

Van vegetarische wesp tot 'killer bee' *De bij ging in 100 miljoen jaar de gehele aarde over* **Complete genoom honingbij ontrafeld**

Een groot internationaal consortium van wetenschappers heeft het complete DNA van de honingbij in kaart gebracht. Dit is belangrijk omdat de wetenschap daarmee hoopt te ontrafelen hoe het sociale leven en het geavanceerde gedrag van dit insect zijn vastgelegd in zijn genen.

De genenkaart van de honingbij (*Apis mellifera*) is de derde van een insect, na het fruitvliegje en de malariamug. Maar dit keer gaat het om een zeer bijzonder insect, dat een complex gedrag en sociale organisatie kent. Honingbijen leven in kolonies met, wel tienduizend individuen, maar alleen de koningin draagt bij aan de voortplanting en legt dagelijks tot 2000 eitjes. De kolonies werken efficiënt dankzij de verdeling van arbeid en uitstekende onderlinge communicatie, met als hoogtepunt de beroemde bijendans waarmee de werksters elkaar informeren over goede voedselplekken.

Dat sociale leven van de honingbij is diep verankerd in de genen, zo blijkt uit de publicatie van het complete genoom vandaag in het Britse wetenschappelijke tijdschrift *Nature*. Zo hebben de bijen een groot arsenaal aan genen voor geurreceptoren die een belangrijke rol spelen bij de communicatie via feromonen tijdens de bijendans. Ook hebben ze een set van negen genen die coderen voor de eiwitten die de zogeheten konin-ginnengelei vormen. De gelei die geproduceerd wordt in de kop van werksters is cruciaal voor het instandhouden van de kastenverdeling in het bijenvolk.

In sommige opzichten lijken de genen van de honingbij zelfs meer op die van gewervelde dieren dan op die van andere insecten. Het gaat daarbij onder meer om klok-genen die het dag-nachtritme bijhouden en om genen voor *RNA-interference*, de kleine moleculen die de activiteit van andere genen kunnen beïnvloeden. Veel van deze kleine RNA's bleken specifiek voor de kaste of het stadium van de bij, en spelen hierin mogelijk een belangrijke regulerende rol. Niet voor niets wordt in *Nature* ook de vermaarde bijenonderzoeker Karl von Frisch geciteerd: 'Het leven van bijen is een magische bron. Hoe meer je er van aftapt, hoe meer er blijkt af te tappen.'

De honingbij evolueerde in Afrika en is daarna twee keer overgestoken naar Eurazië, waardoor de bijenvolken in Oost- en West-Europa nog altijd duidelijk genetisch verschillen.

Door onze redacteur SANDER VOORMOLEN, Rotterdam, 26 okt.

De publicatie van het genoom van de honingbij is door de belangrijke wetenschappelijke tijdschriften aangegrepen om nu eens flink uit te pakken over bijen in het algemeen. De vakbladen *Nature*, *Science*, *Genome Research* en de *Proceedings of the National Academy of Sciences* produceren vandaag een ware lawine aan wetenschappelijke artikelen over het onderwerp.

In *Science* rapporteren onderzoekers vondst van het oudste bijenfossiel tot nu toe; een in barnsteen geconserveerd exemplaar van de uitgestorven soort *Mellitosphex burmensis* van honderd miljoen jaar oud. Het fossiel staat dicht bij het begin van de evolutie van bijen, waarvan men aanneemt dat die pas succesvol werden na de grote expansie van bloeiende planten die iets langer dan honderd miljoen jaar geleden de dominante positie van conifeerachtige planten overnamen.

Het fossiel, dat werd gevonden in een mijn in de Hukawng-vallei in het noorden van Myanmar, heeft de kenmerken van een bij (zoals vertakte haren op heel het lijf) maar lijkt daarnaast sterk op wespen. Volgens de onderzoekers is dat een duidelijke aanwijzing dat bijen zijn geëvolueerd uit wespen, en hun carnivore leefwijze hebben ingewisseld voor een vegetarisch menu van nectar en stuifmeel. Een succesvolle overstap: er leven tegenwoordig naar schatting tussen de 16.000 en 20.000 bijensoorten op aarde.

De honingbij is er daar slechts één van, maar wel één die mede dankzij de mens een wereldwijde verspreiding kent. Omdat de nauwste verwant van de honingbij *Apis cerana* leeft in Centraal Azië ging men ervan uit dat hij hier ontstaan moest zijn. Maar uit genetisch onderzoek in een ander artikel in *Science* blijkt dat de honingbij in tropisch Afrika evolueerde en daarvandaan minstens tweemaal migreerde naar Centraal-Azië en Noord-Europa. Daaruit werden de volken gedomesticeerd die nu onze honing leveren.

De honingbij kwam nog een derde keer uit Afrika, nu met hulp van de mens en met minder gelukkige gevolgen. In 1956 werd de Afrikaanse ondersoort van de honingbij (*Apis mellifera scutellata*) die leefde op de savannen opzettelijk geïntroduceerd in Brazilië om de honingproductie te stimuleren. Het liep verkeerd af; de Afrikaanse immigrant hybridiseerde met eerder geïntroduceerde Europese honingbijen en ontwikkelde zich tot een uiterst agressieve steeklustige bij: de 'killer bee'. De killer bee begon een opmars naar het noorden en bereikte in de jaren negentig ook de Verenigde Staten waar de soort een plaag werd en de bijenvolken van imkers verdrong. Genetisch is de killerbee een mengsel van Euraziatische en Afrikaanse origine.

Andere artikelen in de 'bijengolf' gaan in op genetische details. Zo berichten onderzoekers in het blad *Proceedings of the national Academy of Sciences* over de genetische veranderingen die ten grondslag liggen aan de veranderingen in het gedrag van bijenwerksters. In de eerste fase van hun ongeveer veertig dagen durende leven werken zij in de korf en verzorgen zij het broed in de raten, maar later vliegen ze uit om te foerageren. De onderzoekers vonden duizenden genen die verschillen in de hersenen van jonge en oude bijen. Ze ontdekten echter ook dat die verschillen niet alleen afhankelijk zijn van de leeftijd, maar ook beïnvloed kunnen worden door de omgeving of de ervaring van de bij. Dat komt overeen met eerdere bevindingen dat werksters zich sneller of langzamer kunnen ontwikkelen, afhankelijk van de behoefte van de kolonie.

Andere artikelen richten zich bijvoorbeeld op het aantal genen voor geurreceptoren (163, twee keer zoveel als fruitvliegjes en malariamuggen) of de identificatie van neuropeptiden (kleine eiwitten in de hersenen) van honingbijen. Tot nu toe waren er slechts drie neuropeptiden bekend van de honingbij, maar dat arsenaal is nu uitgebreid naar meer dan honderd, dankzij de nieuwe genomische informatie.

Opvallend is dat onderzoekers in verschillende artikelen elkaar soms tegenspreken. De wetenschappers van Honeybee Genome Sequencing Consortium schrijven in *Nature* dat de honingbij relatief langzaam evolueerde in vergelijking met het fruitvliegje en de malariamug. Maar in het tijdschrift *Genome Research* komen onderzoekers onder leiding van Martin Beye van de Heinrich Heine Universiteit in Düsseldorf tot de tegenovergestelde conclusie: de honingbij is één van de snelst geëvolueerde organismen.³

Volgens Beye en zijn collega's heeft de honingbij, sinds de aftakking van de hommels van zo'n 60 miljoen jaar geleden, in zijn genoom het hoogste niveau van recombinatie doorgemaakt van alle tot nu toe onderzochte diersoorten. Volgens onderzoekers zou deze versnelde evolutie een reactie zijn op het leven in een kolonie waarbij de koningin het enige vrouwtje is dat nageslacht voortbrengt. Meer recombinatie betekent een hogere genetische diversiteit en dat versnelt op zijn beurt de evolutie van selectief voordelige eigenschappen.

De tegengestelde conclusies van beide groepen onderzoekers zijn te verklaren doordat zij ieder op een andere manier naar het genoom hebben gekeken; de een op het niveau van genen en de ander op het niveau van eenletterveranderingen in de genetische code.

Genoom mijlpalen

1975 Bacterievirus MS2, eerste organisme (RNA-virus) (3569 baseparen = bp)

1977 Bacteriofaag PhiX174, eerste DNA-virus (5386 bp)

1990 Humane cytomegalovirus (229.354 bp)

1995 *Haemophilus influenzae*, eerste bacterie (1,8 miljoen bp)

1996 Bakkersgist (12 miljoen bp)

1997 *Escherichia coli* (4,6 miljoen bp)

1998 Tuberculosebacterie (4,4 mln bp)

1999 Rondworm, eerste meercellige dier (97 miljoen bp)

2000 Zandraket, eerste plant (125 mln bp)

2000 Fruitvliegje (120 miljoen bp)

2001 Mens (3 miljard bp) 2001

2001 Muis (2,6 miljard bp)

2004 Rat (2,75 miljard bp)

2005 Chimpansee (3 miljard bp)

2006 Zwarte balsempopulier (485 mln bp)

2006 Honingbij (236 miljoen bp)