussed on the study of resistance stability and the search for alternative means and methods capable of retarding the development of resistance.

(2) Studies of pests and pest antagonists in hop gardens provided new data on the seasonal dynamics of pests and predators and on the effectiveness of some pesticides on them. Further investigations should be based on systems approach and experiments aimed at strengthening the role of pest antagonists in hop gardens. In view of the specific conditions under which large quantities of agrochemicals are being continually applied in hop cultivation consideration should be given to the comprehensive impact by insecticides, fungicides and herbicides on both the target and the non-target species. This includes, for instance, the impact by insecticides, fungicides and fertilizers on the plant, and through the plant on the pest. Studies of the influence of pesticides and agro-technical treatment on the species diversity and the stability of ecosystems in hop gardens deserve major attention. All these aspects should be given consideration, but we should not allow the complex nature of the problem to lead us to postponement of the urgent task to establish, as soon as possible,

economic threshold levels for the major pests and diseases and make them available to practice.

(3) The results obtained from studies directed at supervised control of peronospora have shown that adequate application of our understanding of the etiology of this disease might enable us essentially to bring under our control the regime of chemical treatment, and to reduce importantly the number of treatments and thus to limit the amount of pesticides applied.

(4) The surveys presented on the actual situation in hop protection revealed that, unceasingly, large amounts of chemical pesticides are being applied, especially against the hop aphid. Reports on first projects in hop gardens based on principles of integrated control show some promise of future progress. However, adequate solutions must be sought and geared to the specific conditions prevailing in the individual regions.

(5) Data presented on the bionomy, ecology, and harmfulness of pests contributed to deepen our understanding of these phenomena. However, there still remains the need for additional refined data as well as for comprehensive summarizations in the form of monographs devoted to individual pests and pathogens.

Draft agenda

- (1) The organizers of the present workshop will take care of the editing of manuscripts and collateral material produced by the second IOBC Panel and will make it available, as soon as possible, to the representatives of the West Palaearctic Regional Section of IOBC for publication in the Proceedings.
- (2) It has been recommended to hold the next IOBC Panel in the summer of 1982 in Wolnzach-Hüll/München following on the meeting of the Scientific Commission of the International Hop Bureau.
- (3) The participants were recommended to include in their mailing lists addresses of colleagues they met at the present Panel and to profit by mutual exchange of publications on pests, diseases and the protection of hops.

НАЗВАНИЯ ДОКЛАДОВ И РЕЗЮМЕ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ХМЕЛЕВОДСТВО В ЧЕХОСЛОВАКИИ

/Стр. 3/

А. Сrp

Выращивание хмеля в средней Европе, на территории современной Чехословакии, имеет очень старую традицию. Приводится обзор правовых норм и экономических мероприятий в связи с выращиванием и торговлей хмелем. В настоящее время в Чехословакии хмель выращивается на площади около 11 000 га и по продукции хмеля занимает Чехословакия свой долей около 10% в мировой продукции 3-е место. Выращивается лишь один сорт "полуранный червенияк", оцениваемый из-за своего отличного качества. Хмель выращивается в 5 областях; приводятся климатические и почвенные условия. В хронологическом порядке дается обзор развития хмелеводческого исследования начиная с первых опытов директора Зимнего сельскохозяйственного училища Й. Томеша в г. Раковник (1885) до создания Научно-исследовательского института хмелеводства в г. Жатец и постройки нового здания, сданного в эксплуатацию в 1974 г.; институт теперь входит в состав отраслевого предприятия "Хмелеводство".

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ И ПАУТИННОГО КЛЕЩА

К ПЕСТИЦИДАМ НА ХМЕЛЕ В АНГЛИИ

/Стр. 11/

Р. К. Мюр и Дж. Э. Кренхэм

С 1966 г. по 1979 г. проводился сбор хмелевой тли и паутинного клеща в хмельниках, и в биологических тестах сравнивалась их реакция на пестициды с таковой чувствительных штаммов. У тлей появилась высокая резистентность к большинству, однако, не ко всем фосфорорганическим соединениям (ФОС); она пока еще низка к некоторым карбаматам; в 1978-79 гг. появилась резистентность к эндосульфону, но не к пиретроидам. У паутинного клеща выявлена высокая резистентность ко всем ФОС и часто к дикофолу. Резистентность к карбаматам низка,

однако, существующие карбаматы являются лишь слабыми акарицидами; не была установлена резистентность к цигексатину, очень низкая резистентность выявлена к тетрадифону.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ПАУТИННОГО КЛЕЩА И ТЛИ НА ХМЕЛЕ В УССР

/Стр. 16/

А. П. Воровой

Резюме и полный текст доклада на русском языке смотри на стр. 16.

СТАНДАРТНЫЙ ТЕСТ НА ОСНОВАНИИ ОПРЫСКИВАНИЯ И РЕЗИДУАЛЬНОГО
ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ И ДИП-ТЕСТ ДЛЯ НАДЗОРА
ЗА РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ У ТЛЕЙ /Стр. 21/

И. Грды и Б. Кульдова

Указаны принципы и дано описание двух методов: Тест опрыскивание - резидуальное действие более трудоемок и годится как для определения, так и измерения резистентности. С помощью дип-теста можно быстро получить ориентировочные данные, применимые для надзора за резистентностью у полевых популяций тлей.

СПЕКТР РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЧЕХОСЛОВАЦКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ
PHORODON HUMULI К ИНСЕКТИЦИДАМ /Стр. 29/

И. Грды и И. Кражи

С помощью стандартного теста были получены основные данные (base line data) по действию 31 фосфорорганического инсектицида, 11 карбаматов, 3 пиретроидов и 1 циклодиена - хлорированного инсектицида на чувствительные лабораторные референтные штаммы хмелевой тли. Дан обзор данных о спектре резистентности популяции "Steknik" из чешской хмелеводческой области и приведены некоторые дополнительные данные о резистентности хмелевой тли из других областей. Обсуждается вопрос о стабильности резистентности к инсектицидам у полевых популяций тлей и в лабораторных культурах.

ИСПЫТАНИЕ АКТИВНОСТИ ЭСТЕРАЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ
ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ PHORODON HUMULI SCHRK. К ИНСЕКТИЦИДАМ

/Стр. 40/

Р. Вьхи и А. К. Вэх

У хмелевой тли, собираемой с дикорастущего хмеля и в производственном хмельнике, измерялась колориметрическим методом активность ацетилхолинэстераз и карбоксилэстераз. Карбоксилэстеразы исследовались методом электрофореза. Результаты сравнивались с результатами биотестов, в которых изучалась эффективность инсектицидов диметон-С-метилсульфоксида и ацефата в искусственной пище. Была установлена позитивная корреляция между повышенной активностью карбоксилэстераз и резистентностью к испытуемым инсектицидам. Эти результаты показывают, что не требующее большой затраты времени биохимическое испытание является оптимальным для быстрого установления общего уровня резистентности в полевых популяциях хмелевой тли.

СПЕКТР РЕЗИСТЕНТНОСТИ К ИНСЕКТИЦИДАМ У ПОПУЛЯЦИЙ ХМЕЛЕВОЙ
ТЛИ PHORODON HUMULI ИЗ РАЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ:

ПРИМЕЧАНИЯ К МЕХАНИЗМУ РЕЗИСТЕНТНОСТИ /Стр. 46/

Я. Шула, В. Кульдова и И. Грды

С помощью биологических и биохимических испытаний изучалась резистентность штаммов хмелевой тли из чешской хмелеводческой области (Stekník), из Баварии (Hüll, область Hallertau) и из Англии (Hereford) по сравнению с чувствительными штаммами. Эстеразы можно подразделить с помощью электрофореза на 5 зон и из них для резистентных штаммов характерна только повышенная активность эстеразы 3, в наибольшем количестве присутствующая у штамма Stekník, затем Hereford и Hüll. По степени ингибиции действия дикротофоса пиперонилбутоксидом можно судить о том, что в резистентности принимают участие микросомальные оксидазы, а то в большей степени у штамма Hüll и в меньшей степени у штамма Stekník. История применения инсектицидов в борьбе с хмелевой тлей отражается в спектре

резистентности местных популяций, отличающихся также удельным весом отдельных механизмов детоксикации в резистентности.

ЯВЛЯЕТСЯ СЕЛЕКЦИЯ РЕЗИСТЕНТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ ТАКЖЕ
СЛЕДСТВИЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СОРТОВ ХМЕЛЯ? /Стр. 55/

У. Хорнунг

На примере области Hallertau видно, как поражение хмелевой тлей может стать проблемой, когда в результате высаживания восприимчивого сорта хмеля на крупных площадях создаются благоприятные для вредителя кормовые условия. Таким образом могут стать необходимыми мероприятия против вредителя на хмеле, которые в дальнейшем вызовут другие затруднения вследствие развившейся резистентности хмелевой тли.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ ПАУТИННОГО КЛЕЩА TETRANYCHUS
URTICAE К ИНСЕКТИЦИДАМ В ХМЕЛЬНИКАХ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

/Стр. 61/

И. Гуркова и М. Геснер

В 24 полевых популяциях T. urticae из хмельников в чешской хмелеводческой области в течение 1976-1977 гг. был установлен высокий уровень резистентности к тиометому. Эти резистентные популяции, развившиеся под давлением ФО-инсектицидов, применявшихся здесь с конца 50-х годов против хмелевой тли Phorodon humuli, в настоящее время подавляются специфическими акарицидами, которые необходимо применять на половине общей площади хмельников в Чехии.

НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РЕЗИСТЕНТНЫХ ВИДТИПОВ ПАУТИННОГО КЛЕЩА TETRANYCHUS URTICAE

/Стр. 69/

Ф. Вейда и И. Гуркова

Были обнаружены некоторые различия в морфологических и биоэкологических характеристиках самок среди 2 чувствительных и 2 резистентных штаммов паутинного клеща. В число этих

различий входит длина тела, соотношение полов, выживаемость, плодовитость и т.д. Резистентные штаммы обладают некоторыми благоприятными свойствами по сравнению с чувствительными (пониженная смертность, повышенная плодовитость). Наоборот, соотношение полов более благоприятно у чувствительных штаммов.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНЫЕ
СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ
И ПАУТИННОГО КЛЕЩА К ИНСЕКТИЦИДАМ /Стр. 78/

И. Грды

Важные для скорости селекции резистентности факторы можно разделить на генетические, биотические и оперативные. Возникновение новых биотипов вредителей является результатом интеграции приспособлений генома, приобретенных путем селекции под давлением пестицидов и изменившихся условий агроэкосистем. Отмечаются генетические и биотические свойства видов Phorodon humuli и Tetranychus urticae с точки зрения селекции резистентности и обсуждаются возможные изменения оперативных мероприятий в целях замедления процесса развития резистентности.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ХИЩНИКОВ ТЛЕЙ И ПАУТИННЫХ
КЛЕЩЕЙ НА ХМЕЛЕ: ЧЕШСКАЯ ХМЕЛЕВОДЧЕСКАЯ ОБЛАСТЬ

/Стр. 87/

И. Зелены, И. Грды и П. К. Казушков

С 1967 г. исследовалась динамика численности популяций хмелевой тли Phorodon humuli, паутинного клеща Tetranychus urticae и их важнейших хищников и паразитоидов в производственных хмельниках и на необработанных инсектицидами площадях. Наибольшее значение имеют следующие хищники: из отряда Coleoptera жоравки (Coccinellidae) Coccinella septempunctata, Propylaea quatuordecimpunctata, Adalia bipunctata, сатем мягкотелки (Cantharidae); Diptera - журчалки (Syrphidae), галлица (Cecidomyiidae), Чмаемыиidae;

Planipennia - алатоглазки (*Chrysopidae*); *Heteroptera* - антокорины (*Anthocoridae*). Значительно менее важными являются паразитоиды *Hymenoptera* - афидиды (*Aphidiidae*). Чаще всего встречающимся хищником паутиного клеща *Tetranychus urticae* является коровка *Stethorus punctillum*, динамика популяции которой показана. Отмечаются примеры других хищников тлей и паутиных клещей и дается оценка их предполагаемого значения. Появление хищников отдельных видов в разной степени зависит от плотности популяции соответствующих вредителей. Повышение плотности популяции хищников в хмельниках отмечалось только при плотности популяции свыше 50 тлей на 1 лист хмеля.

ТОКСИЧНОСТЬ ПЯТИ ИНСЕКТИЦИДОВ ДЛЯ РЕЗИСТЕНТНОЙ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ (*PHORODON HUMULI*) И ДЛЯ ЕЕ ХИЩНИКОВ - КОРОВОК (*COCCINELLIDAE*) /Стр. 97/

П. К. Кадушков и И. Зелени

В лабораторных опытах изучалось контактное действие пиримикарба, тиометона, метомила, перметрина и декаметрина на резистентные популяции хмелевой тли *Phorodon humuli* и тлевых коровок: *Propylaea quatuordecimpunctata*, *Adalia bipunctata*, *Coccinella septempunctata*, *C. quinquepunctata*. Тиометон и пиримикарб при аппликации приемлемой концентрации недостаточно сильно действуют на тлей *P. humuli*. При аппликации концентрации, рекомендуемой против тлей, тиометон слабо действует на имаго коровок и пиримикарб не действует на яйца, личинок и имаго коровок. Метомил высокоэффективен против тлей, но одинаково действует также на коровок. Перметрин и декаметрия обладают хорошим действием как на тлей, так и на личинок тлевых коровок; имаго коровок более устойчивы к указанным пиретроидам, чем тли. Поэтому с точки зрения эффективности пиретроиды следует применять еще до или непосредственно после иммиграции коровок в хмельники, пока не началась откладка яиц.

ИЗБИРАТЕЛЬНАЯ ВОРЬБА С ПЕРОНОСПОРОЙ ХМЕЛЯ (PSEUDOPERONOSPORA HUMULI) НА ОСНОВАНИИ ПРОГНОЗА СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ

/Стр. 107/

Г. Т. Кремхеллер

Развитие болезни, вызываемой грибом Pseudoperonospora humuli, в зависимости от метеорологических и биологических факторов, изучалось в хмельниках области Hallertau в 1973-1976 гг. Регрессионный анализ показал, что процесс инфекции растений в наибольшей степени зависит от продолжительности орошения листьев и от концентраций зооспорангиев в воздухе. Эти полевые наблюдения можно проверить в опытах, проводимых в точно контролируемых условиях в фитотронах. Определен биометеорологический показатель (произведение концентрации зооспорангиев в воздухе и продолжительность орошения листьев), с помощью которого можно объяснить 80% всех случаев вероятного появления болезни. В последствии этот показатель использовался при разработке модели прогноза заболевания. Прогноз используется для установления срока защитных мероприятий с целью, чтобы опрыскивания проводились только в случае опасности заболевания хмеля. Данный метод избирательных опрыскиваний с успехом испытывался в полевых условиях в 1976-1980 гг.; это привело к снижению количества химических обработок на 50-80% по сравнению с ранее применявшейся нормой.

ИЗБИРАТЕЛЬНАЯ ЗАЩИТА ХМЕЛЯ ОТ ПЕРОНОСПОРЫ ПО КРАТКОСРОЧНОМУ ПРОГНОЗУ

/Стр. 110/

З. Петрлик и З. Штыс

Разработанный метод краткосрочного прогноза пероноспоры хмеля (Peronosplasmopara humuli Miy et Tak.) основан на вычислении т.н. показателя погоды благоприятствующей развитию пероноспоры по данным о температуре, относительной влажности воздуха, количестве осадок или же количестве дней без осадок и на оценке появления болезни на листьях и шишках хмеля. Опасность повреждения хмеля существует тогда, когда показатель выше, чем 500 и в среднем на каждом листе развито одно

пятно или в случае любого поражения шишек. В случае отсутствия этих условий можно отказаться от некоторого из пяти запланированных опрыскиваний. Проверка метода в 1976-1979 гг. показала, что в зависимости от характера погоды можно было уменьшить количество защитных обработок с пяти до одной - четырех. Уменьшение количества опрыскиваний не повлияло на состояние здоровья хмеля. Новый метод показывает реальный путь к более эффективной защите хмеля от пероноспоры.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ЗАЩИТЕ КУЛЬТУР ХМЕЛЯ В ГДР

/Стр. 118/

К. Борде

В результате концентрации площадей хмельников возникли в ГДР сравнительно крупные единицы, создающие одновременно благоприятные условия для проведения мероприятий по защите растений. Постоянное увеличение количества обработок химическими препаратами и связанное с ними отрицательное влияние на окружающую среду, так же, как и повышающиеся требования на энергию заставляют ориентироваться на получение данных для внедрения приемов интегрированной защиты растений с целью целесообразного сочетания агротехнических, биологических и химических приемов в целях подавления вредителей хмеля.

СОВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ В ХМЕЛЕВОДСТВЕ
ФЕДЕРАТИВНОЙ РЕСПУБЛИКИ ГЕРМАНИИ

/Стр. 122/

Г. Т. Кремжеллер

Важной задачей хмелеводческого отдела Баварского областного института сельского хозяйства являются консультации по вопросам выращивания и защиты хмеля. Ежегодно здесь даются около 4000 рекомендаций хмелеводам. Кроме того, дополнительно даются рекомендации хмелеводам посредством сообщений по телефону и в печати. Среди вредителей наибольшее значение имеет хмелевая тля и из грибных заболеваний - вертициллез и пероноспоры хмеля.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТЫ ХМЕЛЯ В РУМЫНИИ

Т. Пержу

/Стр. 124/

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ХМЕЛЯ В ПОЛЫНЕ

Б. Мичиньски

/Стр. 125/

ЗАЩИТА ХМЕЛЯ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

З. Петрлик

/Стр. 127/

ХМЕЛЕВАЯ ТЛЯ: ВОЗМОЖНОСТЬ РЕГУЛЯЦИИ ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ

Дж. Э. Кренхэм и Р. К. Мюр

/Стр. 134/

В полевых опытах по интегрированной борьбе комбинировалось применение мефсфолана: путем полива (1 г эффективного вещества/растение), обеспечивающего контроль тлей до июля, с регулирующим действием хищных насекомых в течение остальной части сезона. Среди хищников клопы сем. Anthosoridae были самыми многочисленными и эффективными, в особенности в хмелевых шишках. Приводятся поиски методов, с помощью которых можно было бы обеспечить селективную, частичную редукцию количества тлей в течение июля.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ БОРЬБА ПРОТИВ ХМЕЛЕВОЙ ТЛИ (PHORODON HUMULI)

В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХМЕЛЬНИКАХ ЮГОВОСТОЧНОЙ АНГЛИИ

В 1977-1980 ГГ.

/Стр. 139/

А. Л. Уинфильд

Не менее 6 хмельников в графстве Кент, обработанных в конце мая или в начале июня путем полива мефсфоланом, проверялись до 14 раз в период с середины июля по середину сентября. Устанавливалась степень нападения хмеля тлями динамикой их популяции, действие применяемых инсектицидов и также наличие паразитов, хищников и заболеваний тлей. В одном хмельнике (Brooks Garden, Bockingfold Farm, Goudhurst), кроме первого

полива, все последующие обработки в течение всех четырех лет оказались не нужными. Второй хмельник (Westwood Farm, Faversham) опрыскивался в 1979 г., а в 1977, 1978 и 1979 гг. в нем аппликовался только полив. Четыре других хмельника опрыскивались ежегодно в июле и в августе и поэтому их нельзя было учитывать при оценке интегрированной борьбы с тлями. Важнейшими, наиболее многочисленными в большинстве хмельников были клопы Anthosoridae, журчалки Syrphidae, златоглазки Chrysoridae и уховертки Forficula spp. Коровки (Coccinellidae) очень часто встречались в 1977 и 1978 гг., почти отсутствовали в 1979 г. и редко встречались в 1980 г.

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАННАЯ ВОРЬБА
С ВРЕДИТЕЛЯМИ ХМЕЛЯ В РУМЫНИИ /Стр. 147/

Т. Пержу и И. Гиадаву

В течение 1973-1980 гг. изучалась фауна хмельников и интегрированная защита хмеля от важнейших вредителей. Приводятся сведения о фауне хмельников, о разных методах борьбы с вредителями Triodia sylvina и Phorodon humuli и о появлении резистентности тлей к пестицидам.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
В ХМЕЛЕВОДСТВЕ ГДР /Стр. 156/

У. Шмидт

Борьба против вредителей и болезней хмеля, проводимая на основании спорадического контроля насаждений, привела к повышению материальных затрат, личных расходов и также к росту химической нагрузки на окружающую среду. Для обеспечения высокого и постоянного урожая необходимо было до 20 опрыскиваний фунгицидами. Одной из предпосылок для внедрения интегрированной защиты является разработка проекта программы систематического надзора за культурами хмеля. В состав этой программы входит в первую очередь надзор за появлением главных

вредных видов - большого ледяного слоника Otioglyphus ligustici, хмелевой тли Phorodon humuli, паутиного клеща Tetranychus urticae, пероноспоры хмеля Pseudoperonospora humuli и мучнистой росы Sphaerotheca humuli.

LIST OF PARTICIPANTS

Dr. F. B i g l e r - Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz

Dipl.-Landw. K. B o r d e - VEB Hopfen und Malz, Jacobstrasse 27, 7010 Leipzig, DDR

Prof. A.P. 8 o r o v o i - Проф. А.П. Боровой, Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства (Research, Projecting and Technological Institute of Hops), СССР, Литомир, 262007, ул.Ленина, USSR

Dr. R. B ü c h i - Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz

Dr. J.E. C r a n h a m - East Malling Research Station, East Malling, Maidstone, Kent ME19 6BJ, England

Dr. H. D o l z m a n n - VEB Hopfen und Malz, Jacobstrasse 27, 7010 Leipzig, DDR

Ing. M. G e s n e r - Výzkumný ústav chmelařský (Research Institute of Hop Growing), Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČSSR

Dr. Ursula H o r n u n g - Lehrstuhl für Botanik der TUM (08161/71397), 8050 Freising-Weihenstephan, BRD

Doc.Dr. I. H r d ý, CSc. - ČSAV Entomologický ústav, odd. toxikologie hmyzu (Czechoslovak Academy of Sciences, Institute of Entomology, Dep. Insect Toxicology), U Šalamounky 41, 158 00 Praha 5, ČSSR

Dr. Johana H ů r k o v á, CSc. - ČSAV Entomologický ústav, odd. toxikologie hmyzu, U Šalamounky 41, 158 00 Praha 5, ČSSR

Ing. M. H u s á k - Secretary of the Czechoslovak Committee of IOBC, East Palaearctic Regional Section, Federální ministerstvo zemědělství a výživy, Těšnov 65, 110 06 Praha 1, ČSSR

Dr. K.P. K a l u s h k o v - ČSAV Entomologický ústav, odd.
toxikologie hmyzu, U Šalamounky 41, 158 00 Praha 5, ČSSR

Dr. Hedwig Th. K r e m h e l l e r - Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Hopfenforschung und Hopfenberatung, Kellerstrasse 1, 8069 Wolnzach, BRD

Ing. J. K ř í ž, CSc. - Výzkumný ústav chmelařský, Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČSSR

Dr. Jelena K u l d o v á - ČSAV Entomologický ústav, odd.
toxikologie hmyzu, U Šalamounky 41, 158 00 Praha 5, ČSSR

Prof.Dr. V. L a n d a , DrSc. - ČSAV Entomologický ústav,
Viničná 7, 128 00 Praha 2, ČSSR

Mgr. B. M i c i n í s k i - Instytut Ochrony Roślin (Plant Protection Institute), ul. Miczurina 20, 60-318 Poznań, Polska

Dr. K. N o v á k, CSc. - ČSAV Entomologický ústav, Viničná 7,
128 00 Praha 2, ČSSR

Prof.Dr. T. P e r j u - Institutul Agronomic "Dr.Petru Groza",
Strada Mănăştur 3, 3400 Cluj-Napoca, R.S. România

Ing. Z. P e t r l í k, CSc. - Výzkumný ústav chmelařský, Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČSSR

Ing. Helena Ř e z á č o v á - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (Central Checking and Testing Institute of Agriculture), Zemědělská 1a, 658 37 Brno, ČSSR

Ing. A. S r p, CSc. - Výzkumný ústav chmelařský, Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČSSR

Dr. H. S t e i n e r - Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, 7000 Stuttgart 1, BRD

Dr. J. Š u l a - ČSAV Entomologický ústav, Na sádkách 702,
370 05 České Budějovice, ČSSR

Z. Š t y s - Výzkumný ústav chmelařský, Kadaňská 2525,
438 46 Žatec, ČSSR

Ing. Eliška V a ň u r o v á - Ústřední kontrolní a zkušební
ústav zemědělský, Zemědělská la, 658 37 Brno, ČSSR

Dr. F. W e y d a - ČSAV Entomologický ústav, Na sádkách 702,
370 05 České Budějovice, ČSSR

Dr. J. Z e l e n ý, CSc. - ČSAV Entomologický ústav, odd.
toxikologie hmyzu, U Šalamounky 41, 158 00 Praha 5, ČSSR

Dr. M. Ž o l n i r - Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo
(Institute for Hop Research and Brewery), 63310 Žalec,
Jugoslavija