

## Bekämpfung von *Epilachna vigintioctopunctata* (F.) und *Spodoptera litura* (F.) mit Silikaten

Tanja Mucha-Pelzer · Nitai Debnath · Arunava Goswami · Inga Mewis · Christian Ulrichs

Eingegangen: 9 Februar 2008 / Angenommen: 11 Februar 2008 / Online veröffentlicht: 27 Februar 2008  
© Springer-Verlag 2008

**Zusammenfassung** Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einsatz von Silikaten unter variablen Klimabedingungen gegen die gartenbaulichen Schädlinge *Epilachna vigintioctopunctata* (F.) und dem Asiatischen Baumwollwurm *Spodoptera litura* (F.). Die Schädlinge wurden mit den Substanzen „Fossil Shield® 90.0s“, „Advasan®“ sowie verschiedenen hydrophoben Formulierungen einer neuen Substanz namens „AL06“ (eine Eigenentwicklung im Fachgebiet Urbaner Gartenbau, Humboldt-Universität zu Berlin) in mit Gaze geschlossenen Versuchsgefäßen in Kontakt gebracht. Nach 48 Stunden Expositionsdauer konnte eine hundertprozentige Mortalität mit einigen Substanzen gegenüber adulten *E. vigintioctopunctata* erreicht werden. Auch die Larven des *S. litura* reagierten empfindlich auf die Silikatbehandlung. Die Mortalitätsrate war in allen Versuchen positiv dosisabhängig, wobei ab einer Dosis von 0,18 mg/cm<sup>2</sup> kein linearer Zusammenhang festgestellt werden konnte. Generell erzielten hydrophobierte Silikate höhere Mortalitätsraten als unbehandelte hydrophile Verbindungen. Für mögliche zukünftige Anwendungen im Gartenbau müssen die Wahl der Silikate und mögliche phytotoxische Nebeneffekte berücksichtigt werden.

**Schlüsselwörter** Diatomeenerde · „Fossil Shield“ · Amorphe Silikate · Armyworm · Asiatischer Baumwollwurm

### Applications of different silica's on the plant insect pests *Epilachna vigintioctopunctata* und *Spodoptera litura* F.

**Abstract** The present work deals with the insecticidal efficacy of different modified natural silica products against the field pests *Epilachna vigintioctopunctata* (F.) and *Spodoptera litura* (F.). The substances “Fossil Shield® 90.0s”, “Advasan®” as well as different formulations of a silica-derived substance named “AL06” (developed in the section Urban Horticulture, Humboldt-University Berlin) were dusted into gauze-covered cages. In each cage, test insects were placed and mortality measured over time. A 100% mortality rate was achieved two days after treatment of adult *E. vigintioctopunctata* and *S. litura* larvae with some silica “AL06”-formulations. In contrast, mortality rate for *E. vigintioctopunctata* larva was only 30 to 70% after two days of treatment. Mortality rate was dose dependent, even though a linear correlation could not be found. Furthermore, the commercial substance “Advasan®” was able to control the horticultural pest *E. vigintioctopunctata* within 48 hours successfully. For future horticultural applications, possible phytotoxic side effects of silica dusts and an application technology resulting in adequate leaf coverage have to be considered.

**Keywords** Diatomaceous earth · “Fossil Shield” · Amorphous silica · Armyworm · Common cutworm

T. Mucha-Pelzer · I. Mewis · C. Ulrichs (✉)  
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für  
Gartenbauwissenschaften, FG Urbaner Gartenbau,  
Lentzeallee 55/57, 14195 Berlin, Germany  
E-Mail: christian.ulrichs@agr.ar.hu-berlin.de  
Tel.: +49-30-31471387  
Fax: +49-30-31471286

N. Debnath · A. Goswami  
Indian Statistical Institute, Biological Sciences Division,  
203 B. T. Road, Kolkata 700 108, India

## Einleitung

Die Pflanzenschädlinge *Epilachna vigintioctopunctata* (F.) und *Spodoptera litura* (F.) stellen besonders im tropischen und subtropischen Gartenbau wichtige Schädlinge dar (Fujiyama und Katakura 2002). Beide Schädlinge entlauben ihre Wirtspflanzen unter günstigen Bedingungen in kürzester Zeit und schädigen somit nachhaltig den Ernteerfolg (CABI/EPPO 2007). Nach Kittlaus (1962) bevorzugt *E. vigintioctopunctata* Wirtspflanzen aus der Familie *Solanaceae*. Zusätzlich wurden *Epilachna* spp. aber auch schon auf Pflanzen der Familie *Cucurbitaceae* nachgewiesen (Schäfer 1983; Shirai und Morimoto 1997). Der Quarantäneschädling *S. litura* ist einer der bedeutendsten Schädlinge an der Sojabohne (*Glycine max* L.) (Endo et al. 2007). Dieser polyphage Schädling bedroht zusätzlich zahlreiche landwirtschaftliche Kulturen wie z. B. Baumwolle, Flachs, Jute, Mais, Reis, Tee und Tabak sowie viele Gemüsearten wie Aubergine, Bohne, Paprika, *Cucurbitaceae* und *Brassicaceae*.

Die Nutzung von chemischen Pflanzenschutzmitteln zur Kontrolle dieser Schädlinge ist aufgrund der Rückstandsproblematik nicht immer möglich. Außerdem haben viele Schädlingsarten, so auch *S. litura*, Resistenzen gegen zahlreiche Pflanzenschutzmittel entwickelt (Armes et al. 1997). Aus diesem Grund besteht ein Bedarf an alternativen Produkten zur Schädlingsbekämpfung. Da natürlich vorkommende Silikate (= Diatomeenerden (DE)) seit Jahren erfolgreich im Vorratsschutz eingesetzt werden (Mewis und Reichmuth 1999; Mewis und Ulrichs 1999; Fields 2000; Prasantha 2003; Mewis und Ulrichs 2001; Ulrichs und Mewis 2005), bieten sie eine echte Alternative zum Einsatz synthetischer Insektizide (Erb-Brinkmann 2000). DE liegen vorwiegend in amorpher Form vor und enthalten nur sehr geringe Anteile an kristallinem Siliziumdioxid. Johnston et al. (2000) und Merget et al. (2002) konnten für amorphe Silikate, wenn überhaupt, nur sehr geringe humantoxische Nebenwirkungen nachweisen. Für synthetisch amorphe Silikate kommt die wissenschaftliche Gemeinschaft ebenfalls zu der Aussage, dass sie für den Menschen nach oraler bzw. dermalen Aufnahme nicht toxisch sind. Lediglich für den Bereich der systemischen Wirkung sind bisher keine Daten verfügbar, aber es ist bis heute kein einziger Fall von z. B. Kontaktallergie bei Arbeitern in der Siliziumdioxid verarbeitenden Industrie aufgetreten (ECETOC 2006).

In der vorliegenden Arbeit wurden unterschiedliche Silikate auf ihre Eignung als natürliches Pflanzenschutzmittel gegen die beiden bedeutenden Schädlinge *E. vigintioctopunctata* und *S. litura* getestet.

## Material und Methode

### Insektenzucht

Imagines und Larven von *E. vigintioctopunctata* wurden an Balsambirne (*Momordica charantia* L.) auf einer Farm in Ranaghat, einem Dorf in West Bengal in Indien gesammelt. *S. litura* entstammte einer Zucht auf Blättern des Wunderbaumes (*Ricinus communis* L.) an der Bidhan Chandra Kri-shi Viswavidyalay Universität in West Bengal, Indien.

### Versuchssubstanzen

Unter Freilandbedingungen lässt häufig die insektizide Wirkung der meisten handelsüblichen DE aufgrund eines Wassersättigungseffektes durch hohe relative Luftfeuchten (LF) nach (Ulrichs et al. 2004). Deshalb wurden in den Versuchen Substanzen getestet, welche neben ihren lipophilen insektiziden Eigenschaften auch hydrophobe Eigenschaften besitzen und deshalb auch unter hohen relativen LF wirksam bleiben. Diese Substanzen, „Fossil Shield® 90.0s“ und „Advasan®“, wurden über die „Fossil Shield Company“ in Eiterfeld bezogen. „FS90.0s®“ ist ein nanostrukturiertes, hydrophobes und amorphes Silikatgemisch auf Diatomeenerdebasis. Die Partikelgröße beträgt zwischen 5 und 30 µm. Die Substanz besteht zu 60 bis 80% aus amorphem Siliziumdioxid und zu 12 bis 16% aus Aluminiumoxid. Weitere Bestandteile sind: Kaliumoxid, Calciumoxid, Magnesiumoxid und Eisen(III)-oxid. „Advasan®“ ist ein Produkt vulkanischen Ursprungs und somit keine Diatomeenerde, besteht jedoch zu > 97% aus amorphem Siliziumdioxid. Weiterhin wurde ein neues Produkt namens „AL06“, welches im Fachgebiet Urbaner Gartenbau an der Humboldt-Universität zu Berlin neu entwickelt wurde, in unterschiedlichen hydrophoben Formulierungen getestet. Die Eigenentwicklung „AL06“ ist ein im „Top-Down“-Verfahren natürlich gewonnenes Silikat, bestehend aus schmalen hohlen Kugeln mit einer Oberfläche von ca. 800 m<sup>2</sup>/g. Alle unterschiedlich modifizierten „AL06“-Formulierungen sind amorph und beinhalten mindestens 86% Siliziumdioxid. Der Partikeldurchmesser (D50) liegt dabei zwischen 1 und 8 µm, wobei die wesentlichen Unterschiede im Grad der Hydrophobierung durch Oberflächenmodifikation liegen (Tabelle 1).

### Wirksamkeitstests verschiedener „AL06“-Formulierungen

Die Grundfläche der mit Gaze verschlossenen Versuchsgefäße betrug 28 cm<sup>2</sup>. Die Versuchssubstanzen „AL06-101“ bis „AL06-110“ (Tabelle 1) sowie „FS90.0s®“ wurden

**Tabelle 1** Unterschiede der „AL06“-Formulierungen in Partikelgröße und Oberflächenbehandlung ( $D$  = Durchmesser)

Substanz	D (50%) in $\mu\text{m}$	Oberfläche
AL06-101	1,98	Unbehandelt
AL06-102	3,11	Hydrophiliert
AL06-103	3,06	Hydrophobiert
AL06-104	3,13	Stark hydrophobiert
AL06-105	3,03	Stark hydrophobiert + kompaktiert
AL06-106	7,07	Unbehandelt
AL06-107	7,31	Leicht hydrophobiert
AL06-108	7,47	Hydrophobiert
AL06-109	6,70	Hydrophobiert + leicht kompaktiert
AL06-110	6,52	Stark hydrophobiert + kompaktiert

gleichmäßig durch ein Sieb auf den Boden der Versuchsgefäße gestäubt. Anschließend wurden Larven und adulte *E. vigintioctopunctata* in die Boxen mit einer Silikatkonzentration von  $0,18 \text{ mg/cm}^2$  gegeben. Jeweils nach 24 und nach 48 Stunden wurde der Anteil der toten Insekten ermittelt. Desgleichen wurden die Larven des zweiten bzw. dritten Larvenstadiums von *S. litura* auf den mit  $0,04 \text{ mg/cm}^2$  bestäubten Gefäßboden gegeben. Auch diese Individuen wurden nach 24 und 48 Stunden ausgezählt. Unbehandelte Gefäße dienten als Kontrolle. Alle Experimente wurden im Freiland unter den herrschenden Klimabedingungen ( $26\text{--}31^\circ\text{C}$ ,  $60\text{--}87\%$  rel. LF) durchgeführt und dreimal wiederholt. Blattmaterial (2 g *M. charantia* für *E. vigintioctopunctata* und 4 g *R. communis* für *S. litura*) wurde täglich als Futter in den Käfigen gewechselt. Die besten „AL06“-Formulierungen wurden in einem zweiten Versuch mit unterschiedlichen Konzentrationen geprüft.

Effektivität von „Advasan®“ gegen *E. vigintioctopunctata* und *S. litura*

„Advasan®“ wurde in vierfacher Wiederholung mit unterschiedlichen Konzentrationen gegenüber *E. vigintioctopunctata* und *S. litura* getestet. Die Tiere wurden täglich mit 2 g Blattmaterial von *M. charantia* gefüttert und die Mortalitätsrate nach 24, 48 und 72 Stunden ermittelt. Im *S. litura*-Experiment wurden die Larven des zweiten bzw. dritten Larvenstadiums gegen fünf Konzentrationen „Advasan®“ getestet ( $0,05$ ,  $0,1$ ,  $0,5$ ,  $0,75$  und  $1 \text{ mg/cm}^2$  Grundfläche). Als Futter wurden je Tag und Box 4 g *R. communis*-Blätter gegeben. Die Mortalitätsrate wurde für 24 bzw. 48 Stunden ermittelt.

Statistische Auswertung

Die Überprüfung der Wirkung der Versuchsvarianten erfolgte mittels multifaktorieller Varianzanalyse (Statgra-

phics, Version 15.2.0). Ein anschließender Mittelwertvergleich mittels Tukey's HSD Test ( $p < 0,05$ ) zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen.

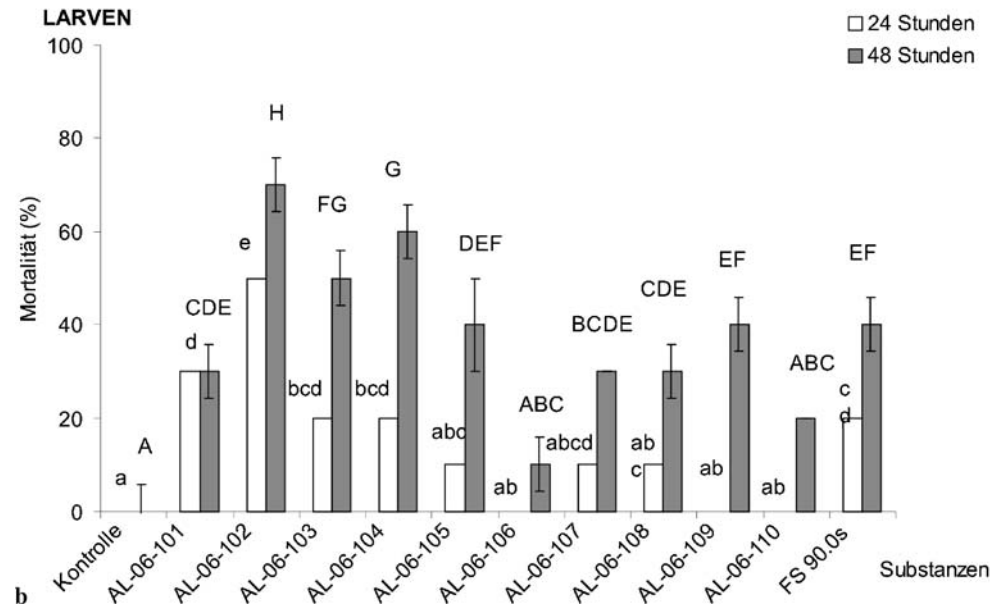
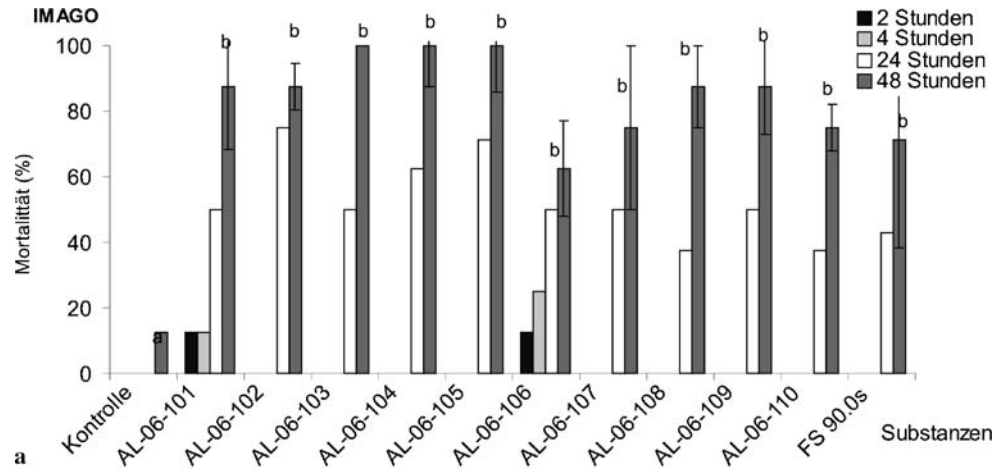
## Ergebnisse und Diskussion

Im Freiland bei  $30^\circ\text{C}$  und einer rel. LF von 60% wurde bereits nach 48 Stunden für adulte *E. vigintioctopunctata* eine hundertprozentige Mortalität durch die Substanzen „AL06-103“ und „-104“ und „-105“ erzielt (Abb. 1a).

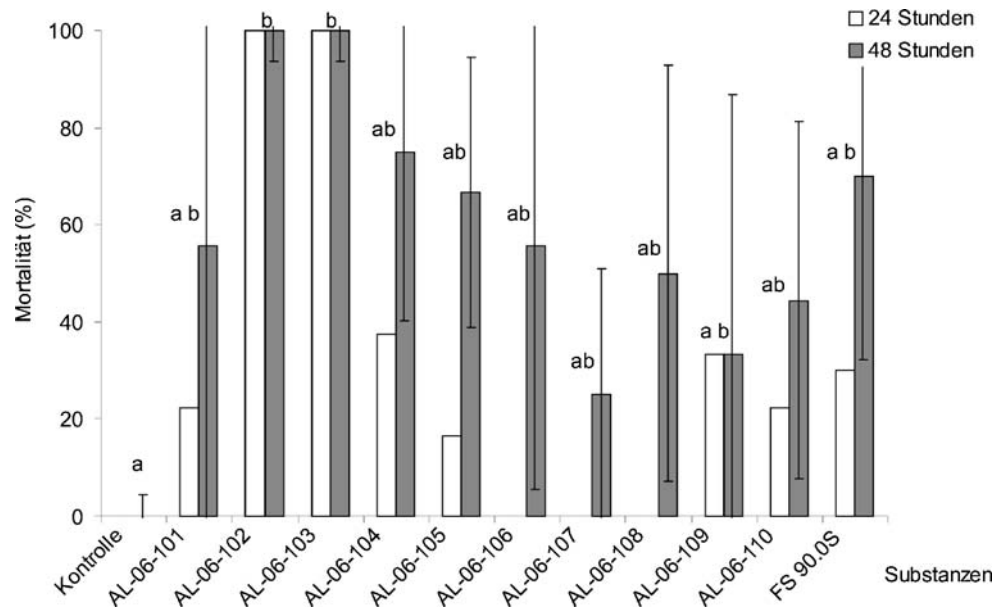
Im Gegensatz dazu zeigte „AL06-106“ mit einer Mortalitätsrate von 60% nach 48 Stunden eine geringere Wirksamkeit. „AL06-106“ ist im Gegensatz zu den vorher genannten Formulierungen unbehandelt und nicht hydrophobiert, sodass hier von einer nachlassenden Wirksamkeit durch Wassersättigung ausgegangen werden kann. Unterschiedliche Mortalitätsraten in den verschiedenen Behandlungen lassen sich unter anderem durch die unterschiedliche Aufbereitung der Substanzen begründen. Nach Faulde et al. (2006), Völk et al. (2004) und Weishaupt et al. (2004) beeinflusst die Art der Aufbereitung der Substanzen (z. B. die Hydrophobierung) die Wirksamkeit unter höheren LF. Außerdem ist die Partikelgröße nach Ulrichs et al. (2006) ein wichtiger Faktor. Auch Arnaud et al. (2005) begründeten die bessere Wirksamkeit der Substanz „Protect-It®“ durch die kleinere Partikelgröße im Hinblick auf Vergleichssubstanzen. Dieses spielt aber in den durchgeführten Versuchen keine sehr große Rolle, da alle Materialien im Partikeldurchmesser relativ nahe beieinander lagen. Für die vergleichsweise niedrigen Mortalitätsraten bei den *E. vigintioctopunctata*-Larven ist die hohe rel. LF von Bedeutung, andererseits sind Wirksamkeitsunterschiede zwischen unterschiedlichen Entwicklungsstadien nicht ungewöhnlich (Abb. 1). Während es zwischen den „AL06“-Formulierungen im Larvenversuch nach 48 Stunden keine Unterschiede in der Wirksamkeit gab, erzielten die Formulierungen „AL06-102“ und „AL06-104“ signifikant höhere Mortalitätsraten gegenüber adulten *E. vigintioctopunctata* als die restlichen Formulierungen. In Versuchen mit *Tribolium*-Larven konnten Mewis und Ulrichs (2001) nachweisen, dass Larven und Imagines durch Unterschiede in der Epikutikula-Zusammensetzung unterschiedlich auf Diatomeenerden reagieren. In Versuchen mit *S. litura* konnten aufgrund der hohen Schwankungen in den Versuchen keine Unterschiede in den Larvenmortalitäten nach 48 Stunden gefunden werden. Jedoch erzielten bei einer mittleren Temperatur von  $27^\circ\text{C}$  und einer rel. LF von 66% „AL06-102“ und „AL06-103“ bereits eine hundertprozentige Larvalmortalität (Abb. 2).

„Advasan®“ war ebenso erfolgreich in der Bekämpfung von *E. vigintioctopunctata* (Abb. 3).

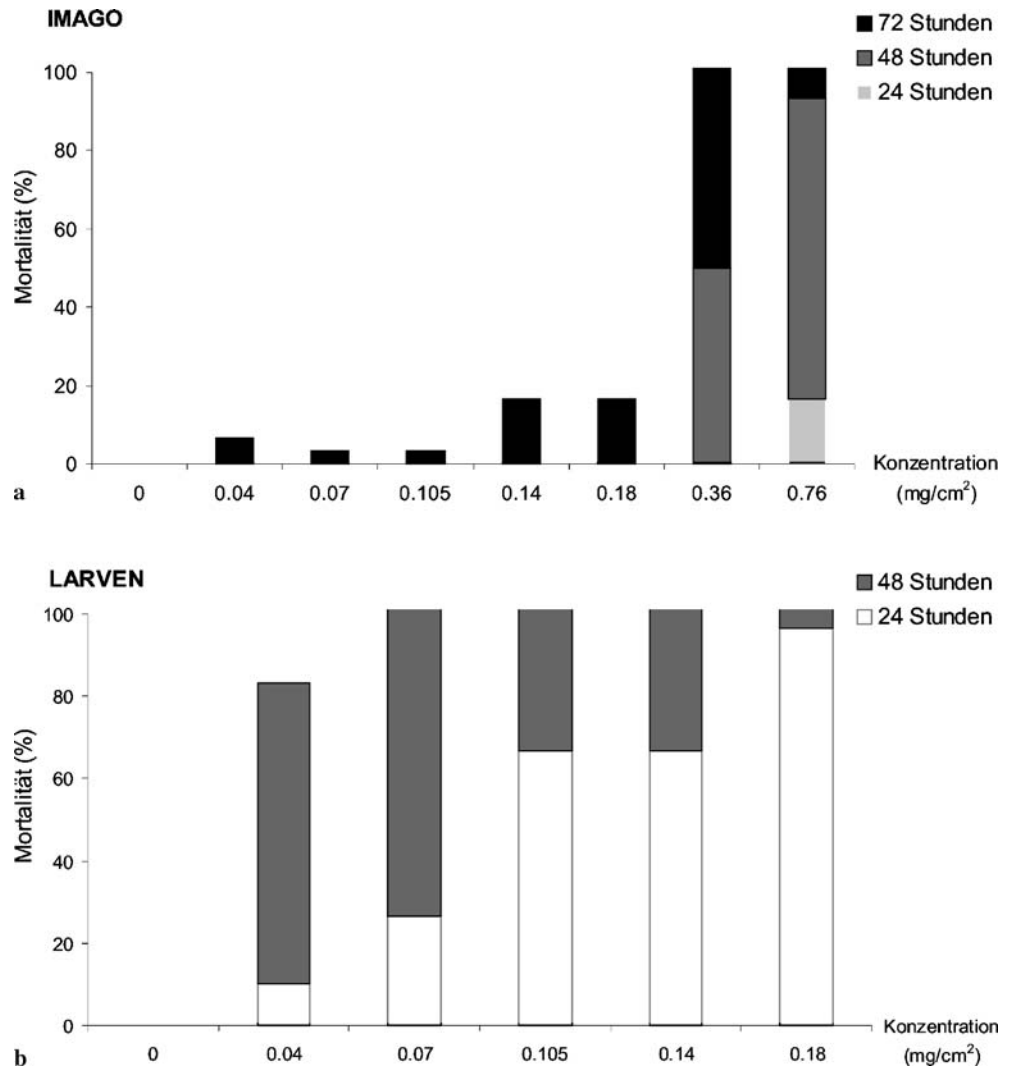
**Abb. 1** Mortalität von *E. vigintioctopunctata* Imagos und Larven nach Behandlung mit verschiedenen „AL06“-Formulierungen bei einer Dosierung von 0,18 mg/cm<sup>2</sup> nach 24 und 48 Stunden Behandlung (Imagos: 30 °C, 60% rel. LF, Larven: 31 °C, 87% rel. LF, Multifaktorielle ANOVA, Tukey HSD,  $p < 0,001$ ). **a** Buchstaben beschreiben die signifikanten Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen Silikaten nach 48 h. **b** (Großbuchstaben = 48 h, Kleinbuchstaben = 24 h)



**Abb. 2** *S. litura* Larvenmortalität nach Behandlung mit verschiedenen „AL06“-Formulierungen bei einer Konzentration von 0,04 mg/cm<sup>2</sup> nach 24 und 48 Stunden (27 °C, 66% rel. LF, Multifaktorielle ANOVA, Tukey HSD,  $p < 0,001$ ). Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede zwischen Silikaten nach 48 Stunden



**Abb. 3 a, b** Mortalität von *E. vigintioctopunctata* Imagos und Larven nach Behandlung mit „Advasan®“ (30 °C, 72% rel. LF)



Hier reagierten Larven empfindlicher auf eine Behandlung als Imagos (Abb. 3). Die Gabe von Futter reduziert dabei die Wirksamkeit der Behandlung. Bereits Mewis und Ulrichs (2001) stellten fest, dass Insekten Wasser aus Nahrung metabolisieren können und dieses dem Austrocknungsprozess entgegenwirkt bzw. diesen verlängern kann.

Somit ist festzustellen, dass besonders Silikate mit Partikelgrößen von unter 10 µm, die hydrophobiert sind, erfolgreich gegen gartenbauliche Schädlinge im Freiland eingesetzt werden können. Dennoch ist noch nicht ausreichend untersucht, inwieweit die Pflanzen auf diese Substanzen reagieren. Möglicherweise werden die Stomata verstopft oder der Anteil der Pflanzeninhaltsstoffe ändert sich irreversibel. Wie in Untersuchungen von Krause et al. (2007) nachgewiesen wurde, können Silikatapplikationen die Fotosyntheseleistung von Pflanzen negativ beeinflussen. Auch bleibt abzuwarten, ob eine gute Applikationstechnik, wie z. B. die Elektrostatik, dafür sorgen kann, dass eine

zu erwartende Abdrift der kleinen Partikel im Freiland minimiert wird.

**Danksagung** Wir danken der Fossil Shield Company für die logistische und materielle Förderung der Arbeit.

## Literatur

- Armes NJ, Wightman JA, Jadhav DR, Ranga Rao GV (1997) Status of insecticide resistance in *Spodoptera litura* in Andhra Pradesh, India. *Pesticide Sci* 50(3):240–248
- Arnaud L, Huong TTL, Brostaux Y, Haubruge E (2005) Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. *J Stored Prod Res* 41:121–130
- CABI/EPPO (2007) *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera litura*. Data Sheets on Quarantine Pests. Prepared by CABI and EPPO for the EU. [http://www.eppo.org/QUARANTINE/insects/Spodoptera\\_litura/PRODLI\\_ds.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/insects/Spodoptera_litura/PRODLI_ds.pdf) Zugriff: 15.04.07
- April 2007 5. ECETOC (2006) European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Synthetic amorphous silica (CAS No. 7631–86-9). *JACC* no. 51, p 231

- Endo N, Hirakawa I, Wada T, Tojo S (2007) Induced resistance to the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in three soybean cultivars. *Appl Entomol Zool* 42:199–204
- Erb-Brinkmann M (2000) Application of amorphous silica dust (SilicoSec®) in Germany-practical experiences. *Bull. OILB/SROP V* 23:10
- Faulde MK, Tisch M, Schaminghausen JJ (2006) Efficacy of modified diatomaceous earth on different cockroach species (Orthoptera, Blattellidae) and silverfish (Thysanura, Lepismatidae). *J Pest Sci* 79:155–161
- Fields P, Korunic Z (2000) The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *J Stored Prod Res* 36:1–13
- Fujiyama N, Katakura H (2002) Host plant suitability of *Solanum japonense* (Solanaceae) as an alternative larval food for three closely related *Epilachna* ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Appl Entomol Zool* 37:551–557
- Johnston CJ, Driscoll KE, Finkelstein JN, Baggs R, O'Reilly MA, Carter J, Gelein R, Oberdörster G (2000) Pulmonary chemokine and mutagenic responses in rats and subchronic inhalation of amorphous and crystalline silica. *Toxicol Sci* 56:405–413
- Kittlaus E (1962) Die Embryonalentwicklung von *Leoptinotarsa decemlineata* Say, *Epilachna sparsa* Herbst und *Epilachna vigintioctomaculata* Motsch var. niponica Lewis in Abhängigkeit von der Temperatur. *J Pest Sci* 35:47–47
- Krause F, Mewis I, Goswami A, Ulrichs C (2007) Effectivity of selected natural and synthetic silica dusts against the granary weevil *Sitophilus granarius* L. *Mittg Deut Ges allgemeine und angewandte Entomol*, Bd. 16, in press
- Merget R, Bauer T, Kupper H, Philippou S, Bauer H, Breitstadt R, Bruening T (2002) Health hazards due to the inhalation of amorphous silica. *Archives Toxicol* 75:625–634
- Mewis I, Reichmuth C (1999) Diatomaceous earths against the Coleoptera granary weevil *Sitophilus granarius* (Curculionidae), the confused flour beetle *Tribolium confusum* (Tenebrionidae), the mealworm *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae). *Proc 7th Internat Working Conf Stored-product Prot* 1998, 1. Sichuan Publishing House, Beijing, China: 765–780
- Mewis I, Ulrichs C (1999) Wirkungsweise amorpher Diatomeenerden auf vorratsschädliche Insekten. Untersuchung der abrasiven sowie sorptiven Effekte. *J Pest Sci* 72:113–121
- Mewis I, Ulrichs C (2001) Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *J Stored Prod Res* 37:153–164
- Prasanna BDR (2003) Toxicological, biological and physiological effects of diatomaceous earths on the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say) and the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Academic dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- Schäfer PW (1983) Natural enemies and host plants of species in the Epilachninae (Coleoptera: Coccinellidae). A world list. *Agric Exp Stn, Univ Delaware Bull* 445:1–42
- Shirai Y, Morimoto N (1997) Life history traits of pest and non-pest populations in the phytophagous ladybird beetle, *Epilachna niponica* (Coleoptera, Coccinellidae). *Pop Ecol* 39:163–171
- Ulrichs C, Mewis I (2005) Fossiles Plankton – Staub als Insektizid. *Deutscher Gartenbau* 39:40–41
- Ulrichs C, Mewis I, Reichmuth C (2004) Diatomeenerden – Wirksamkeit bei hohen Luftfeuchten. *Prakt Schädlingsbekämpfer* 56:11
- Ulrichs C, Entenmann S, Goswami A, Mewis I (2006) Abrasive and hydrophilic/lipophilic effects of different inert dusts used as insecticide against the stored insect pest *Sitophilus granarius* L. *Ges Pfl* 58:173–181
- Völk F, Reichmuth C, Ulrichs C (2004) Wirksamkeitsüberprüfung hydrophobisierter Diatomeenerden bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten gegenüber vorratsschädlichen Insekten. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 396:441
- Weishaupt B, Völk F, Reichmuth C, Ulrichs C (2004) Vergleich hydrophobisierter und nicht hydrophobisierter Diatomeenerden auf ihre Wirksamkeit gegenüber vorratsschädlichen Insekten. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 396:440