TEKST GORDON WILSON

Metamorfose van de vlinder

EEN SYMFONIE VAN WONDEREN: WAT VERANDERT ER ALLEMAAL IN DE POP?

Je leerde het al op de kleuterschool: rupsen verpoppen tot vlinders. Je staat erbij, kijkt ernaar, maar je ziet er bar weinig van. De metamorfose gebeurt immers helemaal in de pop. Wat zou het mooi zijn om daar eens een blik in te mogen werpen. Nieuwe technologie maakt dat mogelijk. Kijk mee naar deze wonderlijke symfonie van aanvankelijk onzichtbare veranderingen.

Ieder voorjaar kun je er getuige van zijn hoe dikke rupsen bladeren verorberen en hoe een paar weken later vlinders door de tuin fladderen. Met behulp van moderne technologie kun je dit proces ook bewonderen op een HD-scherm. Natuurprogramma's laten de mooiste beelden zien, met op de achtergrond een stemmig muziekje. Prachtig, maar het is slechts een beginnetje. Het kan namelijk allemaal nog véél mooier worden verbeeld.

Met behulp van DNA-analyse en MRI-scans lukt het onderzoekers steeds beter om langzaam het geheim van de metamorfose van vlinders te ontrafelen. Iedere zorgvuldig uitgevoerde stap in het proces toont daarbij de wijsheid en macht van de Schepper.

MONSTERLIJKE GROEI

De rups is een eetmachine, geboren met speciale organen om voedsel vast te grijpen en naar binnen te werken. Naast de zes korte pootjes voor aan de borstsegmenten heeft het enkele vlezige uitsteeksels, buikpoten (neppoten) en een naschuiver aan het achterlijf; deze extra 'poten' hebben haakachtige structuren waarmee de rups zich kan vastgrijpen. De kauwende monddelen knippen en verwerken aanzienlijke hoeveelheden bladeren.

Bij veel vlinders eten de rupsen maar van één plantensoort. De moeder weet dus waar ze de eitjes moet leggen om ervoor te zorgen dat de jongen het juiste voedsel krijgen. Gelijk nadat de jonge rups uit het ei komt, begint hij – zonder dat hij daar van zijn moeder extra instructies voor krijgt – aan zijn eetprogramma. Als eerste staat het ei-omhulsel op het menu. Daarna wijdt de rups zijn larvale leven om zich te goed te doen aan planten. Tegen de tijd dat dit op zijn eind komt, kan de rups meer dan drieduizend keer zwaarder zijn geworden. Dat komt overeen met de groei van een baby van 2,5 kilogram naar een monster van meer dan 7,5 ton. En dat in enkele weken!

Je kunt je voorstellen dat zo'n groeispurt het dier voor verschillende uitdagingen plaatst. Vooral als je bedenkt dat het een

VIJF DRASTISCHE TRANSFORMATIES IN DE POP

1. Op een of andere manier moeten zes korte pootjes veranderen in lange ranke exemplaren.
2. Bladeren kauwende kaken moeten vervangen worden door een nectar zuigende roltong (proboscis).
3. Eenvoudige ogen moeten worden samengesteld.
4. Het dier moet vier vleugels krijgen; organen die het nooit eerder heeft gehad. Iedere vlindersoort heeft zijn eigen unieke kleurenpatroon op de vleugels. Die wordt gevormd door ontelbare kleine schubjes in een soorteigen samenstelling. Zelfs de vleugelvorm verschilt van soort tot soort.
5. Een volwassen vlinder heeft een heel nieuw ademhalingsstelsel, nieuwe ingewanden, een nieuw borststuk en een nieuw achterlijf gekregen.



uitwendig skelet heeft. Hoe zorgt de rups ervoor dat dit skelet meegroeit? Daar treft hij zo zijn maatregelen voor:

- De meeste insecten hebben een tamelijk hard pantser, zoals een harnas. De rups daarentegen heeft een elastisch en rekbaar exoskelet om zijn forse groei mogelijk te maken.
- Aan elke rekbaarheid zit een grens. Daarom moet de rups zo nu en dan vervellen.
- Voordat het oude exoskelet wordt afgedankt, wordt eronder een nieuw skelet aangelegd. Dit 'maatpak' is voorzien van plooien zodat er weer ruimte is om te groeien. Deze 'nieuwe kleren' worden vanuit chemische stoffen onder de 'oude kleren' gemaakt.
- Tijdens de vervelling pompt het rupsje zich op. Hij buigt en wrikt om zich van zijn oude pakje te kunnen ontdoen. Daarna volgt de volgende vreetronde, totdat opnieuw de grens is bereikt en hij weer moet vervellen.

DE POP

De periode tussen twee vervellingen door wordt 'instar' genoemd. Elke soort rups heeft daar een vast aantal van totdat het gaat vervellen naar iets anders... een totaal ander bouwplan: de pop.
In dit stadium is het nog geen volwassen vlinder en het is ook geen rups meer. Wetenschappers ontdekken steeds meer van de ingewikkelde chemische processen die hier aan het werk zijn. De vervelling is erg complex, maar hier volgt een uiteenzetting van de basisprocessen:

- Gespecialiseerde hersencellen wachten rustig op de juiste combinatie van seintjes van het rupsenlichaam die aangeven dat het tijd is om te vervellen. Op dat moment gaan de hersencellen het hormoon PTTH (prothoracicotroop hormoon) afgegeven.
- PTTH gaat met de bloedstroom mee, het borstgedeelte in. Daar bereikt het een speciaal orgaan, de prothoracale klieren, die het aanzet om het hormoon ecdyson af te geven. Dat hormoon gaat naar de huid waar het de vervelling opwekt.
- De huid van de rups ligt direct onder het rekbare exoskelet en is slechts één cellaag dik. Deze laag is verantwoordelijk voor het maken van het exoskelet. De huid heeft verschillende genetische instructies voor elke fase van het leven: voor de rups, voor de pop en voor het volwassen dier. Het heeft slechts de juiste chemische opdrachten nodig om te weten welk type exoskelet er moet worden opgebouwd.
- Tijdens de eerste vervellingen sturen de hersenen een stofje uit dat juveniel hormoon (JH) heet. Dit hormoon 'vertelt' aan de huid dat het weer een rupsexoskelet moet aanmaken, net als de vorige keer.
  De hoeveelheid JH is sturend bij de vervelling. Als ecdyson zegt 'vervel', dan zegt JH 'doe hetzelfde, maar maak het alleen groter'.

GROTE OMBOUW

Uiteindelijk moet er een keer een eind komen aan de eetlust van de rups. Dit insect is immers voor een mooier doel ontworpen. Op een dag moet de waggelende, kortpotige, bladeren verslindende worm zichzelf gaan ombouwen tot een prachtig vliegend schepsel dat voor tal van bloemen stuifmeel gaat overbrengen.
Als de hersenen vaststellen dat de tijd daar is, komt er een verbazingwekkende serie gebeurtenissen opgang. Tijdens de laatste instar van de rups geven de hersenen nog aanzet tot de productie van ecdyson, maar dat gebeurt met kleinere hoeveelheden JH. Dit voorkomt dat er supergrote rupsen ontstaan en activeert de vervelling naar een pop.

VAN HONGERIGE RUPS NAAR KILOMETERVRETER

Een vlinderpop ziet er vanbuiten nogal passief uit. Het eet niet en verplaatst zich niet. Het zit daar maar stil niets te doen, vastgezet aan een plant met een plukje zijde. Dat is echter schijn. Met behulp van MRI-scans kun je zien dat binnen een paar dagen elk onderdeel van het eerdere leven zorgvuldig uit elkaar wordt gehaald en gehergroepeerd. Slechts enkele van de organen van de larve overleven deze ombouw, zoals een paar spieren en zenuwen. De meeste worden helemaal nieuw.

OP NAAR HET LUCHTRUIM

Het popstadium is een tussenfase naar het uiteindelijke doel: de aanmaak van het aerodynamische vlinderlichaam. Tijdens die fase zal nog één afsluitende vervelling plaatsvinden, maar deze keer zijn de JH-waardes extreem laag. Als de vervelling gebeurt terwijl er bijna geen JH in het lichaam aanwezig is, dan 'weet' de huid (epidermis) dat het moet overschakelen op een heel andere strategie. Deze nieuwe combinatie van chemische signalen – ecdyson en bijna geen JH – is het commando om een totaal ander exoskelet te vormen, wat de pop tot het volwassen dier maakt.
Wanneer de huid eindelijk klaar is met het aanmaken van het volwassen exoskelet, begint de allerlaatste vervelling. Het volwassen dier maakt zichzelf dikker totdat het exoskelet van de pop op een van tevoren aangemaakte naad openscheurt. Een lichaam met een heel andere vorm en gedrag kruipt dan uit die spleet.
Vervolgens wordt er bloed in de aderen van de vleugels gepompt zodat zij zich tot volle omvang kunnen ontvouwen. Als eenmaal alles gereed is, verhardt het exoskelet (waar nodig) op de ene plek, terwijl het op andere plaatsen flexibel blijft. En dan fladdert het getransformeerde schepsel met zijn schitterende vleugels het luchtruim in.

WONINGRENOVATIE

De ombouw van rups naar vlinder kun je vergelijken met een drastische woningrenovatie. Tijdens het 'stille' popstadium wordt veel van het spijsverteringskanaal van de rups, zijn spieren en zenuwstelsel uit elkaar gehaald, zoals een huis tot op zijn grondvesten wordt afgebroken. Ondertussen worden de nieuwe volwassen onderdelen aangemaakt.
Ook het oude zenuwstelsel ondergaat een reorganisatie, waarbij de cellen die niet vernietigd worden een andere plek krijgen. Dat resulteert in een heel ander zenuwstelsel, alsof de volledige bedrading van een huis is vernieuwd.
Er is echter een groot verschil met de renovatie van een woning. Daar gaat alles wat gesloopt wordt naar een stortplaats en nieuwe materialen worden naar binnen gebracht. Bij een pop is dat anders. De pop eet niet, dus alle onderdelen moeten komen uit de materialen die tijdens de larvale stadia zijn opgeslagen. De vloeibaar gemaakte onderdelen van de rups vormen de bouwmaterialen voor de volwassen onderdelen.



Gordon Wilson, de auteur van dit artikel, is biologisch hoofdmedewerker aan New Saint Andrews College. Hij is gepromoveerd in milieukunde aan de George Mason Universiteit en is een Master in de insectenkunde aan de universiteit van Idaho. Dit artikel schreef hij in Answers Magazine, vol. 9, nummer 2, april/juni 2014, pag. 54-58. Het is vertaald met toestemming van Answers in Genesis© www.AnswersinGenesis.org, www.CreationMuseum.org.

IMAGINALE SCHIJVEN: WERKPAAR DEN ACHTER DE OMBOUW

Kleine groepjes cellen – de imaginale schijven – zijn de belangrijkste werkpaarden die de ombouw van rups naar vlinder mogelijk maken. Hoe doen zij hun werk?

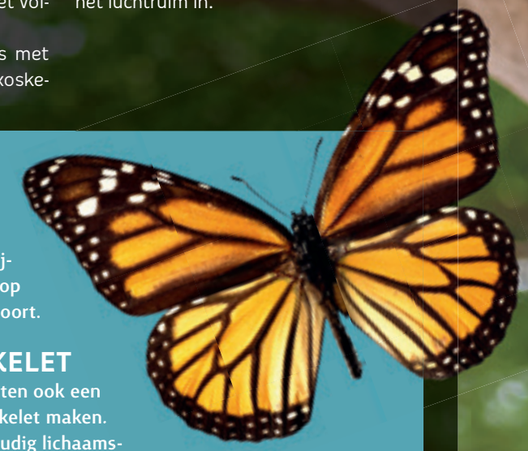
Het rupsenlichaam vormt de cellen van de imaginale volgens een vast patroon. Ze verschijnen tijdens de hele ontwikkeling op bepaalde plaatsen net binnen de huid en ontstaan voor de vervelling tot pop overal in het lichaam waar nieuwe onderdelen nodig zullen zijn.

ALS IN EEN FANFARE

De imaginale schijven worden actief nadat het exoskelet van de pop is gevormd. Dan beginnen ze veel cellen te maken die hele nieuwe structuren vormen die nooit in het larvestadium aanwezig zijn geweest. De cellen van de imaginale schijven raken verbonden met de bestaande huid. Een deel van de larvenhuid blijft intact, maar staat nu onder commando om een heel ander volwassen exoskelet aan te maken.
Verschillende schijven vertonen verschillende groeipatronen. Je kunt dit vergelijken met leden van de fanfare, die op verschillende manieren bewegen, maar toch de orders van de tambourmaître uitvoeren. Waar komen die orders vandaan? Deze cellen 'lezen' die informatie van hun genetische blauwdruk; de delen die van toepassing zijn voor het bouwen van het onderdeel 'volwassen exoskelet'. Hierna worden de verschillende lichaamsdelen gevormd. De schijfcellen vermenigvuldigen naar de vorm van het lichaamsdeel met het daarbij behorende exoskelet. De ene imaginale schijf maakt een vleugel, terwijl andere schijven samen de volwassen kop of borststuk maken, enzovoort.

INGEWIKKELD SKELET

De imaginale schijven moeten ook een nieuw, ingewikkelder exoskelet maken. Dat is meer dan een eenvoudig lichaamsomhulsel. Het is een beschermende structuur aan de buitenkant (compleet met poten, antennes, zuigroltong en met schubben bedekte vleugels) en deels aan de binnenkant, waar het 't begin en eind van het spijsverteringskanaal omvat en een complex nieuw ademhalingsstelsel dat nodig is bij het vliegen.



WEET MEER:
- www.tiny.cc/vlinders