

# Ontwikkeling van de neushoornkever, *Oryctes nasicornis* (Coleoptera: Scarabaeidae), in verschillende soorten organisch materiaal

Paul Hendriks

## TREFWOORDEN

larven, kweek, schimmelactiviteit, cellulose

Entomologische Berichten 67 (1-2): 53-57

De larven van de neushoornkever leven van verterend organisch materiaal. Niet zelden worden ze in grote aantallen in composthopen aangetroffen. Met het opkweken van larven tot kevers in verschillende voedingssubstraten is veel informatie verzameld over de groei van de larven. Hierbij bleek de schimmelactiviteit in het organisch materiaal van belang voor de groei van de larven. De groei was het grootst in materiaal dat witrotte of al een karakteristieke bruine verkleuring vertoonde. Het stimuleren van schimmelactiviteit in hopen organisch materiaal door toevoeging van nieuw materiaal kan populaties van neushoornkevers positief beïnvloeden.

## Inleiding

De neushoornkever (*Oryctes nasicornis* Linnaeus) wordt in Nederland vooral in de nabijheid van de mens gevonden. Daar komt hij voor in diverse vormen van verterend organisch materiaal. Zo worden kevers en larven geregeld in grote aantallen in compost- en houtsnipperhopen aangetroffen. Wanneer men de kevers en larven in dergelijke hopen organisch materiaal vindt, wordt dikwijls de vraag gesteld hoe de dieren ter plekke kunnen worden behouden. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn neushoornkevers gekweekt in verschillende typen organisch materiaal om de ontwikkelingsmogelijkheden van larven en kevers te bestuderen.

## De neushoornkever

Vooral het mannetje van deze markante kever valt op. Hij draagt een kromme hoorn op zijn kop, waar aan de soort zijn naam te danken heeft (figuur 1). Het vrouwtje heeft geen hoorn (figuur 2). Het borststuk is bij mannetje en vrouwtje sterk gewelfd en beide hebben kastanjebruine dekschilden. De grootte van de kevers loopt sterk uiteen en varieert voor beide seksen van 2,4 tot 4,2 cm (Henschel 1962). De kevers zijn te zien op warme zomeravonden, veelal vliegend en doorgaans in de buurt van hopen verterend organisch materiaal. Wanneer het materiaal broeit kunnen het jaar rond alle stadia van de neushoornkever worden gevonden. De cyclus van ei tot imago bedraagt dan ongeveer een half jaar. In materiaal dat niet broeit volgt de cyclus de seizoenen en bedraagt deze circa twee jaar. De larven van de neushoornkever kennen drie stadia, waarbij de grootste lengte en gewichtstoename in het derde stadium (L3) plaatsvindt (Laibach 1950, Pawłowski 1961, Henschel 1962). De larven voeden zich met het organische materiaal waarin ze zich bevinden.

Hopen organisch materiaal lijken in Nederland van levensbelang voor de neushoornkever, vermoedelijk omdat de soort zich hier aan de rand van zijn verspreidingsgebied bevindt en het alleen in grote hoeveelheden organisch materiaal voldoende

warm is. In de warmere streken van Midden- en Zuid-Europa worden de kevers dikwijls gevonden in een meer natuurlijke habitat, bestaande uit vermolmd ondergronds en staand dood hout (Horion 1958, Palm 1959, Pawłowski 1961).

## Soorten organisch materiaal

In Nederland wordt de neushoornkever voornamelijk gevonden in organisch materiaal, zoals loofhoutsnippers, takkenhopen en composthopen van tuinafval en bladaarde. Dit komt in grote lijnen overeen met hetgeen Henschel (1962) beschrijft. Voorafgaand aan het hier beschreven onderzoek is onderzocht in hoeverre in Nederland andere dan in de literatuur vermelde organische materialen als voedingssubstraat door de larven gebruikt worden (Laibach 1950, Horion 1958, Pawłowski 1961, Henschel 1962, Bayon 1981). Via een oproep op de website 'thuis in de natuur' van B. van Geel kwamen twaalf meldingen binnen. Op basis van deze meldingen en eigen waarnemingen zijn geen nieuwe substraatvormen ontdekt.



**Figuur 1.** Mannetje van de neushoornkever. Foto: Paul Hendriks  
Male rhinoceros beetle.



**Figuur 2.** Vrouwtje van de neushoornkever. Foto: Paul Hendriks  
*Female rhinoceros beetle.*

## Meting van kevers en larven

Om gekweekte kevers en larven te kunnen vergelijken met in het wild aangetroffen dieren, zijn twee grote populaties van neushoornkevers te Glimmen en Elspeet bemeten (tabel 1). Er is voor deze populaties gekozen omdat ze omvangrijk zijn (meer dan 500 larven per populatie) en er daardoor metingen aan grote aantallen konden worden verricht. Daarnaast zijn deze populaties aanwezig in twee veel voorkomende, maar verschillende soorten organisch materiaal (houtsnippers en bladaarde). Ook zijn de omstandigheden op beide plaatsen verschillend: de bladhopen te Glimmen broeien vrijwel permanent, terwijl de houtsnipperlaag te Elspeet nooit broeit. Tijdens de metingen zijn in Elspeet slechts dertien kevers gevonden. Vanwege het geringe aantal zijn die niet opgenomen in tabel 1. Ondanks de verschillen in omstandigheden en substraat laten de metingen van de larven bij beide populaties geen grote verschillen zien in gemiddelde lengte en gewicht. De afmetingen van de larven corresponderen met die in Laibach (1950). Zaradnik & Chvala (1991) geven een maximale lengte voor de kever van vier centimeter.

Naast de populaties van Glimmen en Elspeet zijn nog enkele kleine populaties onderzocht, maar niet intensief bemeten. In verschillende van deze populaties kwamen kleine kevers voor. In Harskamp, Nunspeet en soms ook in Glimmen werden doorgaans kevers gevonden met een lengte kleiner dan 3,2 cm. Deze kevers werden gevonden in oudere hopen organisch materiaal. In hopen met relatief jong materiaal, in Elspeet en Glimmen, werden veelal kevers groter dan 3,2 cm aangetroffen. Bekend is dat de beschikbaarheid voor de larve van een geringe hoeveelheid substraat of een beperkte voedingswaarde daarvan, leidt tot relatief kleine kevers, de zogenaamde hongervormen (Laibach 1950, Henschel 1962).

## Het kweken van neushoornkevers

Met behulp van kweekbakken waarin het gedrag van de larven, de verpopping en het verschijnen van de kevers goed konden worden geobserveerd, zijn in de periode 2002 tot 2006 twaalf

keer larven opgekweekt. Bij de eerste kweek (2002) zijn jonge L3-larven uit Glimmen gebruikt. Hiermee is doorgekweekt tot en met kweek 6 (2002, 2003). Bij kweek 7 en 8 (2004, 2005) zijn wederom jonge L3-larven uit Glimmen gebruikt. Met de larven voortgekomen uit één keverpaar uit Elspeet zijn de vier overige kweken uitgevoerd (2004, 2005).

Van de meeste L3-larven is tweewekelijks de lengte, het gewicht en de breedte van het kopkapsel gemeten ( $n = 43$ ). Tijdens de rustfase voor de verpopping werden de larven gewogen ( $n = 24$ ). Van de poppen is de lengte en het gewicht gemeten ( $n = 24$ ), van de kevers alleen de lengte ( $n = 29$ ). Voor de kweek zijn substraten gebruikt waarin regelmatig neushoornkeverlarven zijn gevonden. Er is vooral naar variatie gezocht in substraattypen: bladaarde, houtsnippers, door witrot aangetast hout, onaangeast materiaal en mest. Ook combinaties van deze substraattypen zijn getest (50% bladaarde en 50% houtsnippers of zaagsel). Het hout dat voor de substraten is gebruikt kwam van wilg, eik, iep, berk, appel, peer, beuk en fijnspar. Blad is gebruikt van eik, paardekastanje, els, beuk, berk en wilg. Behalve het verse, onaangeaste materiaal waren alle gebruikte substraten reeds onderhevig aan vertering door schimmels. Ook zijn bij enkele kweken kattenbrokjes toegevoegd als voedingssupplement, omdat dat bij de kweek van tropische neushoornkeversoorten leidde tot een aanzienlijk betere groei van larven (Lai 1999). Om de invloed van warmte op de groei van de larven te onderzoeken zijn de diverse kweken uitgevoerd bij temperaturen van 20, 22, 24, 25 en 28 graden Celsius. Deze temperaturen zijn gebaseerd op de temperatuurgradiënt die is gemeten in de broeiende bladaarde-hoop te Glimmen, in de zone waarin de larven zich bevinden. Hierin neemt de temperatuur dieper in de hoop toe.

## Kweekresultaten

Er is gebruik gemaakt van gemiddelde gewichten (tabel 2, figuur 5) omdat tijdens het L3-stadium het gewicht kan variëren. Alleen de larven waarvan een groeicurve voorhanden was zijn opgenomen. Als gevolg van een ziekte zijn van de larven in kweek 12 geen kevers verkregen. De gekweekte larven hadden een grote spreiding in kopkapselbreedte. Deze spreiding valt binnen de natuurlijke variatie. Bij de in het wild gevonden L3-larven varieerde de kopkapselbreedte tussen 8,0 tot 10,5 mm ( $n=557$ ).

Van het totaal aantal gemeten kevers ( $n = 144$ ) te Glimmen en Elspeet had 9% een lengte van meer dan 3,6 cm, de grootste kever was 4,0 cm. Van de gekweekte kevers was 64% groter dan 3,6 cm. Het grote aandeel grote kevers in de kweek valt vooral toe te schrijven aan het gebruik van substraten waarbij de beste groei werd verwacht. Bij de kweek bleken duidelijke verschillen in vraat van verschillende substraten. Zo kon worden vastgesteld dat enkele substraten leidden tot een veel grotere activiteit van de larven en veel minder daadwerkelijke vraat. Dit werd vastgesteld in 'oude' bladaarde en grof zaagsel van fijnspar en molm van diverse loofhoutsoorten. In deze substraten werd in een dag tijd een kweekbak met een oppervlakte van 900 cm<sup>2</sup> doorkruist, waarbij het voorkwam dat slechts om het uur 5-10 minuten werd gevreten. Daarbij was de groei van de larven beperkt. De geschatte vraat van L3-larven bedraagt bij de beschreven grote activiteit minder dan 0,05 l/larf/week en circa 0,5 l/larf

**Tabel 1.** Maten en gewichten van twee populaties van neushoornkevers. sd = standaarddeviatie, 95% = 95% betrouwbaarheidsinterval  
*Measurements and weights of two populations of rhinoceros beetles. larven = larvae, kevers = beetles, sd = standard deviation, 95% = 95% confidence limits*

| populatie<br>population       | aantal<br>number | gewicht (g)/weight (g) |          | 95%<br>95% | spreiding<br>range | lengte (cm) |            |
|-------------------------------|------------------|------------------------|----------|------------|--------------------|-------------|------------|
|                               |                  | spreiding<br>range     | sd<br>sd |            |                    | sd<br>sd    | 95%<br>95% |
| larven Glimmen (bladaarde)    | 339              | 6,5-18                 | 11       | 8-14       | 5,6-7,5            | 6,5         | 5,8-7,2    |
| larven Elspeet (houtsnippers) | 218              | 6,5-16,5               | 12       | 9-15       | 5,5-7,4            | 6,5         | 5,8-7,2    |
| kevers Glimmen (bladaarde)    | 131              | -                      | -        | -          | 2,4-4,2            | 3,2         | 2,7-3,8    |

**Tabel 2.** Resultaten per gekweekte generatie neushoornkevers (gemiddelde waarden) (2002-2005).  
Results per generation of rhinoceros beetles (average values) (2002-2005).

| kweeknr | n | lengte L3<br>(cm) | gewicht L3<br>(g) | kopkapsel<br>(mm) | lengte kevers<br>(cm) | temperatuur<br>(°C) | duur L3<br>(dagen/days) | substraat                           | opmerkingen                    |
|---------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| number  | n | length L3         | weight L3         | head width        | length beetles        | temperature         | duration L3             | substrate                           | remarks                        |
| 1       | 3 | 7,2               | 13,2              | 10,1              | 3,6                   | 28                  | 58                      | grof eikenzaagsel                   | kort L3-stadium                |
| 2       | 1 | 6                 | 10                | 9,4               | 3                     | 26                  | 63                      | grof naaldhoutzaagsel               | beperkte vraat                 |
| 3       | 4 | 6,6               | 12,2              | 8,9               | 3,7                   | 26                  | 93                      | witrot + molm + kattenbrok          |                                |
| 4       | 2 | 6,6               | 10,8              | 9,4               | 3,3                   | 26                  | 39                      | witrot + molm + kattenbrok          | kort L3-stadium                |
| 5       | 3 | 7                 | 14,5              | 9,7               | 3,8                   | 25                  | 87                      | witrot + molm + kattenbrok          |                                |
| 6       | 3 | 7,1               | 14,6              | 10,4              | 3,7                   | 28                  | 57                      | witrot + molm + kattenbrok          | kort L3-stadium                |
| 7       | 1 | 6,3               | 10,7              | 8,6               | 3,4                   | 26                  | 98                      | houtsnippers + witrot + kattenbrok  |                                |
| 8       | 1 | 6,8               | 13,4              | 9,4               | 3,7                   | 28                  | 97                      | houtsnippers + bladaarde            |                                |
| 9       | 6 | 6,8               | 13,5              | 9,4               | 3,8                   | 20                  | 270                     | houtsnippers + bladaarde            |                                |
| 10      | 1 | 7,1               | 14,3              | 9,6               | 3,8                   | 28                  | 111                     | houtsnippers + eikenwitrot en -molm |                                |
| 11      | 5 | 6,4               | 9,9               | 8,7               | 3,1                   | 28                  | 59                      | houtsnippers                        | beperkte vraat                 |
| 12      | 3 | 6,3               | 10                | 8,9               | -                     | 20                  | > 200                   | witrot + molm                       | goede vraat,<br>beperkte groei |

voor een volledig L3-stadium. In de andere genoemde substraten was er nauwelijks beweging van larven en werd er voortdurend gevreten. Er is vastgesteld dat in dergelijke substraten larven een week lang op slechts 100 cm<sup>2</sup> konden verblijven. Dit is vastgesteld bij witrot van verschillende loofhoutsoorten, grof eikenzaagsel en de mix van bladaarde en houtsnippers van verschillende loofhoutsoorten.

Steeds viel op dat de grootste vraat optrad in substraat dat sterk naar schimmels rook of nog maar net bruin verkleurd was door afbraak. Hier trad een geschatte vraat op van circa 0,15 l/larf/week in de eerste weken van het L3-stadium. Later liep dit terug van circa 0,07 tot circa 0,03 l/larf/week. In een L3-stadium werd dan in totaal circa 1,5 l/larf genuttigd. Het was opmerkelijk dat door witrot aangetast hout steeds met graagte door de larven werd opgezocht en gevreten. Desondanks bleef de groei bij dit substraat in kweek 12 (tabel 2) achter. Enkele substraten, zoals paardenmest en vers onaangetast grof eikenzaagsel, werden volstrekt niet gevreten en in deze substraten waren de larven continu in beweging. Bij een grote activiteit en geringe vraat bleek het L3-stadium vrijwel altijd korter te duren. Het relatief

ongeschikte substraat en de korte groeiperiode leidden tot kleinere kevers.

Op basis van de groeicurven van 29 tot kevers gekweekte larven is onderzocht of een zwaardere larf leidt tot een grotere kever. Dit is in grote lijnen voor de gekweekte dieren het geval (figuur 5). Wel is er een duidelijke spreiding in keverlengte mogelijk bij eenzelfde gewicht. Deze spreiding wordt versterkt doordat sommige larven aanzienlijk minder substraat vreten en eerder verpoppen. Deze geringere vraat en vroegere verpopping leiden tot relatief kleinere kevers (rode punten in figuur 5).

Er is een duidelijke relatie tussen het gemiddelde gewicht van de gekweekte L3-larven en de lengte van de bijbehorende kevers (figuur 5). Toch is het aantal larven en kevers dat voor vaststelling van deze relatie is gebruikt niet heel groot. Om dit verder te onderzoeken zijn recent zeven L3-larven uit Glimmen opgekweekt tot kever en gemeten (figuur 5). Deze (groene) punten in de grafiek laten geen afwijkend beeld zien.

Op basis van de groei van de gekweekte L3-larven werd duidelijk dat de grootste groei van de larven in het begin van het

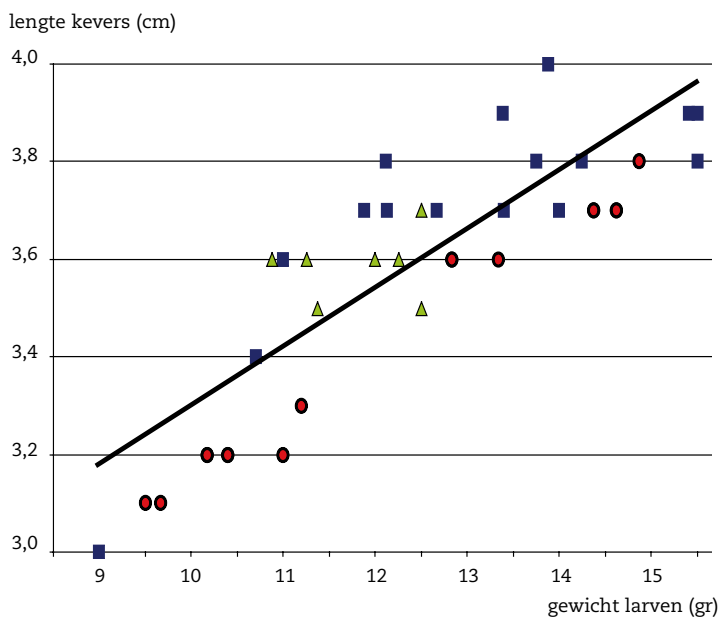


**Figuur 3.** Hoeveelheid weefsel bij jonge larve. Foto: Paul Hendriks  
Amount of tissue of a young larva.



**Figuur 4.** Hoeveelheid weefsel bij oude larve. Foto: Paul Hendriks  
Amount of tissue of an old larva.





**Figuur 5.** Verband tussen lengte van neushoornkevers (*O. nasicornis*) en gemiddeld gewicht van volgroeide L3-larven ( $n=29$ ). Rode punten = duur van L3-stadium < 60 dagen ( $n=12$ ), groene driehoeken = verificatie los van getoonde correlatie en vergelijking ( $n=7$ ). De vergelijking van de lijn is  $y = 0,1269x + 1,9955$ ,  $R^2 = 0,736$ . Relation between the length of rhinoceros beetles (*O. nasicornis*) and average weight of full-grown L3-larvae ( $n=29$ ). Red dots = duration of L3-stage < 60 days ( $n=12$ ), green triangles = verification apart from depicted correlation and function ( $n=7$ ). The line depicts  $y = 0,1269x + 1,9955$ ,  $R^2 = 0,736$ .

L3-stadium plaatsvindt. Binnen een maand bereikt de larf zijn maximale gewicht. Een toename in gewicht van 300% of meer is daarbij normaal. Deze toename komt overeen met de gegevens van Laibach (1950). De lengte van de larf neemt in deze periode met 150% toe. In de regel schommelt in de rest van het L3-stadium het gewicht nog met slechts 10%, de lengte met slechts enkele procenten. Larven zijn na ongeveer een maand volledig gevuld met substraat. Ze zijn dan nog relatief doorzichtig en dun; pas daarna wordt de larf geler en vooral dikker (figuren 3-4). Het inwendige schijnt door de huid (figuur 3) en er zijn diepere plooien in de huid aanwezig. De oudere larf (figuur 4) is geler en de plooien zijn minder diep. Met name bij de overgang naar de buik is dit goed te zien.

Een larf zal bij een vroege verpopping nog weinig weefsel hebben kunnen opbouwen, met als gevolg een relatief kleine kever. Dit is ook af te leiden uit de gewichtsafname van de larf na lediging van de darm voor de verpopping. Bij larven met een kort L3-stadium bedraagt het gewicht van de larf vlak voor de verpopping ongeveer 55-65% van het gemiddelde gewicht van de volgroeide larf. Bij larven met een lang L3-stadium kan dit oplopen tot 80%. De grootte van de kevers bleek ook invloed te hebben op het aantal eieren dat werd gelegd tijdens het kweken van neushoornkevers. Bij de door mij uitgevoerde kweken varieerde het aantal eieren van enkele tientallen bij kleine kevers tot meer dan 100 bij grote kevers.

### De groei van gekweekte larven en het voedingssubstraat

Op basis van de kweek van de neushoornkever werd duidelijk dat 'kunstmatige' substraten, zoals bladaarde en houtsnippers of een combinatie ervan, eenzelfde groei laten zien als door witrot aangetast hout en houtmool in combinatie met kattenbrokjes (kweken 3, 5, 6, 8, 9 en 10). Bij deze kweken duurde het L3-stadium langer. De beperkte duur van het L3-stadium was duidelijk van invloed bij de kweken 1, 4, 6 en 11. De kweek van lar-

ven op enkel witrot en houtmool (kweek 12), laat een beperkte groei zien. Opvallend is echter wel dat steeds weer kon worden vastgesteld dat aan andere kweken toegevoegde stukken door witrot aangetast hout vaak binnen enkele uren al intensief aan-gevreten werden. Vermoed wordt dat de sterke schimmelgeur larven aantrekt, ongeacht de voedingswaarde van het materiaal. In naaldhout (fijnspar) is slechts een kever gekweekt (kweek 2); hiervan groeide de larf slecht. Onaangetast materiaal en paardenmest werden in het geheel niet gevreten. Onderscheid tussen het hout of het blad van verschillende boomsoorten op basis van de groei van de larven kon niet worden aangetoond.

Tijdens de kweken kwam steeds een effect van de mate van afbraak van het materiaal waarin de larven zich bevonden naar voren. Er kan daarbij onderscheid gemaakt worden tussen door witrot aangetast hout en houtsnippers/bladaarde. Sterk naar schimmel ruikende witrot, waarbij nog duidelijke groei van schimmeldraden was te zien en maar net bruin verkleurde houtsnippers of bladaarde, eveneens sterk naar schimmel ruikend, gaf steeds de beste groei van de gekweekte larven. De larven verplaatsten zich daarbij weinig. In de kweken 8-10 is dergelijk substraat gebruikt. Wanneer deze substraten geen duidelijke schimmelactiviteit meer vertoonden nam de activiteit van de larven toe, verminderde de vraat en vertraagde de groei. Dit beeld wordt bevestigd door veldwaarnemingen. Bij de populatie te Glimmen werden significant kleinere kevers gemeten (< 3,4 cm) wanneer de bladaardehoop ouder dan een jaar was en niet met nieuw blad was aangevuld. Substraat met een verminderde schimmelactiviteit werden gebruikt voor de kweken 1, 11 en 12. Bij kweken 3-7 was de rol van de schimmelactiviteit moeilijk te beoordelen. Hier vreten de larven zowel van de kattenbrokjes als van het witrot en de moolm.

### De voedingswaarde van het voedingssubstraat en schimmelactiviteit

Bekend is dat hout zeer weinig stikstof- en relatief veel koolstofhoudende stoffen bevat zoals cellulose, hemicellulose en lignine (mondelinge mededeling R. Klaassen 2006). Stikstof en koolstof zijn beide bouwstenen voor eiwitten. Bij gebrek aan een van de twee wordt de afbraak van organisch materiaal door schimmels en bacteriën sterk geremd of gestopt. Bacteriën zorgen in de darm van de larve eveneens voor de afbraak van cellulose (Bayon 1981). Mogelijk dat door toevoeging van de eiwitrijke kattenbrokjes aan het substraat bij enkele kweken, stikstof niet limiterend is geweest voor de afbraak van cellulose in de darm. Aangenomen wordt dat daardoor de larven ook op minder geschikte substraten goed groeien. Hierdoor kan voor deze kweken geen uitspraak worden gedaan over de rol van het substraat bij de groei van de larven.

De betere groei van de larven in afbrekend organisch materiaal met een grote schimmelactiviteit kan worden verklaard op basis van de beschikbaarheid van voedingsstoffen in dit materiaal. Met name witrotschimmels breken de voor de larven onverteerbare houtige delen (lignine) door middel van hydrolyse af tot eenvoudigere verbindingen. De lignine in celwanden van houtig materiaal omsluit de in de cel aanwezige cellulose en hemicellulose. Bij het afbraakproces bevinden zich schimmeldraden in het houtige materiaal. Deze schimmeldraden, maar ook de clustering van draden op het materiaal (mycelium) bevat meer voeding in de vorm van onder andere stikstof dan het hout zelf (mondelinge mededeling R. Klaassen 2006). Dit leidt tot een goede groei van de larven.

Bayon (1981) deed onderzoek naar de degradatie van wanden van plantaardige cellen tijdens de darmassage in neushoornkeverlarven. Met name secundaire wanden die rijk zijn aan cellulose worden daarbij afgebroken en omgezet via vergis-

ting door bacteriën tot vluchtige vetzuren en methaan. Opvallend is dat Bayon (1981) het belang onderschrijft van de aantasting van (cel)wanden voorafgaande aan de passage door de darm. Hierbij spelen schimmels een cruciale rol. De schimmels doorboren met schimmeldraden de celwanden. In de darm verplaatsen de bacteriën zich langs deze schimmeldraden en breken ze de wanden verder af. De afbraak door schimmels wordt gekenmerkt door de zachte, bruine verteerde delen, aldus Bayon (1981). Na afbraak van het hout neemt de schimmelactiviteit weer af. Op dit oudere, door witrot afgebroken materiaal, groeien de larven minder goed. De cellulose in dit materiaal is dan grotendeels afgebroken en omgezet. Hetzelfde geldt voor oudere houtsnippers en oudere bladaarde. Kenmerkend voor dit materiaal is dat het de sterke schimmelgeur verliest en meer ruikt naar aarde.

## Aanbeveling

Op basis van de kweken kon duidelijk worden vastgesteld dat de groei van de larven het grootst was in organisch materiaal met een grote schimmelactiviteit. Bij een grote schimmelactiviteit komt er relatief veel verteerbaar voedsel beschikbaar voor de larven, maar ook voor andere organismen. Vermindering van schimmelactiviteit en verdere afbraak van het materiaal door andere organismen, zal de voedingswaarde van het materiaal verminderen. Voor het behoud van populaties van neushoornkevers is het daarom van belang om voldoende voedingssub-

straat voor de larven beschikbaar te hebben. Dit kan gerealiseerd worden door periodieke aanvulling van compost- en houtsnipperhopen met vers organisch materiaal waarin schimmels actief kunnen zijn. Hierdoor is er steeds voldoende materiaal met veel voedingswaarde in de vorm van cellulose en schimmel(draden) beschikbaar. Inmiddels wordt er, mede op basis van het hier beschreven onderzoek, gewerkt aan een voorlichtingstraject bij Landschapsbeheer Gelderland om terreinbeheerders attent te maken op noodzakelijke beheers- en onderhoudswerkzaamheden om de neushoornkever duurzaam te behouden. Het ligt in de bedoeling particulieren en gemeenten hierover per folder te informeren.

## Dankwoord

Met dank aan de heer Vrielink, boomkweker te Glimmen, voor het mogelijk maken van vele metingen aan larven en kevers op zijn terrein. Bert van Geel dank ik voor de plaatsing van een oproep tot melding van vindplaatsen van de neushoornkever en de hulp bij veldmetingen. Ewoud van der Ploeg en Hans Huijbregts dank ik voor de aangeboden literatuur en Dr R. Klaassen van SHR Hout Research (Wageningen) voor het aandragen van informatie. Mevrouw Mast-de Vries dank ik voor haar zorgvuldige vertaling van de gebruikte Franse literatuur. Timmy Knippers voor het verzorgen van statistische analyses en Oscar Vorst voor suggesties ter verbetering van het artikel.

## Literatuur

Bayon C 1981. Modification ultrastructurales des parois végétales dans le tube digestif d'une larve xylophage *Oryctes nasicornis* (Coleoptera, Scarabaeidae): rôle des bactéries. Canadian Journal of Zoology 59: 2020-2029.

Henschel H 1962. Der Nashornkäfer (*Oryctes nasicornis* L.). Die neue Brehm Bücherei 301.

Horion A 1958. Lamellicornia (Scarabaeidae - Lucanidae) Faunistik der mitteleuropäi-

schen Käfer 6. Kommissionsverlag Buchdruckerei Aug. Feyel.

Lai J 1999. For the love of Rhinoceros and Stag beetles. Morning Star Publisher inc.

Laibach E 1950. Nashornkäfer *Oryctes nasicornis* L. und seine Entwicklung. – "Höfchen-Briefe" für Wissenschaft und Praxis Veröffentlichungen der "Bayer"-Pflanzenschutz-Abteilung Leverkusen 3: 31-39.

Palm T 1959. Die Holz- und Rinden-Käfer der süd- und mittelschwedischen Laubbäume.

Opuscula Entomologica Supplement 16: 1-374.

Pawłowski J 1961. Próchnojady blaszkorolne w biocenozie leśnej Polski. [Lamellicorn cario-phages in forest biocenosis of Poland] Ekologia Polska serie A, 21: 355-437.

Zaradnik J & Chvala M 1991. De grote encyclopedie der insecten. Rebo productions neografia.

Ingekomen 13 april 2006, geaccepteerd 28 november 2006.

## Summary

**Development of the rhinoceros beetle, *Oryctes nasicornis* L. (Coleoptera: Scarabaeidae), in various substrates**

In this study, growth of the rhinoceros beetle was studied on twelve small groups of larvae in different organic substrates, on which they fed. These consisted of various kinds of decomposing native hardwood, leaf and wood mould, and dead wood infected with white rot. For maximum growth, some generations of larvae had their food supplemented with cat pellets. A difference in effect of organic materials on larval growth could not be established. However, when the organic material showed much fungal activity, the growth of larvae was stimulated.

White rot fungi break down (lignin) cell structures and enable other organisms to feed on cellulose. In the gut of rhinoceros beetle larvae, the cellulose in these scattered cell structures is colonized by bacteria and broken down by fermentation. The (partly) decomposed wood in combination with numerous fungal hyphae is more nutritional. In this material, larvae moved little and ate continually. They grew well and became relatively large beetles. In older, further decomposed material, larvae ate very little and moved much. In this material, larvae stayed small and pupated earlier. They developed into relatively small beetles.

Much fungal activity in rather fresh organic material is beneficial for rhinoceros beetle larvae. In order to maintain sufficient fungal activity, the addition of fresh organic material to old compost or any other organic material, is necessary.

