

Betekenisvol geneticaonderwijs

Marie-Christine Knippels,
Arend Jan Waarlo en
Kerst Boersma

Een chromosomenpracticum

Erfelijkheid staat bekend als een moeilijk thema in de biologie. In het kader van een promotieonderzoek wordt nu geprobeerd om een adequate didactiek voor genetica te ontwikkelen ter verlichting van de moeilijkheden die leerlingen en docenten met dit thema ondervinden. In dit artikel zal kort worden ingegaan op de aard van enkele leerproblemen en zal een chromosomenpracticum worden beschreven dat kan bijdragen aan een betekenisvoller inzicht in de erfelijkheid. Inclusief de nabespreking is het practicum uitvoerbaar in twee lessen.

'Jojo-leren'

De aanpak die nu is ontwikkeld voor het thema erfelijkheid richt zich op het expliciet onderscheiden van de biologische organisatieniveaus en het ontdekken van de samenhang tussen erfelijkheidsfenomenen op de verschillende niveaus. Hiertoe moeten leerlingen leren heen-en-weer te denken tussen de verschillende organisatieniveaus, te weten populatie, organisme, cel en molecuul. Deze didactiek, die start op het organismaal niveau, hebben wij 'jojo-leren' genoemd. Het chromosomenpracticum is 'jojo-leren' in een notendop. Doel van het practicum is om de genetische concepten op het niveau van het organisme en dat van de cel met elkaar in verband te brengen en betekenisvol voor leerlingen te maken. Leerlingen leggen niet uit zichzelf de onderlinge verbanden, terwijl het 'vertellen' van deze verbanden ook niet het gewenste effect heeft. Leerlingen moeten deze relaties zelf ontdekken willen deze betekenis voor hen krijgen.

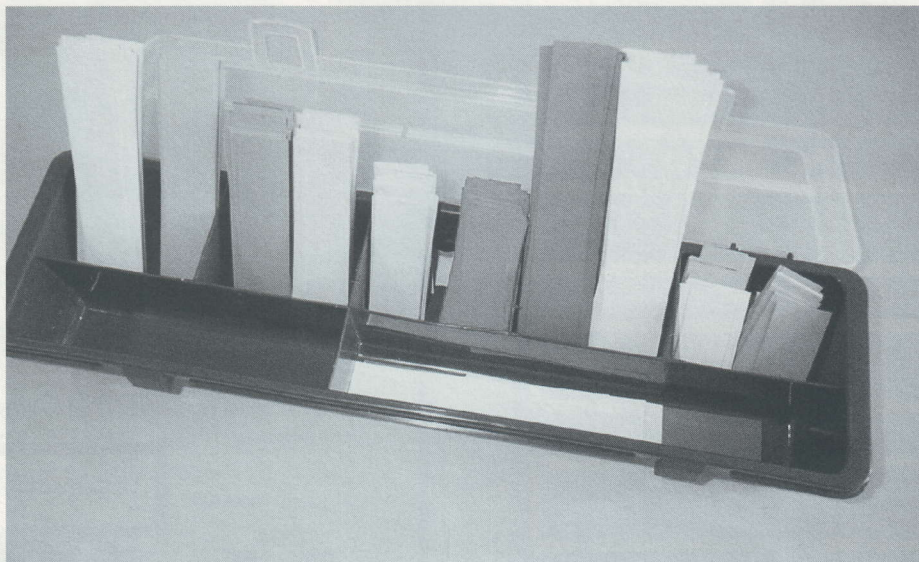
Bij het chromosomenpracticum dat hier beschreven wordt, ligt de nadruk niet alleen op de visualisatie van celdelingsprocessen. Juist het ontdekken van de relaties tussen voortplanting, meiose en erfelijke kenmerken op de verschillende niveaus staat centraal in dit practicum. De leerlingen moeten de kiemlijn vanaf een diploïde cel (meiose, vorming geslachtscellen, bevruchting, zygote met nieuwe genetische combinatie) een keer zelf stap voor stap doorlopen en nabootsen. Daardoor ontdekken leerlingen waar ze nog vastlopen en het proces nog niet geheel begrijpen. Ook blijkt dat leerlingen die dachten het geheel te snappen, er toch niet helemaal uitkomen wanneer ze het zelf moeten nabootsen. Van de schematische tekeningen uit het boek onthouden ze veelal de details, maar niet de essentie. Het practicum is voor de docent een zeer geschikte methode om misvattingen op het spoor te komen en om problemen die leerlingen nog ondervinden met de erfelijkheidsprocessen te signaleren.

Benodigd materiaal chromosomenpracticum

De benodigdheden zijn eenvoudig zelf samen te stellen.

- Per groep leerlingen: twee A3 vellen wit papier, plaksel, werkbladen 1 tot en met 3¹, een chromosomendoos.
- Inhoud chromosomendoos: tien stapeltjes met in lengte en kleur verschillende stroken papier:

Donker blauw	15 cm
Roze	15 cm
Licht groen	12 cm
Grijs	12 cm
Groen	10 cm
Geel	10 cm
Rood	7,5 cm
Licht blauw	7,5 cm
Licht groen	5 cm
Grijs	5 cm
- Set chromosomen gelijk aan die in de chromosomendoos, maar voorzien van bijvoorbeeld magneten. Van elke kleur en lengte chromosomen zijn er acht verstevigd en voorzien van een magneetje (een prik-bord en spelden is ook een mogelijkheid). Deze set chromosomen wordt gebruikt door de docent bij de klassikale nabespreking van het practicum. Met een dikke stift kunnen op deze chromosomen genen (allelen) worden aangegeven.



Foto's: Marie-Christine Knippels

Het practicum

Het eerste A3 vel wordt in twee helften verdeeld door in het midden een streep te trekken. De ene helft stelt een lichaamscel van vader voor en de andere helft een lichaamscel van moeder. De leerlingen moeten de chromosomenparen die ze uitkiezen, hierop opplakken. Het tweede A3 vel wordt gebruikt om de chromosomencombinatie van de nakomeling op te plakken.

De doos bevat van elke lengte chromosomen twee kleuren. Deze kunnen de leerlingen gebruiken als homologe paren, of om een chromosomenpaar in de lichaamscel van vader een andere kleur te geven dan het overeenkomstige paar van moeder. Deze opties worden echter niet aan de leerlingen voorgelegd; ze moeten zelf een keuze maken uit de chromosomen-doos.

De drie werkbladen¹ met vragen en aanwijzingen voor de leerlingen kunnen zelfstandig stap voor stap doorlopen worden. De groep moet zelf tot een oplossing komen. De docent heeft een ondersteunende rol en helpt alleen de leerlingen op weg wanneer ze vastzitten of vragen hebben.

Er wordt gewerkt in groepen van vier personen. De in de voorgaande lessen behandelde erfelijkheidsconcepten (erfelijke kenmerken, voortplanting, meiose, chromosomen en genen) moeten in dit practicum met elkaar verbonden worden door de leerlingen. Er wordt gestart bij lichaamscellen van de ouders, gevolgd door de vorming van geslachtscellen via meiose. Na bevruchting is een nieuwe genetische combinatie gevormd voor het nageslacht van deze ouders. De nadruk ligt dus op de relatie tussen de erfelijkheidsfenomenen, waarbij meiose de verbindende schakel vormt.

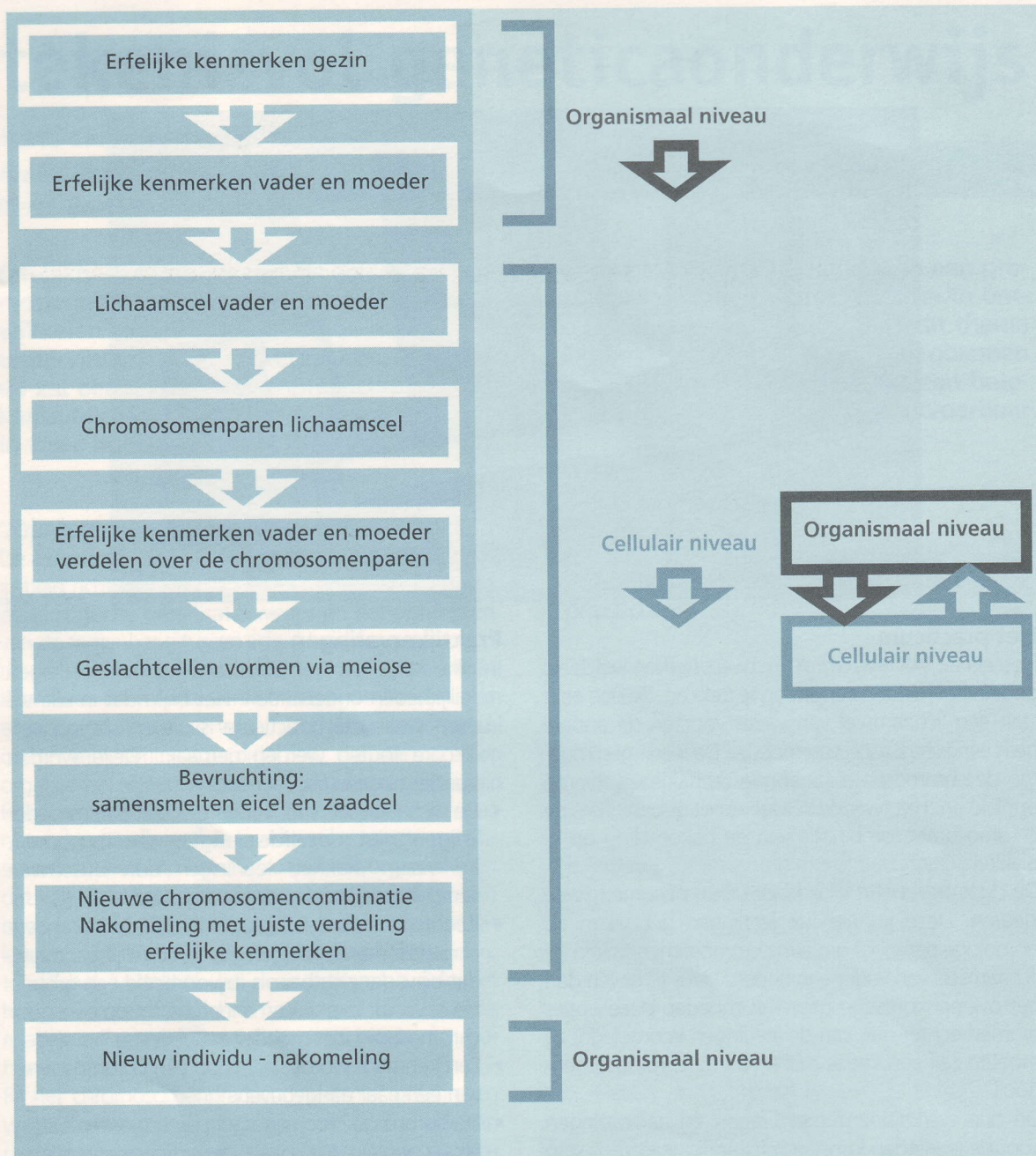
Praktijkervaringen

In elke stap van het practicum kunnen leerlingen moeilijkheden ondervinden. Het blijkt dat in alle vijf klassen waarin dit practicum is uitgetest, vergelijkbare fouten werden gemaakt. Deze worden hieronder opgesomd.

- De lichaamscel van vader en die van moeder krijgen niet dezelfde lengtes chromosomen. In wezen plakken leerlingen dan dus twee verschillende soorten organismen op.
- Kenmerken worden bij vader en moeder op andere chromosomenparen gelegd. Een erfelijk kenmerk dat bij vader zichtbaar is (bijvoorbeeld een grote neus) wordt niet in een andere vorm op een chromosoom van moeder aangegeven.
- Een kenmerk wordt slechts op één chromosoom van een paar aangegeven.
- De homologe chromosomenparen worden aan elkaar geplakt. Dit is een verwarring met een chromosoom dat uit twee chromatiden bestaat net voor een deling: de karakteristieke 'X-vorm' plaatjes en tekeningen in de boeken. Dit is een steeds weer terugkerende en blijkbaar hardnekkige verwarring die bij veel leerlingen bestaat.

De rol van de docent in dit practicum is vooral begeleidend. In de tweede les is het belangrijk dat er voldoende tijd wordt ingeruimd om het practicum te bespreken. De leerlingen laten hun resultaten zien aan de klas en vertellen waarom zij het zo hebben gedaan. De verschillende oplossingen van de groepen worden op het bord geschreven. In een onderwijsleergesprek probeert de docent de leerlingen tot één antwoord te laten komen, dat ze nu ook kunnen beredeneren. Bij de bespreking wordt gebruik gemaakt van de set chromosomen met magneetjes en worden klassikaal de essentiële begrippen en

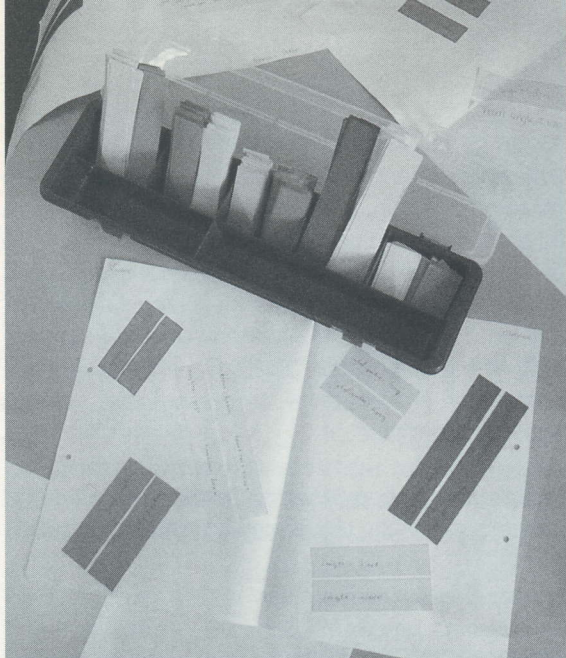
Schematische weergave van de stappen die in het chromosomenpracticum achtereenvolgens worden doorlopen en de daarmee gepaard gaande wisselingen in biologisch organisatieniveau



Problemen met genetica

Doordat erfelijkheid vaak gescheiden van voortplanting en meiose behandeld wordt, ontstaat er vervreemding van de biologische werkelijkheid. Het oplossen van kruisingsvraagstukken, waarop vaak de nadruk ligt, wordt voor leerlingen dan een trucje. Zo kunnen leerlingen vaak niet uitleggen wat een antwoord betekent of wat er werkelijk is uitgezet in een kruisingschema. Er wordt geen verband gelegd met geslachtscellen of het voorafgaande proces van meiose.^{2,3}

Bovendien is genetica complex, doordat erfelijkheidsfenomenen op verschillende biologische organisatieniveaus voorkomen, van ecosystemen, populaties, organismen en cellen tot en met het moleculaire niveau. Voor een adequaat begrip van erfelijkheid moet een leerling de processen op al die niveaus met elkaar kunnen verbinden. Het stap voor stap afdalen naar of inzoomen op de lagere organisatieniveaus, en het consequent gebruik van genetische termen die bij een bepaald niveau horen, is dan ook belangrijk willen leerlingen inzicht in de erfelijkheid kunnen verwerven.^{2,3}



processen herhaald, namelijk homologe paren, meiose, bevruchting, chromosomencombinaties, genen en allelen, en erfelijke kenmerken.

Meerwaarde

Het chromosomenpracticum ontleent zijn meerwaarde aan het feit dat het leerlingen aanzet tot inhoudelijke groepsdiscussies. Naast het visualiseren en concretiseren van processen als meiose en begrippen als homologe-chromosomenparen, is de opzet zo dat de verbanden worden gelegd tussen voortplanting en erfelijke kenmerken op het niveau van het organisme enerzijds en erfelijkheidsprocessen en concepten op het cellulaire niveau anderzijds (meiose, zygote, homologe chromosomen, genen en allelen). Juist het benadrukken van deze samenhang in combinatie met het in groepjes werken aan een probleem, maakte dat het practicum als succesvol werd ervaren in de onderwijspraktijk.

Dankwoord

Met dank aan de biologiedocenten Esther Bolhuis, Henk van Netten en Ad van Noort en hun leerlingen.

n

MARIE-CHRISTINE KNIPPELS IS ASSISTENT IN OPLEIDING BIJ DE LEERSTOELGROEP DIDACTIEK VAN DE BIOLOGIE, AREND JAN WAARLO IS VAKDIDACTICUS BIOLOGIE, KERST BOERSMA IS HOGLERAAR DIDACTIEK VAN DE BIOLOGIE. ALLEN ZIJN WERKZAAM AAN DE UNIVERSITEIT UTRECHT.

Noten

- De werkbladen zijn als Word-document te downloaden van de website van Niche (www.nibi.nl/bulletin/) bij de samenvatting van dit nummer.
- M. Vos (1998), *Leren en onderwijzen van genetica een vak apart. Een inventarisatie en beoordeling van Engelstalige vakdidactische literatuur van de periode 1989-1998*. Utrecht: Universiteit Utrecht, Vakgroep Didactiek van de Biologie. (Scriptie)
- M.C.P.J. Knippels, A.J. Waarlo, & K.Th. Boersma (2000), Biology teachers' perceptions of learning problems in Mendelian genetics. In: B. Andersson, U.Harms, G. Helldén & M.L. Sjöbeck (Eds.) *Research in Didaktik of Biology. Proceedings of the second conference of European Researchers in Didaktik of Biology*, University of Göteborg, November 18-22, 1998, p. 269-274.

Gesprekken tussen leerlingen

Er ontstaat soms verwarring hoe het zit met homologe chromosomen of twee chromatiden. Citaat van een audio-opname van een 4 vwo groepje:

- L1: Het gaat er om dat we drie paar hebben.
 L2: Wat zeg je?
 L1: Als je het zo plakt, is het dan ook een paar?
 L2: Ze zitten officieel zo aan elkaar. Zo?
 L1: Met zo'n dingetje ja.
 L3: Wanneer zitten ze zo aan elkaar?
 L1: Als ze... als je mitose hebt.
 L3: Dus als ze verdubbeld zijn.
 L2: Hoe zit het....wat is een paar dan?
 L1: Zo.
 L2: In het echt zitten ze toch zo in elkaar gedraaid?
 L3: Een chromosoom bestaat uit DNA denk ik.
 L2: Oh ja, oké.
 L1: Dit zijn er maar drie hoor, dit zijn geen drie paar wat jij nou hebt.

In het practicum is bewust gekozen om te starten met drie paar chromosomen in de lichaamsscel. Daarbij moeten de leerlingen minstens vier erfelijke kenmerken aangeven. Hierdoor worden ze gedwongen om op minstens één chromosomenpaar twee erfelijke kenmerken aan te geven. Hierdoor kan worden nagegaan of leerlingen beseffen dat op één chromosoom vele genen liggen. Dat dit het gewenste effect heeft, illustreert het volgende citaat uit een groepsoverleg:

- L1: Oh, dan komt het in dezelfde volgorde op elk chromosoom. Oh, dus op ieder chromosoom is het precies hetzelfde.
 L2: Nee dat is niet zo. Die zijn niet hetzelfde. Een man heeft toch ook een X- en een Y-chromosoom.
 L1: Oké, maar je verdeelt vier kenmerken over drie paar chromosomen, maar we hebben vier kenmerken. Hoe wil je dat nou verdelen?
 L3: Dus één kenmerk op één chromosoom?
 L2: Nee, nee.
 L3: Hoe dan?
 L2: Want op deze komt alleen, ehm, even denken, op deze komt tongrollen en hier, ehm, staat blond en blauw.
 L3: Kan dat?
 L2: Ja.