

Niem als natürliche Rohstoffquelle für den nachhaltigen Pflanzenschutz einschließlich des ökologischen Landbaus

Hans E. Hummel^{1,2}, Detlef F. Hein¹ & Günter Leithold¹

¹ Justus Liebig Universität Giessen, Organischer Landbau

² Illinois Natural History Survey, Division of Biodiversity and Ecological Entomology

Abstract: The neem tree *Azadirachta indica* A. JUSS (Meliaceae) and its close relatives are plants of versatile properties with many applications. Their effectiveness in medicine, plant and stored product protection are age old cultural heritage in southeast Asia. Recently this knowledge was confirmed by experiments with modern entomological, chemical and biochemical methodology. Natural products of the neem tree are used in medicine for the treatment of malaria, eczema, lice and mites. Applications also extend to the art of sustainable, environmentally benign plant protection.

In the course of the last third of the 20th century Giessen became one of the leading universities of European neem research. Mode of action studies, comparative investigations on feeding inhibition and molting in arthropods, but also numerous field applications directed against agriculturally and medically important pests lured a large number of candidates, graduate students and postdocs to Giessen to receive their training under Prof. Dr. H. Schmutterer. Because of increasing pesticide resistance and a significantly reduced number of pesticide registrations worldwide, natural products of the neem tree are gaining additional importance in the world market. Today, they are valued as prime examples for sustainable, environmentally benign alternatives in crop protection where other approaches are beginning to fail.

Particularly critical is the situation in ecological farming where synthetic pesticides and mineral fertilizers are forbidden and where some natural products can fill a significant even if expensive gap. New large scale efforts of afforestation with rapidly growing neem trees in southeast Asia will pretty soon facilitate the worldwide supply with less expensive neem products.

Key words: *Azadirachta indica* A. JUSS (Meliaceae), Neem, ecological farming, biopesticides

¹H.E. Hummel, D.F. Hein, G. Leithold, Justus Liebig Universität Giessen, Organischer Landbau, Karl-Glöckner-Strasse 21 C, D-35394 Giessen, BRD; E-mail: Hans.E.Hummel@agrar.uni-giessen.de

²H.E. Hummel, Illinois Natural History Survey, Division of Biodiversity and Ecological Entomology, 1816 S. Oak Street, Champaign, ILL. 61820, USA

Ausgangspunkt für den Enthusiasmus von Seiten der Pflanzenschützer und Mediziner für Niem war eine Zufallsbeobachtung von H. Schmutterer, der während seines Aufenthalts im Sudan zwischen 1959 und 1961 einen Heuschreckeneinfall von *Schistocerca gregaria* erlebte. In dessen Folge war, wie seit biblischen Zeiten (2. Mose, Kapitel 10, Verse 1-20) wohl bekannt, meilenweit kein Grün mehr verblieben, mit Ausnahme einiger Niembäume, an denen die gefräßigen Heuschrecken vorübergezogen waren. Schmutterer ging dieser Beobachtung nach und fand, dass der Baum ein fraßabschreckendes Prinzip enthalten muss, das die Heuschrecken auf Distanz hält. Tatsächlich konnten BUTTERWORTH & MORGAN 1972 einen niemeigenen Stoff dieser Wirkung dingfest machen. Wir wissen heute als Resultat eines Zusammenwirkens einer Reihe von Forschergruppen in Europa, USA, Indien, China und Japan von der Existenz des Azadirachtins, des kompliziert gebauten Hauptwirkstoffs, dessen chemische Struktur vor 22 Jahren von mehreren Gruppen unabhängig und zweifelsfrei identifiziert wurde.

Azadirachtin hat sich in der Folgezeit hartnäckig der Totalsynthese widersetzt (Ley & al. 1993). Lediglich sterile Suspensionskulturen von *Azadirachta indica* lieferten Azadirachtin und seine Kongeneren sowie die verwandten Limonoide Salannin und Nimbin biosynthetisch, freilich in sehr schlechten Ausbeuten und unter hohen Kosten (MORGAN & ALLEN 2002). Erst kürzlich wurde die erste gelungene Totalsynthese von

VEITCH & al. (2007) bekannt, die wegen der Komplexität der Struktur eine echte Herausforderung an die Kunst der beteiligten Chemiker darstellte. Angesichts des hohen Preises der synthetischen Wirkstoffe wird der Anwender von Niemprodukten auch künftig nach günstigen natürlichen Quellen des Rohmaterials Ausschau halten, wofür hauptsächlich Samen, aber auch Blätter in Frage kommen. Der Niembaum gedeiht in allen subtropischen und tropischen Ländern der Erde. Eine frosttolerante Variante mit Anwendungspotenzial in gemäßigten Breiten ist aus den Gebirgstälern des Himalaya bekannt.

Im Folgenden seien einige jüngere Entwicklungen der Niemforschung und -anwendung skizziert. Der Problematik des organischen Landbaus wird dabei ein eigener kurzer Abschnitt eingeräumt.

Jüngere Entwicklungen der Niemforschung:

Folgende Schwerpunkte wurden während des letzten Jahrzehnts intensiver bearbeitet:

1. Fortschritte der Niem-Analytik, gekoppelte chromatographisch-spektrometrische Verfahren, immunologische Verfahren;
2. Aufklärung der Wirkungsmechanismen des Niem auf zellulärer und molekularer Ebene (SALEHZADEH & al. 2002);
3. Resistenzen gegenüber chemisch synthetischen Insektiziden, kaum Neuzulassungen aus ökonomischen Gründen. Dadurch entsteht eine Indikationslücke, die schwer zu schließen ist und in der Folge einen Handelsvorteil für teure Naturprodukte und -verfahren einschließlich Niem bringt;
4. „Biopestizide“ (HALL & MENN, 1999) und ihr Einsatz im Pflanzenschutz unter Berücksichtigung der Regeln der Nachhaltigkeit.

Verschiedene Autoren beschreiben neue Entwicklungen, auf die hier kurz verwiesen sei. Neben den Standardwerken mit einem Gesamtüberblick über Niem (SCHMUTTERER 1995 und 2002, SCHMUTTERER & HUBER 2005, KLEEBERG & STRANG 2007, HALL & MENN 1999, REMBOLD 2004) gibt es eine stattliche Reihe von Fortschrittsberichten bei internationalen Neem Konferenzen der letzten zehn Jahre (Vancouver 1999, Mumbai 2002, Kun-Ming 2006), die eine ergiebige Quelle für Anwendungen darstellen.

Die Aufmerksamkeit der Giessener Forschungsgruppe galt dem Auffinden neuer Wirkstoffe und ihrer Struktur (HEIN & HUMMEL 1995; KALINOWSKI & al. 1993, HEIN 1999), den Fortschritten der Niem-Analytik mit gekoppelten chromatographisch-spektrometrischen Verfahren (HUMMEL & al. 1997, HEIN 1999), der Entwicklung empfindlicher, quantitativ auswertbarer Biotests (SCHMUTTERER 1988 und 1990; HEIN 1999), immunologischen Verfahren des höchstempfindlichen Azadirachtin-Nachweises (SCHÜTZ & al., 1997), der Entwicklung von Gewinnungsanlagen von Neem Extrakten in Ländern der Dritten Welt (Karibik, Togo, Afrika (HELLPAP & DREYER 2002), Myanmar, Thailand (SANGUANPONG, 2000, 2003), sowie Anwendungen im Feld, z.B. von Neem-Öl gegen den westlichen Maiswurzelbohrer *Diabrotica v. virgifera* in Illinois, USA (HUMMEL 1989, HUMMEL 2006). Die Wirkstoffe verschiedener *Azadirachta*arten sind chemisch verwandt, doch in ihrer Feinstruktur und ihren biologischen Wirkungen verschieden (LEY 1993, HEIN 1999, SIDDIQUI & al. 2006).

Resistenz-Entwicklungen der Schadinsekten gegen herkömmliche Insektizide sowie sinkende Zahlen bei der Neuzulassung von Präparaten zwingen zur Neubewertung des ökonomischen Potentials bekannter, aber lange Zeit als zu teuer eingestufte Wirkstoffe wie des Azadirachtins. Dadurch entstand eine Indikationslücke, die im selben Maß leichter zu schließen ist wie bekannte Wirkstoffe wegen Verknappung von Erdöl teurer und Naturstoffe wie Niem wegen verbesserten Nachschubs auf dem Weltmarkt billiger werden.

Erfordernisse des Organischen Landbaus

Während der letzten Jahre erfreuen sich organisch erzeugte Produkte wachsender Beliebtheit und steigender Nachfrage der Verbraucher. Der Anteil an ökologisch erzeugten landwirtschaftlichen Produkten am Gesamtumsatz des Lebensmitteleinzelhandels in Deutschland wird gegenwärtig mit ca. 3 % veranschlagt und zeigt mit 4,5 Mrd. EUR für 2006 steigende Tendenz (BILANZ PRESSEKONFERENZ DES BUNDES ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT (BÖLW) vom 14.02.2007). Maßnahmen und Ressourcen zu Düngung und Pflanzenschutz müssen im organischen Landbau aus dem Betrieb als organisch wirkende Einheit selbst kommen, womit externer Eintrag unterbunden ist, wobei aber gleichzeitig auch die Frage auftaucht, wie der Landwirt bei Massenvermehrungen schädlicher Organismen seine Farm und sein Investment schützen

soll. Vom Anwendungsverbot ausgenommen sind lediglich Naturwirkstoffe extrem hoher Spezifität wie Pheromone und Kairomone sowie Naturprodukte wie Bitterholz und Neem-Inhaltsstoffe, deren fraßabschreckende und häutungshemmende Wirkung auf viele Arthropoden erwiesen ist, ohne dass dabei Glieder höherer trophischer Ebenen wie Nützlinge nennenswert geschädigt würden (SCHMUTTERER 2002). Auch sind bei den letztgenannten Naturstoffen keine Rückstände bekannt, die über die Nahrungskette an die Verbraucher weitergereicht werden könnten. Ein großer Teil der Bedenken gegen den Einsatz farmfremder Stoffe sind damit ausgeräumt. Leider sind aber immer noch nicht alle Probleme gelöst, denn Pheromone und Kairomone sind wegen ihres hohen Preises bisher hauptsächlich als Hilfsmittel beim Monitoring und weniger bei der unmittelbaren Insektenbekämpfung durch Verwirrungsverfahren im Einsatz. Ähnliches gilt für teure, standardisierte Niemextrakte. Allerdings zeichnet sich neuerdings eine Entspannung bei den Herstellungskosten für Niemprodukte ab, seit sehr große Niemplantagen in der Provinz Yunnan, Südchina, entstehen, die auf Ödland angelegt werden und außer ihrem Nutzen als Quelle für Naturstoffe und als Erosionsschutz auch die Bodenstruktur und die soziale Infrastruktur der (meist armen) Bevölkerung günstig beeinflussen. Ungelöst sind allerdings weiterhin Probleme mit hohen Arbeits- und Ausbringungskosten bei uns in Mitteleuropa. Wahrscheinlich werden „intelligente“ Systeme der Präzisionslandwirtschaft, die sich gegenwärtig in Entwicklung befinden, hier eine Entspannung bringen (Ganzelmeier 2001, Rösch & al. 2005, Greiner und Wendorff, 2007).

Danksagungen

Prof. Dr. H. Schmutterer vom Institut für Phytopathologie und angewandte Zoologie der Justus-Liebig Universität hat in Giessen bis 1993 ein Zentrum für Niemforschung und -anwendung betrieben, wofür ihm seine Schüler und Mitstreiter lebenslangen Dank zollen.

Einige der Versuche zur Niemanwendung wurden durch Zuwendungen der GTZ Eschborn unterstützt. Die Technik zur Gewinnung der reinen Naturstoffe Azadirachtin und Marrangin (aus *A. excelsa*) durch Gegenstromchromatographie lernten die Autoren Hummel und Hein im Laboratory for Biophysical Chemistry des NIH Bethesda, Md., USA, unter der Leitung von Dr. Y. Ito, dem unser sehr herzlicher Dank gilt. Die Europäische Kommission Brüssel hat die Versuche von Dr. D.F. Hein durch ein Stipendium im Rahmen des EU-AZTEC-Projektes (QLK5-CT-1999-01110) dankenswerterweise ermöglicht. UNIDO Wien unterstützte den Erstautor durch ein Reisestipendium nach Kun-Ming im Nov. 2006.

Literaturverzeichnis

- BILANZ PRESSEKONFERENZ BÖLW, www.boelw.de/oekobranche.html
- BUTTERWORTH, J.H. & E.D. MORGAN (1972): Investigation of the locust feeding inhibition of the seeds of the neem tree *Azadirachta indica*. – J. Insect Physiol. **17**: 969-977
- GANZELMEIER, H. (2001): Die neuesten Entwicklungen in der Pflanzenschutztechnik. – Neue Landwirtschaft, Sonderheft 2001, pp. 84-85
- GREINER, A., & J.H. WENDORFF (2007). Elektrospinnen: Eine faszinierende Methode zur Präparation ultradünner Fasern. *Angew. Chem.* **119**: 5770-5805
- HALL, F.R. & J.J. MENN (1999): Biopesticides. Use and Delivery. – Humana Press, Totowa, New Jersey
- HEIN, D.F. & H.E. HUMMEL (1995): Biologische Aktivität gegenstromchromatographisch gereinigter Extrakte aus *Azadirachta excelsa* JACK im Biotest mit *Epilachna varivestis* MULS. – Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. **10**: 247-250
- HEIN, D.F. (1999): Zur Biotechnik im Pflanzenschutz: Extraktion, Analytik und biologische Wirkungsweise ausgewählter Inhaltsstoffe von *Azadirachta indica* A. JUSS. (Meliaceae). Ph.D. Dissertation Giessen. Fachverlag Köhler, Giessen
- HELLPAP, C. & M. DREYER (2002): The Smallholder's Homemade Products. pp. 459-469. – in: SCHMUTTERER, H. ed.: The Neem Tree *Azadirachta indica* A. JUSS. and Other Meliaceae Plants. 2nd ed. – The Neem Foundation. Mumbai, India
- HUMMEL, H.E. (1989): Natural products as biotechnical weapons towards the future pest management of *Diabrotica* beetles. – Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Ghent **54** (3a): 945-954

- HUMMEL, H.E. (2006): Neem as a Natural Resource in Sustainable Plant Protection: Extraction, Purification, Characterization of Azadirachtin, and Use of Neem Oil in *Diabrotica* Pest Management. pp. 32-34. – in: Organizing Committee of the INC2006, ed. – Proc. of the 2006 Internat. Neem Conference Kun-Ming, China, 404 p.
- HUMMEL, H.E., D.F. HEIN, Y. MA, Y. ITO & E.F. CHOU (1997). Isolation and characterization of the insect development modifier azadirachtin A by various MLCCC methods. – Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent **62** (2a): 213-223
- ITO, Y. & W. CONWAY eds. (1996): High-Speed Counter Current Chromatography. – Wiley, New York.
- KALINOWSKI, H.-O., K. ERMEL & H. SCHMUTTERER (1993). Strukturaufklärung eines Azadirachtinderivats aus dem Marrangobaum *Azadirachta excelsa* durch NMR Spektroskopie. Liebigs Ann. Chem. **1993**: 1033-1035
- KLEEBERG, H. & R. STRANG, eds. (2007): Biological Control of Plant, Medical and Veterinary Pests. – 14th Workshop, Wetzlar, Germany (in press)
- KÜHNE, S., U. BURTH & P. MARX (2006). Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. – Ulmer, Stuttgart
- LEY, S.V., A.A. DENHOLM & A. WOOD (1993): The chemistry of azadirachtin. – Nat. Prod. Rep. **10**: 109-157
- MORGAN, E.D. & E.J. ALLEN (2002): Neem Tissue Culture: Methods and Production of Limonoids. pp. 117-126. – In: SCHMUTTERER, H. ed.: The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. and Other Meliaceae Plants. 2nd ed. – The Neem Foundation. Mumbai, India
- REMBOLD, H. (2004): Der Niembaum: Quelle für eine neue Strategie im Pflanzenschutz? – Entomologie heute **16**: 235-243
- RÖSCH, C., M. DUSSELDORP & R. MEYER (2005): Precision Agriculture. Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden – ökonomische und ökologische Potenziale. – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin, und Forschungszentrum Karlsruhe. Arbeitsbericht Nr. 106, 204 p.
- SANGUANPONG, U. (2000): Production Technology of Neem-based Extracts. – Papyrus Publication Co.Ltd. Bangkok. 136 p.
- SANGUANPONG, U. (2003): A casestudy of RIT-Pilot Plant for Thai Neem-Based Extract processing: From Research in BRD to Small-scale Industrial production in Thailand. pp. 1-7. – In: Proc. 4th International Symposium cum Workshop “Food Security and Sustainable Resource Management: Challenges in Market Economy”, Chiangmai, Thailand, Oct. 13-17, 2003
- SALEHZADEH, A., A. AKHKHA, W. CUSHLEY, R.L.P. ADAMS & R.H.C. STRANG (2002): The mode of action of azadirachtin in insects cells. – World Neem Conf., Souvenir **1**, 15-19, Mumbai, India
- SCHMUTTERER, H. (1988): Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. – J. Insect Physiol. **34**: 713-718
- SCHMUTTERER, H. (1990): Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. – Annu. Rev. Entomol. **35**: 271-297
- SCHMUTTERER, H. ed. (2002): The Neem Tree *Azadirachta indica* A. JUSS. and other Meliaceae Plants. Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry, and Other Purposes. 2nd ed., Neem Foundation, Mumbai, India. 893 pages.
- SCHMUTTERER, H. & J. HUBER, eds. (2005): Natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel. – Ulmer, Stuttgart.
- SCHÜTZ, S., I. WENGATZ, M.H. GOODROW, S.J. GEE, H.E. HUMMEL & B.D. HAMMOCK (1997): Development of an enzyme linked immunosorbent assay for azadirachtins. – J. Agric. Food Chem. **45**: 2363-2368
- SIDDIQUI, B.S., M. RASHEED, S.T. ALI, S.K. ALI, S. FAIZI, S.N.H. NAQVI & R.M. TARIQ (2006): *Azadirachta indica* – a Continuing Source of Exciting New Chemistry and Potential Uses. pp. 70-77 in: Organizing Committee of the INC 2006, ed.: Proc. of the 2006 International Neem Conference Kun-Ming, China, 404 p.
- VEITCH, G.E., E. BECKMANN, B.J. BURKE, A. BOYER, S.L. MASLEN & S.V. LEY (2007). Synthesis of Azadirachtin: A long but successful journey. Angew. Chem. Int. Ed. **46** (40):7629-7632