

CNO 10163 I
H 112
BAL

Arch. Phytopath. Pflanz., 1993, Vol. 28, pp. 471-480
Reprints available directly from the publisher
Photocopying permitted by license only

© 1993 Harwood Academic Publishers GmbH
Printed in Malaysia

EINFLUSS DER WASSERVERSORGUNG DES BODENS AUF ACKERBOHNE UND GERSTE SOWIE ENTWICKLUNG UND VERMEHRUNG VON *ACYRTHOSIPHON PISUM* HARRIS UND *RHOPALOSIPHU. PADI* L.

MAMADOU BALDE¹⁾ und SIEGFRIED RICHTER²⁾

“Institut senegalais de la recherche agricole (ISRA) Bambey, Senegal
²⁾*Studienprogramm Agrarwissenschaften; Wissenschaftsbereich Tropische
Landwirtschaft Fichtestraße 28, 04275 Leipzig, Deutschland*

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Erbsenblattläusen an Ackerbohnen und Haferläusen an Gerste zeigen, daß sich die ausgewählten Bewertungskriterien wie postembryonale Entwicklungszeit, Adultgewicht, durchschnittliche relative Wachstumsrate, relative Populationsrate und Vermehrung der Aphiden zur Erfassung des Wasserstress (40, 55, 85% WK) auf die Erreger-Wirt-Interaktion als geeignet erwiesen haben. Dabei ist die Ermittlung der postembryonalen Entwicklung als Kriterium nur unter suboptimalen Temperaturbedingungen sinnvoll. Anhand der Vermehrung wurde besonders deutlich, daß der Faktor Temperatur stärkeren Einfluß auf die Beziehungen zwischen pflanzensaft-saugenden Insekten und ihren Wirtspflanzen aufwies als das Wasser. Die Wirkung des Wassers auf die Blattläuse kann nur indirekt über die Wirtspflanzen erfolgen. Dabei wurde sein Einfluß besonders im Bereich des Wachstumsoptimums deutlich. Trockenstreß hemmt die Vermehrung der Blattläuse in ähnlicher Weise wie Wasserstreß. Die Ergebnisse deuten weiter darauf hin, daß optimale Entwicklungsbedingungen der Pflanzen zur Erhöhung der Wirtseignung gegenüber Blattläusen führten.

SCHLÜSSELWÖRTER: *Acyrtosiphon pisum*, *Rhopalosiphum padi*, Ackerbohne, Gerste, Wasser, Interaktion

INFLUENCE OF WATER SUPPLY OF THE SOIL ON BROAD BEAN AND BARLEY AS WELL AS DEVELOPMENT AND REPRODUCTION OF *ACYRTHOSIPHON PISUM* HARRIS AND *RHOPALOSIPHUM PADI* L.

The results of the investigations with *Acyrtosiphon pisum* on broad beans and *Rhopalosiphum padi* on barley show that the selected evaluation criteria like prereproductive time, adult weight, mean relative growth rate, intrinsic rate of natural increase and propagation of aphides for determining the influence of water stress (40, 55, 85% wc) on the pest-host-interaction have resulted appropriate. Here the study of the postembryonic development as a criterion is only useful under suboptimum temperature conditions. It became especially clear by reproduction that the temperature had a greater influence on the relation between sap sucking insects and their host plants than water. The effect of water on the aphides can be only indirectly through the host plants. Its influence is especially

Universität Leipzig: Studienprogramm Agrarwissenschaften; Wissenschaftsbereich Tropische Landwirtschaft, AG Pflanzen- und Vorratsschutz; Fichtestr. 28; 04275 Leipzig, Deutschland

obviously in the growth optimum. Drought stress impeded the propagation of aphides in a similar way like water stress. Further on the results indicate that optimum development conditions of plant lead to an increased host suitability to aphides.

KEY WORDS: *Acyrtosiphon pisum*, *Rhopalosiphum padi*, broad bean, barley, water, interaction

EINLEITUNG

Zu den Hauptfaktoren, die die Pflanzerrproduktion weltweit bestimmen, gehören Temperatur, Wasser sowie chemische und physikalische Eigenschaften der Böden. Besonders in ariden und semiariden Gebieten der Tropen und Subtropen, wo die finanziellen Möglichkeiten vieler Bauern den Bewässerungsanbau nicht gestatten, ist das Wasser der limitierende Faktor des Pflanzenbaus. In diesem Sinne ist die Einführung trockenresistenter Kultursorten für die Kleinbauern in solchen Gebieten von großer Bedeutung. Die besondere Rolle des abiotischen Faktors Wasser ergibt sich daraus, daß sich sämtliche Stoffwechselvorgänge der pflanzlichen Zelle nur in wässriger Lösung abspielen können. Als Transportmittel für Nährstoffe und Stoffwechselprodukte verbindet das Wasser alle Teile des pflanzlichen Organismus miteinander und dient gleichzeitig als Bindeglied im System Pflanze-Boden.

Ausgehend von der Tatsache, daß Wechselbeziehungen zwischen Wassergehalt und Luftgehalt des Bodens existieren, können sowohl Wassermangel als auch Wasserüberschuß in Form von Staunässe die meisten Kulturpflanzen negativ in ihrer Entwicklung beeinflussen. Während zahlreiche Untersuchungen über den Einfluß von Trockenstreß auf sämtliche Ertragskomponenten insbesondere von Getreide weltweit durchgeführt werden (Musel und Staples, 1979; Cherry, 1989), liegen wenige Ergebnisse über die Wirkung dieses abiotischen Umweltfaktors auf die Interaktion von Schadinsekten und Wirtspflanzen vor.

Ziel vorliegender Untersuchungen bestand darin, die von dem Wasserstreß hervorgerufenen Veränderungen in den Wirtspflanzen anhand phloemsaftsaugender Schadinsekten zu erfassen.

MATERIAL UND METHODEN

Für die Ermittlung des Einflusses der Wasserversorgung auf die Beziehung zwischen Wirtspflanzen und Schaderregern wurden die Erreger-Wirt-Modellkombinationen *Acyrtosiphon pisum* Harris (Erbsenblattlaus) — *Vicia faba* L. (Ackerbohne) und *Rhopalosiphum padi* L. (Haferlaus) — *Hordeum vulgare* L. (Sommergerste) ausgewählt. Die Blattläuse wurden als Ausgangsmaterial ganzjährig in Dauerzuchten gehalten, wo sie sich parthenogenetisch vermehrten. Diese erfolgten im Labor bei 16-stündiger Beleuchtung über neutral weiße Leuchtstoffröhren mit ca. 3 1,5 Watt/m². Die Temperatur betrug 22°C ± 2 K, während die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 50 und 70% lag. Im Gewächshaus wurden die Versuchspflanzen bei Temperaturen zwischen 17 und 26°C und einer 16-stündigen Zusatzbeleuchtung über NC 250-01-Lampen mit einer Lichtinten-

sität von ca. $52,5 \text{ Watt/m}^2$ in gedämpfter Anzuchterde kultiviert. Bis zum Erreichen der vollen Entwicklung des 2. Blattpaares (Ackerbohne) bzw. des DC 12 Stadiums der Sommergerste verblieben die Pflanzen im Gewächshaus, wo sie täglich ausreichend mit Wasser versorgt wurden. Unmittelbar vor dem Versuchsansatz erhielten sie 2 Tage kein Wasser. Die Versuche wurden in Klimaprüfschränken (KPW-mytron) bei konstanten Temperaturbedingungen von 10, 22, und 30°C , einer Beleuchtung mit neutral weißen Leuchstoffröhren mit einer Lichtintensität von ca. 3 1,5 Watt/m^2 und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60–70% durchgeführt. Die weitere Wasserversorgung der Pflanzen erfolgte mit Beginn der Versuche in den Klimakammern für die Varianten 40, 55 und 85% Wasserkapazität (WK) nach der Differenzmethode. Dabei wurde das durch tägliches Gießen zu erwartende Endgewicht aus der Summe des Gewichtes von absolut trockener Erde, der entsprechenden Wassermenge für 40, 55 und 85% WK, des leeren Topfgewichtes und des die Pflanzen umgebenden gazebespannten Käfigs, welcher das Abwandern der Versuchstiere verhindern sollte, ermittelt.

Zu Versuchsbeginn wurden die Larven unmittelbar nach deren Geburt an die Versuchspflanzen gesetzt. Als Auswertungskriterien wurden die posternbryonale Entwicklung der Larven, das Adultgewicht, die durchschnittliche relative Wachstumrate (DRWR), die relative Populationswachstumsrate (rm) und die Vermehrung berücksichtigt. Um das Adultgewicht (Biomasse) zu ermitteln, wurden die Tiere mit Essigsäureethylester betäubt und anschließend mittels einer Spiralfederwaage einzeln gewogen. Die durchschnittliche relative Wachstumrate und die relative Populationswachstumsrate wurden rechnerisch nach folgenden Formeln ermittelt:

„ durchschnittliche relative Wachstumrate: (Radford, 1967)

$$\text{DRWR} = \frac{\text{In Adultgewicht } (\mu\text{g}) - \text{In Geburtsgewicht } (\mu\text{g})}{\text{Entwicklungszeit}}$$

„ relative Populationswachstumsrate (Wyart und White, 1977)

$$\text{rm} = \frac{\text{In Md}}{\text{d} \cdot \text{c}}$$

Md = Nachkommen einer Mutterlaus nach einer Reproduktionszeit, die d entspricht

d = postembryonale Entwicklungsdauer in Tagen

c = artspezifischer Korrekturfaktor (c = 0,75 für *A. pisum* und c = 0,74 für *R. padi*)

Die Vermehrung umfaßt die gesamte Anzahl der Blattläuse in einer Population, unabhängig von den jeweilig vorhandenen Stadien und Generationen, die innerhalb eines willkürlich festgelegten Zeitraumes aus einer Mutterlaus hervorgegangen ist. In vorliegenden Untersuchungen wurde die Vermehrung 14 Tage nach Beginn der Reproduktion des Ausgangstieres ermittelt. Die Werte wurden varianzanalytisch nach dem t-Test und die Regressionsfunktion mit dem Programm MEDIAS 3,0 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P = 5\%$ berechnet. Dabei stellt r den Korrelationskoeffizienten zwischen Ziel- und Einflußgröße sowie Sr die Standardabweichung der geschätzten von der gemessenen Zielgröße dar.

ERGEBNISSE

Postembryonalentwicklung

Die Dauer der postembryonalen Entwicklung beider Blattlausarten blieb unter den optimalen Temperaturbedingungen von 22 bzw. 30°C trotz Veränderung in der Wasserversorgung der Wirtspflanzen mit 7 Tagen für *A. pisum* und 6 Tagen für *R. padi* unbeeinflusst. Demgegenüber verlangerte sich bei 10 °C gegenüber 22°C die Entwicklungszeit in Abhängigkeit von dem Wasserangebot um das Drei- bis Vierfache. Die Ergebnisse, welche als Regressionsfunktionen dargestellt sind, lassen unter diesen kühleren Temperaturen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Entwicklungsdauer der Versuchstiere und der Wasserversorgung der Wirtspflanzen erkennen (Abb. 1).

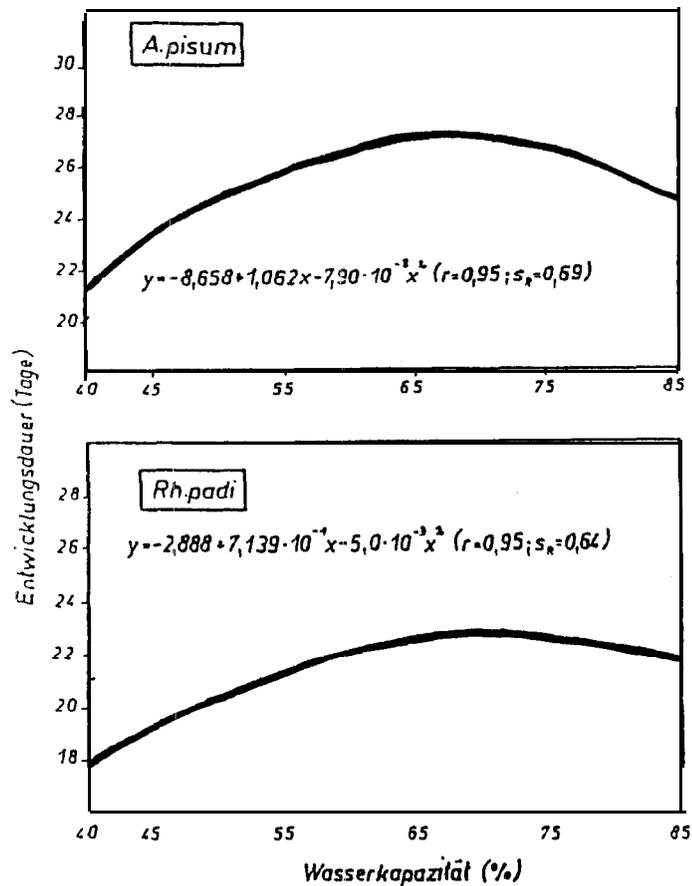


Abb. 1 Einfluß der Wasserversorgung der Wirtspflanzen auf die Postembryonalentwicklung von *A. pisum* und *R. padi* bei einer Temperatur von 10°C
Y = Regressionsfunktion

Unabhängig von der Blattlausart war die postembryonale Entwicklung der Aphiden bei 40% Wasserkapazität am kürzesten ausgeprägt. Im Gegensatz dazu verlangerte sich unter den Streßbedingungen von 10°C jedoch bei moderater Wasserversorgung von 55% WK dieser Entwicklungsabschnitt von *A. pisum* um 6 Tage. Aus den dargestellten Funktionen kann die langste postembryonale Entwicklungsdauer beider Aphidenarten unter suboptimalen Temperaturbedingungen bei einer Wasserversorgung zwischen 60 und 75% WK geschätzt werden.

Adultgewicht

Die Ergebnisse bestätigen zunächst die Feststellung von Richter und Balde (1993) wonach unabhängig von der Wasserversorgung der Wirtspflanzen die Biomasse der Aphiden mit zunehmender Temperatur abnimmt (Tab. 1).

Tabelle 1: Einfluß der Wasserversorgung auf das Gewicht (mg) adulter Blattläuse in Abhängigkeit von der Temperatur

Wasser- kapazität in %	<i>A. pisum</i>			<i>R. padi</i>		
	10°C	22°C	30°C	10°C	22°C	30°C
40	4,38a	2,45a	1,32a	1,49a	0,48a	0,28a
55	5,13b	2,84b	1,86b	1,85b	0,68b	0,50b
85	4,78c	2,95b	1,25a	0,93c	0,70b	0,33c

Werte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Temperaturvariante sind nicht signifikant verschieden ($P \leq 5\%$)

Es zeigt sich eine eindeutige Beziehung zwischen dem Adultgewicht und der Länge der postembryonalen Entwicklungszeit. Dabei wird offensichtlich, daß die Temperatur dem Faktor Wasser hinsichtlich des Wachstums der Aphiden überlegen ist.

Durchschnittliche relative Wachstumsrate (DR WR)

Dadurch, daß bei der DRWR neben der postembryonalen Entwicklungszeit auch das Anfangs- und Endgewicht der Blattläuse in die Berechnung eingehen, geben diese Werte ein realistischeres Bild für das Wachstum wieder als es für das Adultgewicht der Fall ist. Es kann zunächst für die Haferlaus eine höhere Wachstumsrate als für die Erbsenblattlaus festgestellt werden. Bei beiden Blattlausarten ist sie bei der Versuchstemperatur von 22 °C am höchsten und wird von der unterschiedlichen Wasserversorgung des Bodens nur geringfügig beeinflusst (Abb. 2).

Im allgemeinen kann aber festgestellt werden, daß die Wasserkapazität von 40% die ungünstigsten Wachstumsbedingungen für die Aphiden aufwies. Besonders die Haferlaus reagierte an trockengestressten Gerstenpflanzen mit erheblicher Reduzierung der durchschnittlichen relativen Wachstumsrate.

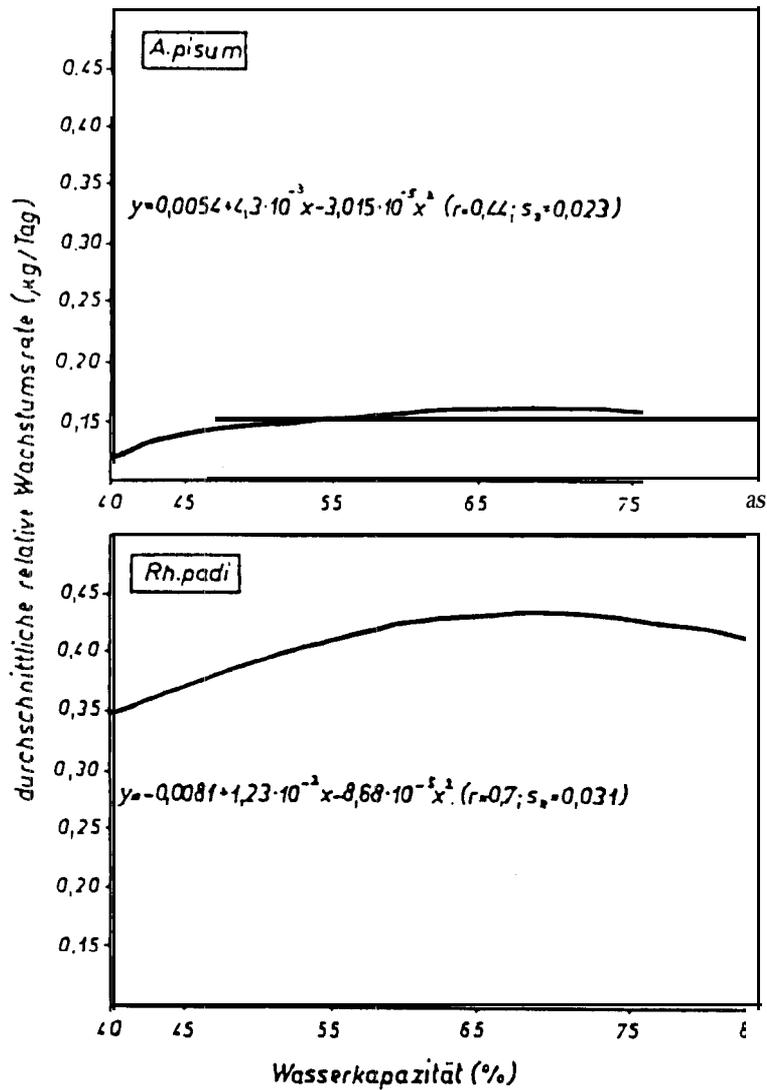


Abb. 2 Einfluß der Wasserversorgung der Wirtspflanzen auf die durchschnittliche relative Wachstumsrate (DRWR) von *A. pisum* und *R. padi* bei 22°C
Y = Regressionsfunktion

Relative Populationswachstumsrate (r_m)

Als Ausdruck für die Initialreproduktionsrate gibt diese Maßzahl wichtige Anhaltspunkte für die zu erwartende Populationsentwicklung. Die Ergebnisse zeigen jedoch, daß die unterschiedlichen Wasserkapazitäten des Bodens keinen signifikanten Einfluß unter den Temperaturbedingungen von 22°C auf die relative Populationswachstumsrate beider Blattlausarten aufwiesen (Tab. 2).

Tabelle 2: Einfluß der Wasserversorgung in Abhängigkeit von der Temperatur auf die relative Populationswachstumsrate von Erbsen- und Haferblattläusen

Wasser- kapazität in %	<i>A. pisum</i>		<i>R. padi</i>	
	10°C	22°C	10°C	22°C
40	0,1435a	0,461 1a	0,1634a	0,4598a
55	0,1277b	0,4683a	0,1352b	0,4646a
85	0,1271b	0,4550a	0,1250b	0,4479a

Werte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Versuchstemperatur sind nicht signifikant verschieden ($P \leq 5\%$)

Dabei lagen die höchsten Werte für beide Aphidenarten bei 55% WK. Unter suboptimalen Temperaturen von 10°C wurde die höchste relative Populationswachstumsrate bei einer Wasserkapazität von 40% festgestellt. Die Ursachen liegen in erster Linie darin, daß die Postembryonalentwicklung unter den Bedingungen des Trockenstresses am kürzesten war und somit die Blattlaus früher mit ihrer Reproduktion beginnen konnten. In der Tendenz konnte unabhängig von der Wasserversorgung unter den jeweiligen Temperaturbedingungen eine positive Beziehung zwischen relativer Populationswachstumsrate und Biomasse adulter Tiere festgestellt werden.

Vermehrung

Die Vermehrung einer Blattlaus 14 Tage nach Reproduktionsbeginn deuten darauf hin, daß die Bedingungen für ein maximales Populationswachstum bei einer Wasserkapazität des Bodens von 55% und einer Temperatur von 22°C gegeben sind (Abb. 3).

Dabei lag für *A. pisum* der Optimalbereich bei 55–65% WK und für *R. padi* zwischen 60 und 70% WK. Bei Abweichen von diesen optimalen Bereichen ging die Vermehrung drastisch zurück, wobei auch hier der Faktor Temperatur eine dominierende Rolle spielte. So war unter dem Wasserangebot von 55% WK die Anzahl der Nachkommen beider Blattlausarten bei 22°C ca. 14 mal höher als bei 10°C. Unter diesen optimalen Temperaturbedingungen ging die Vermehrung von *A. pisum* um 70% und die von *R. padi* um ca. 74% mit Erhöhung des Wasserangebotes von 55 auf 85% WK zurück. Unter Trockenstreß (WK 40%) nahm die Vermehrung der Erbsenblattlaus um 55% gegenüber der moderaten Wasserversorgung von 55% WK ab. Bei der Haferlaus war sogar ein Rückgang von 86% zu verzeichnen. Damit werden über das Kriterium Vermehrung die pflanzenartspezifischen Ansprüche an die Wasserversorgung angezeigt. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß optimales Pflanzenwachstum für die pflanzenensaft-saugenden Schaderreger beste Entwicklungsbedingungen darstellt.

DISKUSSION

Die dargestellten Regressionsfunktionen machen deutlich, daß die postembryonale Entwicklungsdauer beider Blattlausarten unter den kühleren Temperaturbe-

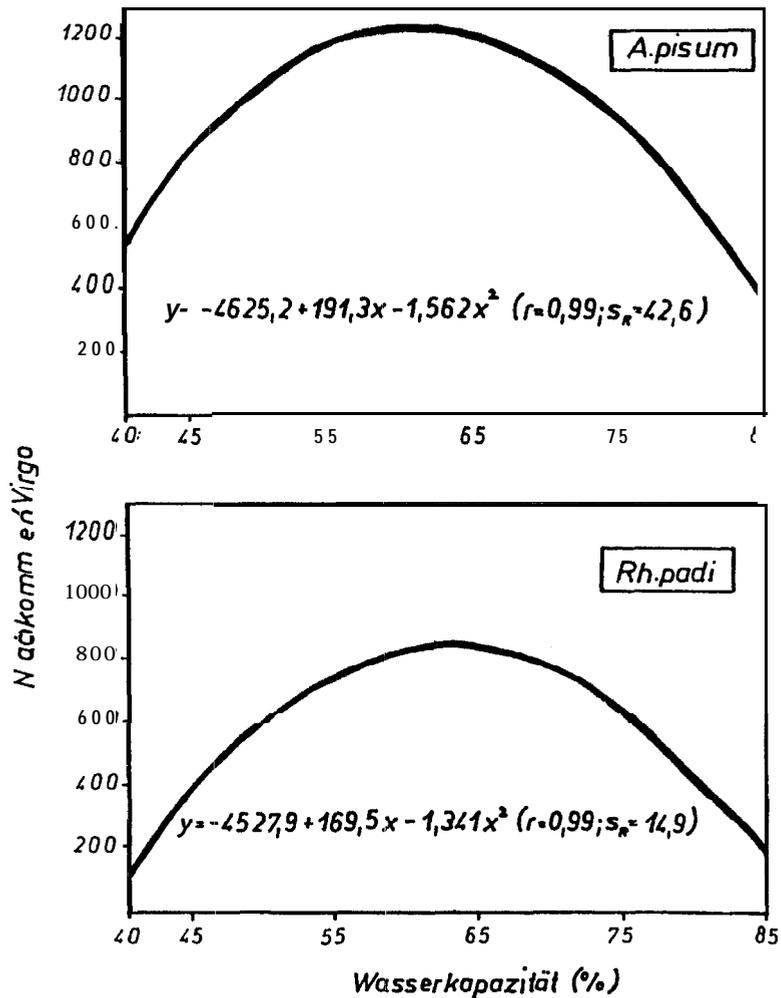


Abb. 3 Einfluß der Wasserversorgung auf die Vermehrung von *A. pisum* und *R. padi* bei 22°C
Y = Regressionsfunktion

dingungen sowohl bei Wassermangel als auch bei Wasserüberschuß kürzer als bei moderatem Wasserangebot war. Diese Tendenz konnte auch bei den Kriterien Adultgewicht, relative Populationswachstumsrate und Vermehrung beobachtet werden. Je länger die Entwicklung dauerte, desto größer waren die Tiere und je höher war die potentielle Vermehrungs- und Reproduktionsrate. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß extreme Trockenheit und Feuchtigkeit unabhängig von den Temperaturbedingungen zu einer ungewöhnlichen Belastung der Kulturpflanzen führen und damit zu verschlechterten Ernährungsbedingungen saugender Schadinsekten Anlaß geben. Diese Streßbelastung war offensichtlich bei Wassermangel (40% WK) am stärksten ausgeprägt. Über die Wirkung der

Wasserversorgung der Kulturpflanzen auf die Entwicklung und Vermehrung von Aphiden liegen widersprüchliche Ergebnisse vor, die in den verschiedenen Ansprüchen der Blattlausarten an die Nahrungsqualität begründet sein konnten. Für die Systembibitoren spielen sowohl der Gehalt an bestimmten Aminosäuren als auch die Viskosität des Phloemsaftes eine entscheidende Rolle. Morvan (1987) konnte an zwei Ackerbohnsensorten mit unterschiedlich ausgeprägter Resistenz gegenüber *Aphis fabae* Scop. feststellen, daß Wassermangel zu einer drastischen Erhöhung der Resistenz der anfalligen Sorte führte. Dabei war der Gehalt an Prolin, γ -Aminobuttersäure, Glycin, Asparagin und Asparaginsäure höher als bei der teilresistenten Sorte. Dagegen ging die Methioninkonzentration der anfalligen Pflanzen etwas zurück. Die Ursachen der durch Wassermangel festgestellten Leistungsminderung von *A. pisum* und *R. padi* können möglicherweise in einer Erhöhung der Konzentration der für die Nahrungsaufnahme hemmenden γ -Aminobuttersäure (Dorfer, 1983) und einer Reduzierung des Gehaltes an phagostimulierenden Methionin liegen. Hinzu kommt, daß mit zunehmendem Trockenstreß der Turgor abnimmt und die Viskosität des Phloemsaftes steigt, was zur Reduzierung der Nahrungsaufnahme bei einigen Aphidenarten führt (Kennedy und Booth, 1959). Beim Trockenstreß werden nach Holtzer u.a. (1988) Proteine abgebaut und Aminosäuren in freies Prolin umgewandelt. Es ist daher anzunehmen, daß der Gehalt an Aminosäuren zu Ungunsten der Blattlaus sinkt. Außerdem steigt sowohl beim Trocken- als auch beim Hitzestreß der Gehalt bestimmter Alkaloide, Glykoside sowie Glykosinolate, die eine Schutzfunktion gegen Insektenbefall aufweisen können (Gershenson, 1984). Die Folgen eines Wasserüberschusses auf den ernährungsphysiologischen Zustand der Wirtspflanzen ähneln offensichtlich denen des Wassermangels. Nach Libbert (1987) reagieren gestresste Pflanzen unabhängig von den Stressoren durch die Senkung des Wasserpotentials, Veränderung der Permeabilität vor allem des Tonoplasten und durch Synthese von Prolin, Zucker und Glyzinbetain, die durch sinkenden Turgor induziert werden. Über Beziehungen zwischen Wasser- bzw. Trockenstreß und morphologische wie histologische Veränderungen berichten Richter u. a. (im Druck). Bei Nahrungsmangel weisen die Blattläuse im allgemeinen eine flexible Reproduktionsstrategie auf (Watt, 1984). So werden unter extremen Hungerbedingungen die kleinsten Embryonen sogar resorbiert, um die Art zu erhalten (Ward und Dixon, 1982). Auf diese Weise wäre erklärbar, warum die postembryonale Entwicklung unter den Bedingungen des Trockenstresses bei 10°C am kürzesten war. Auch wenn die Temperaturen im allgemeinen die Erreger-Wirt-Interaktion stärker als das Wasser beeinträchtigt (Balde, 1991), so ist doch auch diese Streßeinwirkung mit mehr oder weniger hohem Energieaufwand der Pflanzen verbunden, um diese Auslenkung oder Schädigung zu kompensieren (Hartel, 1976). Dieser Energieaufwand geht zu Lasten des Stoffwechsels. Es konnte festgestellt werden, daß jede Optimierung der Bedingungen für die Pflanzenentwicklung ein Erhöhung ihrer Wirtseignung gegenüber Schaderregern nach sich zog. Neben der Suche nach streßtoleranten Sorten ist es für ein komplexes Verständnis der Reaktion notwendig, detaillierte Kenntnisse über die gegenseitige Beeinflussung von Wirtspflanzen und Schädlingen zu gewinnen.

Literatur

- Balde, M.: Einfluß abiotischer Faktoren auf die Interaktion von Wirtspflanzen und Blattläusen. Universität Leipzig, Diss. A. 1991 112 S.
- Cherry, J.H.: Environmental stress in plants: Biochemical and physiological mechanisms. Springer-Verlag Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1989
- Dörfer, K.: Die Zucht von *Aphis fabae* an künstlicher Diät für physiologische Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme und Speichelsekretion. Universität Hannover, Dipl. Arbeit, 1983
- Gerzenczon, J.: Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrients stress. *Adv. Phytochem.* 18 (1984), 97-175
- Härtel, O.: Einwirkung von Umweltgiften auf Pflanzen. I. Wie lassen sich Pflanzenschäden definieren? *Umschau* 76 (1976), 347-348
- Holzer, T.O.; Archer, T.L.; Norman, J.M.: Host plant suitability in relation to water stress. 1 11-137
In: Heinrichs, E.A.: Plant stress-insect interaction. John Wiley & Sons New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 1988
- Kennedy, J.S.; Booth, C.O.: Responses of *Aphis fabae* Scop. to water shortage in host plants in the fields. *Ent. exp. appl.* 2 (1959), 1-11
- Libbert, E.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Fischer Verl. Jena, 1987
- Morvan, Y.: Untersuchungen zur Resistenz von *Vicia faba* (L.) Sorten gegenüber *Aphis fabae* (Scop.) Universität Hannover, Diss. 4, 1987, 124 S.
- Mussel, H.; Staples, R.C.: Stress physiology in crop plants. John Wiley & Sons New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 1979
- Radford, P.J.: Growth analysis formulae -- Their use and abuse. *Crop Sci.* 7 (1967), 171-175
- Richter, S.; Balde, M.: Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung und Vermehrung der Erbsen- und Haferblattläuse an Ackerbohne und Sommergerste. *Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent.* Gießen 8 (1993), 562-568
- Richter, S.; Balde, M.; Ehrig, F.: Morphologische und histologische Veränderungen an temperatur- und wassergestressten Ackerbohnen- und Gerstenpflanzen. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, im Druck
- Ward, S.A.; Dixon, A.F.G.: Selective resorption of aphid embryos and habitat changes relative to life-span. *Oekologia* 58 (1982), 70-75
- Watt, A.D.: Reproductive strategies of alate apterous morphs of the grain aphid, *Sitobion avenae*. *Ent. exp. appl.* 36 (1984), 1-7
- Wyatt, I.J.; White, P.F.: Simple estimation of intrinsic increasing rate for aphids and tetranychid mites. *J. appl. ecol.* 14 (1977), 757-766