

Voortplanting en celdeling

Inleiding

Kenmerkend voor de levende natuur is het streven om de soort in stand te houden. Voor de groene plant als groep komt daar nog bij het vastleggen en beschikbaar maken van zonne-energie voor zichzelf en voor anderen.

Bij het in stand houden van de soort gaat de soort voor het individu. Oude exemplaren hebben geen functie meer en sterven. Ze worden vervangen door jonge exemplaren. Daarvoor is vermeerdering noodzakelijk. Vermeerdering gaat altijd gepaard met groei (celdeling en celstrekking).

Om het verschil tussen ongeslachtelijke en geslachtelijke voortplanting te begrijpen behandelen we de twee variaties van celdeling.

1 Ongeslachtelijke en geslachtelijke voortplanting

Voortplanting is een belangrijk onderdeel van de levenscyclus van elk organisme. Dat geldt zowel planten, mensen en dieren.

In de evolutie zijn veel manieren van vermeerdering ontstaan. Globaal kun je ze verdelen in:

- 1 Ongeslachtelijke voortplanting;
Hierbij ontstaat het nieuwe individu uit een deel van het oude individu: dit deel kan eencellig of meercellig zijn;
- 2 Geslachtelijke voortplanting; Hierbij ontstaat het nieuwe individu uit een zygote. Dit is een cel die tot stand is gekomen door versmelting van twee geslachtscellen of gameten.

1.1 Ongeslachtelijke voortplanting

Ongeslachtelijke voortplanting, vegetatieve voortplanting ofwel asexuele reproductie is voortplanting waarbij slechts een ouder betrokken is.

Ongeslachtelijke voortplanting is die manier van voortplanten waarbij een deel van het ouderindividu (plant of dier) uitgroeit tot een compleet nieuw individu.

Bij ongeslachtelijke vermeerdering heb je maar een ouder. Hierdoor hebben de nakomelingen dezelfde eigenschappen als de ouder.

1.2 Geslachtelijke voortplanting

Geslachtelijke voortplanting ofwel generatieve vermeerdering berust op het versmelten van twee geslachtscellen (gameten) tot een *zygote*. Dit gebeurt tijdens de bevruchting.

Door dit versmelten komen de eigenschappen van 2 organismen bij elkaar en zullen er nakomelingen ontstaan die anders zijn dan de beide ouders.

Hierdoor zijn organismen in de loop der tijd steeds veranderd (geëvalueerd) en beschikken ze over een gevarieerde genetische samenstelling.

Door deze variatie in genetische eigenschappen kunnen alleen individuen die zich aangepast hebben aan veranderende milieuomstandigheden zich handhaven. Daardoor hebben soorten zich zo ontwikkeld en aangepast dat ze de soort in stand konden houden. Soorten die dat niet konden zijn niet succesvol of uitgestorven.

Om het doorgeven van erfelijke eigenschappen te begrijpen moeten we eerst de celdeling bespreken. Essentieel daarbij zijn het verdubbelen van DNA, de zo genaamde DNA replicatie, en de eiwitsynthese.

2 Erfelijkheidsmateriaal

Organismen bestaan uit cellen. Die cellen zorgen ervoor dat alles in een orgaan goed werkt.

Elke cel bevat een kern met een volledige kopie van het erfelijkheidsmateriaal, in de vorm van chromosomen. Bij elke celdeling wordt er een kopie gemaakt van al het erfelijkheidsmateriaal.

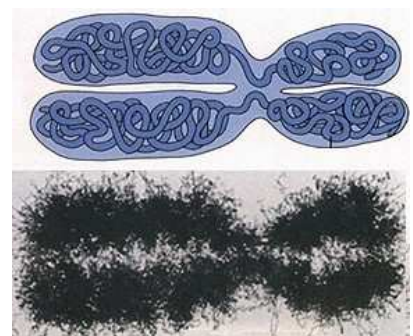
Chromosomen bestaan uit een stof die DNA heet.

Een stukje afgebakend DNA dat het recept bevat voor een eigenschap, noemen we een gen. Genen bepalen alle erfelijke eigenschappen, zoals de kleur van ons haar en onze ogen. Verder zorgen de genen ervoor dat bepaalde eigenschappen overerven. Ook spelen ze een rol bij de aanleg voor een bepaalde aandoening.

2.1 Chromosomen

Chromosomen zijn voor te stellen als lange strengen, die uit DNA (desoxyribonucleïnezuur) bestaan.

De chromosomen zijn de dragers van ons erfelijkheidsmateriaal en bevinden zich in de celkern.



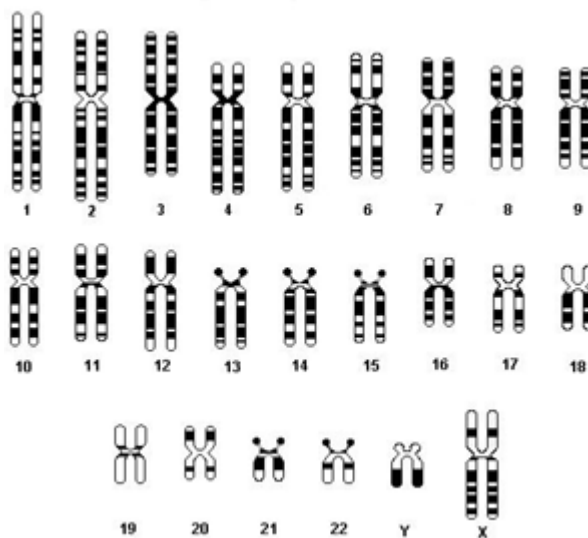
Zij bevatten de volledige genetische informatie die noodzakelijk is voor het ontwikkelen, in stand houden en voortplanten van een individu.

Van elk chromosoom hebben we twee exemplaren. De genen die op deze overeenkomstige chromosomen liggen, zijn dus ook overeenkomstig. Dat betekent dat elk gen in tweevoud aanwezig is. Eén gen is afkomstig van de moeder (op het moederlijke chromosoom) en het andere gen is afkomstig van de vader (op het vaderlijke chromosoom)

Chromosomen zijn voor te stellen als lange, dunne strengen, die bestaan uit een stof die chromatine wordt genoemd.

Bij mensen bevat elke lichaamscel normaal 46 chromosomen, die twee aan twee gelijk zijn. In totaal heeft iedere cel dus 23 chromosomenparen.

Chromosomen zijn zo dun dat we ze zelfs met de microscoop niet kunnen zien. Alleen wanneer de cel zich gaat delen, zijn ze zichtbaar onder de microscoop. Dat komt doordat de chromosomen zich dan spiraliseren en verdikken.

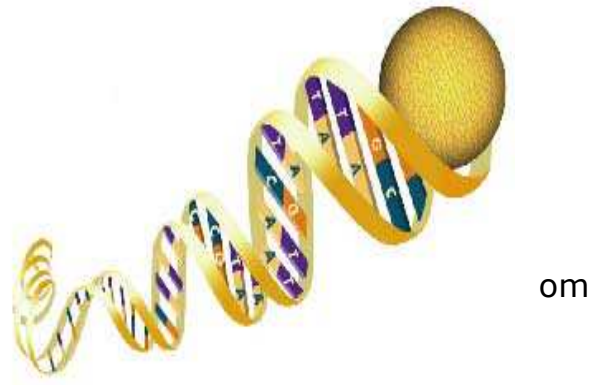


Wanneer chromosomen gerangschikt worden op grootte en vorm ontstaat een chromosomenkaart of karyogram: een overzichtelijk plaatje van alle aanwezige chromosomen. Zo is te zien of er chromosomen ontbreken, te veel zijn of qua vorm en grootte afwijken.

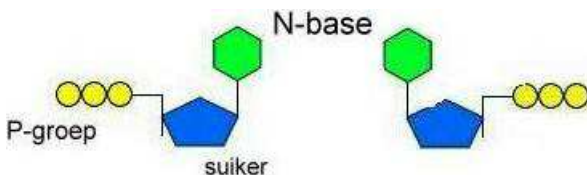
2.2 DNA

Genen bestaan uit DNA. Het DNA bevat de code waarin al onze erfelijke eigenschappen zijn vastgelegd

DNA heeft de vorm van een spiraalvormige draad die met een andere DNA-draad een dubbele helix vormt, een soort trap die gedraaid is zijn lengteas.



De zijanten van deze trap bestaan uit een dubbele keten van nucleotiden.



Elke nucleotide bestaat uit:

- suiker (desoxyribose);
- fosforzuur;|
- verschillende 4 basen.

Losse nucleotiden komen massaal voor in het kernplasma en in het cytoplasma.

Telkens zijn er twee basen met elkaar verbonden die samen een trede van de trap vormen.

Het DNA bevat de volgende basen:

- adenine (A);
- thymine (T);
- cytosine (C);
- guanine (G).

De twee DNA- draden passen op elkaar doordat;

- adenine alleen verbonden kan worden (een trede kan maken) met thymine;
- cytosine alleen verbonden kan met guanine.

Wanneer de volgorde van de ene streng bekend is, kunnen we dus afleiden wat de volgorde van de andere streng zal zijn. De strengen zijn complementair.

De basen volgen elkaar op in één lange draad, met steeds een andere volgorde. Deze lange reeks van basen bevat de unieke code voor de erfelijke eigenschappen.

Indien de DNA-strengen uit één celkern achter elkaar gelegd zouden worden, ontstaat er een draad van twee meter. Een celkern is daarvoor te klein (een gemiddelde cel heeft een diameter van ongeveer vijftien miljoenste meter). Daarom zijn de draden opgewonden rond eiwitbolletjes. Op deze manier ontstaat de structuur die we chromatinedraad (chromatine) noemen. Deze chromatinedraad is ook weer spiraalvormig opgevouwen tot een chromosoom.

2.3 Genen

Genen spelen de hoofdrol in de erfelijkheid, zij bevatten de informatie voor alle erfelijke eigenschappen. Een gen is een stukje van het DNA dat de code bevat voor een eigenschap. Genen liggen dus verspreid op de chromosomen.

2.4 Eiwitsynthese

Genen bepalen de eigenschappen van het lichaam. Dit is mogelijk doordat de genen bepalen welke eiwitten er worden gemaakt. Eiwitten zijn de bouwstenen van ons lichaam. Zij zorgen voor de stevigheid van een cel en bepalen of de cel een zenuwcel, spiercel, haarcel wordt of een andere taak krijgt.

Sommige eiwitten zijn enzymen die biochemische reacties sturen of die onderdeel van de spijsvertering zijn.

Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren. De volgorde van de verschillende aminozuren bepaalt de eigenschappen van het eiwit.

Een aminozuur wordt gecodeerd door **drie** achtereenvolgende basen, dit wordt een triplet of codon genoemd. Afhankelijk van de volgorde van de verschillende basen, kunnen er zo'n 20 verschillende aminozuren gevormd worden. Bijvoorbeeld: Het codon AGC (adenine, guanine, cytosine) codeert voor het aminozuur serine.

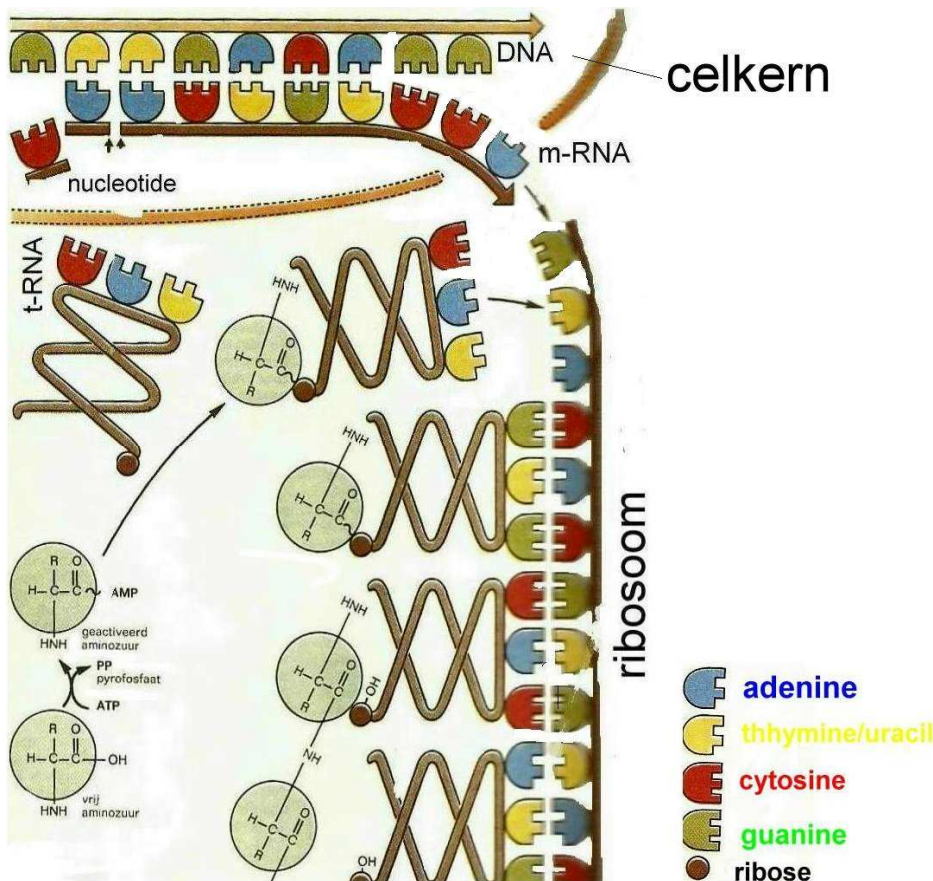


Elk gen bevat de door zijn DNA de code voor een reeks van aminozuren, die dan samen weer een eiwitcode vormen.

Eiwitten worden gemaakt door de ribosomen die zich in het endoplasmatisch reticulum bevinden. Doordat DNA niet uit de celkern kan treden gebeurt het maken van eiwitten via een omweg:

Als er behoefte is aan een bepaald eiwit dan wordt het verantwoordelijke gen geactiveerd. Het DNA vormt dan een afdruk van zichzelf, met dat verschil dat thymine vervangen wordt door Uracil. Deze afdruk heet messenger RNA (m-RNA). m-RNA verlaat de kern en gaat tegen het ribosoom liggen. In het cytoplasma bevinden zich losse nucleotiden. Deze vormen een complementaire keten tegenover de het m-RNA. Deze keten wordt transport RNA (t-RNA) genoemd.

Het t-RNA gaat op zoek naar bijpassende aminozuren. Enzymen zorgen voor de koppeling van de aminozuren tot eiwitten. In feite wordt op deze manier een nieuwe levende stof gevormd.



3 Celdeling

Je weet dat elke cel DNA bevat. Deze liggen op de chromosomen in de celkern.

Het aantal en de vormen van de chromosomen (het DNA) zijn kenmerkend voor de soort.

Om te kunnen groeien is het nodig dat levende cellen zich continu splitsen. Dit heet celdeling.

Bij de vorming van lichaamscellen is het van belang dat de dochtercellen precies hetzelfde zijn dan de oudercel. Dit betekent voor de vorming van lichaamscellen dat de chromosomen eerst moeten verdubbelen voordat de cel in tweeën deelt. Dit gebeurt tijdens de normale celdeling. Deze wordt ook wel mitose genoemd.

Voor de vorming van geslachtscellen geldt dat gameten samensmelten. Als lichaamscellen zouden samensmelten zou het aantal chromosomen bij elke versmelting verdubbelen. Dit is niet het geval. De vorming van geslachtscellen verloopt n.l. anders dan de vorming van lichaamscellen. Hier vindt, voor het delen geen verdubbeling van de chromosomen plaats. Er ontstaan als het ware cellen met de helft van het aantal chromosomen. Dit is mogelijk doordat de chromosomen 2 aan 2 voorkomen. Na versmelting is de inhoud weer normaal. Bij de vorming van geslachtscellen ofwel gameten spreken we over reductiedeling ofwel meiose.

Bij de mitose blijft het aantal chromosomen dus gelijk terwijl dit bij de meiose gehalveerd wordt.

3.1 Gewone celdeling






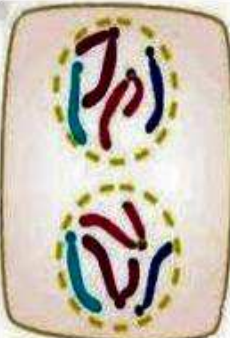

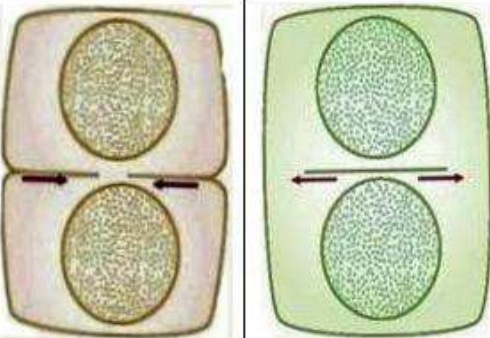
In de definitie van ongeslachtelijke voortplanting staat dat er een nieuw plantje of dier ontstaat. Dit is waar, maar men moet het woord nieuw wel goed begrijpen. Het belangrijke bij ongeslachtelijke voortplanting is dat alle nakomelingen die op deze manier uit een ouder ontstaan, precies hetzelfde zijn wat betreft hun erfelijke eigenschappen. Hoe dit kan zul je beter begrijpen als je de mitose (= de gewone deling) hebt bestudeerd.

Wanneer een cel niet bezig is met delen liggen de chromosomen als lange uitgerekte draden in de kern. Onder de microscoop ziet men dan de kerninhoud als een rommelige massa. Wanneer de kern zich klaarmaakt om te gaan delen rollen de chromosomen zich als spiralen op en worden daardoor korter en dikker. Hierdoor worden de chromosomen zichtbaar.

De mitose wordt in een aantal fasen ingedeeld.

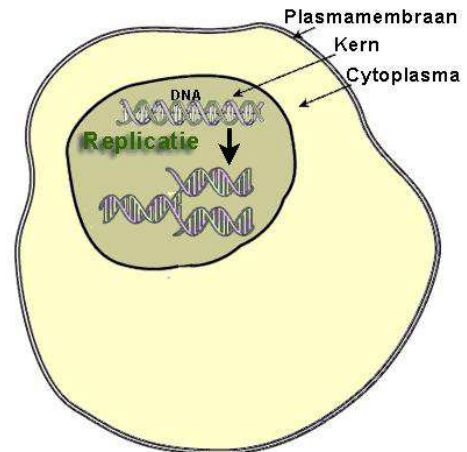
De namen van de fasen verwijzen naar beelden die onder de microscoop te zien zijn en die in onderstaande figuur in schema zijn weergegeven. Bij het bekijken van die beelden is het goed te bedenken dat dit momentopnamen zijn in een proces dat vaak enkele uren of langer duurt.

De afbeeldingen geven een sterk geschematiseerd beeld van een delende cel bij een vergroting van ongeveer 2000 x. Er zijn hier in de kern voor de duidelijkheid maar 4 chromosomen getekend. Bij de mens zijn het er 46.

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| interfase | profase | pro metafase | metafase | pro anafase |
| Chromosomen zijn draadvormig en niet herkenbaar | Chromosomen zijn zichtbaar doordat ze veranderd zijn in spiralen | De chromosomen rangschikken zich in het midden van de cel | De trekdraden trekken de chromatiden van de chromosomen uit elkaar | Van elk chromosoom gaat een chromatide naar iedere pool |
| DNA wordt gerepliceerd | Elk chromosoom bestaat uit 2 chromatiden | Er ontstaat een spoelfiguur van trek en steundraden vanuit de tegenover elkaar liggende polen van de cel naar de centromeren van de chromosomen | | Elke chromatide is een chromosoom geworden |
| | Het kernmembraan verdwijnt | | | |
|  |  |  | | |
| ana fase | telofase | celdeling | | |
| De chromosomen vormen 2 celkernen | De spiraalvorm van de chromosomen verdwijnt | Er ontstaan 2 kernmembranen | De chromosomen zijn weer draadvormig en onherkenbaar geworden | |
| | | Er ontstaat 1 celmembraan die de cel in tweeën verdeelt | Er zijn 2 dochtercellen ontstaan | |

afbeelding 1; Interfase

Periode tussen twee delingen. In de kern van een cel die niet in deling is zijn geen chromosomen te zien. Die worden pas zichtbaar als de kern gaat delen. In deze periode vindt [DNA-replicatie](#) (verdubbeling) plaats. Deze is mogelijk doordat zich in de kern veel losse nucleotiden bevinden.



afbeelding 2; Profase

Dan begint de profase (pro = voor). Na verloop van enige tijd is te zien dat de chromosomen elk uit twee strengen bestaan, de chromatiden. Deze zitten op één plek, het centromeer, aan elkaar vast. Soms is nog te zien dat de chromatiden een spiraalstructuur hebben. De kernmembraan verdwijnt langzamerhand.

Afbeelding 3 en 4; Metafase

In de volgende fase, de metafase (meta = na) verdichten de chromosomen zich nog meer en is de spiraalstructuur niet meer te zien. Ze verzamelen zich in een vlak in het midden van de cel, dat dwars op de (toekomstige) delingsrichting staat, het equatoriale vlak. Aan weerszijden van het equatoriale vlak, aan de polen van de cel, ontstaan de zogeheten poolkapjes, van waaruit zich draden ontwikkelen naar de centromeren. Het geheel van draden wordt wel de delingsspoel genoemd.

Afbeelding 5 en 6; Anafase

In de volgende fase, de anafase (ana = tegenover), worden de chromatiden van elk chromosoom uit elkaar getrokken (de centromeer deelt nu ook) naar de polen van de cel. Er bevindt zich nu een volledige set chromatiden aan de ene kant van de cel en één aan de andere kant.

Hierna beginnen de chromatiden hun compacte uiterlijk te verliezen, ze vervagen steeds meer en er ontstaat een nieuwe kernmembraan om de twee groepen chromatiden, die vanaf nu weer chromosomen worden genoemd. Tenslotte zijn de chromosomen niet meer als aparte structuren te zien.

Afbeelding 7; Telofase

De laatste fase heet telofase (telos = einde). Hiermee is de kerndeling voltooid.

Afbeelding 8 en 9; Celdeling

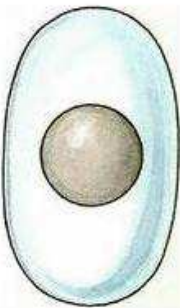
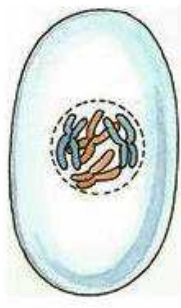
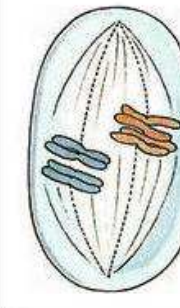

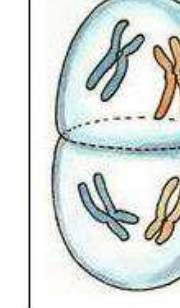
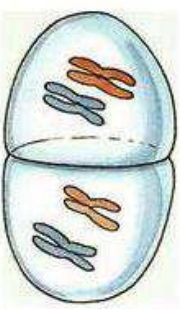
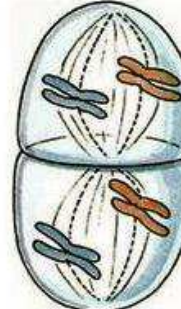

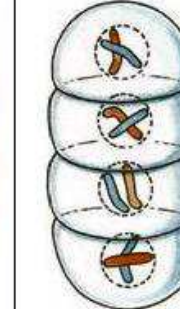
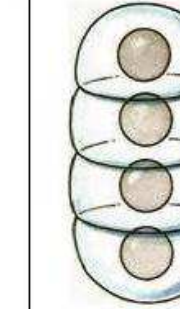
Hierna deelt de cel zich.

3.2 Reductiedeling

Veel organismen bezitten een dubbel stel chromosomen in hun cellen, dus van elk chromosoomtype een paar. Men noemt zo'n cel diploïd. Alle genen komen dan 2 keer voor. Dit wordt aangegeven met $2n$.

Bij de diploïde organismen treedt meiose op bij de ontwikkeling van gameten, die daardoor het halve aantal chromosomen hebben. Dit heet haploïd ofwel $1n$.

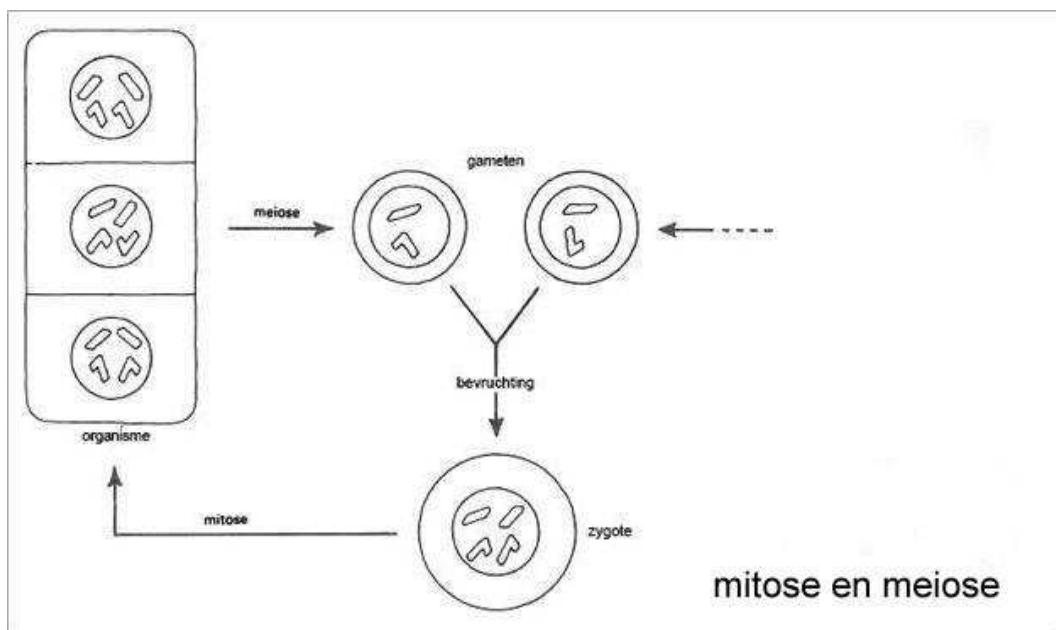
Op de volgende afbeelding kun je zien hoe de reductieverdeling verloopt.

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| Chromosomen zijn draadvormig en niet zichtbaar | Chromosomen zijn zichtbaar als spiralen | Chromosomen van een paar liggen tegenover elkaar in het midden van de cel | De trekdraden trekken de chromosomen naar de polen van de cel | Er ontstaan 2 cellen |
| | ordenen zich per paar | spoelfiguur van stek- en steundraden | chromosomenpaar gaat een | |
| | Elk chromosoom bestaat uit 2 chromatiden | | | |
| | Het kernmembraan verdwijnt | | | |
| | | | | |
|  |  |  |  |  |
| In beide cellen komen de chromosomen in het midden van de cel te liggen | In beide cellen ontstaan spoelfiguren van stek- en steundraden | In beide cellen trekken de celdraden de chromatiden van elk chromosoom uit elkaar. | Er ontstaan kernmembranen. Er zijn nu 4 cellen | In de 4 cellen zijn de chromosomen weer draadvormig en niet zichtbaar |
| | | Van elk chromosoom gaat een chromatide naar iedere pool | | |

De zygote die na bevruchting ontstaat is weer diploid ofwel $2n$ en kan door een groot aantal mitosen uitgroeien tot een nieuw individu.

Bij bijna alle planten treedt ergens in de geslachtelijke cyclus meiose op; het moment van de cyclus waarop deze plaatsvindt is echter zeer uiteenlopend.

Reductiedeling of meiose vindt uitsluitend in diploïde cellen plaats. Om tot een halvering van het chromosomenaantal te komen, verloopt de meiose in bepaalde opzichten anders dan de mitose.



3.3 Mitose en meiose

Mitose en meiose wisselen elkaar af. Na de reductiedeling vindt altijd een gewone celdeling plaats. Daardoor wordt het aantal gameten verdubbeld.

Na het eerste gedeelte van de reductiedeling (meiose-1) de-spiraliseren de chromosomen in beide haploïde cellen niet. Ze leggen zich in het equatorvlak van de jonge cellen. Daarna volgt de normale deling (meiose-2).

Elk afzonderlijk chromosoom wordt in zijn twee chromatiden gesplitst; elke dochtercel ontvangt van elk chromosoom één chromatide. Na meiose-1 en meiose-2 zijn er dus vier haploïde cellen ontstaan.

Vragen en opdrachten

- 1 Iedereen weet al het een en ander van voortplanting af en zal zijn eigen definitie van voortplanting kunnen geven.

Schrijf hieronder, in je eigen woorden, op wat jij onder voortplanting verstaat. Later kom je nog definities tegen en dan kun je ze vergelijken.

- 2 Bij het in stand houden van de soort gaat de soort voor het individu. Leg met een voorbeeld uit wat we hieronder verstaan. Denk bijvoorbeeld aan zwakke exemplaren.

- 3 Bij dieren kunnen we zeggen dat voortplanting dient voor instandhouding van de soort. Bij planten komt daar nog een reden bij. Welke?

- 4 Veel organismen kunnen zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk vermeerderen. Op welke manier lijken de nakomelingen het meest op de ouders?

- 5 Leg uit wat een zygote is.

- 6 Geef een andere naam voor geslachtelijke voortplanting.

- 7 Geef 2 andere namen voor ongeslachtelijke voortplanting.

- 8 Leg uit dat geslachtelijke voortplanting eraan bijdraagt dat organismen zich op de lange termijn aanpassen aan veranderende omstandigheden.

- 9 Wat zijn chromosomen?

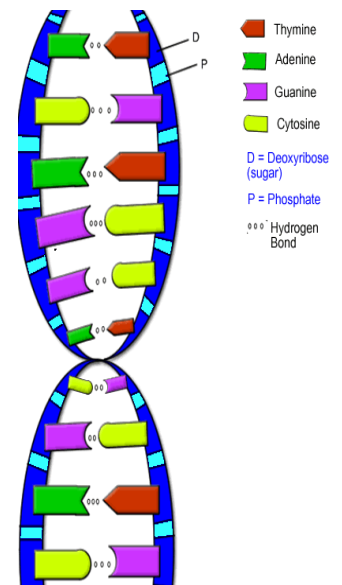
10 Wat zijn genen?

11 DNA bevat 4 basen.

a) Noem de basen in de groepen van 2 zoals ze altijd tegenover elkaar liggen

b) Geef met 2 horizontale lijnen een stukje aan dat een gen zou kunnen zijn.

12 Noem 3 stoffen waaruit een nucleotide is opgebouwd.



13 Wat is chromatine?

14 We onderscheiden 2 vormen van celdeling.

a) Benoem ze . Geef voor elke vorm 2 namen.

b) Leg het verschil uit tussen deze 2 vormen.

- 15 Naast het begrip DNA kom je ook het begrip RNA tegen.
a) Wat is het verschil tussen DNA en RNA?

- b) Welke twee vormen van RNA onderscheidt men?

- c) Welke functie heeft RNA?

- 16 Verklaar dat reductiedeling alleen kan voorkomen bij diploïde cellen.

- 17 Leg uit dat DNA gebruikt kan worden om iemand te identificeren.

18 Welke stoffen worden er bij de eiwitsynthese aan elkaar gekoppeld?