



GENETICA EN EVOLUTIE

Pearson – Basisboek biologie

VWO Hoofdstuk 3

Linda Grotenbreg (MSc.)

CHROMOSOMEN

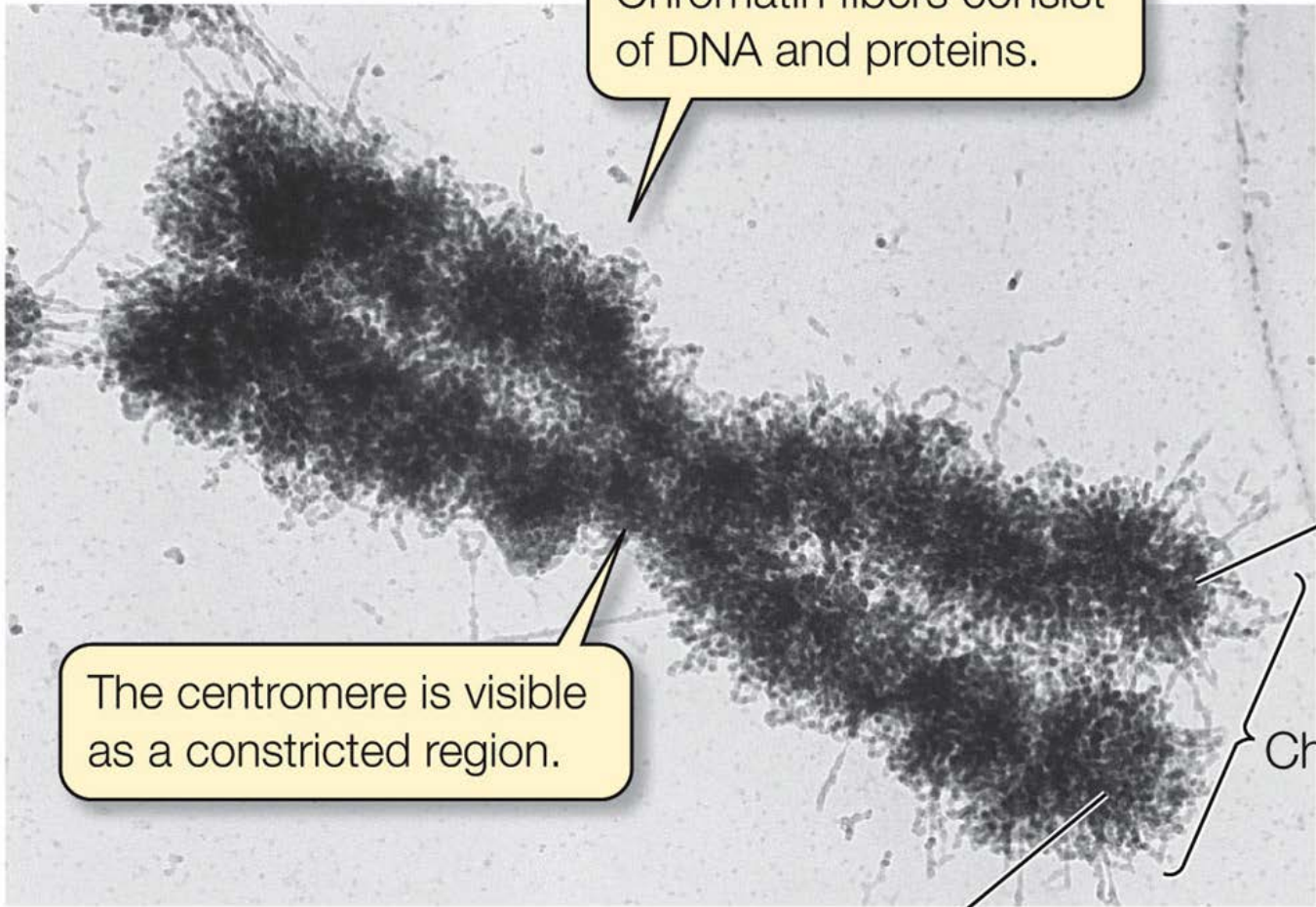


GENETICA EN EVOLUTIE

Chromosomen

- In de chromosomen bevindt zich de informatie voor de erfelijke eigenschappen van een organisme.
- Genen liggen op chromosomen
- Het aantal chromosomen per celkern is voor elk soort organisme constant.
- Karyogram (chromosomenportret): een afbeelding van de chromosomen van een cel, waarbij deze in paren zijn gerangschikt.

http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/chromosoom2.html#Scene_1



Chromatin fibers consist of DNA and proteins.

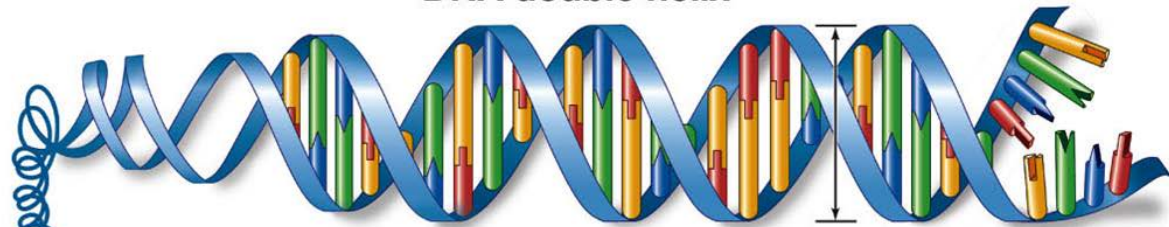
The centromere is visible as a constricted region.

Chromatid

Chromosome

Chromatid

DNA double helix

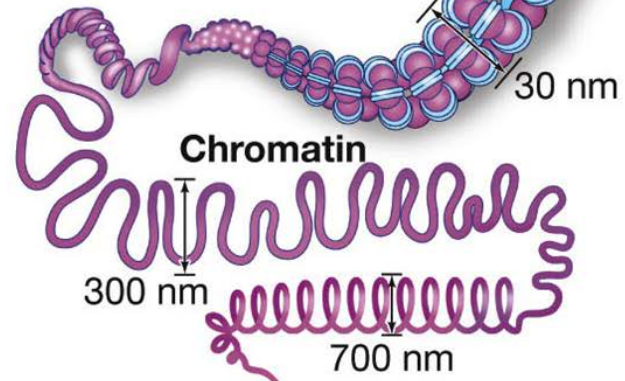
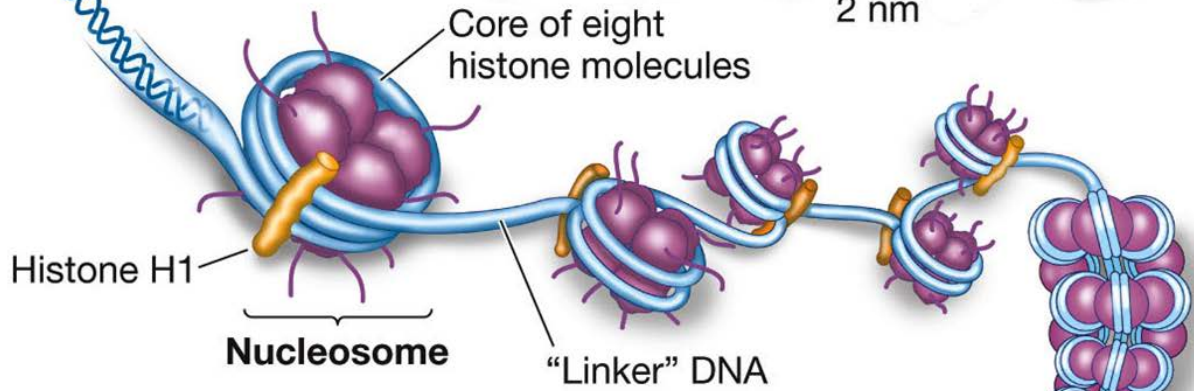


Core of eight histone molecules

Histone H1

Nucleosome

"Linker" DNA



Chromatin

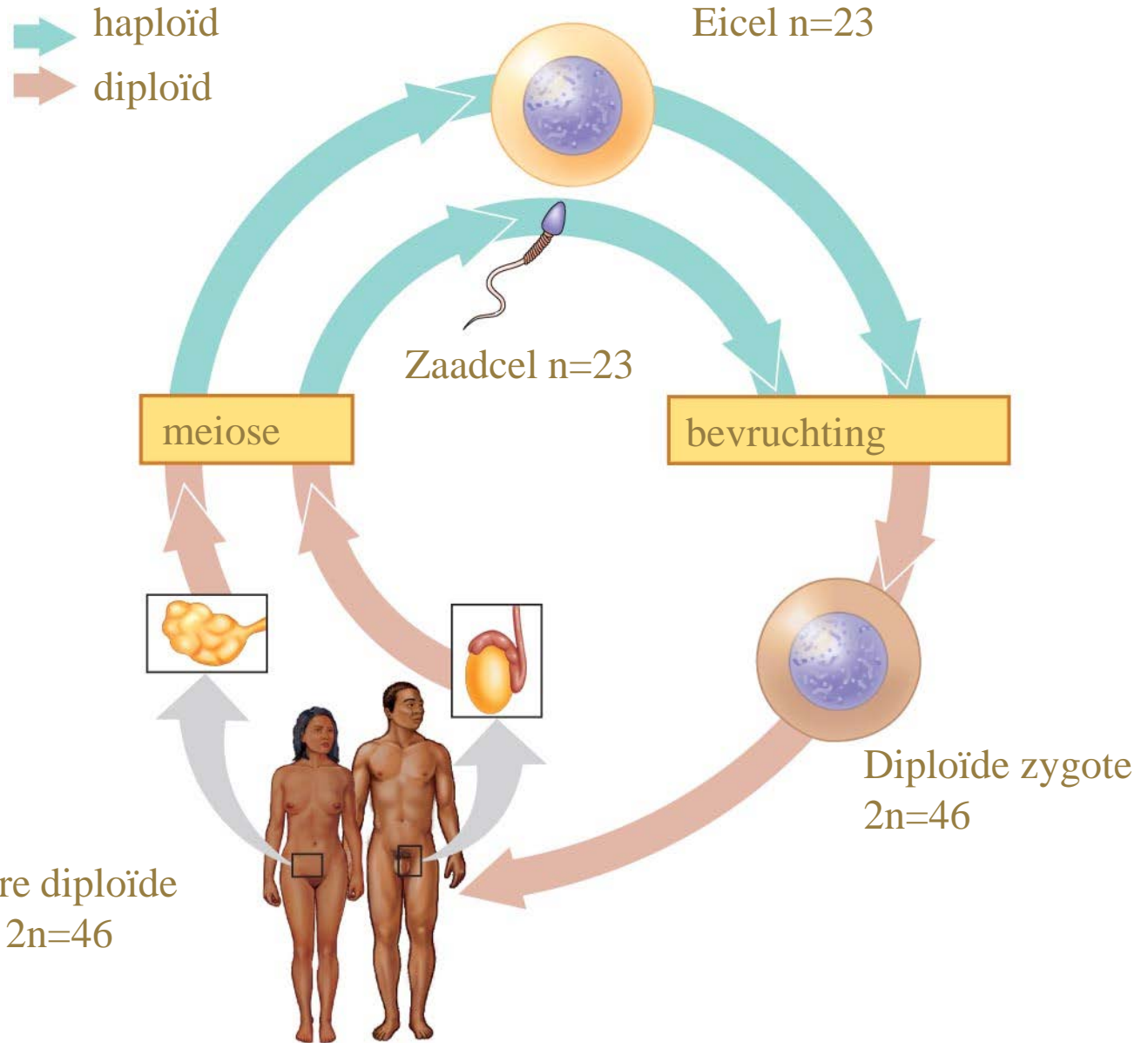
300 nm

700 nm

30 nm

Chromosomen

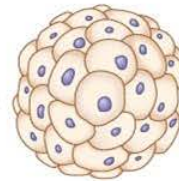
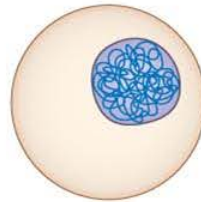
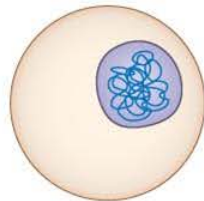
- Lichaamscellen zijn diploïd: de chromosomen komen er in paren voor ($2n$).
- De twee chromosomen van een paar zijn gelijk in lengte en in vorm (behalve de geslachtschromosomen bij een man).
- Bij de mens bevat elke lichaamscel 46 chromosomen.
- Geslachtscellen zijn haploïd: de chromosomen komen er enkelvoudig voor (n).
- Bij bevruchting ontstaat een zygote, die diploïd is.
- Bij de mens bevatten een zaadcel en een eikel elk 23 chromosomen.



Zaadcel met eigenschappen vader $n=23$



$2n = 46$



Eicel met eigenschappen moeder $n=23$

Nakomeling met gemengde eigenschappen van beide ouders $2n=46$

GENOTYPE EN FENOTYPE



GENETICA EN EVOLUTIE

Erfelijke eigenschappen

- Fenotype: de waarneembare eigenschappen van een individu.
 - Het fenotype wordt bepaald door het genotype en milieufactoren
- Genotype: de verzameling genen in een cel
 - Gen: een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor één erfelijke eigenschap
 - Locus: plaats van een gen op het chromosoom
 - Allel is een **VERSCHIJNINGSVORM** van gen
 - In lichaamscellen komen genen in paren ($2n$) voor; in geslachtscellen komen genen enkelvoudig (n) voor



Tweeling onderzoek

- Door tweelingonderzoek probeert men meer zicht te krijgen welke invloed het genotype en welke invloed milieufactoren hebben op het fenotype.
 - de individuen van een eeneiige tweeling hebben hetzelfde genotype
 - een eeneiige tweeling kan dus alleen uit twee meisjes of uit twee jongens bestaan
 - een eeneiige tweeling lijkt sprekend op elkaar
 - een twee-eiige tweeling lijkt net zoveel op elkaar als andere broers of zussen, en kan van verschillend geslacht zijn.
 - bij een eeneiige tweeling (die gescheiden opgroeit), kan worden onderzocht welke invloed milieufactoren en genotype hebben op het fenotype.



GENENPAREN EN OVERERVING



GENETICA EN EVOLUTIE

Kernbegrippen overerving

- **Homozygoot:** het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee gelijke genen.
- **Heterozygoot:** het genenpaar voor een eigenschap bestaat uit twee ongelijke genen.
- **Dominant allel:** een allel dat altijd tot uiting komt in het fenotype.
 - Individuen waarbij een dominant gen tot uiting komt in het fenotype, kunnen homozygoot of heterozygoot zijn voor deze eigenschap.
- **Recessief allel:** een allel dat alleen tot uiting komt in het fenotype als er geen dominant gen aanwezig is.
 - Individuen waarbij een recessief gen tot uiting komt in het fenotype, zijn homozygoot voor deze eigenschap.
- **Onvolledig dominant allel:** een dominant allel dat bij een heterozygoot individu een recessief gen ook enigszins tot uiting laat komen in het fenotype.
 - **Intermediair fenotype:** twee ongelijke allelen komen beide tot uiting in het fenotype.

Grondlegger Genetica



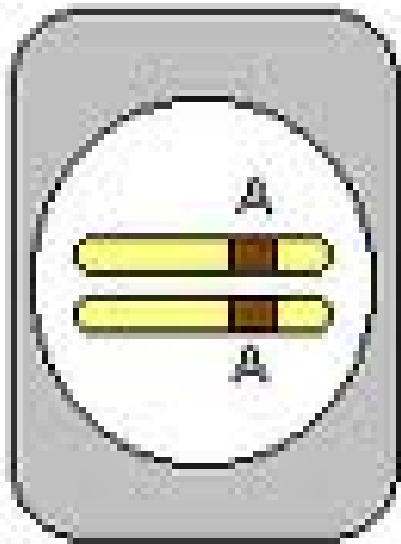
<http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/Mendel.html>

- Monohybride kruising: kruising waarbij wordt gelet op de overerving van één eigenschap.
- Bij een monohybride kruising is één genenpaar betrokken.
- Het opstellen van een kruisingsschema.
 - Geef de genotypen van de ouders in een kruising weer (een dominant gen met een hoofdletter, een recessief gen met een kleine letter).
 - Stel vast welke genen de geslachtscellen van beide ouders kunnen bevatten.
 - Ga na welke mogelijkheden er bestaan voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern.

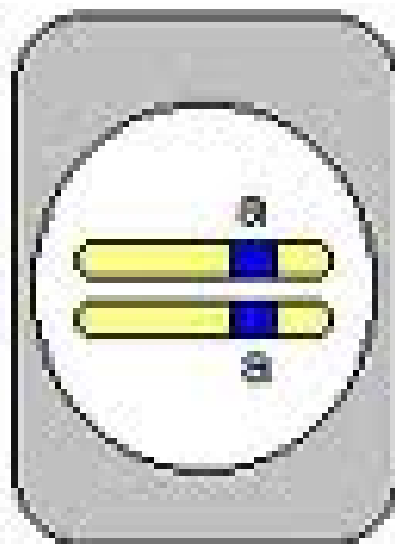
http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/animatie_erf1.html

Dominant - recessief

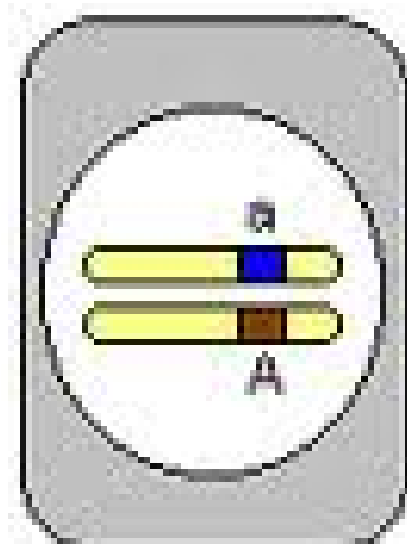
- AA = homozygoot dominant
- Aa = heterozygoot, A is dominant, a is recessief
- aa = homozygoot recessief



homozygoot AA



homozygoot aa



heterozygoot Aa

Kruisingsschema's

	A	a
A	AA	Aa
a	aA	aa

Genotype = AA : Aa : aa → 1:2:1
 Fenotype = A → 3:1 (75%)

	A	A
A	AA	AA
A	AA	AA

Genotype = AA : AA : AA → 1
 Fenotype = A → 1 (100%)

	A	A
A	AA	AA
a	aA	aA

Genotype = AA : Aa → 1:1
 Fenotype = A → 1:1 (100%)

	a	a
A	aA	aA
A	aA	aA

Genotype = Aa → 1:1
 Fenotype = A → 1:1 (100%)

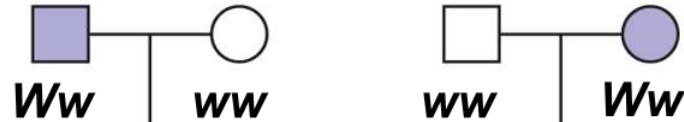
http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/schema_kruising%201.html

http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/schema_kruising_1b.html

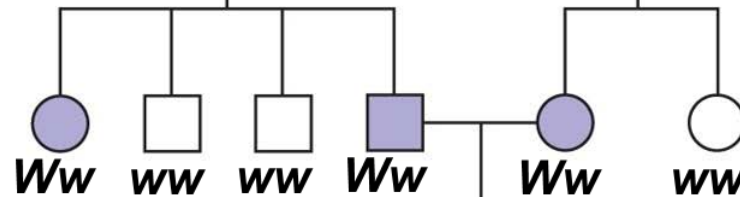
Overerving via stamboom

<http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/stambomeneenv.html>

1st generation
(grandparents)



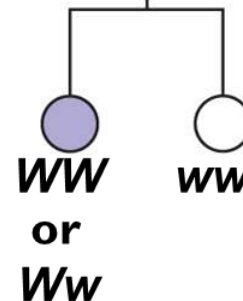
2nd generation
(parents, aunts,
and uncles)



3rd generation
(two sisters)

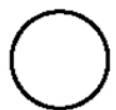
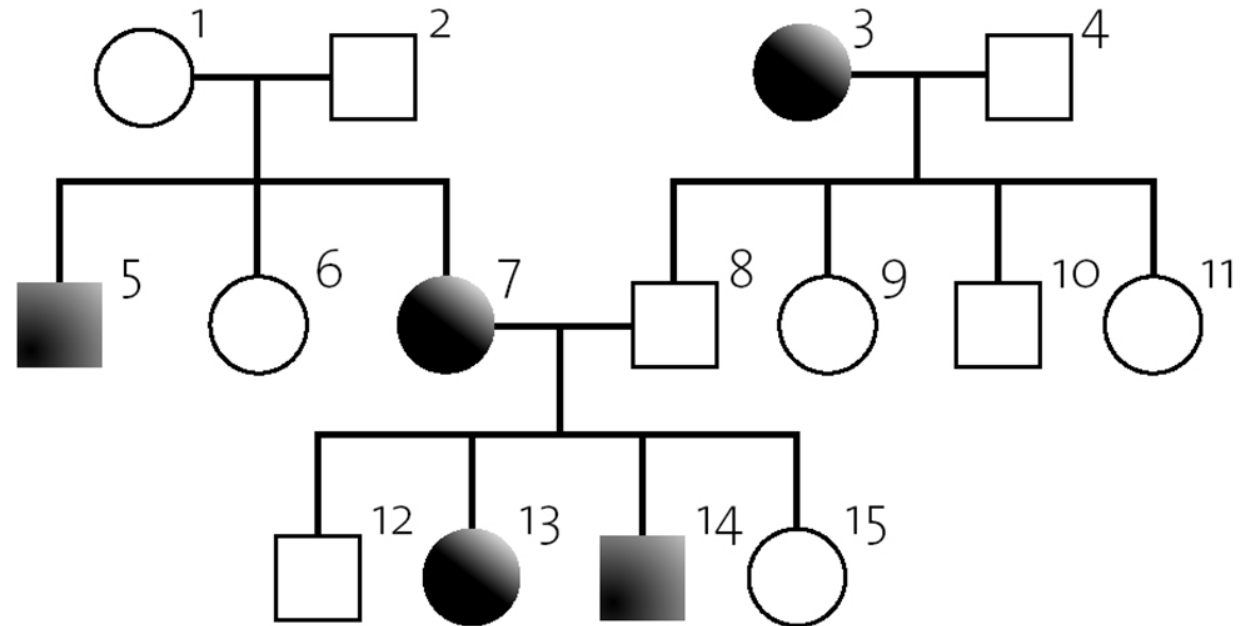


Widow's peak



No widow's peak

Overerving via stamboom



vrouw die PTC wel proeft



vrouw die PTC niet proeft



man die PTC wel proeft



man die PTC niet proeft

Overerving = autosomaal recessief

Kernbegrippen geslachtschromosomen

- Bij de mens komen in een lichaamscel 23 paar chromosomen voor ($2n = \text{diploïd}$):
 - 22 paar autosomen; 1 paar geslachtschromosomen.
- Bij de mens komen in een geslachtscel (= gameet) 23 chromosomen voor ($n = \text{haploïd}$):
 - 22 autosomen; 1 geslachtschromosoom.
- Bij een man:
 - in een lichaamscel 2 ongelijke geslachtschromosomen (XY);
 - in een zaadcel een X-chromosoom of een Y-chromosoom.
- Bij een vrouw:
 - in een lichaamscel 2 gelijke geslachtschromosomen (XX);
 - in elke eicel een X-chromosoom.
- Bepalend voor geslacht is het geslachtschromosoom in de zaadcel

X-chromosomale overerving

- Bij X-chromosomale overerving liggen de genen voor deze eigenschap in de geslachtschromosomen:
 - de X-chromosomen bevatten elk een gen;
 - de Y-chromosomen bevatten geen gen.
- X-chromosomale genen worden weergegeven als X^A of X^a .
 - Een vrouw kan als genotype $X^A X^A$, $X^A X^a$ of $X^a X^a$ hebben.
 - Een man kan als genotype $X^A Y$ of $X^a Y$ hebben.

http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/schema_kruising_3a.html

http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/schema_kruising_3b.html

Kernbegrippen overerving

- Dihybride kruising: kruising waarbij wordt gelet op de overerving van twee eigenschappen
 - Bij een dihybride kruising zijn twee genenparen betrokken.
 - Onafhankelijke overerving: de genenparen liggen in verschillende chromosomenparen.
- Het opstellen van een kruisingsschema
 - Geef de genotypen van de ouders in een kruising weer. Schrijf de twee allelen van een genenpaar naast elkaar op.
 - Stel vast welke allelen de geslachtscellen van beide ouders kunnen bevatten.
 - Ga na welke mogelijkheden er bestaan voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern.

http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/animatie_erf_dihybride.html

Kruisingsschema – onafhankelijke overerving

P	AABB		×	aabb	
Geslachtscellen	AB			ab	
F ₁	AaBb				
	AaBb		×	AaBb	
Geslachtscellen	AB, Ab, aB, ab			AB, Ab, aB, ab	
F ₂					
	AB	Ab	aB	ab	
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb	
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb	
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb	
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb	

verhouding van fenotypen in de F₂ is 9 : 3 : 3 : 1.

9: fenotype waarbij beide dominante allelen tot uiting komen;

3: fenotype waarbij een dominant en een recessief allel tot uiting komen;

3: fenotype waarbij een recessief en een dominant allel tot uiting komen;

1: fenotype waarbij beide recessieve allelen tot uiting komen.

Overervingskans

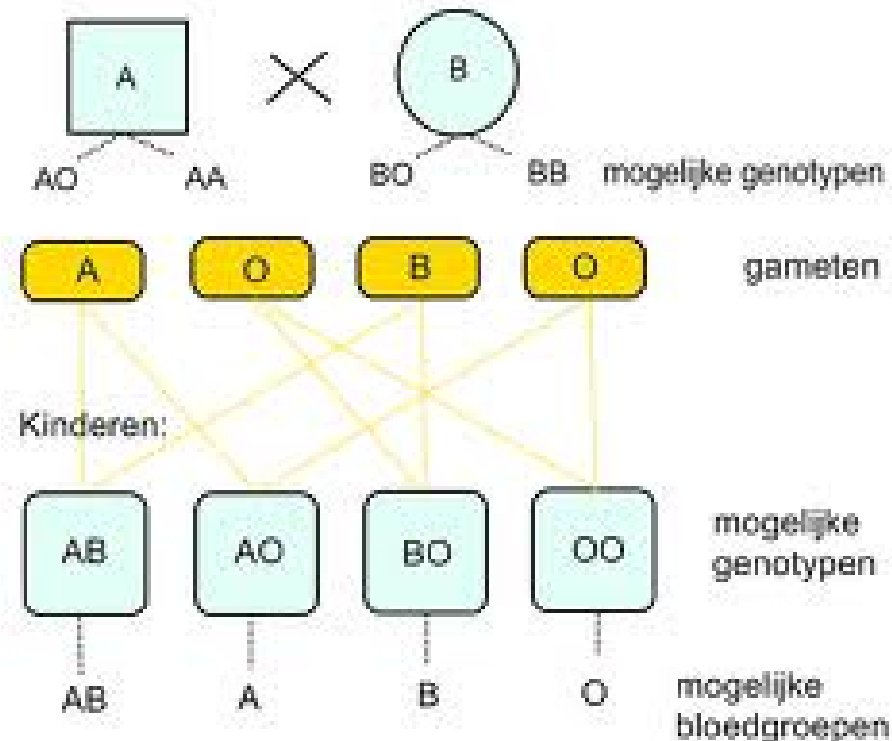
- Het berekenen van de kans op een nakomeling met een bepaald genotype of fenotype:
 - bepaal voor een van beide eigenschappen de kans op een nakomeling met het gewenste genotype of fenotype (als bij monohybride kruisingen);
 - bepaal voor de andere eigenschap de kans op een nakomeling met het gewenste genotype of fenotype;
 - vermenigvuldig beide kansen met elkaar.

	EF	Ef	eF	ef
EF	EEFF	EEFf	R	EeFf
Ef	EEFf	EEff	EeFf	S
eF	P	EeFf	eeFF	eeFf
ef	EeFf	Q	eeFf	eeff

Kans R = EeFF ($Ee \frac{1}{2} \times FF \frac{1}{4}$)
Genotype 1/8 - Fenotype 1/1

Bijzondere overerving

- Multipele allelen: voor één erfelijke eigenschap bestaan drie of meer allelen. Bijvoorbeeld: voor de bloedgroepen van de mens bestaan drie genen: IA, IB en i.
 - IAIA of IAi: bloedgroep A;
 - IBIB of IBi: bloedgroep B;
 - IAIB: bloedgroep AB;
 - ii: bloedgroep 0.



Bijzondere overerving

- Als beide ouders dezelfde letale factor bezitten, wordt een deel van de verwachte nakomelingschap niet geboren
- Hiernaast staat een deel van een kruisingschema. Stel dat de combinatie aa een lethale factor is. Wat verandert dit met betrekking tot de verwachte nakomelingen?

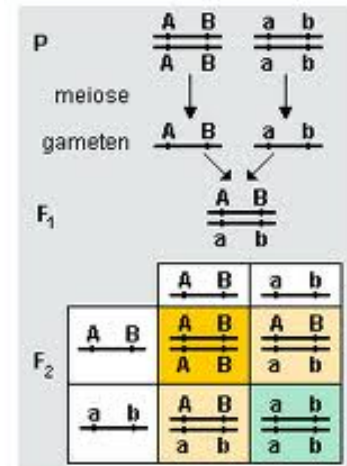
Letale factor: een allel dat geen levensvatbaar individu oplevert als een genenpaar bestaat uit twee van zulke allelen (homozygoot).

P **AaBb x AaBb**

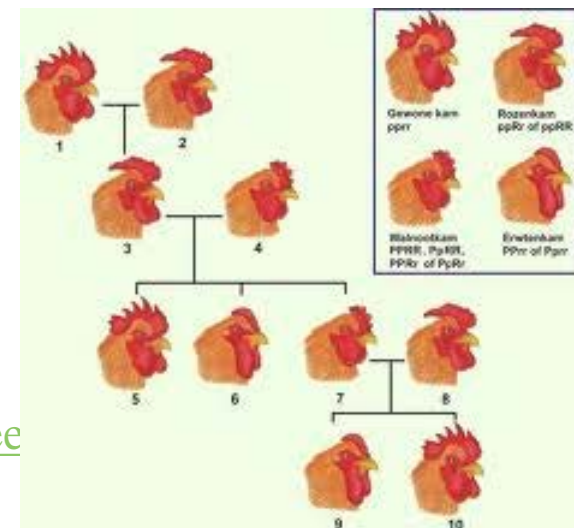
F1		AB	Ab	aB	ab
	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Bijzondere overerving

- Gekoppelde overerving: twee genenparen liggen in hetzelfde chromosomenpaar.
 - In kruisingsopgaven wordt de koppeling aangegeven door
 - het chromosomenpaar schematisch weer te geven : ===
 - De koppeling van genen kan worden verbroken door
 - crossing-over.
- Polygene overerving: twee of meer genen bepalen samen één eigenschap van het fenotype (oogkleur)



Genotypen bij gekoppelde overerving. De genen A en B zijn gekoppeld.



<http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleedihybrideco.html>

ERFELIJKHEIDSONDERZOEK

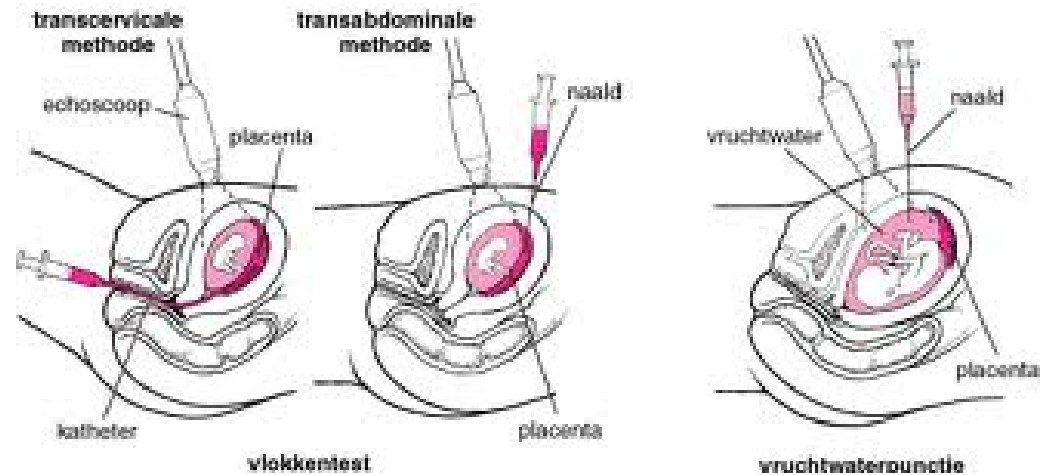


GENETICA EN EVOLUTIE



Erfelijkheidsonderzoek

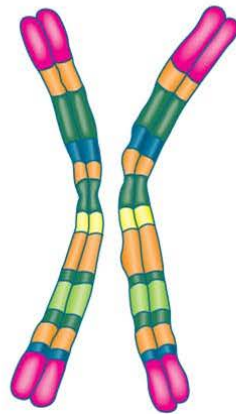
- Vaststellen van eventuele afwijkingen vóór de geboorte (prenatale diagnostiek):
 - Echoscopie
 - Vlokkentest
 - Vruchtwaterpunctie



Karyogram

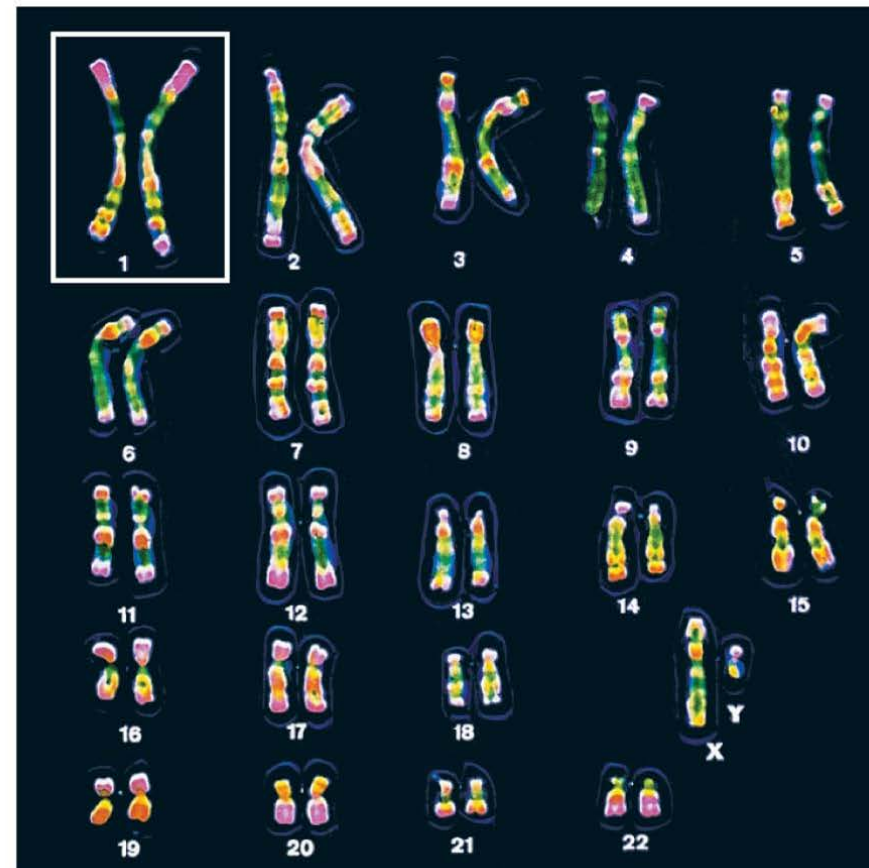
<http://www.bioplek.org/animaties%20onderbouw/karyogrammen.html>

Paar homologe
chromosomen

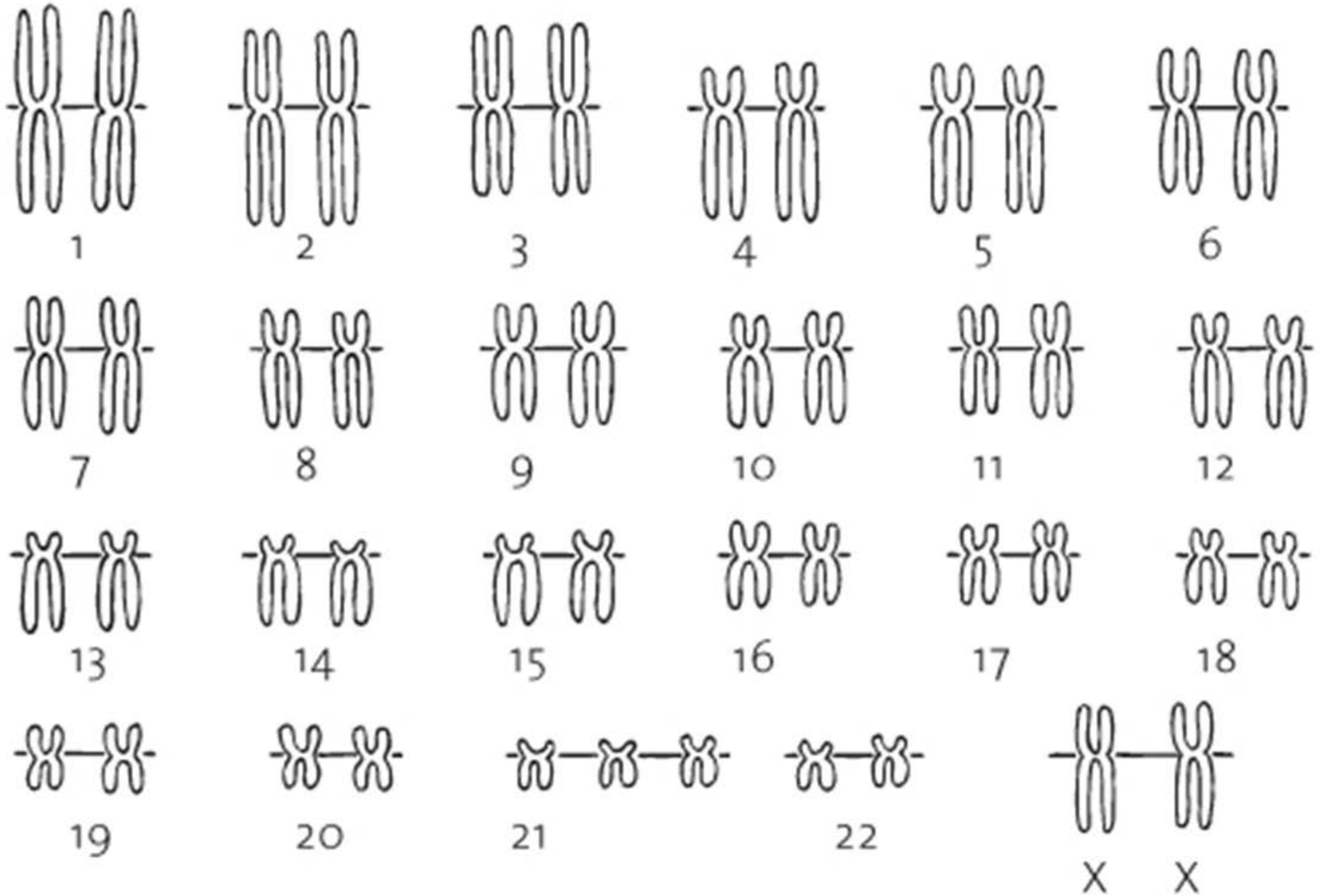


centromeer

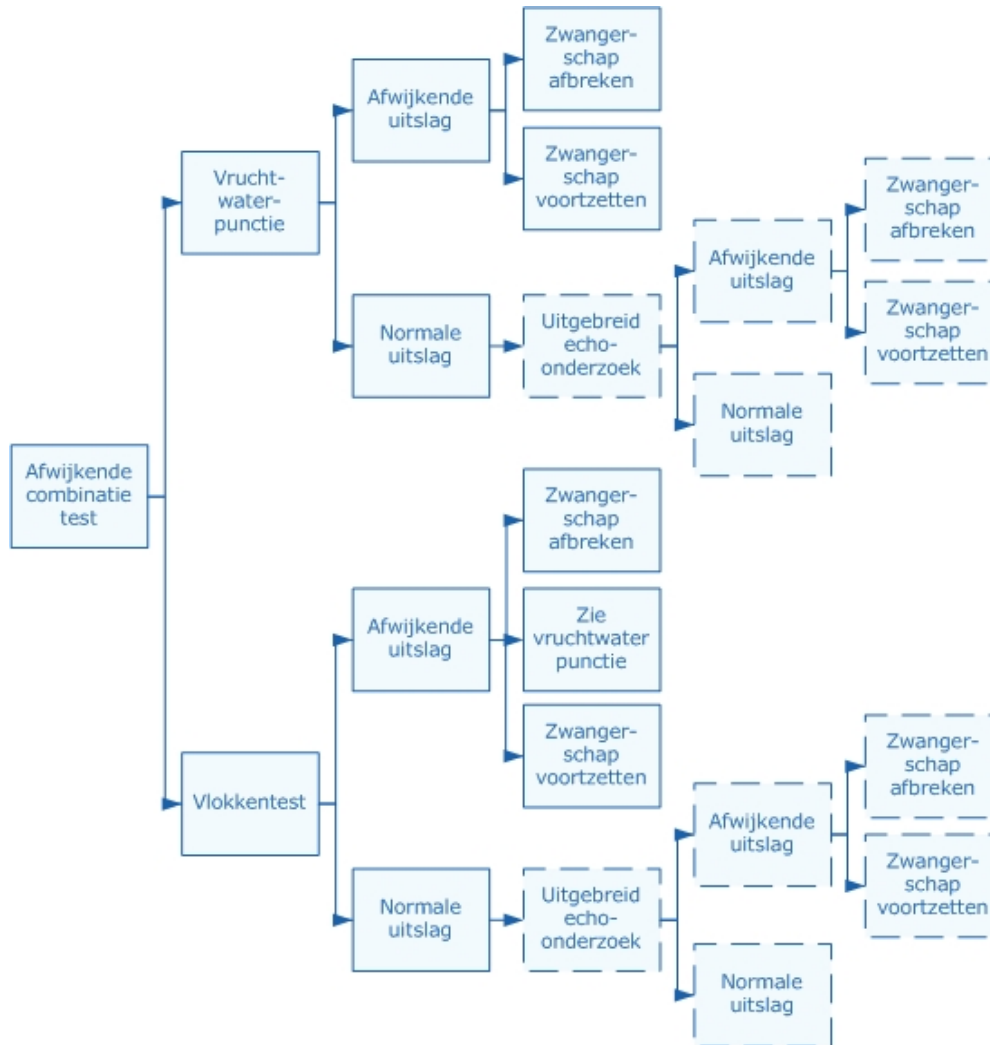
2 chromatiden



Karyogram



Erfelijkheidsonderzoek



ONGESLACHTELIJKE VOORTPLANTING

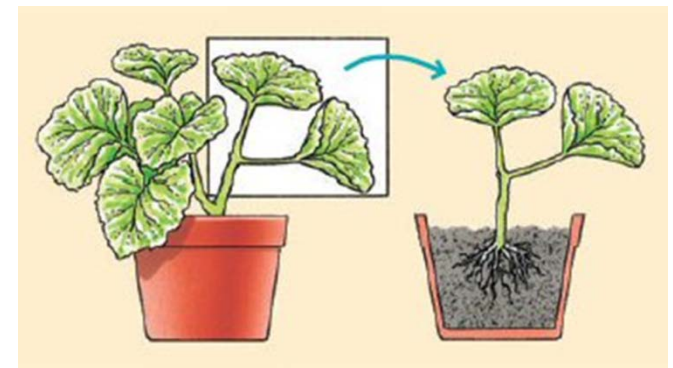
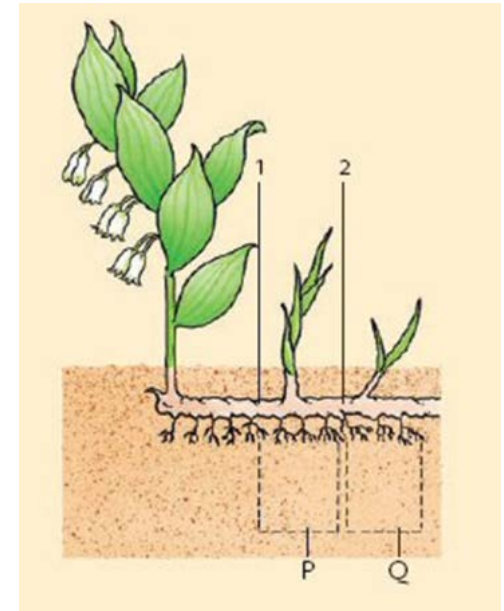
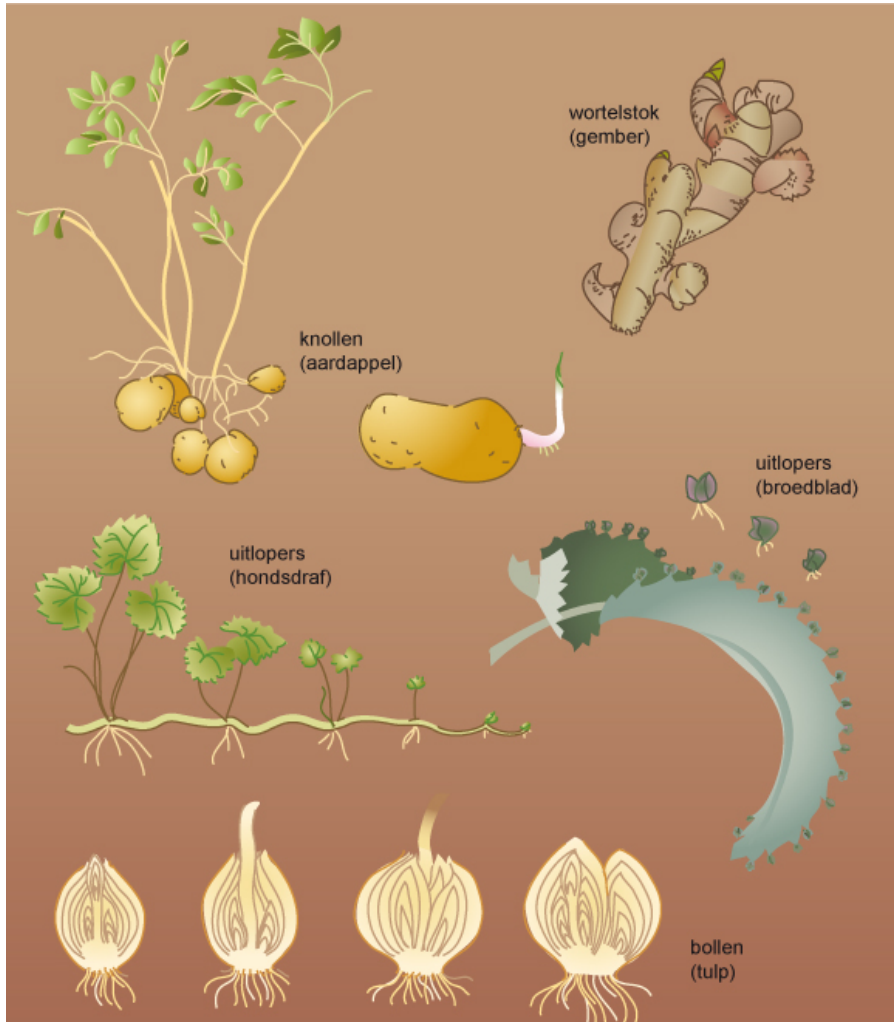


GENETICA EN EVOLUTIE

Verschillende manieren

- Ongeslachtelijke voortplanting: een deel van een individu groeit uit tot een nieuw individu.
 - Ongeslachtelijke voortplanting vindt plaats door mitose en celdeling.
 - De nakomelingen hebben hetzelfde genotype als de ouder.
- Voorbeelden van ongeslachtelijke voortplanting bij zaadplanten.
 - Knollen: verdikte stengels met knoppen (bij aardappelplanten).
 - Bollen: verdikte bladeren (rokken) met knoppen (bij tulpen).
 - Stekken: een stuk van een stengel of blad wordt afgesneden (bij kamerplanten).
 - Enten: een tak wordt vastgezet op een onderstam (bij fruitbomen).

Stekken, wortelstokken, knollen



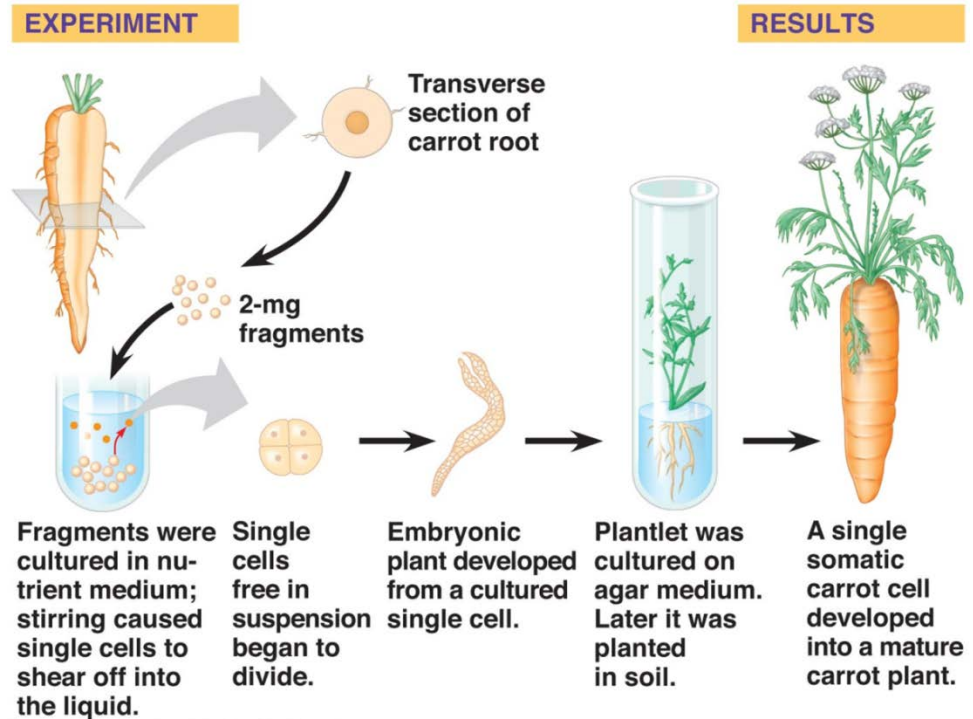
Weefselkweek

- Weefselkweektechniek:

Een stukje weefsel wordt uit een plant gesneden en onder steriele omstandigheden opgekweekt tot nieuwe planten.

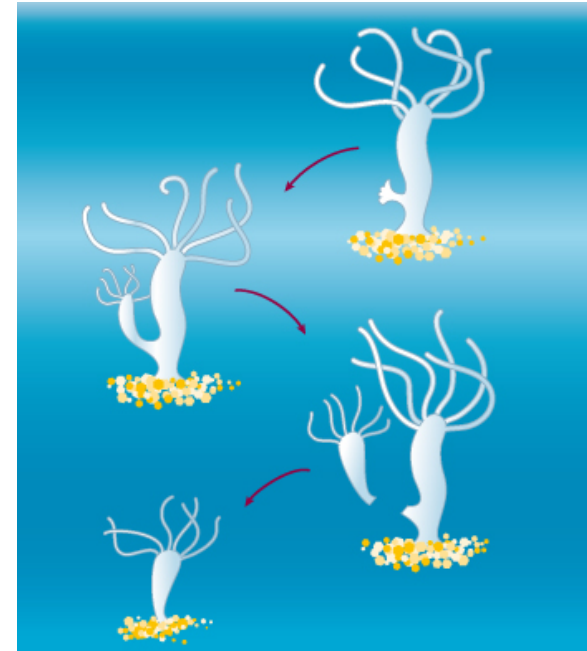
Uit het stukje weefsel ontwikkelt zich ongedifferentieerd wondweefsel (callus).

Door toediening van plantenhormonen groeien uit het callus kleine plantjes (embryoïden).

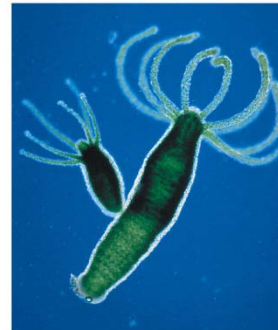


Klonen

- Kloon: alle individuen die door ongeslachtelijke voortplanting uit één ouder zijn ontstaan.
- Individuen uit een kloon hebben hetzelfde genotype, niet hetzelfde fenotype.
- Bij ongeslachtelijk verder kweken onder dezelfde milieuomstandigheden leveren individuen uit een kloon dezelfde nakomelingschap.



(A) *Hydra* sp.



(B) *Fromia* sp.



http://www.bioplek.org/animaties/moleculaire_genetica/klonen.html

GESLACHTELIJKE VOORTPLANTING



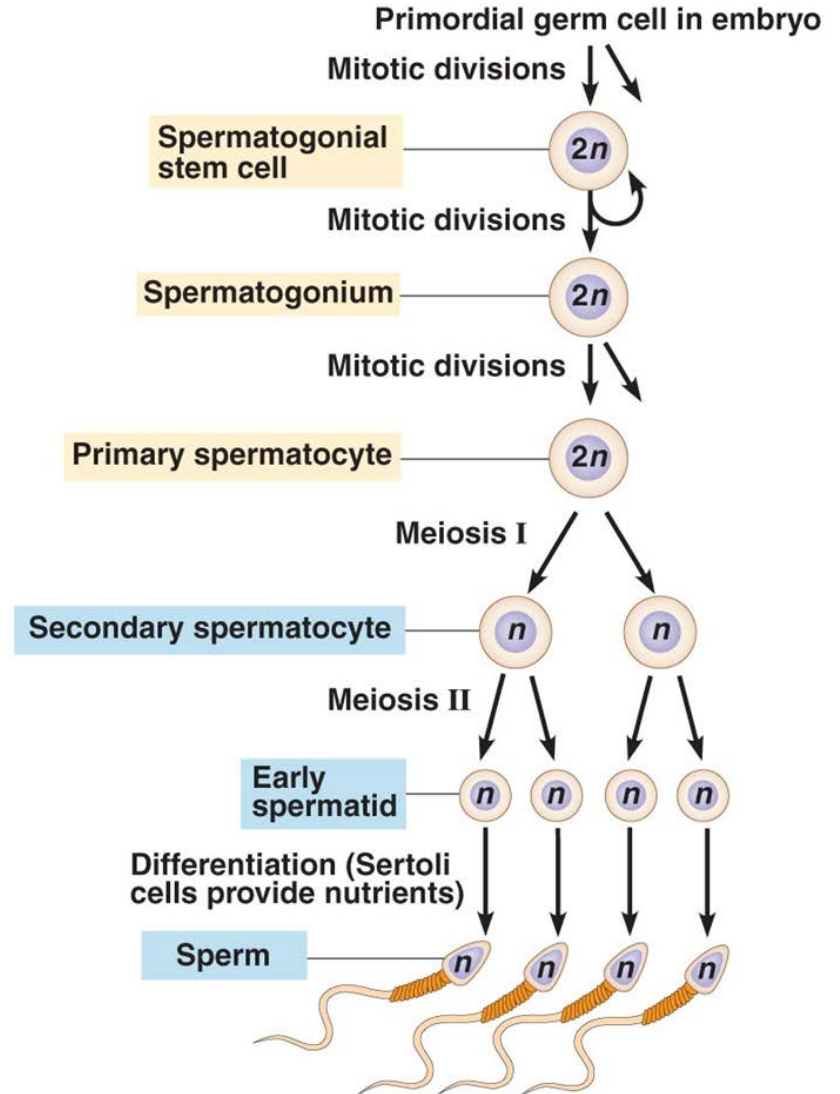
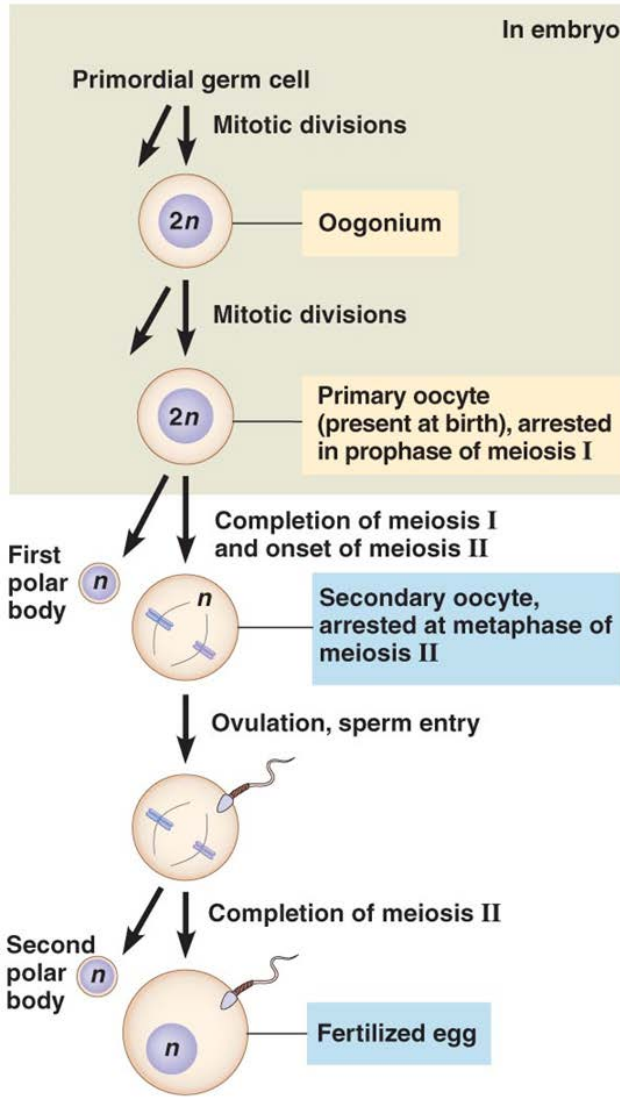
GENETICA EN EVOLUTIE

Voordelen

- Bij diploïd organisme zijn alle chromosomen (en genen) 2x aanwezig – bij 1 defect gen kan er gecompenseerd worden
- Nakomelingen krijgen een nieuwe combinatie van erfelijk materiaal mee (= recombinatie)
- Grote genetische verscheidenheid (diversiteit)
- Verhoging overlevingskansen bij wijziging milieuomstandigheden
- Sommige soorten kunnen zowel ongeslachtelijk voortplanten als ook geslachtelijk
- bv. de aardbei



Eicellen en zaadcellen



Geslachtelijk versus ongeslachtelijk

	Geslachtelijk	Ongeslachtelijk
Voordeel	Gen-uitwisseling	Door mitose snel veel nakomelingen
	Natuurlijke selectie	Onafhankelijk van partner
	Adaptatie	
Nadeel	Afhankelijk van partner	Geen gen-uitwisseling
	Energie nodig om voortplantingsorganen te maken	Evolutie verloopt langzaam
	Meiose verloopt langzaam	Gevoelig voor veranderingen

Kweken en fokken

- Met behulp van kruisingen en selectie ontstaan van nakomelingen met combinatie van gunstige eigenschappen = veredeling
- Genetische modificatie
- Hierna ongeslachtelijke voortplanting voor behoud genotype
- Zuivere lijn: homozygoot voor gewenste eigenschappen
- Planten = zaadvast
- Dieren = fokzuiver

<http://www.bioplek.org/animaties/erfelijkheidsleer/zuiverelij.html>

