

Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

Inleiding

Bij evolutie denken we vaak aan macro-evolutie: het ontstaan, de afstamming of verandering van organismen over een lange tijdsperiode. In macro evolutionair onderzoek werkt men met aannames, veronderstellingen of hypothesen. Directe bewijzen ontbreken omdat de processen te traag gaan om direct te kunnen waarnemen. De resultaten worden weergegeven in afstammings- of evolutiebomen.

In de genetica doet men onderzoek naar micro-evolutie: veranderende genfrequenties in populaties die kunnen leiden tot het ontstaan van nieuwe soorten. Genetici doen experimenten in het laboratorium en gebruiken computermodellen. Het voordeel van deze technieken is dat je alle omstandigheden zelf kunt instellen zodat je verschillende factoren apart kunt isoleren en controleren. Je weet echter nooit of dezelfde factoren ook in het wild optreden. In de ecologische genetica bestudeert men micro-evolutie in bestaande wilde populaties.

Doel

Inzicht krijgen in hoe (micro) evolutionaire processen de natuurlijke selectie in een bepaald gebied bepalen.

Theorie

Factoren die een rol spelen bij micro-evolutie

1. Mutatie

Een mutatie is een verandering in de basenvolgorde van een gen. Hoewel mutaties de originele oorzaak van alle genetische variatie vormen, zijn zij een zwakke kracht bij het veranderen van genfrequenties in populaties. In een populatie kunnen mutanten in frequentie toenemen wanneer zij voordelig zijn voor de soort. Wanneer er meerdere (mutante) vormen van een gen bekend zijn, spreekt men over gen-polymorfismen; verschillende vormen van een gen heten allelen.

2. 'Genetic drift' en 'founder effect'

Populaties kunnen klein zijn omdat ze maar een klein (natuurlijk of kunstmatig) habitat hebben. Een populatie kan ook tijdelijk gereduceerd zijn door een ecologische ramp of door kolonisatie van een nieuw leeg habitat door slechts enkele individuen. 'Genetic drift' en 'founder effect' zijn belangrijke factoren in de evolutie van kleine populaties. In een kleine populatie is de kans groot dat nakomelingen van een paar individuen een relatief



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

groot deel van de volgende generatie vormen. Als zij toevallig een bepaald gen dragen, zal dat gen ook met een grotere frequentie in de volgende generatie aanwezig zijn. Dit principe heet 'genetic drift'. 'Founder effect' is het ontstaan van nieuwe populaties door de vestiging van kolonisten.

3. Natuurlijke selectie

Natuurlijke selectie is het verschijnsel dat sommige genotypen in de volgende generatie sterker vertegenwoordigd zijn doordat de genen(combinaties) voordelig zijn (grotere fitness opleveren) voor de individuen. Natuurlijke selectie kan er toe leiden dat de genfrequenties binnen een populatie snel veranderen. Daarom is het een hele belangrijke factor in de evolutie van een populatie.

Het huis van de slak *Cepaea nemoralis* bepaalt de interacties met de omgeving.

Predators, zoals lijsters, herkennen deze slakken aan hun huis: selectie voor camouflage zal hun interactie dus beïnvloeden. Wanneer visuele predators afwijkende huisjes niet meer als prooi herkennen heeft een afwijkende huisvorm dus een selectief voordeel. Zij zullen in aantal toenemen, totdat de predators hen toch als prooi zullen herkennen. Het is ook mogelijk dat de predators juist een voorkeur hebben voor de nieuwe vorm. Donkere slakken nemen meer omgevingswarmte op waardoor ze op koude plaatsen actiever kunnen zijn dan lichtere soortgenoten. Hier is dus sprake van positieve selectie voor donkere huiskleur. Op warme plaatsen kunnen donkere slakken sneller oververhit raken, waardoor een donkere huiskleur juist onvoordelig is en er negatieve selectie optreedt.

Waarom onderzoek aan Cepaea nemoralis?

Cepaea nemoralis is makkelijk te vinden en er bestaat een grote genetische variatie in de huisjes. Deze variatie is gemakkelijk te 'scoren' bij dode en levende slakken in het veld. Hierdoor verstoort dit experiment de wilde populatie niet. *Cepaea nemoralis* is wijdverspreid in verschillende habitats. Het verdwijnen van oude kolonies en het ontstaan van nieuwe gaat snel. Populaties zijn ook erg klein omdat deze tuinslak zich niet meer dan 30m per jaar verplaatst. Dit is een andere reden die deze slakkenpopulaties zo geschikt maakt om micro-evolutie te bestuderen.

Huisjes-polymorfisme bij Cepaea nemoralis.

1. Grootte en leeftijd

Volwassen slakken zijn groter dan jonge exemplaren. Je kunt volgroeide slakken herkennen aan een dikke lip aan het einde van de schelp. Deze lip is meestal donker van kleur. Bij onvolwassen beesten is de lip lichter, hij gaat niet naar buiten en is doorgaans zacht.

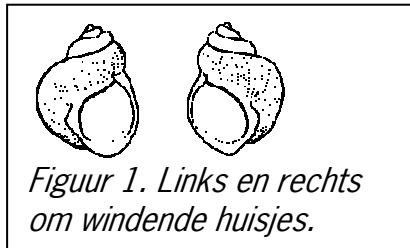
2. Draaiing van het slakkenhuis

Het huis van *Cepaea nemoralis* is normaalgesproken naar rechts gewonden; soms vind je een die links omwonden exemplaar (Figuur 1). Deze draaiing is ook genetisch bepaald, maar omdat dit wat gecompliceerder ligt besteden we hier geen aandacht aan.



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-



3. Kleur

De huisjes van *Cepaea nemoralis* zijn bruin, geel of roze van kleur. De kleur wordt genetisch bepaald door één locus met drie allelen. We noteren de kleur (het fenotype) als B, G of R.

4. Strepen

De patronen op de huisjes worden ook genetisch bepaald. Er zitten maximaal 5 banden op iedere winding. Een exemplaar met vijf de banden heet '12345'; een geel huis met vijf banden 'G12345'. De nummering van de banden begint op de top van iedere winding: slak 'G00345' mist dus de bovenste twee. Een roze slak met alleen de middelste band heet 'R00300'. Soms breiden banden zich uit en smelten samen. Wanneer dit gebeurt bij een bruine slak met 5 banden, waarbij band 4 en 5 zijn samengegaan, noteer je 'B123(45). Andere variaties zoals verschil in kleur van de bandjes of gevlektheid, negeren we tijdens dit experiment.

Genetica van huisjesvariatie

1. Kleur

Het C-locus (kleurlocus) is verantwoordelijk voor de kleur. Allel C^b (bruin) is dominant over C^r (roze), ze zijn beide dominant over C^g (geel). Dus: $C^b > C^r > C^g$.

2. Banden

Het B-locus bepaalt de aan- of afwezigheid van bandjes. Allel B^0 (zonder bandjes) is dominant over B^B (met bandjes).

3. Midden band

Het U-locus bepaalt de aan- of afwezigheid van een middenband. Dit gen laat zich alleen zien als een huisje banden heeft en zorgt ervoor dat alle bandjes, met uitzondering van het middelste, verdwijnen. Allel U^3 (midden band 00300) is dominant over U^5 (5 bandjes, 12345).

4. Trifasciata

Het Trifasciata-gen (T-gen) ligt op het T-locus. Dit gen elimineert de bovenste twee bandjes en openbaart zich alleen als een huisje geband is en het middenband gen dus niet heeft. Het allel T^0 (trifasciata, 00345) is dominant over T^5 (5-bandjes, 12345).

5. Gefuseerde bandjes

Gefuseerde bandjes zijn uiteraard alleen te zien bij gebandeerde slakken. Omdat ze een beetje gecompliceerd zijn, negeren we ze tijdens dit experiment.



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

Uitvoering

Materialen

- Meetlatje (mm)
- Verzameldoos
- Dataformulieren
- Locatiekaart
- Pen en papier

Veiligheid

Dit experiment dient altijd uitgevoerd te worden onder begeleiding van een docent of toa. Wageningen University aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit het verrichten van dit experiment buiten de campus van Wageningen University.

Beschrijving

Het verzamelen van data

- Ga in het veld in op zoek naar *Cepaea nemoralis* populaties. Beschrijf het habitat, tel het aantal levende en dode slakken en beschrijf ze. Let op variatie in grootte, leeftijd, kleur en bandenpatronen van de huisjes.
- Begin met de uitwerking van je gegevens wanneer je 50-100 slakken per verzamelplaats hebt gevonden, gescoord en teruggezet.
- Analyseer de data van elke verzamelplaats op een rustige plek.
- Vind je een effect van natuurlijke selectie?

Habitat bepaling

Kies je locaties in bos, struikgewas of (ruig) grasland.

Het vinden en identificeren van *Cepaea nemoralis*

Je vindt *C. nemoralis* door met je handen en ogen door de vegetatie te gaan. Ze zitten overal vanaf de grond tot op ongeveer twee meter hoogte: op de bodem, tussen en op het gras, tegen plantenstengels en op struiken- en bomenstammen. Kijk ook naar de onderkant van de bladeren en tussen stekels. Zet de slakken weer terug nadat je de gegevens hebt genoteerd. Lege huisjes mag je meenemen.

Hoe schrijf je de informatie over slakken op?

Noteer de kleur als G, R of B (geel, roze of bruin). Noteer het bandenpatroon als 12345/00345/00300 etc. en bandfusies als 003(45).

Leeftijd en grootte van het huisje.

Kijk of het huisje van een volwassen of een jonge slak is (aan- of afwezigheid van een naar buiten gekeerde gekleurde lip).



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

Meet de grootte van elke slak (in mm) op. Meet de diameter vanaf het breedste punt van de laatste draaiing.

Predatie

Huisjes van opgegeten slakken zijn vaak gebroken en liggen bij elkaar. Noteer of een slak opgegeten is of niet. Beschrijf ongebroken lege huisjes ook.

Resultaten

Leeftijd en grootte van het huisje

Maak een diagram, waarin je het aantal huisjes van een bepaalde grootte (y-as) uitzet tegen de grootte van het huisje (x-as). Maak hierbij grootteklassen.

Is er een relatie tussen de huiskleur en de aanwezigheid van bandjes?

Maak een tabel zoals hieronder is weergegeven, en vul deze in.

	Met bandjes	Zonder bandjes
Bruin		
Geel		
Roze		

Zijn kleur en bandfusie gerelateerd?

Maak een zelfde diagram als hierboven. Gebruik dit keer alleen slakken met bandjes.

	Met bandfusie	Zonder bandfusie
Bruin		
Geel		
Roze		

Zijn de kleur en de aanwezigheid van bandjes gerelateerd aan de leeftijd van de slakken?

Gebruik hiervoor alleen levende slakken! Vul de onderstaande twee tabellen in

	Jong	Volwassen
Bruin		
Geel		
Roze		

	Jong	Volwassen
Effectief-zonder-bandjes		
Met bandjes		

Als een huisje de twee bovenste bandjes mist, lijken ze van boven af gezien ongestreept. Veel predators herkennen ze zo niet meer. Dit effect noemen we effectief-zonder-bandjes-huisjes ongestreept. Je noteert ze bijvoorbeeld als 00234,00300,00000.



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

Zijn kleur en het hebben van bandjes gerelateerd aan predatie?

Vul de onderstaande twee tabellen in.

	Levend	Dood
Bruin		
Geel		
Roze		

	Levend	Dood
Met bandjes		
Zonder bandjes		

Genfrequenties berekenen

Bereken het percentage gele huisjes in jouw gegevens. Doe hetzelfde voor de gestreepte huisjes. Bereken hieruit de genfrequentie van C^B en van B^b.

Waarom juist van deze genen?

Vragen

A: Hoe is de leeftijdsopbouw in de verschillende populaties?

1. Zitten volwassen dieren in dezelfde grootteklasse?
2. Vergelijk het aantal dieren in elke grootteklasse tussen de verschillende populaties. Kun je iets zeggen over de leeftijdsopbouw?

B: Is er bewijs voor visuele selectie?

1. Is er een verband tussen kleur of gestreepteheid en het habitat? Zo ja, kun je dit verklaren met habitatkenmerken?
2. Vind je verschillende percentages kleur en gestreepteheid bij dode en opgegeten slakken vergeleken met levende slakken per habitat?



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

3. Verschillen jonge dieren van volwassen exemplaren als je kijkt naar percentage kleur en gestreepthed?
4. Vind je een verband tussen het voorkomen van kleur en gestreepthed? Zouden deze eigenschappen gekoppeld kunnen zijn?

Suggesties voor verder onderzoek

Meer informatie over dit onderwerp vind je in het boek: S.C.Stearns & R.F.Hoekstra, Evolution, an Introduction, Oxford University Press, (2nd ed., 2005). Het wordt gebruikt voor het vak 'Evolutiebiologie', een onderdeel van de opleiding biologie aan Wageningen University.

Oriëntatie op vervolgonderwijs

Het onderwerp van dit experiment kom je ook tegen in de volgende opleidingen van Wageningen University:

- Biologie
- Bos- en Natuurbeheer
- Dierwetenschappen

Kijk voor meer informatie op www.wageningenuniversity.nl/bsc.



Voor de docent of toa

Uitvoering

Materialen

- Meetlatje (mm)
- Verzameldoos
- Dataformulieren
- Locatiekaart
- Pen en papier
- Het is handig om enkele voorbeelddoosjes te maken met de verschillende variaties van *Cepaea nemoralis* en andere slakken die op deze soort lijken.

Vaardigheden

Kennis maken met wetenschappelijke onderzoeksmethoden.

Veiligheid

Dit experiment dient altijd uitgevoerd te worden onder begeleiding van een docent of toa. Wageningen University aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit het verrichten van dit experiment buiten de campus van Wageningen University.

Opmerkingen

Zoek van tevoren een aantal locaties in de buurt van de school waar deze slakken voorkomen. Maak bijvoorbeeld een landkaartje zodat de leerlingen alles vlot kunnen vinden. Deze proef kan het beste uitgevoerd worden van april tot en met september: dan zijn er genoeg slakken te vinden.

Resultaten

Verschillende locaties zullen verschillende resultaten opleveren door verschillen in habitat. Bespreek de resultaten van de verschillende locaties met de klas en probeer hier verklaringen voor te vinden. Kun je verschillende vormen van natuurlijke selectie onderscheiden?



Micro-evolutie

-In een populatie huisjesslakken-

Uitwerking van de vragen

A: Hoe is de leeftijdsopbouw in de verschillende populaties?

De antwoorden op deze vragen zullen per locatie verschillen.

B: Is er bewijs voor visuele selectie?

De antwoorden op deze vragen zullen per locatie verschillen.

Opmerkingen

Doordat de resultaten van dit experiment per gebied zeer verschillend kunnen zijn, is het erg belangrijk om de bevindingen uitgebreid klassikaal te bespreken en met de klas verklaringen te zoeken voor de verschillen.

