TEKST • PETER BORGER

BOMVOL GENOOM MAAKT PIJLSNELLE ‘EVOLUTIE’ FLUITJE VAN EEN CENT

SUPER-GEN!

Evolutie gaat razendsnel. Dat zien evolutionisten steeds meer in. Creationisten wijzen er al langer op: alle soortenvariatie die je vandaag ziet, is in een paar duizend jaar ontstaan. Hoe dat kan? Maak kennis met super-gen.

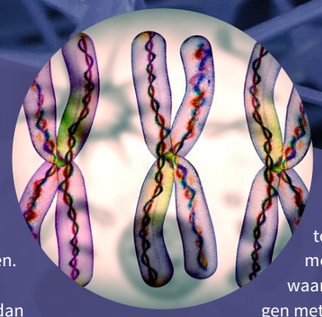
Vorig jaar juli kwam een internationaal gezelschap van evolutiebiologen samen in Groningen om de nieuwste bevindingen in hun vakgebied te bespreken. Onderwerp van gesprek waren onder andere kemphanen, honingbijen en zebravissen. De grote verrassing van dit congres was dat deze organismen allemaal beschikken over een ingebouwd mechanisme – het wetenschappelijke tijdschrift *Science* noemde het een ‘geheim wapen’ – om hun ‘evolutie’ te sturen. De biologen beschreven allemaal dezelfde soort genetische modules, ‘supergenen’, die ervoor zorgen dat organismen pijlsnel over nieuwe eigenschappen kunnen beschikken. Hoe werkt dat?



Kemphanen staan erom bekend dat ze een pittige strijd voeren als het om vrouwtjes gaat.

MISLEIDENDE MANNETJES

Kemphanen zijn prachtige weidevogels. Net als de kievit en de grutto worden ze tot de steltlopers gerekend. En evenals deze andere steltlopers werden kemphanen de laatste decennia steeds zeldzamer. In Nederland zijn ze vrijwel alleen te zien als ze op doortocht zijn, maar vroeger broedden ze ook gewoon in de natte Hollandse weilanden.
Als je weleens een groep kemphanen hebt gezien dan weet je dat er grote verschillen bestaan tussen mannetjes en vrouwtjes. Dat fenomeen noemen biologen ‘seksuele dimorfie’. De meeste mannetjeskemphanen hebben namelijk een opvallende verenkraag en een kuif, die ze af en toe indrukwekkend rechtop zetten. Bij de vrouwtjes ontbreken kraag en kuif.
Bijna net zo opvallend zijn de grote verschillen tussen de kragen en kuiven van de mannetjes onderling. Er zijn drie opvallend verschillende typen. Veruit de meeste mannetjes hebben een roodbruine kraag. Deze mannetjes voeren pittige, rituele gevechten met elkaar om de gunsten van de vrouwtjes (daarom worden mensen die elkaar fel bestrijden soms ‘kemphanen’ genoemd.)
Een kleiner aantal mannetjes heeft een witte kraag. Zij vechten niet, maar hangen rond in de buurt van de mannetjes met bruine kragen, en worden redelijk getolereerd. Af en toe lukt het ze om met een vrouwtje te paren.
Het derde type mannetjes werd pas zo’n 20 jaar geleden ontdekt. Ongeveer één procent van de mannetjes heeft namelijk helemaal geen kraag en kuif; zij zien er hetzelfde uit als vrouwtjes! Ook zij vechten niet en worden niet verjaagd door de vechtersbazen met bruine kraag, waardoor ze er vaak in slagen met vrouwtjes te paren.



Deze drie duidelijk afgebakende varianten komen in alle populaties voor. Daarmee lijkt de mannetjesvariatie erfelijk te zijn bepaald. Tot voor kort was de oorsprong van deze variatie onbekend, maar dankzij de moleculaire biologie is nu duidelijk hoe het mechanisme werkt.

SUPER-GEN

In het genoom van de kemphaan zit een enorme hoeveelheid informatie die de eigenschappen van de vogel impliciet herbergt. Dat betekent dat de informatie voor allerlei eigenschappen reeds in het DNA zit. Welke eigenschappen in welke kemphaan tot uitdrukking komen, wordt niet alleen door veel genetische factoren beïnvloed, maar ook door omgevingsfactoren.
Al die informatie ligt keurig gerangschikt als genetische code op de chromosomen; lange DNA-moleculen die in opgerolde vorm wel iets weg hebben van een X (zie foto links).

> SUPERGENEN ZORGEN VOOR ‘INSTANT-EVOLUTIE’

Het blijkt nu dat een groot stuk van chromosoom 11 is ‘omgedraaid’ bij de mannetjes zonder kragen. Zo’n omdraaiing wordt een ‘inversie’ genoemd (zie figuur hierboven). Dit stuk genetische code van meer dan 4 miljoen DNA-letters(!) omvat tientallen genen en wordt als één functionele eenheid doorgegeven aan het nageslacht. Het is een soort ‘super-gen’, een genetische module. Als die in de juiste richting in het DNA zit, veroorzaakt dit super-gen de typisch mannelijke eigenschappen van kemphanenmannen: ze zijn groter, hebben een kraag en vallen dus op. Bij de omgekeerde oriëntatie verdwijnen deze uiterlijke eigenschappen, maar de informatie zelf gaat niet verloren; bij de kraagloze mannetjes worden de typerende uiterlijke kenmerken slechts uitgeschakeld.
Je kunt de ‘evolutie’ van de kraagloze kemphaan het beste zien als positie-effecten van reeds bestaande genetische informatie. Bestaande informatie komt op een andere manier tot uitdrukking (expressie). In dit specifieke geval wordt de expressie van het super-gen zelfs helemaal onderdrukt, zodat mannetjes ontstaan die er als vrouwtjes uitzien. Deze ‘evolutie’ verloopt zonder dat er nieuwe genetische informatie voor nodig is. Daarbij vergt het proces geen miljoenen jaren van selectie, omdat het berust op één enkele genetische verandering, namelijk een inversie. Het is ‘instant-evolutie’ die dus meteen plaatsvindt, met directe gevolgen voor het nageslacht.



Zebravis

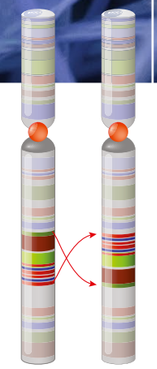
OVERAL SUPERGENEN

Kemphanen zijn niet de enige organismen die dit laten zien. In de genomen van honingbijen, zangvogels en zebravissen komen precies dezelfde mechanismen voor om variatie te generen: grote stukken DNA die als modules of bouwblokken dienen. Steeds zie je dat de oriëntatie van een of meerdere super-genen wordt omgedraaid.

Met dit algemeen voorkomend genetisch principe kun je dus supersnel overerfbare variatie krijgen. Hierdoor kunnen nieuwe varianten en soorten zich vormen zonder dat er nieuwe genetische informatie aan te pas komt.
Er zijn biologen geweest die het bestaan van deze mechanismen hebben beschreven, nog voordat ze werden ontdekt! Opvallend was dat die biologen niet het darwinisme als uitgangspunt namen maar de biologische waarnemingen. John A. Davison vatte het bijvoorbeeld samen onder de naam *prescribed evolutionary hypothesis* en Todd en Konicky bedachten de *karyotype fission theory*. Beide theorieën voorspellen dat nieuwe eigenschappen ontstaan door een hernieuwde rangschikking van het genoom; door positie-effecten dus.
En dat is precies wat de evolutiebiologen in Groningen afgelopen zomer meldden. Met een beperkt aantal legoblokjes kun je vele verschillende vormen realiseren. Op dezelfde manier kun je met een beperkt aantal genetische modules enorm veel variatie krijgen. De moleculaire biologie toont opnieuw dat het leven prachtig en wonderbaarlijk is geschapen.

CHROMOSOMALE INVERSIE

Chromosomale inversie, waarbij een stuk DNA van de ouder ‘omgekeerd’ in het DNA van de nakomeling terechtkomt. De genen kunnen niet meer afgelezen worden en komen niet tot expressie. Maar ze zijn nog wel aanwezig en kunnen, bij een tweede inversie, in een volgende generatie weer tot uitdrukking komen.



Schematische weergave chromosoom ouder (links) en nakomeling (rechts).

• WEET MEER:

Pennisi E., *Supergenes drive evolution*, Science 2017; 357 (6356): 1083.
Borger P., *Terug naar de Oorsprong*, Johannes Multimedia 2009.