

Column

Rienk de Jong

Leren van fouten

Wij zijn het product van fouten in de natuur. Als er geen fouten zouden optreden bij de vorming van geslachtscellen, zou het nageslacht een kloon zijn van het voorgeslacht en de enige mogelijke verandering zou uitsterven zijn. Deze fouten zijn niet alleen de basis van ons bestaan, ze bieden ons ook een kijkje in ons ontstaan. Twee recente publicaties geven een kijkje in het ontstaan en de evolutie van dagvlinders.

Maar eerst het mechanisme. Zoals bekend liggen onze eigenschappen gecodeerd opgeslagen in DNA. Dit bestaat uit reuzenmoleculen, schier eindeloze strengen nucleotiden (tot wel bijna 250 miljoen), die verdeeld kunnen worden in groepjes, genen, die verantwoordelijk zijn voor een erfelijke eigenschap. Een nucleotide bestaat uit een suikermolecuul dat door een fosfaatgroep aan een volgend suikermolecuul is verbonden. Aan het suikermolecuul zit een zogenaamde base. Deze base kan één van vier moleculen zijn, afgekort met de eerste letter van hun naam: A, C, G, of T. Zonder er dieper op in te gaan, is de volgorde van deze moleculen de code die de aanmaak van aminozuren (basis van eiwitten) bepaalt. Het is ook deze volgorde die in een DNA-analyse bepaald wordt. Soms gaat er bij de celdeling (waarbij ook het DNA gedupliceerd wordt) wat fout en wordt een base vervangen door een andere. Als dit bij de vorming van geslachtscellen gebeurt, kan de verandering in het nageslacht terecht komen. Gezien de ingewikkeldheid van het proces is het een wonder, dat het bijna altijd goed gaat.



... *Coeliades chalybe*,
nazaat van
het oudste
dagvlinderfossiel ...

Foto: Rienk de Jong

Door zulke foutjes heeft elke soort een unieke basevolgorde. Reeds in de vorige eeuw werd opgemerkt, dat er een zekere regelmaat zit in de vervanging van de basen. Dit wordt de *moleculaire klok* genoemd. In 1976 werd al bij zoogdieren een vervangingsfrequentie van 0,47 basen per miljoen jaar gemeten. Als je nu het DNA van twee willekeurige soorten vergelijkt, zou je op basis van het aantal gevonden verschillen

kunnen uitrekenen hoe lang geleden die soorten een gemeenschappelijke voorouder hadden. Helaas, zo eenvoudig is het nu ook weer niet. De snelheid van de klok bleek niet zo constant als gedacht en bovendien per diergroep te fluctueren. Om dat laatste te ondervangen moet de klok geijkt (gekalibreerd) worden met fossielen, waarvan ouderdom en taxonomische plaats bekend zijn.

Aan deze voorwaarde is voldaan voor de dagvlinders en na enkele beperktere studies zijn bijna gelijktijdig twee grote studies afgerond over een gedateerde fylogenie van de dagvlinders. De eerste studie (Espeland et al. 2018, *Current Biology* 28) is gebaseerd op de analyse van 207 taxa en het ongelooflijke aantal van 352 genen. De tweede studie (Chazot et al. 2018, *Systematic Biology*, in druk) gebruikte 'slechts' negen genen, maar het ongelooflijke aantal van bijna 1000 taxa. De uitkomsten zijn in grote lijnen niet heel erg verschillend. Voor het volgende maak ik gebruik van de laatste studie, ook omdat ik er zelf bij betrokken was.

Uit beide studies en door de veel grotere taxonomische dekking vooral uit de tweede studie, komt in eerste instantie een vrij gedetailleerde fylogenie naar voren die voornamelijk bevestigt wat eerdere, beperktere studies al suggereerden over verwantschappen. De moleculaire klok laat zien wanneer de verschillende ontwikkelingslijnen afgesplitst zijn, maar het wordt natuurlijk pas interessant als we de splitsingen aan andere ontwikkelingen kunnen koppelen, waardoor we een dieper inzicht in de ontwikkelingsgeschiedenis krijgen. Ik wil dit illustreren met een voorbeeld uit de Hesperidae, die toevallig mijn favoriete groep vormen.

De dagvlinders ontstonden rond 107 miljoen jaar geleden. Let wel, het oudste bekende dagvlinderfossiel is 'slechts' 55 miljoen jaar oud. Als het aan fossielen alleen lag, hadden we een zeer onvolledig beeld van de evolutie. Dat oudste fossiel behoort tot de Hesperidae. De taxonomische plaats kan op basis van de vleugeladering nader bepaald worden tot de subfamilie Coeliadinae. Deze groep komt thans alleen voor in tropisch Azië en Afrika. Het fossiel is echter gevonden in Denemarken. In die tijd (eind Paleoceen) was het noordelijk halfrond aanzienlijk warmer dan thans. Europa en Azië werden gescheiden door een brede zee, de Turgai Zee, ten oosten van de Oeral. Nu zien we in de gedateerde fylogenie, dat de ontwikkelingslijn van de Coeliadinae (die uitstierf in Europa) eerst rond 28 miljoen jaar geleden begon te splitsen in de huidige genera in Azië. Dit is enige tijd na de sluiting van de Turgai Zee rond 30 miljoen jaar geleden. Na enige radiatie in Azië splitste rond 15 miljoen jaar geleden een tak af in Afrika. Blijkbaar vond een migratie naar Afrika plaats in de periode dat een vochtiger klimaat het contact vergemakkelijkte en er een uitwisseling tussen de continenten tot stand kon komen.

Terwijl de subfamilie Coeliadinae de eerste aftakking van de Hesperidae-lijn was en het oudste dagvlinderfossiel leverde, was het niet de eerste groep Hesperidae in Azië. Voordat de Turgai Zee sloot was de zustergroep van de Coeliadinae via Noord-Amerika Azië binnengekomen en had zich daar al aardig ontwikkeld voordat een vertegenwoordiger van de Coeliadinae daar voet aan de grond kreeg.

Dergelijke exercities kunnen ook met de andere dagvlinderfamilies gedaan worden. En je kunt er natuurlijk meer mee doen dan naar oude migraties kijken. Zo is er voor de planten ook een gedateerde fylogenie beschikbaar, wat mogelijkheden biedt om ontwikkelingen van voedselvoorkeuren te bestuderen. Wie had dat gedacht van fouten bij de duplicatie van DNA? We beleven boeiende tijden.

Rienk de Jong, rienk.dejong@naturalis.nl