

SCHIMMELS

INHOUD

THEMA	2
Inleiding	2
Definitie:	2
Schadelijke schimmels	2
Voorbeelden	3
Superlative	4
Geschiedenis	4
Hoe kunnen fossielen van schimmels bestaan?	4
Systematiek	4
Schimmels VS Paddenstoelen. Is er een verschil of zijn het twee kanten van een en dezelfde munt	5
Opbouw	5
Mycelium	6
Functie van het mycelium	6
Hyfen	7
Bovengrondse vruchtlichamen	8
Voortplanting	8
Genetische Variatie	9
Welke rol speelt de omgeving voor de keuze tussen geslachtelijke of ongeslachtelijke voortplanting	9
Plasmogamie en karyogamie	9
Meiose	10
Verschil van meiose bij het dier en de schimmel	10
Symbiose	10
Zijn er veel schimmels die in symbiose met de mens, het dier of de plant leven?	11
Schimmels en de mens	12
Zijn er schimmels die nuttig voor de mens zijn	12
Eetbare schimmels	13
De rol van schimmel in de blauwschimmelkaas	13
Schadelijke rol van schimmels voor de mens	14
Ziektes in relatie met schimmels	14
Allergische Reactie	15
Schimmel in gebouwen:	16
Hoe kan je schimmels in huis voorkomen	17
Zijn er schimmels die iets als intelligentie hebben	17
Hoe zal er een wereld zonder schimmels uitzien	18
Korte uitleg meiose	18
Intelligentie bij schimmels	19

THEMA

Inleiding

Schimmels, ook wel schimmelpilzen genoemd, zijn een heterogene groep van filamentvormige (draadachtige) organismen die behoren tot de pilzen, voornamelijk Ascomyceten en Zygomyceten. Ze bestaan uit een netwerk van fijne draden, hyfen genoemd, die samen een mycelium vormen.

Definitie:

Schimmels zijn micro-organismen die zich voeden met organisch materiaal en zich voortplanten via sporen. Ze groeien vooral op vochtige, organische oppervlakken zoals voedsel, hout, stof en muren. Schimmels spelen een belangrijke rol in de natuur door het afbreken van plantaardig materiaal en het bijdragen aan de humusvorming.

Kenmerken en leefomgeving:

- Schimmels verschijnen vaak als gekleurde vlekken (bijvoorbeeld groen, zwart, wit, geel) op voedsel of vochtige oppervlakken.
- Ze hebben vocht, warmte en een organische voedingsbodem nodig om te groeien.
- Schimmelsporen verspreiden zich door de lucht en kunnen zich vestigen als de omstandigheden gunstig zijn.
- Sommige soorten zijn schadelijk voor de gezondheid en kunnen allergieën of infecties veroorzaken, terwijl andere nuttig zijn voor voedselproductie en medicijnen (zoals antibiotica).

Schadelijke schimmels

De meest schadelijke schimmels voor de gezondheid zijn:

- Zwarte schimmel (*Stachybotrys chartarum*): Deze produceert mycotoxines die ernstige gezondheidsklachten kunnen veroorzaken, zoals irritatie van de slijmvliezen, huidirritatie, astmatische klachten en bij langdurige blootstelling zelfs ernstigere aandoeningen.
- Aspergillus (vooral *Aspergillus fumigatus*): Kan ernstige longinfecties veroorzaken, vooral bij mensen met een verminderde weerstand. De sterfte bij infectie is hoog, vooral bij kwetsbare groepen.
- Cladosporium: Kan ademhalingsproblemen, huiduitslag en vermoeidheid veroorzaken, vooral bij langdurige blootstelling.
- Penicillium: Komt vaak voor in vochtige woningen en kan allergieën en astma verergeren.
- Candida auris: Een opkomende schimmel die tot bloedvergiftiging kan leiden en moeilijk te behandelen is, al komt deze in Nederland nog weinig voor.

Schimmels zijn micro-organismen die behoren tot de groep van de schimmelpilzen (fungi) en komen overal in de natuur voor, zowel binnen als buiten. Ze spelen een belangrijke rol in het ecosysteem door het afbreken van organisch materiaal, zoals bladeren en hout. Schimmels bestaan uit fijne draden (hyfen) die samen een netwerk vormen, het mycelium. Ze verspreiden zich via sporen, die in de lucht zweven en zich gemakkelijk kunnen verspreiden. Schimmels groeien vooral op plaatsen waar voldoende vocht aanwezig is, zoals in badkamers, keukens, kelders en op slecht geventileerde plekken. Een luchtvochtigheid van 55% of hoger is vaak al voldoende voor schimmelgroei. Ze voeden zich met organisch materiaal, waaronder hout, papier, textiel en voedsel.

Hoewel schimmels in kleine hoeveelheden meestal onschadelijk zijn, kunnen grote hoeveelheden schimmelsporen gezondheidsklachten veroorzaken, zoals allergieën en ademhalingsproblemen, vooral bij mensen met astma of een verzwakt immuunsysteem. In huis is het belangrijk om schimmelgroei te voorkomen door vochtproblemen aan te pakken en goed te ventileren.

Voorbeelden

Hier zijn enkele voorbeelden van schimmels met een korte uitleg:

- *Agaricus bisporus* (champignon):

Dit is de bekendste eetbare paddenstoel en wordt wereldwijd gekweekt en gegeten. De champignon groeit op compost en vormt een wit vruchtlichaam met een ronde hoed. Het grootste deel van de schimmel bevindt zich als mycelium in de bodem; het vruchtlichaam (de paddenstoel) dient voor de verspreiding van sporen.

- *Penicillium*:

Dit geslacht omvat veel soorten die bekend zijn van beschimmeld brood en kaas. *Penicillium*-soorten vormen vaak een blauwgroen poederig laagje op voedsel. Sommige soorten produceren het antibioticum penicilline, dat een doorbraak betekende in de geneeskunde.

- *Aspergillus*:

Aspergillus-soorten zijn veelvoorkomende schimmels die op allerlei organisch materiaal kunnen groeien, zoals op voedsel, in de lucht en in huis. Sommige soorten kunnen schadelijke mycotoxinen produceren of infecties veroorzaken bij mensen met een verzwakt immuunsysteem.

- *Armillaria ostoyae* (honingzwam):

Deze schimmel staat bekend als het grootste levende organisme ter wereld: het ondergrondse mycelium kan honderden hectares beslaan en duizenden jaren oud worden. De honingzwam tast bomen aan en veroorzaakt wortelrot, maar vormt ook eetbare paddenstoelen.

- Gisten (bijvoorbeeld *Saccharomyces cerevisiae*):

Gisten zijn eencellige schimmels die belangrijk zijn bij het bakken van brood en het brouwen van bier en wijn. Ze zetten suikers om in alcohol en koolzuurgas door fermentatie. Deze voorbeelden laten zien dat schimmels zeer divers zijn: ze kunnen nuttig zijn voor de mens (voeding, medicijnen), maar ook schadelijk (voedselbederf, ziekten bij planten en mensen).

Superlative

Het grootste levende organisme op aarde is een schimmel, namelijk de sombere honingzwam (*Armillaria ostoyae*), die leeft in het Malheur National Forest in Oregon, VS. Het ondergrondse netwerk van schimmeldraden (mycelium) van deze schimmel beslaat ongeveer 8,9 tot 10 vierkante kilometer, wat neerkomt op zo'n 965 hectare. Daarmee is deze schimmel qua oppervlakte en biomassa het grootste organisme ter wereld, veel groter dan bijvoorbeeld de blauwe vinvis of grote bomen zoals de sequoia.

Geschiedenis

Schimmels bestaan al minstens 900 miljoen tot 1 miljard jaar en behoren daarmee tot de oudste eukaryote organismen op aarde. De oudste fossielen, zoals *Ourasphaira giraldae*, zijn gevonden in gesteenten die dateren uit het Neoproterozoïcum, een tijd waarin het landoppervlak nog kaal was en vrijwel alleen bacteriën en algen voorkwamen. Schimmels speelden een cruciale rol bij de kolonisatie van het land: ze braken dood organisch materiaal af en maakten voedingsstoffen vrij, wat essentieel was voor de eerste landplanten. De samenwerking tussen schimmels en planten (mycorrhiza) ontstond al zo'n 460 miljoen jaar geleden en was een sleutelfactor voor het succes van planten op het land. In de loop van hun evolutie ontwikkelden schimmels verschillende strategieën, zoals saprotrofie (afbraak van dood materiaal), parasitisme en mutualisme (samenwerking met andere organismen). Tegenwoordig zijn schimmels onmisbaar in vrijwel alle ecosystemen.

Hoe kunnen fossielen van schimmels bestaan?

Fossielen van schimmels zijn zeldzaam omdat schimmels uit zachte, snel afbreekbare weefsels bestaan en vaak microscopisch klein zijn. Toch kunnen ze fossiliseren als ze snel begraven worden onder slib, bijvoorbeeld aan de oever van een meer of in een estuarium, waar ze vervolgens langzaam worden omgezet in mineralen.

Wetenschappers identificeren fossiele schimmels door hun kenmerkende bouw, zoals vertakte draden (hyfen) en de aanwezigheid van chitine in hun celwanden. Dit gebeurt met behulp van licht- en elektronenmicroscopen, chemische analyses (zoals kleurstoffen die binden aan chitine) en geavanceerde technieken zoals synchrotronscans om de samenstelling van het fossiel te bepalen.

Samengevat: schimmelfossielen ontstaan vooral als de omstandigheden snel begraven en mineralisatie mogelijk maken, en worden herkend aan hun structuur en chemische samenstelling.

Systematiek

Schimmels vormen een apart rijk binnen de levende organismen en hebben een eigen systematiek (indeling). Ze worden onderverdeeld op basis van hun bouw, voortplantingswijze en genetische kenmerken.

Hoofdindeling van schimmels:

- Schimmels zijn eukaryoten, dus hun cellen bevatten een celkern en celwand van chitine.
- Ze kunnen eencellig zijn (zoals gisten) of meercellig met schimmeldraden (hyfen) die samen een mycelium vormen.

- De systematiek is gebaseerd op kenmerken als het type sporen en vruchtlichamen.
- Belangrijkste hoofdgroepen binnen het schimmelrijk zijn:
- Ascomycota (zakjeszwammen): Vormen sporen in zakvormige structuren (asci).
 - Basidiomycota (steeltjeszwammen): Vormen sporen op een basidium, vaak zichtbaar als paddenstoelen.
 - Zygomycota: Vormen rustsporen (zygosporen) na versmelting van twee cellen.
 - Chytridiomycota: Eenvoudige, vaak in water levende schimmels met beweeglijke sporen.
 - Glomeromycota: Vormen symbiose met plantenwortels.
 - Microsporidia: Zeer kleine, vaak parasitaire schimmels.
 - Fungi imperfecti (Deuteromycota): Groep waarin schimmels zonder bekend seksueel stadium tijdelijk werden ondergebracht. Veel van deze soorten zijn inmiddels heringedeeld dankzij DNA-onderzoek.
- Indelingscriteria:
- Type voortplanting (seksueel of aseksueel)
 - Structuur van vruchtlichamen en sporen
 - Celbouw en genetische kenmerken
- De systematiek van schimmels is voortdurend in ontwikkeling door nieuwe inzichten uit DNA-onderzoek, waardoor groepen worden heringedeeld of verder opgesplitst.

Schimmels VS Paddenstoelen.

Is er een verschil of zijn het twee kanten van een en dezelfde munt?

Schimmels (of zwammen) en paddenstoelen zijn niet hetzelfde, maar ze horen wel bij elkaar. Een schimmel is het hele organisme, meestal grotendeels onzichtbaar en bestaande uit een netwerk van schimmeldraden (mycelium) onder de grond of in hout. Een paddenstoel is het vruchtlichaam van de schimmel: het zichtbare deel dat boven de grond uitsteekt en bedoeld is voor de voortplanting door het verspreiden van sporen.

Kort gezegd:

- Schimmel = het hele organisme (mycelium + eventueel paddenstoelen)
- Paddenstoel = het vruchtlichaam (alleen het zichtbare deel van sommige

schimmels)

Dus: elke paddenstoel is een schimmel, maar niet elke schimmel vormt paddenstoelen. Het zijn dus twee kanten van dezelfde munt, maar niet helemaal hetzelfde.

Opbouw

Schimmels hebben een kenmerkende opbouw die hen onderscheidt van andere organismen:

- Mycelium: Het hoofdlichaam van de schimmel bestaat uit een netwerk van draden, de hyfen. Dit mycelium is meestal onzichtbaar, verspreidt zich door het substraat (zoals aarde, hout of voedsel) en is verantwoordelijk voor groei, voedselopname en voortplanting.
- Hyfen: Dit zijn lange, buisvormige structuren opgebouwd uit cellen met een stevige celwand van chitine en glucanen. Hyfen kunnen vertakt zijn en zijn soms

onderverdeeld door dwarswanden (septen) met openingen, zodat celinhoud kan doorstromen.

- Celwand: De celwand geeft stevigheid en bestaat vooral uit chitine, wat schimmels een sterke, maar flexibele structuur geeft.
- Sporen: Aan de uiteinden of op speciale structuren van de hyfen worden sporen gevormd. Dit zijn de voortplantingscellen waarmee schimmels zich verspreiden en nieuwe kolonies kunnen starten.
- Vruchtlichaam: Bij sommige schimmels (zoals paddenstoelen) vormt het mycelium een vruchtlichaam, het zichtbare deel dat sporen produceert.

Kortom: een schimmel bestaat uit een netwerk van hyfen (mycelium), met een stevige celwand van chitine, en plant zich voort via sporen die vaak in een vruchtlichaam worden gevormd.

Mycelium

Mycelium helpt bij de biologische afbraak van organisch materiaal door enzymen uit te scheiden die complexe organische stoffen, zoals hout, bladeren en dode plantenresten, afbreken tot kleinere, opneembare voedingsstoffen. Hierdoor worden voedingsstoffen weer beschikbaar voor andere organismen in de bodem en draagt mycelium bij aan natuurlijke recycling en bodemvruchtbaarheid. Zonder deze afbraak door mycelium zouden organische resten zich ophopen en zouden voedingsstoffen vast blijven zitten, onbereikbaar voor planten en andere organismen

Functie van het mycelium

De belangrijkste functies van het mycelium bij schimmels zijn:

- Voedselafbraak en opname: Het mycelium scheidt enzymen uit die organisch materiaal in de omgeving afbreken, waardoor voedingsstoffen vrijkomen die de schimmel kan opnemen en gebruiken voor groei.
 - Voortplanting: Via het mycelium kunnen schimmels zich ongeslachtelijk voortplanten door het vormen van nieuwe schimmeldraden en sporen.
 - Symbiose en bodemgezondheid: Mycelium werkt samen met plantenwortels (mycorrhiza) en helpt bij de uitwisseling van voedingsstoffen, wat de bodemstructuur en -gezondheid verbetert.
 - Overleving en verspreiding: Het uitgebreide netwerk van hyfen stelt schimmels in staat om meerdere voedingsbronnen te benutten en te overleven in uiteenlopende en soms extreme omstandigheden.
 - Ecologische rol: Mycelium speelt een sleutelrol in het afbreken van dood organisch materiaal en het recyclen van voedingsstoffen in ecosystemen.
- Kortom: het mycelium is essentieel voor de voeding, voortplanting, overleving, samenwerking met planten en de ecologische functie van schimmels.

Mycelium verbetert de gezondheid van planten op meerdere manieren:

- Verbeterde opname van water en voedingsstoffen: Mycelium vergroot het worteloppervlak van planten enorm, waardoor ze beter water en mineralen zoals fosfor en stikstof kunnen opnemen, zelfs uit diepere of moeilijk bereikbare bodemlagen.
- Versterking van het immuunsysteem: Planten die via mycorrhiza met mycelium zijn verbonden, zijn beter bestand tegen ziekten, infecties, insectenvraat en stress door droogte, vorst of bodemvervuiling.

- Onderlinge communicatie: Mycelium fungeert als een ondergronds netwerk waarmee planten elkaar kunnen waarschuwen voor plagen of aanvallen, zodat ze hun afweermechanismen tijdig kunnen activeren.

- Betere bodemstructuur: Mycelium bindt bodemdeeltjes samen, verbetert de bodemstructuur en voorkomt uitspoeling van voedingsstoffen bij regen, wat de plantengroei en weerbaarheid ten goede komt.

Kortom: mycelium ondersteunt planten door voeding, bescherming, communicatie en het verbeteren van de bodem, wat leidt tot gezondere en weerbaardere planten.

Hyfen

Hyfen zijn de microscopisch dunne, draadvormige structuren waaruit het grootste deel van een schimmel bestaat. Ze vormen samen het mycelium, het netwerk dat je vaak als “zwamvlok” onder de grond of in een substraat vindt.

Belangrijkste kenmerken van hyfen:

- Hyfen bestaan uit cellen met een buisvormige celwand, meestal van chitine, die stevigheid en bescherming biedt.
- Ze groeien door verlenging aan de uiteinden en kunnen zich sterk vertakken, waardoor het mycelium zich snel kan uitbreiden.
- Binnenin de hyfen kunnen dwarswanden (septa) zitten met kleine openingen, waardoor celinhoud kan uitwisselen tussen de compartimenten. Sommige schimmels hebben hyfen zonder septa, waardoor de inhoud vrij kan stromen.
- Hyfen zijn essentieel voor de opname van voedingsstoffen: ze scheiden enzymen uit die organisch materiaal afbreken, waarna de schimmel de vrijgekomen stoffen opneemt.
- Ze spelen ook een rol bij de voortplanting, bijvoorbeeld door het vormen van sporen aan de uiteinden of op speciale structuren.
- Bij sommige schimmels kunnen hyfen zich specialiseren, bijvoorbeeld tot haustoriën (zuigorganen) bij parasitaire soorten of tot structuren die samenwerken met plantenwortels in mycorrhiza.

Hyfen vervullen meerdere essentiële functies binnen een schimmel:

- Voedselopname: Hyfen scheiden enzymen uit die organisch materiaal afbreken, waarna de schimmel de vrijgekomen voedingsstoffen opneemt. Door hun groei en vertakking kunnen hyfen nieuwe voedselbronnen bereiken en benutten.
- Groei en verspreiding: Hyfen vormen het mycelium, het hoofdlichaam van de schimmel. Door uit te strekken en te vertakken kan de schimmel zich snel uitbreiden in het substraat en nieuwe leefgebieden koloniseren.
- Voortplanting: Hyfen zijn betrokken bij de vorming van sporen, zowel ongeslachtelijk (zoals conidiën die direct aan de hyfen ontstaan) als geslachtelijk (via vruchtlichamen zoals paddenstoelen).
- Symbiose en parasitisme: Sommige hyfen zijn gespecialiseerd tot haustoriën (zuigorganen) bij parasitaire schimmels, waarmee ze voedingsstoffen uit een gastheer halen. Bij symbiotische schimmels dringen hyfen de wortels van planten binnen en vormen ze mycorrhiza, wat de opname van water en mineralen door de plant verbetert.
- Afbraak van complexe stoffen: Hyfen zijn uniek in hun vermogen om complexe stoffen zoals lignine en cellulose af te breken, waardoor ze een sleutelrol spelen in de afbraak en recycling van organisch materiaal in ecosystemen.

Kortom: hyfen zorgen voor voeding, groei, voortplanting, interactie met andere organismen en het afbreken van organisch materiaal.

Bovengrondse vruchtlichamen

Schimmels ontwikkelen hun bovengrondse vruchtlichamen (zoals paddenstoelen) uit het ondergrondse mycelium, een netwerk van schimmeldraden dat voedingsstoffen opneemt uit de omgeving. Wanneer het mycelium volledig is doorgroeid en de omstandigheden gunstig zijn (zoals voldoende vocht en geschikte temperatuur), ontstaan er kleine opzwellingen aan het mycelium. Deze zwellen uit tot het herkenbare vruchtlichaam.

Het vruchtlichaam bestaat uit dicht vervlochten schimmeldraden (schijnweefsel) en dient als voortplantingsorgaan: hierin worden sporen gevormd die zorgen voor verspreiding en nieuwe schimmelgroei. De ontwikkeling van het vruchtlichaam wordt vaak getriggerd door veranderingen in het milieu, zoals een toename van vocht of temperatuurschommelingen.

Voortplanting

De voortplanting van schimmels verschilt duidelijk tussen geslachtelijke en ongeslachtelijke manieren:

Ongeslachtelijke voortplanting:

- Gebeurt met slechts één ouder.
- Schimmels produceren grote aantallen sporen (zoals conidiën) of planten zich voort via knopvorming of fragmentatie van schimmeldraden.
- De nakomelingen zijn genetisch identiek aan de ouder (klonen), wat snelle verspreiding mogelijk maakt, vooral als de omstandigheden gunstig zijn.
- Dit is de meest voorkomende en frequente vorm van voortplanting bij schimmels.

Geslachtelijke voortplanting:

- Hierbij zijn twee compatibele oudermycelia of geslachten betrokken.
- Er vindt samensmelting van celinhoud (plasmogamie) en kernen (karyogamie) plaats, gevolgd door meiose.
- Dit leidt tot de vorming van geslachtelijke sporen met een nieuwe, unieke genetische samenstelling door recombinatie van erfelijk materiaal.
- Geslachtelijke voortplanting zorgt dus voor meer genetische variatie, waardoor schimmels zich beter kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden.

Samengevat:

Ongeslachtelijke voortplanting levert genetisch identieke nakomelingen op en gebeurt snel; geslachtelijke voortplanting levert genetisch verschillende nakomelingen op door recombinatie en verloopt via een complexer proces met twee ouders.

Genetische Variatie

Bij schimmels zorgt geslachtelijke voortplanting voor veel meer genetische variatie dan ongeslachtelijke voortplanting.

- Ongeslachtelijke voortplanting:

Hierbij ontstaan nakomelingen uit één ouder en zijn ze genetisch identiek aan het moederorganisme (klonen), behalve als er toevallig mutaties optreden. Genetische variatie ontstaat hier dus alleen door spontane mutaties, wat relatief weinig variatie oplevert.

- Geslachtelijke voortplanting:

Hierbij versmelten kernen van twee verschillende oudermycelia, gevolgd door meiose. Dit proces zorgt voor recombinatie van erfelijk materiaal, waardoor de nakomelingen een unieke, nieuwe genetische samenstelling krijgen. Hierdoor ontstaat veel grotere genetische variatie binnen de populatie, wat schimmels beter in staat stelt zich aan te passen aan veranderende omstandigheden.

Kortom: geslachtelijke voortplanting levert bij schimmels veel meer genetische variatie op dan ongeslachtelijke voortplanting.

Welke rol speelt de omgeving voor de keuze tussen geslachtelijke of ongeslachtelijke voortplanting

De omgeving speelt een grote rol in de keuze tussen geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting bij schimmels:

- Ongeslachtelijke voortplanting komt het meest voor onder gunstige, stabiele omstandigheden. Hierbij produceren schimmels snel en in grote aantallen identieke sporen, waardoor ze zich efficiënt kunnen verspreiden en snel kunnen groeien als er voldoende voedsel en weinig stress is.

- Geslachtelijke voortplanting wordt vooral ingezet bij veranderende of ongunstige omstandigheden. Deze vorm zorgt voor genetische variatie in het nageslacht, waardoor schimmels zich beter kunnen aanpassen aan nieuwe of stressvolle milieusituaties, zoals schommelingen in temperatuur, vochtigheid of voedselbeschikbaarheid.

Kortom: stabiele, gunstige omstandigheden bevorderen snelle, ongeslachtelijke voortplanting; bij stress of verandering schakelen schimmels vaker over op geslachtelijke voortplanting om hun overlevingskansen te vergroten door genetische diversiteit.

Plasmogamie en karyogamie

Plasmogamie en karyogamie zijn twee essentiële stappen in de geslachtelijke voortplanting van schimmels:

- Plasmogamie is de versmelting van het cytoplasma van twee haploïde geslachtscellen van verschillend geslacht. Hierdoor komen twee verschillende haploïde kernen samen in één cel, maar de kernen blijven voorlopig gescheiden.

- Karyogamie volgt daarna en is de versmelting van deze twee haploïde kernen tot één diploïde kern (zygote). Dit leidt tot genetische recombinatie en vormt de basis voor meer genetische variatie bij de nakomelingen.

Kortom: plasmogamie brengt de kernen samen in één cel, karyogamie laat ze versmelten tot een nieuwe, genetisch unieke diploïde kern.

Meiose

Meiose vergroot de genetische diversiteit bij geslachtelijke voortplanting van schimmels doordat tijdens dit proces twee belangrijke mechanismen optreden:

- Crossing-over: In meiose I wisselen homologe chromosomen stukken DNA uit, waardoor nieuwe combinaties van erfelijke eigenschappen ontstaan.

- Onafhankelijke verdeling: De chromosomen van elke ouder worden willekeurig verdeeld over de dochtercellen, wat zorgt voor unieke combinaties in elke geslachtelijke spore.

Hierdoor zijn de haploïde sporen die uit meiose ontstaan genetisch verschillend van elkaar en van de ouder, wat de genetische variatie binnen de schimmelpopulatie sterk vergroot.

Verschil van meiose bij het dier en de schimmel

Het belangrijkste verschil tussen meiose bij schimmels en bij dieren zit in het doel en het moment waarop meiose plaatsvindt binnen hun levenscyclus.

- Bij dieren vindt meiose plaats tijdens de vorming van gameten (eicellen en zaadcellen). Uit één diploïde cel ontstaan vier haploïde gameten, waarvan meestal slechts één functionele eicel overblijft (de rest worden poollichaampjes). De gameten versmelten direct bij bevruchting tot een diploïde zygote, waarna het organisme zich verder ontwikkelt.
- Bij schimmels leidt meiose tot de vorming van haploïde sporen (meiosporen), niet direct tot gameten. Deze sporen kunnen uitgroeien tot een nieuw haploïd mycelium. De diploïde fase bij schimmels is vaak zeer kort: na de versmelting van kernen (karyogamie) volgt vrijwel direct meiose, waarna weer haploïde cellen ontstaan. Schimmels kennen dus meestal een levenscyclus waarin de haploïde fase overheerst, terwijl bij dieren de diploïde fase overheerst.

Samengevat:

- Bij dieren: meiose produceert gameten, diploïde levenscyclus domineert.
- Bij schimmels: meiose produceert sporen, haploïde levenscyclus domineert, diploïde fase is kort.

De genetische processen (zoals crossing-over en onafhankelijke verdeling van chromosomen) verlopen bij beide groepen gelijk, maar het functionele resultaat en het moment in de levenscyclus verschillen duidelijk.

Symbiose

Het mycelium speelt een centrale rol in de symbiose tussen schimmels en planten, een samenwerking die bekendstaat als mycorrhiza. Het mycelium vormt een uitgebreid netwerk van schimmeldraden rond of in de wortels van planten. Hierdoor kan het mycelium:

- De opnamecapaciteit van de plant voor water en voedingsstoffen (zoals stikstof, fosfor en mineralen) sterk vergroten, doordat het schimmeln netwerk een veel groter bodemvolume kan bereiken dan de wortels alleen.
- Planten beschermen tegen uitdroging, bodemparasieten en toxische stoffen.
- Voedingsstoffen en signalen uitwisselen tussen planten, waardoor bijvoorbeeld bomen elkaar kunnen ondersteunen via het ondergrondse netwerk.

In ruil daarvoor levert de plant suikers (koolhydraten), die via fotosynthese worden gevormd, aan de schimmel als energiebron. Deze wederzijds voordelige relatie is essentieel voor de groei, gezondheid en veerkracht van de meeste planten.

Een mycorrhiza-symbiose tussen een schimmel en een plant ontwikkelt zich in verschillende stappen:

- Contact en kolonisatie: De schimmel komt in contact met de wortels van de plant en koloniseert deze door zijn schimmeldraden (hyfen) rond of zelfs in de wortelcellen te laten groeien.

- **Netwerkvorming:** Het mycelium van de schimmel vormt een uitgebreid netwerk in en rond de wortels, waardoor het contactoppervlak voor de uitwisseling van stoffen sterk toeneemt.
 - **Uitwisseling van voedingsstoffen:** De schimmel neemt water en mineralen (zoals fosfaat en stikstof) op uit de bodem en geeft deze via zijn hyfen door aan de plant. In ruil daarvoor levert de plant suikers (koolhydraten), die via fotosynthese zijn aangemaakt, aan de schimmel als energiebron.
 - **Mutualistisch voordeel:** Beide partners profiteren: de plant groeit beter door verbeterde opname van water en voedingsstoffen, terwijl de schimmel energie krijgt voor zijn eigen groei.
- Deze samenwerking ontstaat spontaan wanneer schimmelsporen in de bodem in contact komen met plantenwortels onder gunstige omstandigheden. Er zijn verschillende typen mycorrhiza, afhankelijk van hoe diep de schimmel in de wortel doordringt, maar het basisprincipe van uitwisseling en wederzijds voordeel blijft hetzelfde.

Zijn er veel schimmels die in symbiose met de mens, het dier of de plant leven?

Ja, er zijn veel schimmels die in symbiose leven met planten en dieren, en in mindere mate ook met mensen.

- **Met planten:** De bekendste vorm is mycorrhiza, waarbij schimmels samenleven met de wortels van planten. De schimmel helpt de plant met het opnemen van water en mineralen, terwijl de plant suikers levert aan de schimmel. Dit is een mutualistische relatie, waar beide partijen voordeel van hebben. Meer dan 80% van de planten leeft in zo'n symbiose.
 - **Met dieren:** Sommige insecten, zoals bladsnijdermieren en bepaalde kevers, leven in symbiose met schimmels. Bladsnijdermieren kweken schimmels als voedselbron, terwijl de schimmel profiteert van bescherming en verspreiding door de mieren. Ook keverlarven kunnen alleen hout verteren als het eerst door schimmels is afgebroken.
 - **Met mensen:** In de menselijke darm komen schimmels voor die meestal geen ziekte veroorzaken, maar het is niet duidelijk of dit een echte symbiose is of eerder een commensale relatie (waarbij de schimmel profiteert zonder de mens te schaden of te helpen).
 - **Met andere organismen:** Schimmels vormen samen met algen of cyanobacteriën korstmossen (lichenen), een wederzijds voordelige relatie die belangrijk is voor pioniervegetaties.
- Kortom: schimmels staan vooral in symbiose met planten en dieren, en in sommige gevallen met mensen, waarbij ze een belangrijke rol spelen in ecosystemen en voedselketens.

Schimmels en de mens

De verhouding tussen schimmels en de mens is veelzijdig en kent zowel positieve als negatieve aspecten.

- **Nuttige rol:** Schimmels zijn essentieel voor de mens. Ze breken dood organisch materiaal af en houden zo ecosystemen gezond. Ze worden gebruikt bij de productie van voedsel (zoals brood, kaas, bier, wijn), medicijnen (zoals penicilline) en zelfs als duurzame bouw- en verpakkingsmaterialen. Mycorrhiza-schimmels helpen planten groeien, wat indirect onze voedselvoorziening ondersteunt.
 - **Schadelijke rol:** Sommige schimmels veroorzaken ziekten bij mensen (zoals voetschimmel, candida-infecties en ernstige mycosen), bederven voedsel of tasten gebouwen aan. Parasitaire schimmels kunnen ook planten en dieren ziek maken, wat gevolgen heeft voor landbouw en gezondheid.
 - **Symbiose en samenleven:** Schimmels leven in en op ons lichaam, vaak zonder dat we het merken. Sommige zijn nuttig of onschadelijk (commensaal), andere kunnen onder bepaalde omstandigheden schadelijk worden (parasiet). De relatie varieert dus van wederzijds voordeel (mutualisme) tot neutraliteit (commensalisme) of zelfs nadeel (parasitisme).
 - **Metafoor en inspiratie:** Schimmels, vooral het mycelium, worden ook gezien als inspiratiebron voor samenwerking, verbondenheid en duurzame systemen binnen de menselijke samenleving.
- Kortom: schimmels zijn onmisbaar voor de mens en het milieu, maar kunnen ook problemen veroorzaken. De verhouding is dus complex en voortdurend in beweging.

Zijn er schimmels die nuttig voor de mens zijn

Er zijn veel schimmels die nuttig zijn voor de mens:

- **Eetbare schimmels:** Veel paddenstoelen, zoals champignons, shiitakes en truffels, zijn rijk aan voedingsstoffen en worden wereldwijd gegeten.
 - **Voedselproductie:** Schimmels spelen een sleutelrol bij de productie van voedingsmiddelen zoals blauwschimmelkaas (brie, camembert, Roquefort), sojasaus, en vleesvervangers zoals Quorn.
 - **Gist:** Gisten (ook een soort schimmel) zijn onmisbaar bij het bakken van brood en het brouwen van bier en wijn.
 - **Geneeskunde:** De schimmel *Penicillium* levert penicilline, een van de eerste en belangrijkste antibiotica.
 - **Biotechnologie en industrie:** Schimmels worden gebruikt voor de productie van enzymen, citroenzuur en andere stoffen die belangrijk zijn voor voedselverwerking en industrie.
 - **Natuur en landbouw:** Schimmels breken organisch materiaal af en maken voedingsstoffen vrij voor planten. Mycorrhiza-schimmels leven in symbiose met plantenwortels en bevorderen zo plantengroei en bodemgezondheid.
- Kortom: schimmels zijn niet alleen nuttig, maar zelfs essentieel voor voeding, gezondheid, landbouw en het milieu.

Eetbare schimmels

Er zijn veel schimmels die eetbaar zijn. Bekende voorbeelden zijn champignons, oesterzwammen, shiitake, portobello's, en truffels. Daarnaast worden sommige schimmels

gebruikt bij het maken van voedsel, zoals de schimmels in blauwschimmelkazen of bij de fermentatie van sojasaus en tempeh. Niet alle schimmels zijn eetbaar; sommige zijn giftig, dus het is belangrijk alleen bekende eetbare soorten te consumeren.

Dus je kan zeggen er zijn veel schimmels die zowel eetbaar als nuttig zijn. Voorbeelden zijn:

- Champignons, truffels en shiitakes: deze paddenstoelen zijn niet alleen eetbaar, maar bevatten ook voedingsstoffen en worden gebruikt in de keuken wereldwijd.
- Schimmels in blauwschimmelkazen (zoals brie, camembert en roquefort): deze maken kaas smaakvoller en helpen bij het rijpingsproces.
- Schimmels die gebruikt worden bij het maken van wijn, bier, sojasaus en tempé: ze zijn essentieel voor fermentatieprocessen en maken deze producten mogelijk. Deze schimmels zijn dus zowel veilig om te eten als belangrijk voor voedselproductie en smaak.

De rol van schimmel in de blauwschimmelkaas (Camembert)

Schimmels spelen een centrale rol in blauwschimmelkaas. De belangrijkste schimmel is *Penicillium roqueforti* (en soms *Penicillium glaucum*). Tijdens de productie worden deze schimmels aan de kaas toegevoegd, waarna er gaatjes in de kaas worden geprikt zodat er zuurstof bij kan komen. Hierdoor kan de schimmel in de kaas groeien en ontstaan de kenmerkende blauwe aders.

De schimmel zorgt voor:

- Het afbreken van eiwitten en vetten, waardoor de kaas romig wordt en een pittige, scherpe smaak krijgt.
- De ontwikkeling van het typische aroma en de textuur van blauwschimmelkaas.
- Bescherming tegen andere, ongewenste schimmels en bacteriën (conserverende werking).

Kortom: zonder schimmel geen blauwschimmelkaas-de schimmel bepaalt kleur, smaak, geur, structuur en houdbaarheid.

De voordelen van het eten van blauwschimmelkaas zijn:

- Rijk aan calcium: Goed voor sterke botten en tanden.
- Bevat veel eiwitten: Ondersteunt spieropbouw en -herstel.
- Vitamine K2: Helpt bij gezonde bloedstolling en zorgt dat calcium in de botten terechtkomt in plaats van in bloedvaten, wat gunstig is voor hart- en vaatgezondheid.
- Probiotica: Het fermentatieproces levert goede bacteriën op die de darmflora en spijsvertering ondersteunen.
- Mogelijk ontstekingsremmend: Sommige stoffen in de schimmel kunnen ontstekingen helpen verminderen.
- Unieke smaak en aroma: Maakt gerechten bijzonder en veelzijdig in de keuken.

Let op: blauwschimmelkaas bevat relatief veel zout en vet, dus geniet met mate.

Schadelijke rol van schimmels voor de mens

Schimmels kunnen op verschillende manieren schadelijk zijn voor de mens:

- Ziekteverwekkers: Ongeveer 300 schimmelsoorten kunnen infecties bij mensen veroorzaken. Dit varieert van oppervlakkige huid-, nagel- en slijmvliesinfecties (zoals voetschimmel of vaginale schimmelinfecties) tot ernstige, soms levensbedreigende invasieve

infecties in organen zoals longen, hersenen en bloedbaan, vooral bij mensen met een verzwakt immuunsysteem.

- Resistentieproblemen: Steeds meer schimmels worden ongevoelig (resistent) voor medicijnen, waardoor infecties moeilijker te behandelen zijn en een groeiend probleem vormen voor de gezondheidszorg.

- Allergieën en luchtwegproblemen: Blootstelling aan schimmelsporen kan allergische reacties, astma, ademhalingsproblemen en zelfs ontstekingen in de longen veroorzaken, vooral bij gevoelige personen of mensen met bestaande luchtwegklachten.

- Giftige stoffen (mycotoxinen): Sommige schimmels produceren mycotoxinen, giftige stoffen die bij inademing of inname via voedsel ernstige gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken, zoals vermoeidheid, hoofdpijn, misselijkheid en geheugenverlies.

- Voedselbederf: Schimmels kunnen voedsel aantasten en ongeschikt of zelfs gevaarlijk maken voor consumptie, wat voedselvergiftiging kan veroorzaken.

- Schade aan gebouwen: Schimmelgroei in vochtige gebouwen kan de luchtkwaliteit aantasten, een muffe geur veroorzaken en bouwmaterialen aantasten, wat indirect ook gezondheidsproblemen kan opleveren.

Kortom: schimmels kunnen ziekten, allergieën, vergiftigingen en materiële schade veroorzaken, en vormen vooral een risico voor kwetsbare groepen en in situaties met slechte hygiëne of ventilatie.

Ziektes in relatie met schimmels

Schimmels kunnen verschillende ziekten bij de mens veroorzaken, variërend van onschuldige huidinfecties tot ernstige, soms levensbedreigende aandoeningen:

Oppervlakkige schimmelinfecties:

- Voetschimmel (zwemmerseczeem, tinea pedis): Schimmelinfectie tussen de tenen, vaak door vochtige omstandigheden.

- Schimmelnagels (onychomycose): Schimmelinfectie van de nagels, meestal aan de voeten.

- Ringworm (tinea corporis): Rode, schilferende, ringvormige plekken op de huid.

- Pityriasis versicolor: Gistinfectie met lichte of donkere vlekjes op de huid.

- Candida-infecties: Bijvoorbeeld vaginale schimmelinfectie (candida vaginalis) of infectie van de eikel (candida balanitis).

Diepe of invasieve schimmelinfecties:

- Invasieve aspergillose: Ernstige longinfectie, soms met aantasting van andere organen, vooral bij mensen met een verzwakt immuunsysteem.

- Invasieve candidiasis: Schimmelinfectie door Candida in bloedbaan of organen, vaak bij ziekenhuispatiënten of mensen met verminderde afweer.

- Pneumocystose: Ernstige longontsteking door Pneumocystis jirovecii, vooral bij mensen met een sterk verminderde weerstand, zoals hiv-patiënten.

Chronische schimmelinfecties:

- Chronische longaspergillose: Langdurige schimmelinfectie van de longen, soms met vorming van een schimmelbal (aspergilloom).

- Terugkerende vaginale candidiasis: Regelmatig terugkerende vaginale schimmelinfecties bij vrouwen.

Overige klachten:

- Allergieën en luchtwegproblemen kunnen ontstaan door het inademen van schimmelsporen, vooral bij gevoelige personen.

Kortom: schimmels kunnen zowel oppervlakkige als ernstige diepe infecties veroorzaken, met name bij mensen met een verminderde weerstand.

Allergische Reactie

Vooraf zwarte schimmel en *Aspergillus* worden als het meest gevaarlijk beschouwd vanwege hun toxines en het risico op ernstige infecties, vooral bij kwetsbare mensen.

De symptomen van een allergische reactie op schimmel zijn divers en kunnen zich uiten via de luchtwegen, huid en ogen:

- Benauwdheid en piepende ademhaling
- Verstopte neus of loopneus
- Hoesten en niesbuien
- Jeukende, rode of tranende ogen
- Huiduitslag, eczeem of jeukende huid
- Astmatische klachten of verergering van astma
- Vermoeidheid, hoofdpijn en slecht slapen
- In sommige gevallen ook maag- en darmklachten zoals misselijkheid, buikpijn

of diarree.

Deze klachten kunnen verergeren bij langdurige blootstelling aan schimmels, vooral bij mensen met astma of een verminderde weerstand.

Een schimmelallergie wordt vastgesteld door een arts, meestal via de volgende stappen:

- De arts neemt een uitgebreide medische voorgeschiedenis op en bespreekt je klachten, bijvoorbeeld wanneer en waar deze optreden.
- Daarna volgt lichamelijk onderzoek.
- Om de diagnose te bevestigen, kan de arts een huidpriktest (priktest) uitvoeren, waarbij kleine hoeveelheden schimmelallergenen op de huid worden aangebracht om te zien of er een reactie optreedt.
- Soms wordt ook een bloedtest gedaan om te meten of je specifieke IgE-antistoffen tegen schimmels hebt.
- In sommige gevallen kan een provocatietest worden uitgevoerd, waarbij je gecontroleerd wordt blootgesteld aan het allergeen om te kijken of er een reactie ontstaat. Het is belangrijk om je arts te informeren over wanneer en waar je klachten het ergst zijn, bijvoorbeeld in vochtige ruimtes of tijdens bepaalde seizoenen.

De beste manieren om een schimmelallergie te behandelen zijn:

- Vermijden van schimmels: Beperk blootstelling door vochtproblemen in huis aan te pakken, goed te ventileren, schimmelplekken te verwijderen (liefst door een specialist), en de luchtvochtigheid onder de 50% te houden met bijvoorbeeld een luchtontvochtiger.
- Medicatie:
 - Nasale corticosteroïden (neussprays) zijn vaak het meest effectief voor klachten aan de bovenste luchtwegen.
 - Antihistaminica (tabletten) verminderen jeuk, niezen en een loopneus.

- Oogdruppels en neussprays tegen allergieklachten.
 - Montelukast kan ingezet worden bij hardnekkige klachten.
 - In sommige gevallen kan immunotherapie (allergieprikken) overwogen worden.
 - Overige maatregelen:
 - Regelmatig stofzuigen met een HEPA-filter en eventueel gebruik van een luchtreiniger.
 - Schimmel in huis grondig laten verwijderen en niet zelf aanpakken bij een allergie, om verergering van klachten te voorkomen.
 - Voorkom beschimmeld voedsel en gebruik anti-allergeen beddengoed.
- Een combinatie van het vermijden van schimmels en het gebruik van medicatie geeft de beste resultaten. Raadpleeg altijd een arts voor een persoonlijk behandelplan.

Schimmel in gebouwen:

Schimmelvorming in huizen ontstaat vaak door vochtproblemen, slechte ventilatie of bouwkundige gebreken. Het kan de gezondheid schaden en de bouwmaterialen aantasten. Het is belangrijk de oorzaak van schimmel te achterhalen en te verhelpen voordat de schimmel verwijderd wordt.

Kort samengevat: schimmels zijn filamentvormige pilzen die zich voeden met organisch materiaal, zich voortplanten via sporen, en vooral groeien in vochtige omgevingen. Ze hebben zowel ecologische als medische en praktische betekenis.

De materialen die het meest vatbaar zijn voor schimmelgroei zijn:

- Hout en vezelplaten: Deze nemen snel vocht op en bieden een goede voedingsbodem voor schimmels, vooral als ze niet goed beschermd zijn tegen water.
- Gipsplaten: Door hun poreuze structuur kunnen ze gemakkelijk water opnemen, waardoor schimmel zich snel kan verspreiden bij vochtproblemen.
- Textiel en stoffen materialen: Matrassen, tapijten, gordijnen, kussens en beklede meubels houden vocht vast en zijn daardoor gevoelig voor schimmel.
- Behang en papier: Schimmel groeit goed op de lijm en het papier, vooral als de onderliggende muur vochtig is.
- Kitranden en voegen: Deze plekken blijven vaak vochtig, vooral in badkamers, en zijn daardoor gevoelig voor schimmelgroei.
- Huisstof: Ook hierin kunnen schimmels zich ontwikkelen, zeker als het vochtig is.
- Cellulosehoudende materialen: Zoals multiplex en golfkarton, die als voedselbron voor schimmels dienen.

Kortom: materialen die vocht vasthouden of slecht drogen, zoals hout, gips, textiel, behang en kit, zijn het meest vatbaar voor schimmelgroei. Goed ventileren en droog houden is essentieel om schimmel te voorkomen.

Hoe kan je schimmels in huis voorkomen

Om schimmelsporen in huis te voorkomen, zijn deze maatregelen het meest effectief:

- Ventileer 24 uur per dag: Zet ventilatieroosters of ramen op een kier zodat vochtige lucht continu wordt afgevoerd.

- Voorkom vochtproblemen: Los lekkages, optrekkend of doorslaand vocht direct op en droog natte plekken snel.
 - Beperk vochtproductie:
 - Douche kort, droog wanden en vloeren na gebruik, en houd de badkamerdeur dicht tijdens het douchen.
 - Droog was bij voorkeur buiten of ventileer extra als je binnen droogt.
 - Gebruik de afzuigkap bij koken en houd de deksel op de pan.
 - Verwarm het huis voldoende: Houd woonruimtes overdag boven de 18°C en laat het niet te sterk afkoelen.
 - Maak regelmatig schoon: Verwijder kalk en vuil, vooral in natte ruimtes, zodat schimmels zich minder makkelijk kunnen hechten.
 - Gebruik eventueel een luchtontvochtiger: Zo blijft de luchtvochtigheid onder controle (tussen 40–60%).
- Door vocht te minimaliseren, goed te ventileren en schoon te houden, geef je schimmelsporen weinig kans om zich te ontwikkelen.

Zijn er schimmels die iets als intelligentie hebben

Er zijn schimmels die gedrag vertonen dat lijkt op een vorm van intelligentie, hoewel ze geen hersenen of zenuwstelsel hebben. Vooral slijmzwammen, zoals *Physarum polycephalum*, zijn hier bekend om. Ze kunnen bijvoorbeeld leren, zich herinneren, beslissingen nemen en de efficiëntste route vinden naar voedselbronnen. Dit gebeurt via hun netwerkstructuur: de manier waarop ze groeien en reageren op prikkels vormt als het ware een geheugen. Wetenschappers spreken daarom soms van “primitieve intelligentie” bij deze organismen. Zo kunnen slijmzwammen leren dat een bittere stof onschadelijk is, en hun gedrag daarop aanpassen. Ook kunnen ze complexe problemen oplossen, zoals het vinden van de kortste weg in een doolhof, en bouwen ze efficiënte netwerken die lijken op menselijke infrastructuren.

Deze vormen van intelligentie zijn fundamenteel anders dan bij dieren, maar tonen aan dat schimmels en slijmzwammen op hun eigen manier informatie kunnen verwerken en zich kunnen aanpassen aan hun omgeving.

Hoe zal er een wereld zonder schimmels uitzien

Een wereld zonder schimmels zou onherkenbaar en waarschijnlijk onleefbaar zijn voor de meeste levensvormen, inclusief de mens.

Belangrijkste gevolgen:

- Geen recycling van organisch materiaal: Schimmels zijn samen met bacteriën de belangrijkste afbrekers in de natuur. Zonder schimmels zouden dode planten, bladeren en dieren zich ophopen, omdat ze niet meer worden afgebroken tot voedingsstoffen voor nieuwe planten. De bodem zou snel uitgeput raken en planten zouden nauwelijks kunnen groeien.
- Planten kunnen niet overleven: Veel planten zijn afhankelijk van schimmels (mycorrhiza) om voedingsstoffen uit de bodem op te nemen. Zonder deze samenwerking zouden bossen en landbouwgewassen nauwelijks kunnen bestaan.
- Voedselketens storten in: Omdat schimmels essentieel zijn voor de kringloop van voedingsstoffen, zouden hele ecosystemen instorten. Dieren die van planten leven, zouden verdwijnen, gevolgd door roofdieren.

- Geen brood, bier, chocola: Veel voedselproducten zijn afhankelijk van schimmels, zoals gist voor brood en bier, en fermentatieprocessen voor chocola.
- Geen medicijnen als penicilline: Belangrijke antibiotica zijn afkomstig van schimmels.
- Slechtere klimaatregulatie: Schimmels spelen een cruciale rol bij het vastleggen van koolstof in de bodem en helpen zo klimaatverandering tegen te gaan. Kortom, zonder schimmels zou het leven op aarde vrijwel onmogelijk zijn. Ze zijn de onmisbare ingenieurs van ecosystemen en de stille motors achter de kringloop van het leven.

Korte uitleg meiose

Meiose is een speciaal type celdeling dat ervoor zorgt dat geslachtscellen (zoals eicellen en zaadcellen) worden gevormd met de helft van het aantal chromosomen van een normale lichaamscel. Hierdoor kunnen bij de bevruchting twee geslachtscellen samensmelten tot een nieuwe cel met het juiste aantal chromosomen.

Belangrijke kenmerken van meiose:

1. Reductiedeling – Het aantal chromosomen wordt gehalveerd (van diploïd ($2n$) naar haploïd (n)).
2. Twee delingsfasen – Meiose bestaat uit twee opeenvolgende delingen:
 - Meiose I: Homologe chromosomen worden gescheiden.
 - Meiose II: Zusterchromatiden worden gescheiden (vergelijkbaar mitose).
3. Genetische variatie – Door crossing-over (uitwisseling van DNA tussen chromosomen) en willekeurige verdeling van chromosomen ontstaan unieke combinaties van genen.

Waarom is meiose belangrijk?

- Zorgt voor genetische diversiteit in nakomelingen.
- Handhaaft het juiste chromosoomaantal bij seksuele voortplanting (bij mensen: van 46 naar 23 chromosomen per geslachtscel).

Meiose is essentieel voor de voortplanting bij dieren, planten en schimmels.

Intelligentie bij schimmels

Schimmels vertonen fascinerende vormen van intelligentie en gedrag die niet overeenkomen met ons traditionele begrip van intelligentie bij dieren of mensen. Hoewel schimmels geen hersenen hebben, laten ze wel complexe gedragspatronen zien:

1. **Netwerkvorming:** Schimmels zoals *Physarum polycephalum* (slijmzwam) kunnen zeer efficiënte netwerken vormen om voedingsstoffen te transporteren, vergelijkbaar met transportnetwerken die mensen ontwerpen.
2. **Probleemoplossend vermogen:** Experimenten hebben aangetoond dat sommige schimmels doolhoven kunnen oplossen om bij voedsel te komen, waarbij ze de kortste route kiezen.

3. **Geheugen en leren:** Schimmels kunnen informatie uit hun omgeving verwerken en hun gedrag aanpassen op basis van eerdere ervaringen, wat een vorm van leren suggereert.
4. **Myceliumnetwerken:** Het ondergrondse myceliumnetwerk (soms het "Wood Wide Web" genoemd) stelt bomen en planten in staat om te communiceren en voedingsstoffen uit te wisselen via schimmelverbindingen.
5. **Adaptief gedrag:** Schimmels kunnen stressvolle omstandigheden detecteren en hun metabolisme daarop aanpassen.

Onderzoekers zoals Paul Stamets en Merlin Sheldrake hebben baanbrekend werk verricht op het gebied van schimmelgedrag en -intelligentie. Het onderzoek naar deze vormen van niet-menselijke intelligentie daagt ons uit om breder na te denken over wat intelligentie eigenlijk is.