

Stimuleerden de bloemplanten en de bijen elkaar in de evolutie?

Ad Vermaas

Dat er op aarde al veel langer bijen zijn dan mensen, is bekend. Maar bijen behoren niet tot de oudste insecten. Integendeel. Terwijl de eerste insecten zo'n 400 miljoen jaar geleden ontstonden, lijken de eerste bijachtigen 'slechts' ruim 100 miljoen jaar oud te zijn. Dat er voor die tijd nog geen bijen rondvlogen, had een heel goede reden: er waren nog geen bloemen. De bloeiende planten ontstonden pas zo'n 135 miljoen jaar geleden. Aanvankelijk was het aantal soorten nog heel klein. Maar zodra er (meer) insecten kwamen die stuifmeel konden verspreiden, ging de diversificatie snel. En op zijn beurt droeg die grotere rijkdom aan bloeiende planten ook weer bij aan het ontstaan van meer en beter aangepaste bijensoorten.

Uit een recente vondst van een in barnsteen gefossiliseerde 'oerbij' blijkt dat de allereerste bestuivers er heel anders uitzagen dan de bijen van tegenwoordig. In ieder geval waren ze destijds belangrijk kleiner (net als de bloemen trouwens). In het onderstaande wordt nader ingegaan op deze vondst, maar allereerst wordt in vogelvlucht de evolutie van de landplanten op aarde geschetst en de plaats van de insecten daarin.

'En de aarde was woest en ledig'. Deze zinsnede uit het joodse scheppingsverhaal blijkt een groot waarheidsgehalte te hebben. Nadat de aarde zo'n 4600 miljoen jaar geleden ontstond, duurde het heel erg lang voordat het landoppervlak begroeid raakte. Pas zo'n 440 miljoen jaar geleden begonnen de eerste planten het land te veroveren. Dat wil zeggen dat de aarde gedurende 90% van z'n leeftijd kaal is geweest!

Dat betekende overigens niet dat er al die tijd helemaal geen leven op aarde voorkwam. Dat was er al veel langer, maar dan in het water. Al meer dan 3000 miljoen jaar geleden zijn in de oceanen de eerste eencellige organismen ontstaan. Die organismen waren vermoedelijk verwant aan de huidige blauwwieren, terwijl

andere leken op bepaalde soorten bacteriën die we nu ook nog kennen. Later ontstonden ook groenwieren, die in staat waren om zonlicht om te zetten in bruikbare energie (fotosynthese). Daardoor kwam er ook langzaam wat zuurstof in de atmosfeer. Lange tijd waren dat de hoofdbestanddelen van het leven op aarde.

Pas heel veel later, 600 miljoen jaar geleden, begonnen de eerste schimmels zich te ontwikkelen. Ook dat gebeurde in het water. Uit een combinatie van die schimmels en de al veel langer bestaande blauw- en groenwieren, ontstonden zo'n 450 miljoen jaar geleden de korstmossen. Omdat die korstmossen goed bestand waren tegen uitdroging, konden die de overstap maken naar het land. Vermoedelijk waren dit de eerste organismen die op stenen en rotsen gingen groeien. Rond die zelfde tijd, tussen 450 en 400 miljoen jaar geleden, begonnen dan ook – eindelijk – planten het land te bevolken.

Van sprietig plantje tot boomlange paardenstaart en wolfsklauw

Zo'n 440 miljoen jaar geleden begonnen de omstandigheden buiten het water wat minder onvriendelijk te worden voor levende organismen. De atmosfeer bevatte inmiddels een paar procent zuurstof (afkomstig van de algen in het water) en de ozon die daaruit werd gevormd, hield



Figuur 1. Reconstructie van een van de eerste landplanten, de *Cooksonia*. De bolletjes zijn de sporenkapsels. De hele plant moet 6-10 cm zijn geweest en groeide in moddergebieden die regelmatig overstromden. Afkomstig van het Teylers museum.

veel van de schadelijke ultraviolette straling tegen. Heel geleidelijk begonnen de eerste planten vanuit het water het land te 'koloniseren'. De tot dan toe voor het waterige milieu toegeruste planten moesten op tal van gebieden aanpassingen 'verzinnen', voordat ze op het land konden overleven. Ten eerste moesten ze bestand worden tegen uitdroging (er kwam een *cuticula*, met daarin wat huidmondjes voor de uitwisseling van CO₂ en zuurstof), de voedingsstoffen moesten getransporteerd kunnen worden nu de planten niet meer aan alle kanten werden omringd door water met voedingsstoffen (er kwamen vaatbundels) en verder moest de stengel stevigheid krijgen om rechtop te blijven (er kwam steunweefsel). En liefst moesten ze zich ook kunnen vasthechten aan of in de aarde. De allereerste 'planten' leken nog totaal niet op wat we nu gewend zijn. Bladeren hadden ze nog niet, het leken eerder sprietige, vertakte stengeltjes, die zich via wat horizontale sprietjes vasthielden aan het oppervlak, een eigenschap die destijds ook veel in het water levende groenwieren hadden. Bovenaan hadden ze een sporenkapsel voor de voortplanting. Geen bloemen. En, het bloemloze tijdperk zou nog lang duren.

Geleidelijk aan ontwikkelden zich uit die eerste plantjes vormen die al wat meer lijken op soorten die we nu kennen: de paardestaarten, de wolfsklauwen, de varens en de coniferen. In de tijd van het Carboon, ruim 300 miljoen jaar geleden, moet een groot deel van het toen veelal moerassige land vol gestaan hebben met paardestaarten, wolfsklauwen en boomvarens. Dat waren kolossale planten tot zelfs zo'n 60 meter hoog! De steenkoollagen die voornamelijk in het Carboon zijn ontstaan, zijn vooral gevormd uit de vergane resten van deze merkwaardige 'woudreuzen'.

In deze Jurassic Park-achtige landschappen moeten er ook al insecten zijn geweest. De meeste insecten vlogen nog niet rond. Dat waren de ongeveugelde, 'primitieve' insecten als de springstaarten



Figuur 2. Afdruk van een carboonplant in steen. Er is een typische varenachtige structuur te zien.



Figuur 3. Een bijenwolf met een dar als prooi. De prooi wordt door een steek verlamd en naar de nestgang gebracht, waar hij dient als voedsel voor de larve. Mogelijk hebben bij en bijenwolf gemeenschappelijke voorouders.



Figuur 4. Wanneer insecten geheel zijn ingesloten in barnsteen, kunnen ze miljoenen jaren geconserveerd blijven.

(die hielpen bij de afbraak van afgeval­len plantenresten) en zil­vervisjes. Maar er moeten destijds ook al grote libellen zijn geweest, getuige de fossielen hiervan in Limburgse steenkoollagen.

Bijen ontstaan uit graafwespen?

Zo'n 300 miljoen jaar geleden ontstonden er meer insecten die konden vliegen en ca. 280 miljoen jaar geleden kwamen ook de eerste kevers en wantsen. Maar vliesvleugeligen (*Hymenoptera*) waren er toen nog niet. De oudste fossiele *Hymenoptera* dateren van 200 miljoen jaar geleden en deze behoorden tot een nu nog steeds bestaande bladwespenfamilie, de *Xyelidae*.

De oudst bekende angeldragende Hymenoptera moeten al vrij kort na de eerste bloeiende planten zijn ontstaan. De oudste fossielen van bloeiende planten dateren van ca. 135 miljoen jaar geleden. De bloemen van die oude bedektzadigen moeten wat geleken hebben op die van de magnolia, maar dan wel veel kleiner. Er zijn vage aanwijzingen dat er ook voor die tijd al bloeiende planten moeten zijn geweest. Maar als dat al zo was, namen ze in ieder geval een heel ondergeschikte plaats in. Dat was trouwens 135 miljoen jaar geleden en ook nog in een lange periode erna, nog steeds het geval. De grote verbreiding van de bloemplanten zou pas vanaf 100 miljoen jaar geleden volgen en zou ongeveer samenvallen met de periode dat de eerste stuifmeelverzamelende insecten verschenen.

De eerste angeldragende *Hymenoptera* dateren van ongeveer 120 miljoen jaar geleden. Dit betreft ondermeer de graafwespen (*Sphecidae*). Deze familie is bij imkers bekend, omdat de bijenwolf ertoe behoort. Aangenomen wordt dat de bijen

een afsplitsing zijn van de graafwespenfamilie, maar zeker is dit niet.

Er is een vrij grote diversiteit bij de angeldragende vliesvleugeligen. Bij deze angeldragers is de legbuis omgevormd tot steekapparaat. Dit om prooien te verlammen (zoals bij de graafwespen) of om zichzelf of het nest te verdedigen (bijen). Dat de angel eigenlijk een omgevormde legbuis is, verklaart ook waarom alleen de vrouwtjes kunnen steken.

Omdat nu de legbuis niet meer voor de voortplanting kan worden gebruikt, is daar een andere mogelijkheid voor geschapen: de eitjes komen bij de angeldragers uit de genitale opening, aan het 5de achterlijfsegment (pygidial plate).

Fossielen in barnsteen

Tot voor kort was het oudste fossiel van een bijachtige zo'n 60 miljoen jaar oud. Bij deze oude fossielen was de bij telkens geconserveerd in barnsteen. Dat een insect daarin zo goed bewaard blijft heeft de volgende reden: barnsteen is in tegenstelling tot wat de naam suggereert, geen steen, maar een hars die versteend is. Het is dus van plantaardige oorsprong, en wel van de hars van een inmiddels al lang uitgestorven naaldboom: de *Pinus succinifera*. Bij kleine beschadigingen van de bast van de boom scheidde deze zeer overvloedig hars af. Wanneer een insect hierin bleef kleven en dit vervolgens snel genoeg werd overdekt met hars, zat het er luchtdicht in afgesloten zodat het insect miljoenen jaren bewaard kon blijven. Dit, temeer daar bij het verstenen van de hars tot barnsteen, vrijwel geen scheurvorming optreedt, zodat lucht tijdens het gehele proces buitengesloten blijft.

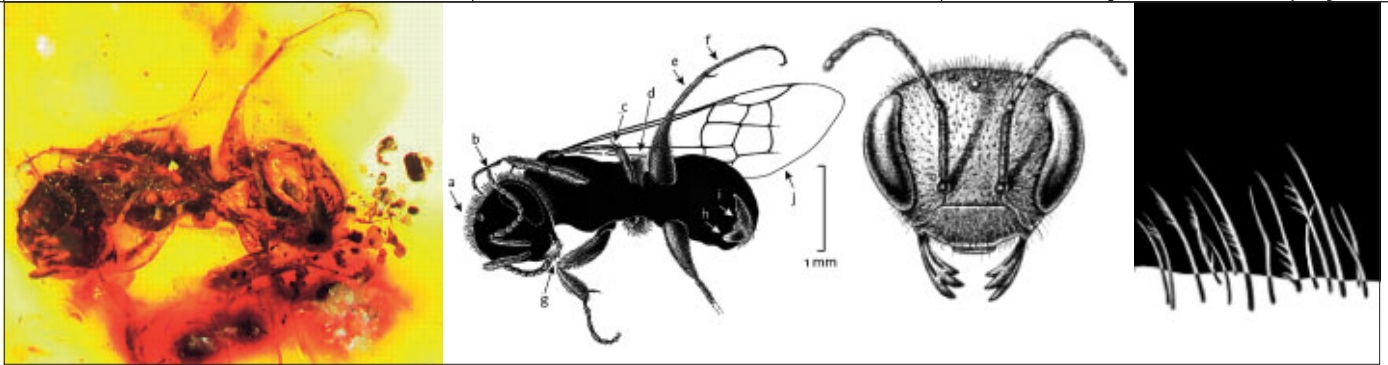
Van apoïde wesp naar bij

Afgelopen najaar haalde de vondst van een gefossiliseerde bij in barnsteen zelfs de landelijke dagbladen. Dit, omdat het nu ging om een fossiel dat veel ouder was dan de fossielen van bijen uit het verleden. En bovendien leek dit een overgangsvorm te zijn tussen een apoïde wesp (zoals de graafwespen) en een bij. De vondst werd gedaan bij een barnsteenmijn in Myanmar (het vroegere Birma) en zat in een aardlaag die 100 à 105 miljoen jaar oud is.

Het gefossiliseerde insect is veel kleiner dan de huidige bij en graafwesp: het is nog geen 3 mm lang (2,95 mm om precies te zijn). Ter vergelijking: de werkster van de honingbij is 11-13 mm, en de lengte van de solitaire bijen loopt uiteen van 5-7 mm voor de hele kleintjes (tuinmaskerbij bijvoorbeeld) tot iets meer dan 15 mm voor de grootste (de knautiabi, die alleen op de beemd­kroon (*Knautia arvensis*) vliegt, is 16-18 mm lang). Die geringe afmeting is, ervanuit gaande dat dit insect bloemen bezocht, geheel in overeenstemming met de grootte van de bloemen in die begintijd: die waren veel kleiner dan nu.

In figuur 5 is te zien dat de kop hartvormig is en ook behaard. Zowel de facetogen als de drie puntogen zijn goed te zien. De monddelen lijken nog bepaald niet toegespitst op het zuigen van nectar, eerder op het vastgrijpen van een prooi. De voelsprietten stonden vrij laag ingeplant. Uit het feit dat de voelsprietten elk 11 flagellomeren bevatten, is op te maken dat het om een mannetje gaat (vrouwtjes hebben 1 minder).

Het borststuk is relatief groot: met 1,45 mm de helft van de totale lengte. Interessant voor ons doel zijn vooral de poten.



Figuur 5. V.l.n.r.: foto van het in barnsteen geconserveerde insect (*Melittosphex burmensis*) uit Myanmar; reconstructie van het insect (a vertakte haren - b antenne in 11 segmenten (flagellomeren) - c sporen aan middelste poot - d uitsteeksel op achterlijfsegment - e tibia - f basitarsus - g drietandige kaak - h pygidial plate - i T7 - j linker voorvleugel; reconstructie van de kop van het insect; het dijbeen van de achterpoot is bezet met haartjes van een veerachtige structuur. Bron: Poinar & Danforth, *Science* 314: 614 (27 okt. 2006). Met toestemming van AAAS. Website: www.sciencemag.org.

Sommige kenmerken zijn typerend voor de apoïde wespen, zoals het slanke scheenbeen (*tibia*) en het dunne eerste voetlid (*basitarsus*) van de achterpoot. Deze lijken nog niet toegesneden op het verzamelen en vervoeren van stuifmeel.

Daarentegen is er wel een duidelijke beharing op het dijbeen (femur) van de achterpoot en zaten er wat stuifmeelkorrels in de beharing elders op het lichaam en bij de sprietreining aan de voorpoot. Een ander bijkenmerk was dat er maar één uitsteeksel zat onderaan het scheenbeen van de achterpoot (wespen hebben er twee) en twee sporen bovenaan (ook de meeste bijen hebben er twee). Aan de middelste poot zaten echter ook twee sporen, en dat is weer een kenmerk van een apoïde wesp.

De conclusie van de onderzoekers is dat het bij deze *Melittosphex burmensis* (er is meteen postuum een naam aan het beestje gegeven) een overgangsvorm is tussen een apoïde wesp en een bij. De later ontstane grote diversiteit aan bijen zou zich via dergelijke overgangsvormen hebben kunnen ontwikkelen.

‘Kruisbestuiving’

Het interessante is nu dat, kort nadat deze overgangsvorm geleefd moet hebben, er zich een enorme explosie heeft voorgedaan in de aantallen en de diversiteit van de bloemplanten. 100 miljoen jaar geleden speelden de bloemplanten nog niet meer dan een heel ondergeschikte rol (het landschap werd gedomineerd door de varens en sommige naaktzadigen, zoals de coniferen en de cycaspalmen). 10 miljoen jaar later echter was het beeld totaal anders en hadden de bloemplanten in de tropische gebieden alle andere al overvleugeld. Dit zowel wat be-

treft het deel van de aarde dat ze bezetten als wat betreft het aantal soorten. Later zouden de bloemplanten zich ook steeds verder uitbreiden in de gematigde klimaatzones.

Tegenwoordig zijn er circa 250.000 verschillende soorten bloemplanten bekend tegen circa 50.000 soorten van alle andere groene planten. Daarnaast is ook de verscheidenheid qua vorm en grootte van de bloemplanten ongeëvenaard.

Nu blijkt dat de overgang van apoïde wespen naar bijen ongeveer samenviel met de explosieve toename van de bloemplanten, is het heel voor de hand liggend om die twee zaken met elkaar in verband te brengen.

Hoewel het speculatief is, is het heel goed denkbaar dat er zich een soort van ‘kruisbestuiving’ heeft voorgedaan tussen de beide ontwikkelingen: de aanwezigheid van bloemplanten maakte het voor insecten interessant om zich te gaan specialiseren op het verzamelen van stuifmeel en omgekeerd stimuleerde een groter aantal en een grotere diversiteit van bestuivers de ontwikkeling van (bestaande en nieuwe) bloemplanten.

6 à 8 miljoen jaar geleden

Na dit verhaal zitten we al met al nog een heel eind af van onze eigen westerse honingbij (*Apis mellifera*). Bij de oude fossiele vondsten als in figuur 4, ging het tenslotte steeds om solitair levende soorten. Onze eigen honingbij is vermoedelijk ‘pas’ 6 à 8 miljoen jaar geleden ontstaan, als een afsplitsing van de oosterse honingbij, de *Apis cerana*. De bij kwam toen echter nog niet in West-Europa voor. Het verspreidingsgebied lag indertijd vooral in West- en Centraal-Azië. Vroeger nam men aan dat de westerse honingbij zich van

daaruit zou hebben verspreid over Europa en Afrika, waarbij zich geografische rassen zouden hebben gevormd. Maar recent genetisch onderzoek laat zien dat het vermoedelijk heel anders is gegaan. Onze ‘eigen’ *Apis mellifera mellifera* blijkt namelijk genetisch veel sterker verwant aan de rassen in Afrika, ten zuiden van de Sahara (o.a. *scutellata* en *capensis*) dan aan de *ligustica* en de *carnica*. De jongste hypothese is dan ook dat de afsplitsing van de *Apis mellifera* uit *Apis cerana* niet plaatsvond in Azië maar in Afrika. Van daaruit zou de bij zich op verschillende momenten in verschillende richtingen hebben verspreid, namelijk enerzijds naar het zuidoosten van Europa en het Midden-Oosten en andere delen van Azië en anderzijds naar het westen van Europa. Vermoedelijk waren er al honingbijen in Europa voordat de laatste vier ijstijden begonnen, iets meer dan een half miljoen jaar geleden. Maar de uitbreiding tot de noordelijke regionen, inclusief ons land, werd pas definitief mogelijk na afloop van de laatste ijstijd, tienduizend jaar geleden.

Bronnen

- G.O. Poinar Jr. e.a., *Science*, 314, 614 (27-10-06), A Fossil Bee from Early Cretaceous Amber.
- Charles W. Whitfield e.a., *Science*, 314, 642 (27-10-2006), Thrive out of Africa: Ancient and Recent Expansions of the Honey Bee, *Apis mellifera*.