

Parfum fatale voor de taxuskever, een succesvolle plaag uit de Alpen

De taxuskever is een belangrijke plaag op boomkwekerijen en vormt tevens een grote schadepost voor menig tuinbezitter. Met name de wortel-etende larven veroorzaken schade aan planten. In dit onderzoek tonen wij aan dat nematoden (minuscule aaltjes) die parasiteren op larven van de taxuskever hun slachtoffers vinden aan de hand van stoffen die door de aangevreten wortels van een conifeer worden afgegeven. Deze ontdekking kan leiden tot een aanzienlijke verbetering in de biologische bestrijding van deze maar ook van andere bodemplagen. Verder blijken bladgeurstoffen van verschillende plantensoorten en keveruitwerpselen de volwassen kevers te lokken. Opmerkelijk genoeg worden zij zelfs gelokt door enkele plantensoorten die geen geschikte voedselbron zijn voor de kevers en ook door een nauw verwante keversoort. Het niet voorkomen van deze soorten in het oorspronkelijke verspreidingsgebied van de taxuskever speelt hier mogelijk een rol bij.

Entomologische Berichten 63(1): 2-6

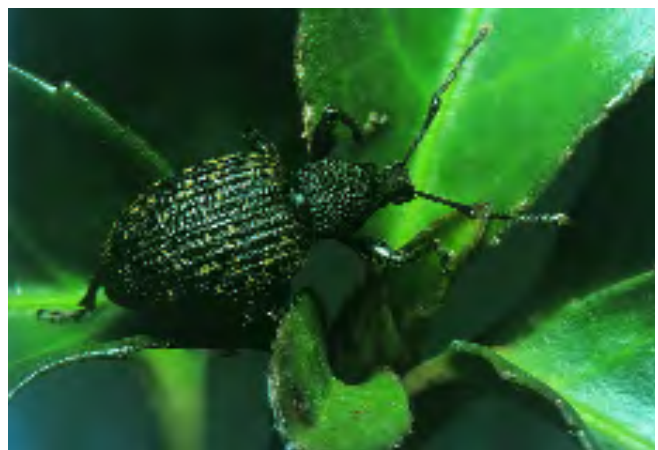
Trefwoorden: geurstoffen, insectenparasitaire aaltjes, *Heterorhabditis megidis*, *Otiorhynchus sulcatus*, waardplanten
De taxuskever (*Otiorhynchus sulcatus* Fabricius; figuur 1) is

Inleiding

een echte alleseter en vormt mede daardoor een van de belangrijkste plagen in de boomkwekerij. De kevers - die overigens niet kunnen vliegen - eten van bladeren (figuur 2) van zeer veel houtige siergewassen en vaste planten, maar ook van enkele belangrijke klein-fruitgewassen als aardbei, blauwe bes en veenbes (Moorhouse *et al.* 1992). De vraatschade van de kevers is, met uitzondering van cosmetische schade aan enkele groenblijvende gewassen als bijvoorbeeld roodendron, niet belangrijk. Daarentegen veroorzaakt vraat door larven van deze kever aan plantenwortels zware schade aan de planten (groeiremming en afsterving). De kevers zijn alleen 's nachts actief en schuilen overdag op donkere plaatsen. Mede daardoor zijn de kevers moeilijk waar te nemen en te bestrijden. Overigens is de taxuskever ook een zeer algemene en onderschatte plaag bij menig tuinliefhebber. Met name jonge aanplant en kuipplanten leggen nogal eens het loodje. Het is eerder uitzondering dan regel dat men het ver-

Rob van Tol

Plant Research International
Postbus16
6700 AA Wageningen
rob.vantol@wur.nl



Figuur 1. De taxuskever *Otiorhynchus sulcatus*. Foto: Rob van Tol.
The vine weevil *Otiorhynchus sulcatus*.



Figuur 2. Kenmerkende halfronde hapjes uit de bladrand van *Euonymus fortunei*, veroorzaakt door de taxuskever. Foto: Rob van Tol.
Typical notching pattern on the leaves of Euonymus fortunei caused by the vine weevil.

band ziet tussen de kever die op warme zomeravonden op het terras tegen de muren oploopt en de plantensterfte door de larven. Dat komt overigens niet alleen doordat zowel larven als kevers een verscholen bestaan leiden, maar ook doordat de kever slechts één generatiecyclus per jaar doorloopt. De planten sterven door de larvenvraat pas af in de winter en het vroege voorjaar als de kevers allang verdwenen zijn.

Biologische bestrijding van larven met aaltjes

Biologische bestrijding van de larven is goed mogelijk met insectenparasitaire aaltjes (figuur 3a) en wordt inmiddels op steeds grotere schaal toegepast (Ehlers 2001, Shapiro-Ilan *et al.* 2002). Deze aaltjes (*Heterorhabditis* sp. en *Steinernema* sp.) leven exclusief van insecten in de bodem. Een bijzondere relatie overigens, want dit aaltje leeft in symbiose met een bacterie. De aaltjes die een opgegeten insect verlaten kunnen niet eten en hebben slechts een beperkte hoeveelheid energie en enkele van deze bacteriën bij zich; zij moeten proberen zo snel mogelijk een nieuwe gastheer te infecteren. Als zij een insect gevonden hebben dringen ze binnen en spugen de meegenomen bacteriën uit. Deze vermenigvuldigen zich vervolgens sterk en veroorzaken de dood van het insect (figuur 3b). De aaltjes kunnen zich dan vermeerderen en voeden met de bacteriën in het insect. Door hun vermogen de keverlarven te doden kunnen deze aaltjes een belangrijke rol spelen in de biologische bestrijding van de taxuskever. Deze vorm van bestrijding verloopt met name succesvol in potplanten, waarbij een half miljoen aaltjes per m² zo'n 90 tot 100% bestrijding kan geven. De bestrijding in de vollegrond gaat echter veel moeizamer (Van Tol *et al.* 2003a). Daar zijn maar liefst één miljoen aaltjes per m² nodig voor 60 tot 70% bestrijding (Van Tol 1996). De behandeling moet daardoor vaak herhaald worden (in verscheidene jaren) en dit maakt grootschalige toepassing, mede door de hoge kosten van het middel, relatief duur.

Aangevreten wortels lokken de natuurlijke vijand van keverlarven

Planten die bovengronds worden aangevreten door insecten scheiden veelal specifieke alarmstoffen uit waarmee zij natuurlijke vijanden van dit plaaginsect aanlokken (Dicke *et al.*

1990, Turlings *et al.* 1995, Takabayashi & Dicke 1996, Sabelis *et al.* 1999). Zou dit mechanisme ook in de bodem voorkomen wanneer plaaginsecten de wortels van een plant aanvreten? Om dit te onderzoeken is de relatie bestudeerd tussen wortels van de conifeer *Thuja occidentalis*, de wortel-etende larven van de taxuskever en de natuurlijke vijand van deze larven, het insectenparasitaire aaltje *Heterorhabditis megidis* Poinar, Jackson & Klein. Aangevreten wortels van *Thuja* blijken inderdaad stoffen uit te scheiden die de insectenparasitaire aaltjes naar de wortels lokken (Van Tol *et al.* 2001). In tweekeuzeproeven blijken de aaltjes een sterke voorkeur te hebben voor aangevreten wortels wanneer onbeschadigde of mechanisch beschadigde wortels het alternatief zijn. Deze planten scheiden dus stoffen uit die natuurlijke vijanden in de bodem waarschuwen dat er mogelijk een prooi aanwezig is. Voor zover ons bekend is hiermee voor het eerst aangetoond dat plantenwortels in de bodem vraatgeïnduceerde alarmstoffen uitscheiden die natuurlijke vijanden lokken die de plant tegen deze plantenetende insecten kunnen beschermen. Van de geteste aaltjes (commercieel product) in ons onderzoek bleek slechts een minderheid gebruik te maken van de wortelgeurstoffen om zich te oriënteren. Mogelijk is er door selectie van de aaltjes op deze zoek-eigenschap een aanzienlijke verbetering in de bestrijding te bereiken. Inzicht in de mechanismen van communicatie in de bodem tussen de plant en de vijand van de belager van de plant kan tot belangrijke nieuwe inzichten leiden die verklaren hoe planten hun wortels beschermen tegen belagers en hoe biologische bestrijding van bodemplagen kan worden bereikt en verbeterd.



Figuur 3. Het insectenparasitaire aaltje *Heterorhabditis megidis* (boven) en een door dit aaltje geïnfecteerde larve van de taxuskever (onder), oranje verkleurd door de bacterie *Photorhabdus* sp. die in symbiose leeft met het aaltje en de dood van het insect veroorzaakt.

The entomopathogenic nematode Heterorhabditis megidis (top) and a vine weevil larva infested by this nematode (down), coloured orange due to the nematodes' symbiotic bacterium Photorhabdus sp. which kills the grub.



Figuur 4. Kevers worden aangetrokken door de uitgescheiden geurstoffen van *Euonymus* sp. en hebben een voorkeur voor aangevreten planten. *Adult weevils are attracted to the odour of Euonymus sp. and have a preference for weevil-damaged plants.*

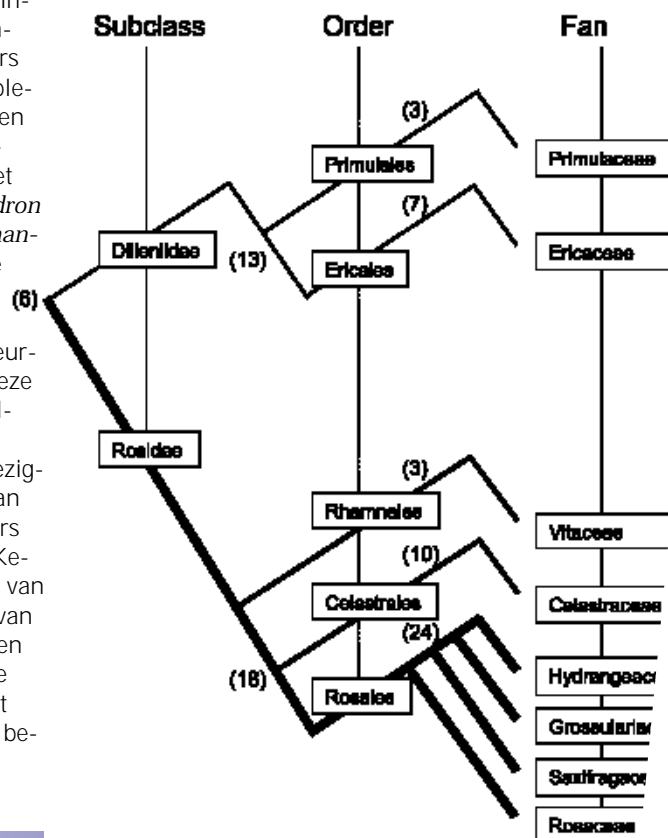
Taxuskever wordt gelokt door de geur van waardplanten ...

Goede waarneming van de kevers is belangrijk om tijdig en gericht maatregelen te kunnen nemen opdat de plaag niet uit de hand loopt. Omdat deze keversoort zich ongeslachtelijk voorplant (parthenogenese) hebben we ons in eerste instantie gericht op het zoeken naar aantrekkelijke planten-geurstoffen en niet op sexferomonen. Vraag is of de kevers voorkeur hebben voor bepaalde plantensoorten. Kevers bleken te worden aangetrokken door de geur van aangevreten naalden van taxus (*Taxus baccata*) en bladeren van kardinaalsmuts (*Euonymus fortunei* 'Dart's Blanket'), maar niet door aangevreten bladeren van rododendron (*Rhododendron* (Catawbiense Group) 'Boursault') of aardbei (*Fragaria ananassa* 'Elsanta') (Van Tol *et al.* 2002a). Ondanks de enorme vrachtschade die door zowel larven als kevers in het veld wordt toegebracht aan al deze getoetste planten, duidt de afwezigheid van aantrekking door middel van geurstoffen voor enkele van deze waardplanten erop dat zij deze plantensoorten op basis van geur niet primair als voedselplant herkennen. Kardinaalsmuts wordt door meerdere boomkwekers gebruikt als 'verklikkerplant' om de aanwezigheid van volwassen kevers te bepalen (Van der Horst & Van Tol 1995). Onbeschadigde kardinaalsmuts bleek wel kevers te lokken in het voorjaar maar niet meer in de nazomer. Kevers hadden bovendien een sterke voorkeur voor de geur van aangevreten bladeren van kardinaalsmuts boven de geur van onbeschadigd blad en deze voorkeur bleef het hele seizoen in stand. Omdat alleen aangevreten bladeren gedurende het hele seizoen aantrekkelijk geuren voor de kever is het aannemelijk dat deze componenten afgeven die de kever benut om geschikte voedselplanten te vinden (Van Tol *et al.* 2002a).

... en van keveruitwerpselen

Naast geurstoffen van planten zijn er aanwijzingen dat ook de kevers zelf stoffen uitscheiden waarmee soortgenoten elkaar kunnen vinden (Pickett *et al.* 1996). Uitwerpselen van soortgenoten bleken in beperkte mate aantrekkelijk te zijn voor de taxuskever. Uitwerpselen van een nauw verwante keversoort (*Otiorhynchus salicicola* Heyd) waren daarentegen

juist zeer aantrekkelijk voor de taxuskever (Van Tol *et al.* 2003b). Recent heeft *O. salicicola* in Engeland door schade aan meerdere siergewassen voor ophef gezorgd (onder andere *Rhododendron*). Deze kever is nog niet in Nederland aangetroffen en heeft nog geen Nederlandse naam, maar op grond van zijn opmerkelijke schade aan laurierkers (*Prunus laurocerasus*) (eigen waarnemingen in Zwitserland) zou hij laurierkerskever genoemd kunnen worden. De laurierkerskever werd in ons onderzoek gevoed met bladeren van klimop (*Hedera helix*) en laurierkers. Deze plantensoorten worden in het veld vrijwel nooit door taxuskevers aangevreten. Mechanisch beschadigde bladeren van deze plantensoorten waren echter - in tegenstelling tot onbeschadigde bladeren - aantrekkelijk voor de taxuskever. Aangezien zowel waard- als niet-waardplanten vluchtige stoffen uitscheiden die voor de taxuskever attractief zijn bestaat het vermoeden dat de verschillende plantensoorten en uitwerpselen van de geteste keversoorten een aantal van dezelfde attractieve stoffen bevatten. Waarom de taxuskever ook gelokt wordt door sommige niet-waardplanten - mits beschadigd - is niet duidelijk. Mogelijk is de geur van beschadigde planten een aanwijzing voor de kever dat deze geschikt zijn als voedselbron indien er geen voorkeurswaardplant in de buurt is. In het veld aggregeren de taxus-



Figuur 5. Cladogram van de angiosperme waardplantassociatie van de volwassen taxuskever gebaseerd op eilegresultaten. *Taxus* sp. is de enige geschikte gymnosperme waardplant voor de volwassen kever. *Cladogram mapping of the angiosperm host-plant association of the adult vine weevil based on oviposition results. Taxus sp. is the only suitable gymnosperm host plant for adult vine weevils.*



Figuur 6. Vleugelloze kevers van het geslacht *Otiorhynchus* hebben eeuwenlang geïsoleerd geleefd in de Alpenregio. Bekend met de smaken en geuren van planten en dieren aldaar worden zij in hun nieuwe leefomgeving op het verkeerde been gezet. *The flightless weevil species of Otiorhynchus have been living isolated in the Alps for ages. Familiar with the taste and odours of plants and animals in these habitats the weevils show a mismatch in response in relation to reproduction and survival in their new habitats.*

kevers zowel op waardplanten als op beschadigde niet-waardplanten. Vraag is nog of deze aggregatie alleen veroorzaakt wordt door de geur van de plant of dat er een aggregatieferomoon een rol bij speelt.

Waardplant en herkomst van de kevers

Vraat, eileg en mortaliteit van de taxuskever zijn op een reeks van plantensoorten getest en de resultaten hiervan zijn vergeleken met andere studies ten aanzien van waardplantgeschiktheid, gedrag en geurrepons (Van Tol *et al.* 2002b). De eilegresultaten laten zien dat de waardplanten van de volwassen taxuskever te vinden zijn in één geslacht in de gymnosperme plantengroep (*Taxus* sp.) en een brede reeks van angiosperme plantensoorten in twee subklassen van de Dicotyledonae, namelijk Dilleniidae en Rosidae (figuur 5). De meeste waardplanten worden in slechts vier van de 24 plantenfamilies in de plantenorde Rosales (Hydrangeaceae, Grossulariaceae, Saxifragaceae en Rosaceae) gevonden, naast een aantal plantensoorten in de orde Rhamnales (*Vitis* sp.) en Celastrales (*Euonymus* sp.) (figuur 5).

De taxuskever kan zich handhaven op planten van sterk uiteenlopende taxa. Omdat de kevers niet kunnen vliegen en van oorsprong geïsoleerd in een beperkte habitat in de Alpen voorkwamen is het waarschijnlijk dat dit geleid heeft tot de ontwikkeling van een habitatgerelateerde waardplantenreeks. Dit biedt mogelijk een verklaring voor de attractiviteit van beschadigde niet-waardplanten. Een voorbeeld hiervan is de lokkende werking van beschadigde laurierkers, terwijl deze plantensoort als voedselbron voor de kevers slecht is. Mogelijk kwam deze plantensoort niet voor in de oorspronkelijke habitat van de taxuskever waardoor hij 'verkeerd' reageert op de geurstoffen van deze plant. Bassangova & Grunder (1997) stelden sterke aantasting van laurierkers door de laurierkerskever *O. salicicola* vast en alleen in deze gevallen werd ook de taxuskever in laurierkers aangetroffen. De laurierkerskever kwam tot voor kort alleen voor aan de zuidkant van de Alpen, maar wordt sinds het midden van de jaren '90 steeds vaker en uitbundiger aangetroffen in tuinen ten noorden van de Alpen (in Zwitserland); dit valt samen met een sterke afname van de taxuskever, die een paar jaar

eerder de belangrijkste plaag in Zwitserse tuinen vormde. Mogelijk is hier sprake van verdringing, maar dit blijft speculatie.

Nieuwe aanpak voor bestrijding van taxuskevers

De taxuskever wordt in kleinschalige labproeven aangetrokken door vluchtige geurstoffen van verschillende plantensoorten en door keveruitwerpselen. Toekomstig onderzoek zal zich met name richten op de identificatie van de componenten in deze extracten en het testen op attractiviteit in het veld. Voor toepassing in de praktijk dienen bruikbare vallen en lokaas te worden ontwikkeld die het mogelijk maken om, in combinatie met een chemisch of biologisch bestrijdingsmiddel, de taxuskever waar te nemen en te bestrijden. Dit kan uiteindelijk leiden tot een geïntegreerde aanpak van deze plaag door het combineren van waarneming en bestrijding gebaseerd op het principe van 'fatal attraction', door het lokken van de kevers zelf naar een dodelijk lokaas, of via het lokken van de natuurlijke vijanden van de taxuskever.

Literatuur

- Bassangova N & Grunder JM 1997. *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) in verschiedenen Gebieten der Schweiz. Mitteilungen der entomologischen Gesellschaft Basel 47: 22-28.
- Dicke M, Sabelis MW, Takabayashi J, Bruin J & Posthumus MA 1990. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. *Journal of Chemical Ecology* 16: 3091-3118.
- Ehlers R-U 2001. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Applied Microbiology and Biotechnology* 56: 623-633.
- Moorhouse ER, Charnley AK & Gillespie AT 1992. A review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of Applied Biology* 121: 431-454.
- Pickett JA, Bartlett E, Buxton JH, Wadhams LJ & Woodcock CM 1996. Chemical ecology of adult vine weevil. *Mitteilungen an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 316: 41-45.
- Sabelis MW, van Baalen M, Bakker FM, Bruin J, Drukker B, Egas M, Janssen ARM, Lesna IK, Pels B, van Rijn PCJ & Scutareanu P 1999. The evolution of direct and indirect plant defence against

- herbivorous arthropods. In: Herbivores: between plants and predators (Olff H, Brown VA & Drent RH eds.): 109-166. Blackwell Science.
- Shapiro-Ilan DI, Gouge DH & Koppenhöfer AM 2002. Factors affecting commercial success: case studies in cotton, turf and citrus. In: Entomopathogenic nematology (Gaugler R ed.): 333-355. CABI Publishing.
- Takabayashi J & Dicke M 1996. Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Trends in Plant Science* 1: 109-113.
- Turlings TCJ, Loughrin JH, McCall PJ, Rössler U, Lewis WJ & Tumlinson JH 1995. How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92: 4169-4174.
- Van der Horst MJ & Van Tol RWHM 1995. Integrated pest management in nursery stock in the Netherlands. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 60: 759-762.
- Van Tol RWHM 1996. Prospects for biological control of black vine weevil in nursery stock. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 316: 69-75.
- Van Tol RWHM, Van der Sommen ATC, Boff MIC, Van Bezooijen J, Sabelis MW & Smits PH 2001. Plants protect their roots by alerting the enemies of grubs. *Ecology Letters* 4: 292-294.
- Van Tol RWHM, Visser JH & Sabelis MW 2002a. Olfactory responses of the vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* to tree odours. *Physiological Entomology* 27: 213-222.
- Van Tol RWHM, Van Dijk N & Sabelis MW 2002b. Host-plant preference and performance of the vine weevil *Otiorhynchus sulcatus*. In: Fatal attraction - novel strategies for vine weevil control (Van Tol RWHM, PhD thesis): 95-116.
- Van Tol RWHM, Mannion CM & Raupp MJ 2003a. Nursery and tree applications of entomopathogenic nematodes. In: Nematodes as biocontrol agents (Grewal P, Ehlers R-U & Shapiro-Ilan DI eds.). CABI Publishing. In press.
- Van Tol RWHM, Visser JH & Sabelis MW 2003b. Frass of the weevils *Otiorhynchus sulcatus* and *Otiorhynchus salicicola* contains host-plant related kairomones. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. In press.

Geaccepteerd 28 januari 2003.

Summary

Parfum fatale for the vine weevil, a successful pest from the Alps

The vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* is an important pest in nursery industry and small fruit production but is also a nuisance in gardens and landscapes. Only few home gardeners associate the walking weevils with the devastating damage the grubs cause to the roots of their plants. In our research we were able to show that tiny nematodes that parasitize on the weevil larvae find their victims by the chemical substances released by damaged roots from a conifer. This phenomenon may have huge consequences for the improvement of biological control of this but also many other soil pests in the near future. The adult weevils were attracted by odours from leaves of different plant species but also by the odour of faeces of conspecifics. Remarkably, the weevils were also attracted by (artificially) damaged non-food plants, on which they reproduce poorly and on which adult mortality is high when forced to feed on. Further, vine weevils were also attracted by faeces of the cherry laurel weevil *Otiorhynchus salicicola*, a species endemic to the southern Alps and not (yet) found in The Netherlands. There are several indications that the different origin of plant and weevil species causes this mismatch of odour attractiveness and functionality in relation to reproduction and survival of the vine weevil.