

Neue Aspekte in der Anwendung von chemischen und mikrobiologischen Bekämpfungsmitteln unter Berücksichtigung der Immunitätsprinzipien bei Insekten.

II. Die praktische Bedeutung der Immunitätsmechanismen in der integrierten Schädlingsbekämpfung¹

Von BENJAMIN MESSNER und WERNER MOHRIG

Zoologisches Institut der Universität Greifswald
(Direktor: Prof. Dr. R. Keilbach)

Mit 2 Abbildungen

Nach der Darstellung der humoralen Immunmechanismen bei den Insekten stellt sich für uns nun zwangsläufig die Frage, welche Vorstellungen und Konsequenzen sich für die angewandte Entomologie und hier besonders für die integrierte Schädlingsbekämpfung ergeben.

Da es sich bei der humoralen Immunität der Insekten um eine unspezifische Immunität handelt, kann erwartet werden, daß sie generell bei jeder Störung des physiologischen Gleichgewichts eingesetzt bzw. aktiviert wird. – An zwei Beispielen sollen unsere derzeitigen Vorstellungen über die Rolle des Lysozyms bei der Keimabwehr und bei der Parasitierung kurz vorgestellt werden.

1. Die Keimabwehr bei Insekten führt zugleich zu einer gewissen Einteilung der Bakterien in solche, die für die Insekten harmlos sind (z. B. lysozymempfindliche und phagozytierbare Bakterien), und in solche, die insektenpathogen sind, indem sie entweder zu einer Toxi- oder Septikämie führen (Abb. 1). Die Bakterien, die wie *Bacillus thuringiensis* die Insekten über eine Toxikämie töten, seien hier nur der Vollständigkeit halber genannt, da hierbei die humorale und auch die zelluläre Immunität offensichtlich unwirksam bleibt (Abb. 1 a). Alle anderen Bakterien sind für die Insekten immunologisch von Interesse, da sie zu einer Septikämie führen, aber auch entsprechend abgewehrt werden können. – Dringt z. B. ein lysozymempfindlicher, gram-positiver Keim in die Hämolymphe ein, so wird seine Stützmembran von dem vorhandenen bzw. von dem sehr schnell bereitgestellten Lysozym aufgelöst (lysiert) und das Bakterium dadurch getötet (Abb. 1 b).

Gelangt dagegen ein gram-negativer Keim in die Hämolymphe, so regt er

¹ Vortrag, gehalten während des III. Entomologischen Symposiums zur Faunistik Mitteleuropas vom 23. bis 26. April 1968 in Görlitz.

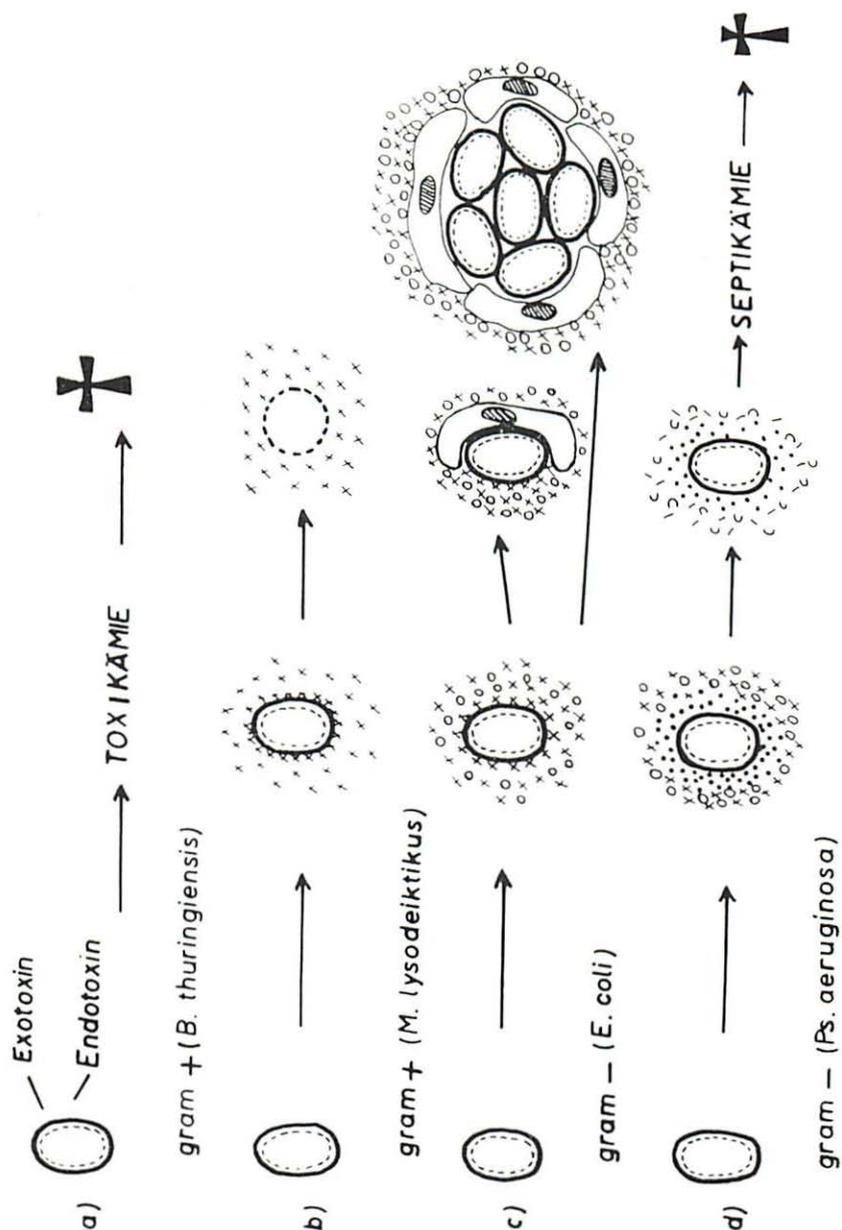


Abb. 1. Keimabwehr in der Hämolymphe von Insekten

- a) Erfolgreiche Keimabwehr bei *Bacillus thuringiensis*-Infektion, b) Lysis von *Micrococcus lysodeikticus*,
 c) Phagozytierung bzw. Einkapselung von *Escherichia coli*, d) erfolglose Keimabwehr bei *Pseudomonas aeruginosa* (XXX = Lysozym; OO = Tyrosinase; ●●● = Enzymhemmer)

auch hier zu einer verstärkten Lysozym- und, wie wir erst vor wenigen Tagen histochemisch feststellen konnten, auch zu einer Tyrosinase-Ausschüttung an. Das Lysozym lagert sich an die Bakterienzellwand an, ohne sie jedoch aufzulösen. Die Anlagerung von Lysozym, von Tyrosinase oder von beiden Enzymen zusammen, führt aber zu einer Phagozytose der Einzelkeime oder zur Einkapselung vieler Bakterien (Abb. 1 c).

Es gibt aber auch gram-negative Keime (z. B. *Pseudomonas aeruginosa*), an deren Zellwand sich kein Lysozym bzw. keine Tyrosinase anzulagern vermag oder von der eine Enzymhemmung ausgeht. Diese Keime werden weder lysiert, noch phagozytiert und führen in aller kürzester Zeit über eine Septikämie zum Tode des Insekts (Abb. 1 d). Dieser letzte Fall wird besonders dadurch interessant, daß es insektenpathogene Nematoden (*Neoaplectana*-Arten) gibt, die in ihrem Darmtrakt für Insekten hochpathogene, gram-negative Bakterien der Gattung *Acromobacter* mitführen, um sie in der Hämolymphe des Insektenwirtes durch den After auszuspritzen und um so durch eine rapide verlaufende Septikämie das Insekt zu töten (Literaturübersicht: NIKLAS, 1967). Die offensichtlich lysozymunempfindlichen Bakterien töten nicht nur das Wirtsinsekt, sondern verdrängen überdies alle anderen Bakterien und gestalten somit das Medium für die Nematoden optimal. Weitere eigene Untersuchungen deuten außerdem darauf hin, daß andere Nematoden (saprophytische und auch parasitische) durch aktive Lysozym- und Chitinaseabgabe die mikrobielle Flora ihres Wohnmediums zu bestimmen vermögen. Diese kleine Abschweifung von den Insekten zeigt einerseits, daß das Lysozym auch bei anderen Wirbellosen vorkommt (MESSNER, 1966), sie zeigt aber auch zugleich die sehr interessanten Beziehungen zwischen den Mikroorganismen und den Wirbellosen überhaupt.

2. Immunitätsverhalten der Insekten bei Parasitierung

Zwei extrem hohe Lysozymwerte bei *Ephemera danica*-Larven, die von eingekapselten Metacercarien übersät waren, einerseits und bei Zünslerlarven, die von Hymenopteren parasitiert waren, andererseits brachten uns auf den Gedanken, daß auch zwischen einer Parasitierung und erhöhten Lysozymwerten in der Hämolymphe ein kausaler Zusammenhang bestehen müßte. – Ein Parasitenbefall, und wir wollen hier nur den Endoparasitenbefall betrachten, stellt eine so erhebliche Störung des physiologischen Gleichgewichts dar, so daß es auch durchaus verständlich ist, daß hier sowohl der humorale als auch der zelluläre Abwehrmechanismus abrollt. Wird ein Parasitenei im Nebenwirt abgelegt, so wird verstärkt Lysozym und Tyrosinase ausgeschüttet, die sich der Eischale auflagern und das Ei damit zur Parasitierung bzw. Abkapselung vorbereiten (Abb. 2 a).

Ist der humorale und zelluläre Abwehrmechanismus des zu bekämpfenden Insekts durch eine unterschwellige Insektizid-, Bakterizid- oder Kombinationsbehandlung schon vorher ausgelöst worden, so kann eine nachfolgende Parasitierung durch einen nicht obligaten Parasiten durchaus erfolgreich sein, da es zu keiner oder nur zu einer unvollständigen Abkapselung des Parasiteneies kommt (Abb. 2 b).

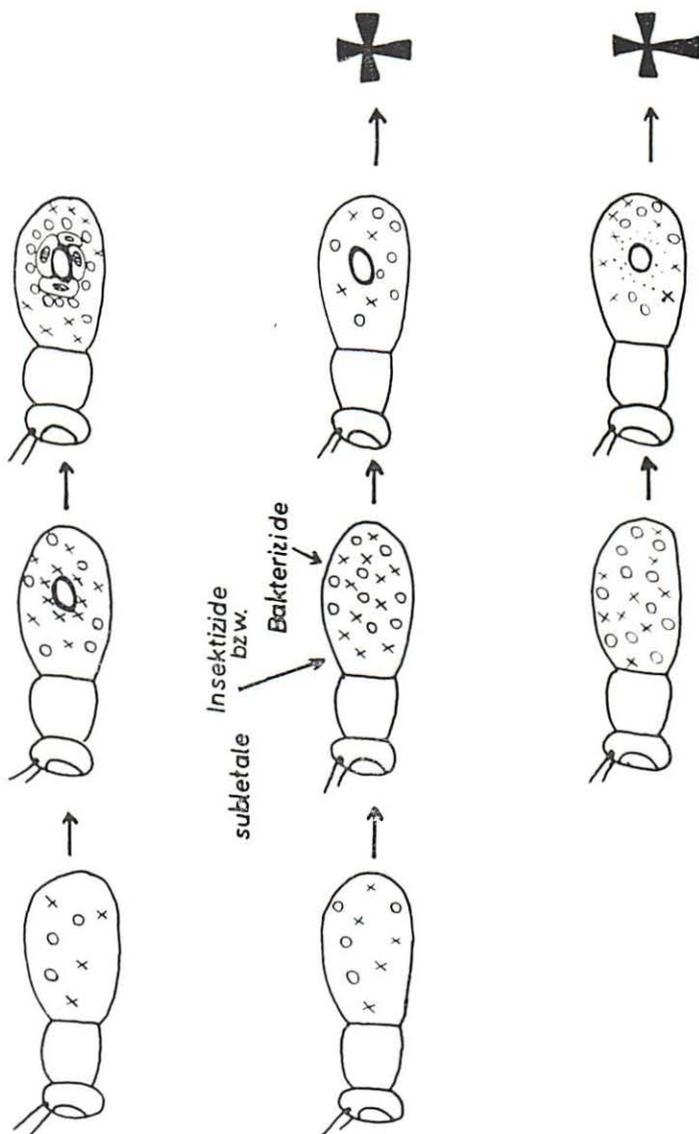


Abb. 2 Immunitätsverhalten der Insekten bei Parasitierung

- a) Erfolgreiche Abkapselung des Parasiteneies im Nebenwirt, b) keine Abkapselung des Parasiteneies im geschwächten Nebenwirt, c) keine Abkapselung des Parasiteneies im Hauptwirt
 (XXX = Lysozym; OOO = Tyrosinase; ●●● = Enzymhemmer)

Wird schließlich im Hauptwirt ein Parasitenei abgelegt, so kann möglicherweise wie bei den schon erwähnten *Pseudomonas*-Keimen die verstärkt eingesetzte Lysozym- und Tyrosinase in der Hämolymphe nichts ausrichten, da eine Anlagerung der Enzyme an die Eischale entweder ausbleibt oder von dieser gehemmt wird (Abb. 2 c).

Für den auch in der Praxis so interessanten Fall des immunologisch geschwächten Nebenwirts erbrachte die sowjetische Forscherin ŠČEPETILNIKOVA 1963 eine überzeugende Bestätigung, indem sie an Kohlweisslingsraupen zeigte, daß eine Vorbehandlung mit einem Bakterienpräparat die Parasitierung mit einem oligophagen Parasiten wesentlich erleichterte. Mit der gleichen Vorbehandlung verringerte sich die Immunität bei der Kohleule (*Barathra brassicae*) gegenüber einer Hymenoptere (*Sagarites* spec.) sogar von 96 % auf 8 %.

Gab es bei den beiden hier angeführten Beispielgruppen schon deutliche Anpassungserscheinungen an die Abwehrmechanismen des Wirtstieres, so zeigen die mikrobiellen Endosymbiosen, wie wir sie bei den Schaben, den Aphiden und den Zikaden kennen, ein echtes immunologisches Zusammenspiel in der Hinsicht, daß der mehr oder weniger chronisch erhöhte Lysozymspiegel in der Hämolymphe des Wirtsinsekts regulierend in der Symbiont-Wirt-Beziehung hineinspielt (MALKE, 1964 a, b; MALKE u. a. 1965).

Die hier dargestellten neuen Aspekte über die Immunitätsmechanismen der Insekten sollten aufmerksam machen auf die vielfältigen Beziehungen zwischen den Mikroorganismen und den Insekten einerseits und auf die so ganz andersartige Keim- und Parasitenabwehr bei den Wirbellosen andererseits.

Der relativ empfindliche und schnelle Anstieg des Lysozymtiters im Blut bei unterschiedlichen Störungen und die gute Meßbarkeit des Enzyms geben überdies den Praktikern im Forst- und Pflanzenschutz die Gelegenheit, in Form eines Schnelltestes den Parasitierungsgrad, eine bestehende Infektion oder den physiologischen Zustand einer Insektenpopulation oder auch den von Einzelinsekten beurteilen zu können. Entsprechende Vorarbeiten zur Einführung dieser Methode in den praktischen Forstschutz sind bereits angelaufen.

Zusammenfassung

Die aus den unspezifisch humoralen Immunmechanismen bei Insekten sich ergebenden Konsequenzen für die integrierte Schädlingsbekämpfung werden an zwei Beispielen demonstriert:

1. an der Keimabwehr bei Insekten,
2. am Immunitätsverhalten der Insekten bei Parasitierung.

Summary

The importance of the immunreactions in the integrate control of insects

The consequences are due to the immunreactions of the insects against bacteria for the integrate control of insects are showed by two examples: 1st by the defence against bacteria; 2nd by insects immunreactions against parasitic insects.

Literatur

- MALKE, H. (1964 a): Wirkung von Lysozym auf die Symbionten der Blattiden. — Z. allgem. Mikrobiol. 4, S. 88—91.
- (1964 b): Production of Asymbiotic Cockroaches by means of Lysozyme. — Nature 204, S. 1223 bis 1224.
- (1965): Über das Vorkommen von Lysozym in Insekten. — Z. allgem. Mikrobiol. 5, S. 42—47.

- MALKE, H., and W. SCHWARTZ (1966): Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien. XI. Die Rolle des Wirtslisozyms in der Blattidensymbiose. — Arch. Mikrobiol. 53, S. 17—32.
- MESSNER, B. (1966): Das Lysozymvorkommen in Beziehung zur unspezifischen Immunität der Insekten. — Zool. Anz. Suppl. 29, S. 511—521.
- SCEPETILNIKOVA, V. A. (1963): Grundlagen der biologischen Bekämpfung. — Beitr. Ent. 13, S. 855 bis 872.

Anschrift der Verfasser: Dr. Benjamin Mefner und Dr. Werner Mohrig, Sektion Biologie, Fachgebiet Zoologie, 22 G r e i f s w a l d , J.-S.-Bach-Straße 11/12