

Co-evolutie en soortvorming

Tessa Verhoef, vierdejaars AI studente aan de RUG
(T.Verhoef@ai.rug.nl)

Evolutiebiologen zijn het er nog niet over eens welke oorzaak er aangewezen moet worden voor het ontstaan van nieuwe soorten. Dat de diversiteit van organismen steeds verandert is duidelijk, maar wat deze verandering precies veroorzaakt blijft een raadsel. Grofweg zijn er twee theorieën die soortvorming proberen te verklaren. De meest geaccepteerde theorie is *allopatische soortvorming*. Hierbij wordt er aangenomen dat een geografische barrière, zoals een nieuwe rivier of bergketen, de oorzaak is van het splitsen van een soort. Als beide groepen lang genoeg gescheiden zijn en onafhankelijk van elkaar evolueren, dan kunnen ze op een gegeven moment niet meer met elkaar voortplanten en zijn er twee soorten ontstaan. De andere theorie, *sympatrische soortvorming*, zegt dat soorten ook kunnen ontstaan zonder dat een geografische barrière hiervan de oorzaak is. Hierbij splitst een populatie zich in twee groepen terwijl ze nog wel door elkaar leven. Er is dan geen sprake van een fysieke barrière, dus moet er een ander mechanisme van kracht zijn dat zorgt voor de splitsing. Heel lang werd allopatische soortvorming gezien als de enige juiste theorie voor het ontstaan van soorten, maar steeds vaker wordt ook sympatrische soortvorming als een serieuze verklaring beschouwd. Voor mijn bachelorproject heb ik onderzocht of sympatrische soortvorming kan ontstaan in een situatie waarin er co-evolutie bestaat tussen een roofdier- en een prooidiersoort.

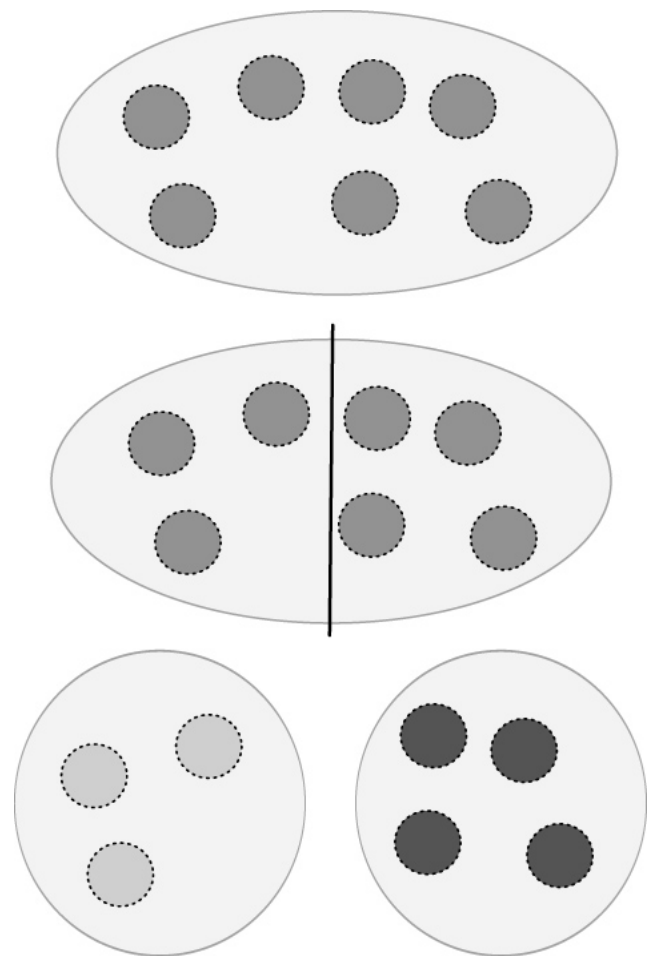
Het idee van allopatische soortvorming werd al in de jaren veertig geïntroduceerd door evolutiebioloog Ernst Mayr. Deze invloedrijke onderzoeker heeft sympatrische soortvorming als verklaring voor het ontstaan van nieuwe soorten van het begin af aan sterk afgewezen. Hierdoor heerste in de biologie de gedachte dat soortvorming zonder geografische barrière nagenoeg onmogelijk zou zijn. In 1966 vond Guy Bush de moed om op een wetenschappelijke conferentie te pogen de conservatieve evolutiebiologen van gedachte te doen veranderen. Hij deed onderzoek met fruitvliegjes en hierbij had hij ontdekt dat een nieuwe soort appelvlieg (*Rhagoletis pomonella*) mogelijk was ontstaan uit de bestaande soort, nadat in de leefomgeving met enkel meidoorns de appel werd geïntroduceerd. Volgens Bush was dit een voorbeeld van sympatrische soortvorming in de natuur. Eén van de aanwezigen,

Eén van de charmes van kunstmatige intelligentie is dat onderzoek op dit gebied vaak een brug slaat naar allerlei andere vakgebieden zoals psychologie, informatica, filosofie, maar ook biologie. Aan de ene kant worden biologische ideeën uit bijvoorbeeld de evolutietheorie gebruikt in machine learning om slimmere oplossingen te vinden voor optimalisatie- en zoekproblemen. Maar aan de andere kant worden computermodellen uit de kunstmatige intelligentie ook steeds vaker gebruikt om ingewikkelde vraagstukken binnen de biologie op te lossen. Voor mijn bachelorproject heb ik geprobeerd met een computermodel meer inzicht te verkrijgen in een tot op heden onopgelost probleem binnen de evolutiebiologie.

Theodosius Dobzhansky, zei hierop: “That’s very interesting, but I don’t believe it. Sympatric speciation is like the measles; everyone gets it and we all get over it.”

Guy Bush kwam er niet overheen en ook andere onderzoekers openen voorzichtig hun ogen. John Maynard Smith beschreef een pakket aan voorwaarden waaraan volgens hem een populatie moet voldoen om sympatrische soortvorming mogelijk te maken. Er moet bijvoorbeeld sprake zijn van reproductieve isolatie, een situatie

waarin twee groepen binnen een populatie niet meer met elkaar kunnen voortplanten. Maynard Smith noemt ver-

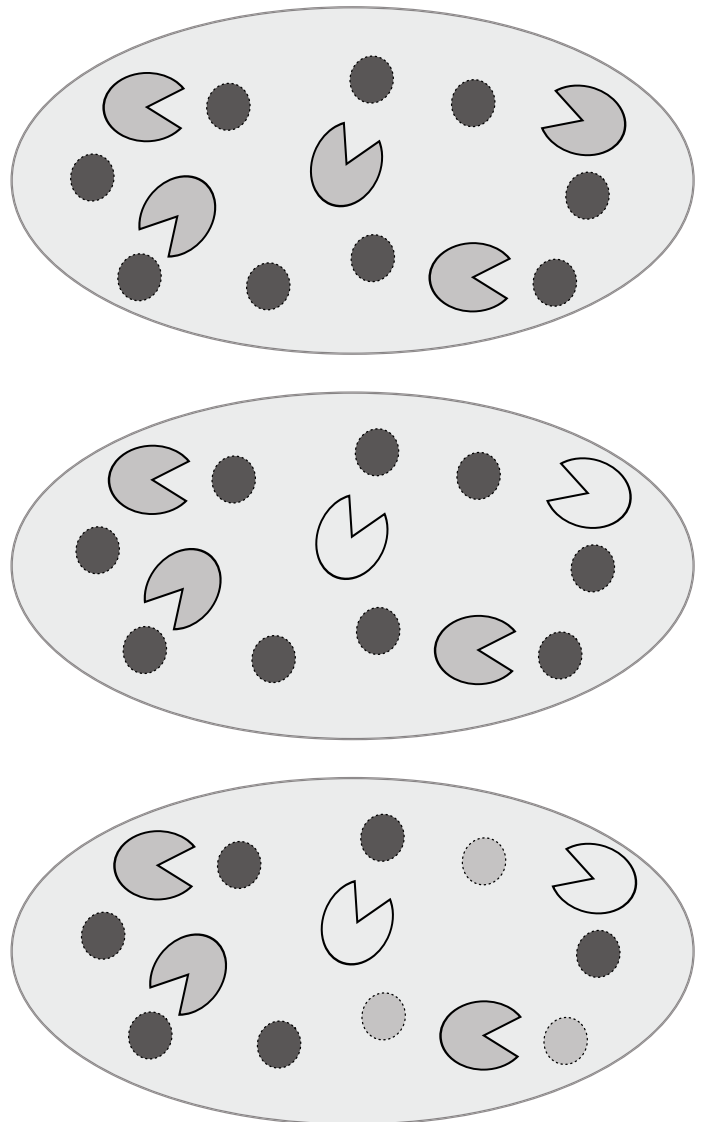


Allopatische soortvorming

schillende mechanismen die voor reproductieve isolatie kunnen zorgen. Een voorbeeld daarvan is *habitat selection*, waarbij het leefgebied van een soort is verdeeld in twee verschillende niches en individuen alleen in de niche waar ze zelf zijn opgegroeid op zoek gaan naar een partner en zich voortplanten. Dit is de manier waarop het bij de appelvlieg van Bush vermoedelijk ook is gegaan. De populatie verdeelt zich over de beschikbare appels en meidoorns in de omgeving en individuen krijgen een voorkeur voor een van beide vruchten. Vervolgens planten ze zich alleen voort met individuen in hun eigen niche en worden er zo weinig genen uitgewisseld tussen de twee groepen dat ze genetisch van elkaar gaan verschillen en uiteindelijk reproductief geïsoleerd raken. Maynard Smith zegt dus dat sympatrische soortvorming in principe mogelijk is, maar dat er zeer specifieke voorwaarden zijn waaraan moet worden voldaan, terwijl het maar de vraag is hoe vaak in de natuur zulke specifieke situaties voorkomen.

Veertig jaar onderzoek heeft ervoor gezorgd dat er nu met iets meer zekerheid gezegd kan worden dat sympatrische soortvorming mogelijk is, maar het is nog altijd een levendige discussie binnen de evolutiebiologie. Bewijs vinden in de natuur is erg moeilijk omdat er nooit met zekerheid kan worden vastgesteld dat sympatrische processen de enige oorzaak zijn en dat er geen geografische barrière is geweest. De lange duur van een evolutionair proces in de natuur maakt het ook bijna onmogelijk om soortvorming in detail te bestuderen. Er zijn naast het voorbeeld van de appelvlieg wel meer voorbeelden beschreven waarvan met enige zekerheid wordt gezegd dat de soortvorming sympatrisch moet zijn gebeurd. In een kratermeer in Nicaragua zijn bijvoorbeeld twee nauw verwante vissensoorten ontdekt, de midas-cichlide (*Amphilophus citrinellus*) en de pijlcichlide (*Amphilophus zaliosus*) die in minder dan tienduizend jaar uit de eerstgenoemde moet zijn ontstaan. In dit relatief jonge meer met een doorsnede van vijf kilometer is de kans heel klein dat er een geografische barrière is geweest en daarom wordt sympatrische soortvorming hier als beste verklaring gezien.

Voorbeelden zoals deze worden maar zelden gevonden en hangen van onzekerheden samen. Om meer duidelijkheid te scheppen wordt er in dit onderzoeksgebied daarom veel gebruik gemaakt van computermodellen waarmee soortvorming gesimuleerd wordt. Samen met mijn groepsgenoten heb ik voor mijn bachelorproject een simpel agent-gebaseerd model gemaakt om de relatie tussen co-evolutie en soortvorming te onderzoeken. Dit model simuleert de interactie tussen een roofdier- en een prooidiersoort. We gaan hierbij uit van de gedachte dat de prooidieren zich moeten verdedigen tegen de roofdier-



co-evolutie en sympatrische soortvorming

ren en dat de roofdieren proberen deze verdediging te omzeilen. Stel dat er een insectensoort is die zich moet voeden met een bepaalde plantensoort, de prooi. Als deze plantensoort zich zo evolueert dat hij giftig wordt voor de insecten, dan zal de insectensoort zich zo evolueren dat het gif zo min mogelijk schade aanricht, terwijl de prooi zich steeds meer zal specialiseren tegen de insecten. Om deze wapenwedloop te doorbreken zou het gunstig kunnen zijn voor de insecten om zich te vertakken in twee soorten, zodat de prooi zich niet meer kan specialiseren in zijn verdediging tegen één type roofdier en er een soort van tweefrontenoorlog ontstaat.

De agenten in dit model, roofdieren en prooidieren, hebben een levensduur van één cyclus die gelijk staat aan één generatie. De interactiefunctie is gebaseerd op genetische algoritmen. Hierdoor heeft iedere agent een fitness, afhankelijk waarvan hij geselecteerd kan worden voor het krijgen van nakomelingen. In een cyclus wordt eerst de fitness van ieder individu in de populatie berekend, dan worden er individuen geselecteerd en als laatste vindt er mutatie plaats. Met dit model hebben we experimenten gedaan en daarbij zijn we bij zowel de prooidieren als de roofdieren splitsing tegengekomen.

Ons model bevat weinig ingewikkelde mechanismen behalve de interactie tussen een roofdier- en een prooidiersoort. Het is een grote versimpeling van de werkelijkheid, maar daardoor zijn de resultaten wel gemakkelijk te analyseren. De soortvorming die ontstaat tijdens de experimenten is een direct gevolg van de interactie tussen roofdier en prooidier. In de natuur zijn het ook niet altijd noodzakelijk heel ingewikkelde mechanismen die soortvorming veroorzaken. Er is ten minste één voorbeeld van soortvorming bekend waar maar een enkel gen verantwoordelijk voor is: de draairichting van het slakkenhuis van een bepaalde soort slakken zorgt er voor dat slakken met tegengesteld gedraaide huisjes simpelweg niet op elkaar passen. Hierdoor kunnen alleen slakken met huisjes die dezelfde draairichting hebben met elkaar voortplanten en worden er geen genen meer uitgewisseld tussen de twee groepen.

Heel lang heeft de gedachte geheerst dat alleen een zeld-

zame combinatie van specifieke factoren het ontstaan van sympatrische soortvorming kan veroorzaken. Ons model laat zien dat het ook mogelijk is om zonder al te veel toeters en bellen deze vorm van soortvorming teweeg te brengen.

Misschien is dit een aanwijzing voor evolutiebiologen dat er in de natuur ook gezocht kan worden naar soortvorming in situaties waarin er sprake is van co-evolutie. Na het doen van dit project kan ik concluderen dat sympatrische soortvorming waarschijnlijk toch minder zeldzaam is dan nog steeds vaak wordt gedacht. Wat de metafoor van Dobzhansky betreft: Ik ben besmet! ø

“Het zijn niet noodzakelijk heel ingewikkelde mechanismen die soortvorming veroorzaken”

Referenties

- Bush, G.L. (1998). *The conceptual radicalization of an evolutionary biologist. Endless Forms: Species and Speciation* (Howard, D.J. and Berlocher, S.H., eds), Oxford University Press, 425–438.
- Maynard Smith, J. (1966). *Sympatric speciation. The American Naturalist*, 100(916):637–651.
- Mayr, E. (1982). *Speciation and macroevolution. Evolution*, 36(6):1119–1132.
- Menken, S. B. (1993). *Spreiding en scheiding: Het ontstaan van nieuwe soorten. Natuur en techniek*, 10:796–805.
- Via, S. (2001). *Sympatric speciation in animals: The ugly duckling grows up. Trends In Ecology & Evolution*, 16(7):381–390.
- Wilson, A. B., Noack-Kunmann, K., en Meyer, A. (2000). *Incipient speciation in sympatric nicaraguan crater lake cichlid fishes: sexual selection versus ecological diversification. Proc. R. Soc. Lond. B*, 267(1458):2133–2141. 17
- <http://www.ai.rug.nl/~rombouts/Bachelorproject.pdf>