

Das Körperwachstum bei Blattläusen (Homoptera, Aphididae) als Ausdruck des Nährstoffangebots in der Wirtspflanze.

I. Gegenwärtiger Stand, Probleme und Aufgaben

PAUL SCHOLZE¹

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen Quedlinburg

Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung einiger wesentlicher Literaturangaben wird eine kurze Übersicht zum Stand der bisherigen Forschung auf dem Gebiet der Ernährungsphysiologie der Blattläuse gegeben. Dabei steht der praktische Aspekt der Untersuchungen zur Wirkungsweise der Antibiosis im Vordergrund. Insbesondere bei den Getreidekulturen zeigt sich, daß trotz intensiver wissenschaftlicher Arbeiten bislang noch keine Sorten gezüchtet werden konnten, deren genetisch determinierte Widerstandsfähigkeit gegen Blattlausbefall auf Prinzipien der Antibiosis beruht. Es wird darauf verwiesen, daß auch zukünftig intensive Forschung zur Parasit/Wirt-Wechselwirkung notwendig ist. Möglichkeiten und Voraussetzungen werden erörtert, wie sich der interessierte Laie an Experimenten über die Entwicklung, Fruchtbarkeit, Geflügeltenbildung und anderen wichtigen Erscheinungsformen im Leben der Blattläuse beteiligen kann.

Abstract

In consideration of some important publications a short outline of investigations in the field of physiology of aphid nutrition carried out up to date is given. With that the practical aspect of investigations to the operation mode of antibiosis is in the limelight. With special regard to cereal cultures it is evident, that in spite of intensive scientific works it was not yet possible to make varieties available which are provided with genetical determined antibiotic resistance against cereal aphids. It is pointed out, that intensive investigations concerning parasite/host-interactions would be necessary also in the future. Possibilities and prerequisites are discussed how the interested layman can take part in experiments about development, fecundity, wing determination and other important outward shapes in the biology of aphids.

Parthenogenese, Viviparie, hohe Fruchtbarkeit und schnelle Generationenfolge versetzen Blattläuse in die Lage, in kurzer Zeit hohe Populationsdichten zu realisieren. Entscheidende Voraussetzung dafür ist bei zusagenden abiotischen Faktoren ein für den Parasiten effizientes Verhältnis zu seiner Wirtspflanze, an die er zeitlebens gebunden ist. Selektives Wirtswahl- und -annahmeverhalten, Besonderheiten bei der morphologischen Grundausstattung des Nahrungstraktes, angepaßte verdauungsphysiologische Funktionen sowie die Fähigkeit, kontinuierlich und ohne größeren Energieaufwand (passiv) Nahrungssäfte bevorzugt aus den Siebröhren (Phloemen) aufzunehmen, gewährleisten engsten Kontakt zum Wirt (FRÖHLICH & RICHTER 1987). Das befähigt die Aphiden einerseits zu hinreichender Ausschöpfung ihrer parasitischen Potenzen, bewirkt andererseits jedoch

¹Anschrift des Verfassers: Dr. Paul Scholze, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Neuer Weg 22/23, O-4300 Quedlinburg

eine hohe Sensibilität des Parasit/Wirt-Gefüges gegenüber Störfaktoren. Unter diesen kommt den matrikalen, d.h. durch den Wirt selbst verursachten, entscheidende Bedeutung zu. Schon kurzfristiger Wassermangel und die infolgedessen veränderten Hydratur- und osmotischen Verhältnisse in seinen Leitgeweben verursacht beim Parasiten sowohl höhere Mortalität als auch Verminderungen der Reproduktionsrate (WEARING 1967; WEARING & VAN EMDEN 1967 u.a.). Besonders gravierend sind die von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phloemsafte ausgehenden Einflußgrößen. Die zu dieser Problematik durchgeführten Untersuchungen sind gegenwärtig noch nicht abgeschlossen. Sowohl in vivo als auch an künstlichen Nährsubstraten (Diäten) hat sich gezeigt, daß Mangel an niedermolekularen, sogenannten 'gelösten' Stickstoff- und Kohlenhydratverbindungen (Aminosäuren, Amide, Saccharose, Glukose usw.) die Vitalität und das reproduktive Leistungsvermögen der Blattläuse wesentlich beeinträchtigt (AUCLAIR et al. 1957; MITTLER & DADD 1963; VAN EMDEN 1966; AUCLAIR 1967; SRIVASTAVA & AUCLAIR 1974 u.a.). Aus anderen Untersuchungen geht hervor, daß auch Mikroelemente (DADD 1967; EHRHARDT 1968a) und Vitamine (DADD et al. 1967; ERHARDT 1968b) trophisch essentiell sind. Darüber hinaus ließ sich wiederholt der Nachweis erbringen, daß Verschiebungen in der Zusammensetzung des Nahrungssubstrats Anteil an der Geflügelten- und obligatorischen Morphenbildung haben und dadurch Impulse für die Dispersion und Migration gegeben werden (IBBOTSON & KENNEDY 1950; MITTLER & DADD 1966; DIXON & GLEN 1971 u.a.).

Die offensichtliche Sensibilität des tropischen Gefüges zwischen Blattlaus und Wirt war schon frühzeitig ein wichtiger Bezugspunkt innerhalb der Antibiosis-Theorie bei praktisch orientierten Untersuchungen zur Nutzung der erblichen und induzierten Widerstandsfähigkeit (Resistenz) von Kulturpflanzen gegenüber Aphiden. Wir wissen heute, daß die Antibiosis nicht nur unmittelbar von den nutritiven Faktoren, sondern auch anderen pflanzlichen Inhaltsstoffen wie z.B. Pflanzenhormonen, Wuchsstoffen, Alkaloiden, Attraktanzien, Repellenzien sowie vielfältigen morpho-physiologischen Zuständen, die bis in den molekularbiologischen Bereich hineinreichen, bestimmt wird. Daraus resultiert ein kompliziert verflochtener Zusammenhang von Wirkfaktoren, der, will man die möglichen praktischen Eingriffspunkte in diesem Gefüge ermitteln, an jeder konkreten Wirt/Parasit-Kombination separat zu untersuchen ist. Hierzu haben resistenzorientierte Grundlagen- und Züchtungsforschung in den letzten zwei bis drei Dezennien Wesentliches geleistet, doch ist, von einigen guten Erfolgen abgesehen (SINGH 1986; FRITZSCHE et al. 1988), der allgemeine Durchbruch bei der Züchtung blattlausresistenter Sorten bislang noch nicht erzielt worden. Das zeigt sich besonders deutlich beim Getreide. Mit zunehmender Ausweitung und Intensivierung des Getreidebaus verstärkte sich auch die Anfälligkeit der ständig verbesserten hochleistungsfähigen Sorten gegenüber Blattläusen. Die Folge davon sind Ertragsverluste durch direkte Saugschäden und gefährliche Viruskrankheiten, die von den Aphiden übertragen werden. So sind bereits seit geraumer Zeit chemische Bekämpfungsmaßnahmen unerlässlich, um die Schäden auf volkswirtschaftlich vertretbarer Höhe zu erhalten (HINZ et al. 1979). Obgleich wir über die Biologie und viele Details des Beziehungsgefüges zwischen Getreideaphiden und ihren Wirten recht gut informiert sind (F.P. MÜLLER 1973; CARTER et al. 1980; DIXON 1985), und zu dieser Thematik jährlich besonders in der angelsächsischen Literatur neue Befunde veröffentlicht werden, konnte bisher kein auf der Basis antibiotischer Wirkmechanismen hergestelltes genetisch charakterisiertes resistentes Ausgangsmaterial für die Züchtung bereitgestellt werden. Die alternative Strategie besteht gegenwärtig darin, Prognosemodelle unter Berücksichtigung chemischer Bekämpfungsmaßnahmen im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes zu entwickeln (WETZEL & FREYER 1975; HINZ & DAEBELER 1984; ASSMANN et al. 1988 u.a.). Außerdem werden verstärkt sogenannte Sortimentsrecherchen durchgeführt, die der Auffindung von Getreidearten mit erblicher Resistenz gegen Blattlausbefall dienen und in der Züchtung zur Verwendung kommen können. Voraussetzung dafür sind geeignete Massenprüf- oder Screening-Verfahren (HINZ 1984; LOWE 1984 u.a.).

Die Gesamtsituation des Sachverhalts, der bereits durch eine kaum noch überschaubare Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen repräsentiert ist, kann hier nur in groben Zügen berührt werden. Indessen läßt sich mit Nachdruck konstatieren, daß die weitere Durchdringung der

Zusammenhänge auf dem Gebiet der Ernährungsphysiologie der Blattläuse auch zukünftig ein dringendes Erfordernis bleiben wird.

Im Zusammenhang damit stellt sich die Frage, ob und wie sich, ähnlich wie in der Faunistik, der nicht wissenschaftlich angestellte, aber am Experiment mit Insekten, speziell Blattläusen, interessierte Laie entsprechend engagieren könnte. Selbstverständlich wird es für ihn nicht möglich sein, sich auf der biochemischen und histologischen Ebene der Wechselwirkungen zwischen Wirt und Parasit zu bewegen, weil ihm die dafür erforderlichen Qualifikationen und Erfahrungen fehlen und die speziellen materiell-technischen Voraussetzungen nicht zur Verfügung stehen. Es ist jedoch gut vorstellbar, kleinere Aufgabenstellungen bei Wirtswahl- und -annahmeverhalten, Geburten- und Gewichtszuwachsraten, Reproduktionsumfang, Morphenbildung, Migrations- und Sexualverhalten, Überwinterung u.a.m. zu bearbeiten. Bedenkt man zudem, daß bislang bevorzugt wirtschaftlich bedeutsame Arten wie etwa die Grüne Pflirsichblattlaus, *Myzus persicae* (SULZ.), die Schwarze Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP., die Grünstreifige Kartoffellaus, *Macrosiphum euphorbiae* (THOM.) und die Haferlaus, *Rhopalosiphum padi* (L.), untersucht worden sind, dürfte bei dem relativ großen Artenreichtum in unserem Faunengebiet (s. F.P. MÜLLER 1988) eine Vielzahl weiterer Spezies als lohnende Versuchsobjekte auffindbar sein. Die Determinationen wird jeder Aphidensystematiker gern übernehmen. Natürlich wird nicht jede Parasit/Wirt-Kombination gleichermaßen gut für derartige Experimente geeignet sein. Es kommt auf eine zweckmäßige Manipulierbarkeit von Blattlaus und Wirtspflanze an. An Wurzeln lebende Arten setzen kompliziertere Versuchsmethoden und -techniken voraus. Weniger geeignet dürften auch Arten sein, die zu starker Geflügeltenbildung neigen oder bei denen der Totstell- und Fallreflex besonders ausgeprägt ist, es sei denn, man beabsichtigt, gerade diese Merkmale in die Untersuchungen einzubeziehen. Sollen Sexualverhalten, Sexualzyklus oder Morphenentwicklung zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht werden, sind unbedingt Kenntnisse über die Primär- und Sekundärwirte der entsprechenden Arten erforderlich.

Man wird sich also, je nach den zur Verfügung stehenden Experimentierbedingungen, materiell-technischen Gegebenheiten und persönlichen Neigungen zunächst darüber zu informieren haben, welche Spezies am geeignetsten erscheinen. Es ist empfehlenswert, sich auch hierzu den Rat eines erfahrenen Aphidologen einzuholen. Relativ leicht zu erfassende Merkmale sind die Reproduktionsrate, d.h. die in einer bestimmten Zeitspanne von einer Mutterlaus abgesetzten Nachkommen, die Reproduktionsdauer und die postnatale, d.h. die von der Geburt bis zur Gebärrife ablaufende Entwicklungszeit der Blattlaus. Hierfür eignen sich vornehmlich die überwiegend sessilen ungeflügelten Exsules mit obligatorischer Parthenogenese. In der Regel hat man dabei auch mit dem Erscheinen von geflügelten Tieren zu rechnen. Sie dienen der schnellen Ausbreitung der Art. Das Merkmal Geflügeltenbildung ist zwar genetisch determiniert, unterliegt jedoch in Abhängigkeit von der jeweiligen Art in mehr oder weniger starkem Maße der Umweltmodifikation. Obgleich einige Faktoren schon recht gut untersucht worden sind, gibt es in bezug auf die Auslösung der Flügelbildung noch eine Reihe offener Fragen.

Wirtsseitig sind möglichst einjährige krautige Pflanzen für die Versuche zu bevorzugen, vorausgesetzt, sie werden von den Aphiden ohne Einschränkung akzeptiert. Ihr Vorteil besteht darin, daß sie ihre gesamte Vegetationszeit in relativ kurzer Dauer durchlaufen und zumeist ohne größeren Aufwand vermehrbar sind. So stehen bei gestaffelten Aussaaten stets genügend Wirtspflanzen im gewünschten Altersstadium zur Verfügung. Versuchsdurchführung und Ergebnisinterpretation lassen sich vereinfachen, wenn anstelle intakter Pflanzen abgeschnittene Pflanzenteile, Blätter oder Blätter mit Stielen (Stielblättchen, 'isolierte Systeme'; SCHOLZE 1971) verwendet werden. Bei Wirtsannahmeexperimenten ist allerdings von ihrem Gebrauch abzuraten.

Unter dem Aspekt der hier aufgezeigten Möglichkeiten und Anforderungen wurde mit zwei bekannten Aphidenarten, die sich auf zwei- bzw. einkeimblättrigen Pflanzen entwickeln, eine Reihe von Versuchen zu Postembryonalentwicklung, Vermehrungsrate und Geflügeltenbildung durchgeführt. In drei weiteren zur Veröffentlichung in dieser Zeitschrift vorgesehenen Arbeiten sollen nicht nur die dabei erhobenen Befunde, sondern auch die bei der Versuchsdurchführung an einfachen Modellsystemen gewonnenen Erfahrungen beim Umgang mit Parasit und Wirt sowie bei der Bewertung der Er-

gebnisse zur Darstellung kommen. Die Beiträge sind somit zugleich als Anregung für Interessierte, die ähnlich gelagerte Untersuchungen durchführen möchten und können, aufzufassen.

Am Beispiel von *Aphis fabae* SCOP. soll zunächst gezeigt werden, wie durch verschiedenartige Manipulation am Wirt, insbesondere in bezug auf die in ihm ablaufenden Massenverschiebungen im Stickstoff- und Kohlenhydratstoffwechsel das Ausmaß der Körpergewichtsveränderungen während der gesamten larvalen Entwicklung beeinflussbar ist. Ohne daß parallel dazu die Dynamik ernährungsphysiologisch relevanter Komponenten in der Wirtspflanze über biochemische Analysen erfaßt wird, sind, wenn auch in begrenztem Maße, Aussagen zur Wechselwirkung zwischen Parasit und Wirt durchaus möglich.

Des weiteren ist vorgesehen, am Beispiel von *Rhopalosiphum padi* (L.) zu demonstrieren, wie sich an isolierten Blättern verschiedener Getreidearten Vermehrungsraten, postreproduktive Körpermassenbilanzen sowie Geflügelteninduktion ermitteln und in Beziehung zur (erblich bedingten) differenzierten trophischen Wirkung in den Wirten setzen lassen.

Literatur

- ASSMANN, G.; HÄGELE, R. & WETZEL, T. 1988: Untersuchungen zur Ökonomie der Bekämpfung der Getreideläus (*Macrosiphum [Sitobion] avenae* [F.]) in Winterweizen. - Nachrichtenbl. Pflanzenschutz d. DDR 42: 24-27
- AUCLAIR, J.L. 1967: Effects of pH and sucrose on rearing the cotton aphid, *Aphis gossypii*, on a germ-free holidic diet. - J. Insect Physiol. 13: 431-446.
- AUCLAIR, J.L.; MALTAIS, J.B. & CARTIER, J.J. 1957: Factors in resistance of peas to pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (HARR.) (Homoptera: Aphididae). II. Amino acids. - Canad. Ent. 89: 457-464.
- CARTER, N.; MCLEAN, I.F.G.; WATT, A.D. & DIXON, A.F.G. 1980: Cereal aphids: a case study and review. - In: COAKER, T.H. (Ed.) Applied biology, Bd. 5. - Academic Press, London: 271-348.
- DADD, R.H. 1967: Improvement of synthetic diet for the aphid *Myzus persicae* using plant juices, nucleic acids, or trace metals. - J. Insect Physiol. 13: 763-778.
- DADD, R.H.; KRIEGER, D.L. & MITTLER, T.R. 1967: Studies of the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). IV. Requirements for water-soluble vitamins and ascorbic acid. - J. Insect Physiol. 13: 249-272.
- DIXON, A.F.G. 1985: Aphid ecology. - Blackie, Glasgow & London.
- DIXON, A.F.G. & GLEN, D.M. 1971: Morph determination in the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* L. - Ann. appl. Biol. 68: 11-21.
- ERHARDT, P. 1968a: Die Wirkung verschiedener Spurenelemente auf Wachstum, Reproduktion und Symbioten von *Neomyzus circumflexus* BUCKT. (Aphidae, Homoptera, Insecta) bei künstlicher Ernährung. - Z. vergl. Physiol. 58: 47-75.
- ERHARDT, P. 1968b: Der Vitaminbedarf einer siebröhrensaugenden Aphide, *Neomyzus circumflexus* BUCKT. (Homoptera, Insecta). - Z. vergl. Physiol. 60: 416-426.
- EMDEN, H.F. VAN 1966: Studies on the relations of insect and host plant. III. A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera; Aphididae) on brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. - Ent. exp. & appl. 10: 166-170.
- FRÖHLICH, G. & RICHTER, S. 1987: *Acyrtosiphon pisum* (HARRIS) an *Vicia faba* L. als Modellkombination zur Prüfung der Wirkung exogen applizierter Xenobiotika auf Aphiden: Ernährung, Entwicklung und Zucht. - Beitr. Ent. 37: 169-188.
- HINZ, B. 1984: Untersuchungen zur Vermehrung der Traubenkirchenblattlaus, *Rhopalosiphum padi* (L.), an verschiedenen Sommergerstensorten. - Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Univ. Rostock 33: 44-45.
- HINZ, B. & DAEBELER, F. 1984: Untersuchungen zum Bekämpfungsrichtwert bei der Haferblattlaus, *Rhopalosiphum padi* (L.), an Sommergerste. - Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz 20: 401-408.
- HINZ, B.; DAEBELER, F. & LÜCKE, W. 1979: Schadwirkung der Haferblattlaus *Rhopalosiphum padi* (L.) und die Virusgelbverzwergung der Gerste (barley yellow dwarf virus) an Sommergerste und Hafer. - Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz 15: 405-413.
- IBBOTSON, A. & KENNEDY, J.S. 1950: The distribution of aphid infestation in relation to the leaf age. II. The progress of *Aphis fabae* SCOP. infestations on sugar beet in pots. - Ann. appl. Biol. 37: 680-696.
- LOWE, H.J.B. 1984: Development and practice of a glasshouse screening technique for resistance of wheat to the

- aphid *Sitobion avenae*. - Ann. appl. Biol. 104: 297-305.
- MITTLER, T.E. & DADD, R.H. 1963: Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (SULZER). II. Relative survival, development, and larviposition on different diets. - J. Insect Physiol. 9: 741-757.
- MITTLER, T.E. & DADD, R.H. 1966: Food and wing determination in *Myzus persicae* (Homoptera, Aphididae). - Ann. ent. Soc. Amer. 59: 1162-1166.
- MÜLLER, F.P. 1973: Zur Biologie der Getreideblattläuse. - Wiss. Z. Univ. Rostock 22 (Math.-Nat. Reihe, H. 10): 1185-1191.
- MÜLLER, F.P. 1988: Aphidina-Blattläuse, Aphiden. - In: STRESEMANN, E. Exkursionsfauna, Band 2/2 Wirbellose, Insekten, 2. Teil. - Volk & Wissen, Berlin: 87-167.
- SCHOLZE, P. 1971: Untersuchungen zum Einfluß trophischer Faktoren auf die Entwicklung der Blattläuse, speziell der Schwarzen Bohnenlaus, *Aphis fabae* SCOP. (Homoptera, Aphidina). - Zool. Jhb. Syst. 98: 455-510.
- SINGH, D.P. 1986: Breeding for resistance to disease and insect pests. - Springer, Berlin (West), Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo.
- SRIVASTAVA, P.N. & AUCLAIR, J.L. 1974: Effect of amino acid concentration on diet uptake and performance by the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). - Canad. Ent. 106: 149-156.
- WEARING, C.H. 1967: Studies on the relation of insect and host plant. II. Effects of water stress in host plants on the fecundity of *Myzus persicae* (SULZ.) and *Brevicoryne brassicae* (L.). - Nature 213: 1052-1053.
- WEARING, C.H. & EMDEN, H.F. VAN 1967: Studies on the relations of insect and host plant. I. Effects of water stress in host plants on infestation by *Aphis fabae* SCOP., *Myzus persicae* (SULZ.) and *Brevicoryne brassicae* (L.). - Nature 213: 1051-1052.
- WETZEL, T. & FREYER, B. 1975: Kenntnis der Vermehrungspotenz und des Massenwechsels von Getreideblattläusen als Voraussetzung zur Prognose und gezielten Bekämpfung. - Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz 11: 133-152.