



Leerlingenhandleiding

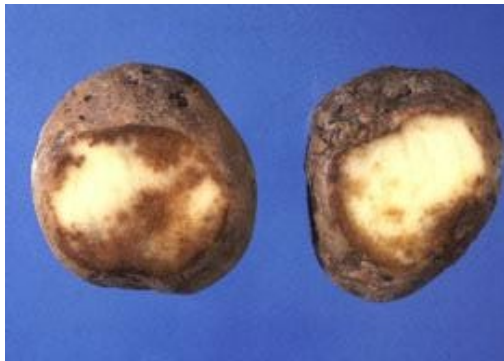
Afsluitende module

'Patatje oorlog'

'Patatje oorlog'

Aardappelvijanden

In het practicum heb je onderzocht of jouw aardappelplantje een resistentiegen heeft tegen aardappelmoehheid. Deze ziekte wordt veroorzaakt door het aardappelcysteaaltje. Maar een aardappelplant heeft nog veel meer vijanden. Onkruiden concurreren met aardappelplantjes om licht, water en voedingsstoffen. Daarnaast worden aardappelplanten aangevallen door allerlei verschillende insecten, schimmels, bacteriën en virussen. Maar de grootste bedreiging voor een aardappelplant is toch wel de aardappelziekte phytophthora.



Figuur 1: Aardappels geïnfecteerd met *Phytophthora*. Eet smakelijk!

Opdracht 1

Zoek op internet van elke groep ziekteverwekkers een voorbeeld.

De aartsvijand

Phytophthora, ook wel kortweg "de aardappelziekte" genoemd omdat het de belangrijkste ziekte van het gewas aardappel is, wordt veroorzaakt door *Phytophthora infestans*. Hoewel *P. infestans* vaak aangeduid wordt als een schimmel, is het dat niet. Het is een schimmelachtige, ingedeeld bij de Oömyceten, oftewel de waterschimmels.

Phytophthora infestans is een schimmelachtige. Dit betekent dat het organisme erg veel op een echte schimmel lijkt. Het groeit dan ook net als een schimmel met schimmeldraden (hyfen) en produceert sporen. Op aangetaste bladeren vormt zich ook vaak het karakteristieke witte pluis.

Belangrijke verschillen tussen echte schimmels en waterschimmels zijn:

	Echte schimmel	Waterschimmel
Genoom	-haploïd	-diploïd
Celwand	-chitine en β -glucanen	-cellulose
Sporen	-zonder zweepdraad en houden van droogte	-met 2 zweepdraden en houden van vocht

Opdracht 2

Lees meer over echte en onechte schimmels op <http://www.microbiologie.info/schimmels.html> (De paragrafen: Wat zijn schimmels, Bouw van een schimmel en Oömyceten: een aparte groep). En bekijk hoe ze groeien op <http://www.plantenziektkunde.nl/hyfen>

Slechte reputatie

Phytophthora doet zijn naam zeker eer aan. Letterlijk vertaald betekent *Phytophthora* namelijk plantverwoester. De toevoeging *infestans* betekent aanvallend of besmettelijk. Besmettelijke plantverwoester dus.

Een besmetting met phytophthora kan rampzalige gevolgen hebben. In de 19^e eeuw waren hongersnoden als gevolg van deze ziekte niet ongewoon. Als er eenmaal phytophthora uitbreekt kan binnen drie weken een complete akker met aardappelplanten ziek worden en afsterven.

Tegenwoordig zijn er meer bestrijdingsmogelijkheden en kan het verlies beperkt worden gehouden. Maar toch bedraagt de totale schade als gevolg van *Phytophthora* wereldwijd jaarlijks zo'n 4 miljard euro. Je moet dan denken aan kosten door opbrengstverlies en kwaliteitsverlies, maar ook kosten voor chemische bestrijding. Van die 4 miljard euro schade komt de helft voor rekening van Europa. *Phytophthora* is namelijk dol op ons gematigde en vochtige klimaat.

Naast aardappel kan *P. infestans* trouwens ook het gewas tomaat aantasten. Een andere *Phytophthora*-soort, *Phytophthora ramorum*, parasiteert op beuken en Rhododendrons.

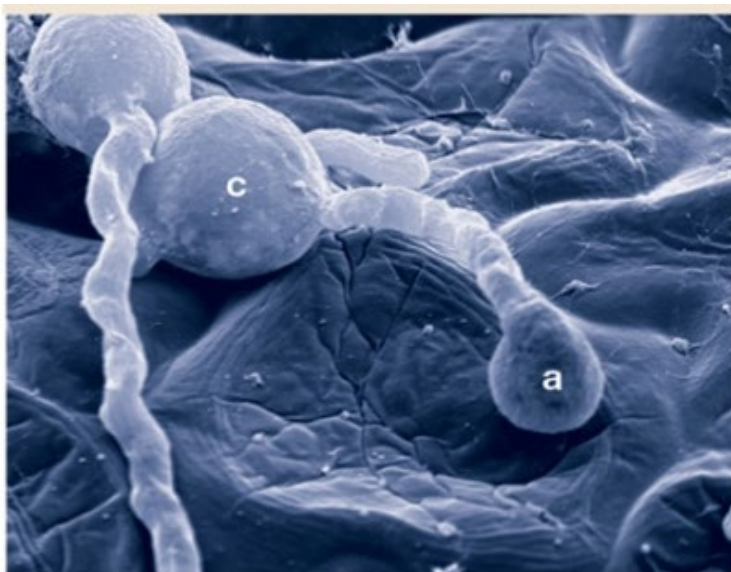
Opdracht 3

In de Verenigde Staten komen veel Ierse familienamen voor. Denk maar aan de acteur (Charlie) Sheen, astronoute (Eileen) Collins en komiek (Eddy) Murphy. Leg uit wat hun achternamen met de aardappelziekte te maken hebben. Tip: <http://www.plantenziektkunde.nl/Shocking%20stories>

Aanvalluuuuuh!

Een spore van *Phytophthora*, afkomstig van een zieke plant in de buurt, komt door de lucht aangewaaid. De spore landt op het blad van een aardappelplant. En dan?

De spore kiemt en er groeit een kiembuis uit. Aan het einde van de kiembuis wordt een appressorium gevormd. Dit is een constructie die de ziekteverwekker nodig heeft om de plant binnen te dringen. Hoe gaat dat in zijn werk? Het appressorium vormt een zogenaamde penetratiehyfe. Door de hoge osmotische druk in het appressorium is deze penetratiehyfe in staat om door de epidermis van de plant heen te breken. Eenmaal binnen in het blad vormen zich weer gewone hyfen die tussen de plantencellen doorgroeien.



Figuur 2: Electronenmicroscopische opname van een appressorium (a) aan het uiteinde van een kiembuis die uit spore (c) groeit.

Voor de vorming van een netwerk van hyfen (mycelium) is veel energie nodig. In het blad vormen de hyfen daarvoor speciale structuren. Een hyfe dringt plaatselijk de plantencel binnen en vormt daar een soort ballonnetje, het haustorium. Met dit haustorium zuigt de ziekteverwekker de voedingsstoffen van de gastheer op voor eigen gebruik. Op deze manier kan *Phytophthora* steeds verder groeien ten koste van de plant.



Figuur 3: Microscopische opname van haustoria in bladcellen. De hyfe groeit tussen de bladcellen door. Dit is overigens niet P. infestans, maar een andere oömyceet (valse meeldauw in Arabidopsis thaliana).

Na enkele dagen bereiken de hyfen de onderzijde van het blad. Daar kunnen aan het uiteinde van de hyfen sporendragers (sporangioforen) gevormd worden, die door de huidmondjes naar buiten steken. Dit is het witte pluis dat aan de onderkant van de bladeren te zien is. De vorming van deze sporangioforen vindt alleen plaats als de relatieve luchtvochtigheid hoger is dan 90%. De optimale temperatuur voor de vorming ervan ligt tussen de 18 en 22 °C.

Opdracht 4

Bekijk en beschrijf de symptomen van een infectie met *Phytophthora infestans* bij aardappel. Kijk bijvoorbeeld op de website <http://www.plantenziektekunde.nl/aardappelziekte-symptomen> en op beeldenbank <https://www.beeldenbankgewasbescherming.nl/space/BEEL/9053996/Aardappelziekte+-+aardappel>.

Verdeel en heers

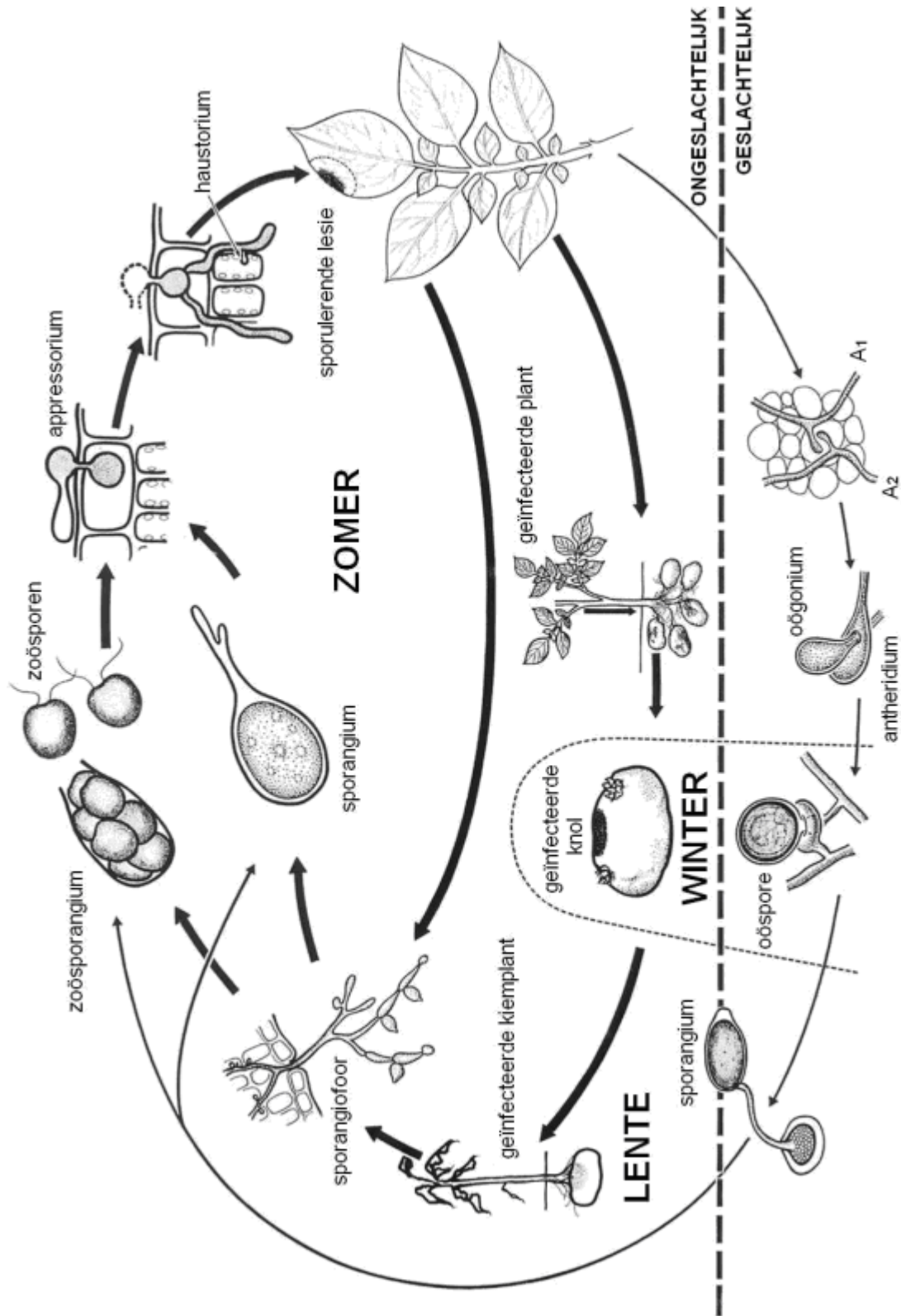
Aan het uiteinde van elke sporangiofoor ontstaan meerdere sporangia. Een sporangium is een sporenvormend orgaan, een soort sporendoosje. De sporangia kunnen door de wind verspreid worden tot wel tientallen kilometers ver. Bij regen spatten ze met het regenwater op bladeren en planten in de buurt. Of ze spoelen met de regen mee de grond in. Bij een temperatuur van 21-26°C kiemt een sporangium d.m.v. een kiembuis en vormt zo één nieuwe infectiebron. Maar onder vochtige omstandigheden en bij temperaturen onder 18°C (optimum 12°C) worden in een sporangium binnen enkele uren 6 tot 8 zoösporen gevormd. Deze zoösporen zijn herkenbaar aan de twee karakteristieke zweepdraden. Ook een zoöspore is in staat om met kiembuis en appressorium de plant te infecteren. Deze hele cyclus duurt in ons land 3 tot 5 dagen en kan zich in het groeiseizoen dus vele malen herhalen (zie ook het bovenste deel van figuur 4). Voor een filmpje van het vrijkomen van zoösporen van een andere *Phytophthora*-soort zie: <http://www.youtube.com/watch?v=rTo6UwnZiQg&feature=related>

Opdracht 5

Onder welke weersomstandigheden verspreidt de aardappelziekte zich het snelst en waarom?

Een hinderlaag

Maar hoe overwintert *Phytophthora*? Een uitgespoelde spore die in de grond terechtkomt kan daar een aardappelknol binnendringen en infecteren. Na de oogst kan zo'n besmette knol achterblijven in de grond. Of de knol wordt in de winter bewaard om in het voorjaar weer gepoot te worden. Tijdens deze bewaarperiode kan het mycelium, het netwerk van hyfen, zich rustig uitbreiden door de knol. Meestal verrot de knol dan helemaal. Als de knol maar heel weinig is aangetast kan er in het voorjaar toch een plantje uit groeien. Dan komt ook *Phytophthora* weer uit zijn hinderlaag tevoorschijn. Uit de besmette knol groeit een besmet plantje, dat weer een infectiebron vormt voor gezonde aardappelplanten.



Figuur 4: Levenscyclus van *Phytophthora infestans*.

Seks in de frontlinie

In de hierboven beschreven levenscyclus vindt vermeerdering van *Phytophthora* plaats door zogenaamde ongeslachtelijke voortplanting. *P. infestans* is een diploïd organisme en vormt diploïde sporen. Elke nakomeling is dus een kloon van het oorspronkelijke organisme. De enige manier om genetische variëteit te krijgen is door mutaties.

Maar *P. infestans* kan zich ook geslachtelijk voortplanten. Dit is weergegeven in figuur 4 (onder de stippellijn).

Voor deze geslachtelijke voortplanting zijn twee verschillende paringstypen van *Phytophthora* nodig: A1 en A2. Wanneer beide typen tegelijk in dezelfde plant groeien en de hyfen elkaar daar tegenkomen is er seks mogelijk. Hiervoor vormt *Phytophthora* twee soorten geslachtelijke haploïde structuren: oögonia en antheridia. Beide paringstypen kunnen beide structuren vormen, maar er kan alleen seks plaatsvinden tussen een anteridium en een oögonium van verschillende paringstypen. Het oögonium groeit vervolgens door het anteridium heen en beide versmelten. Zo ontstaat een nieuwe diploïde spore. Deze geslachtelijke spore heet oöspore. Een oöspore heeft een dikke celwand en kan drie tot vier jaar lang in de grond overleven en infectieus blijven. Dat betekent dat zo'n oöspore na vier jaar nog kan kiemen en een aardappelplant besmetten.

Wapenwedloop

Geslachtelijke voortplanting van *Phytophthora* levert een veel grotere variatie aan nakomelingen op dan ongeslachtelijke voortplanting. Dit kan in het voordeel van de parasiet werken in de strijd met de aardappelplant. Veel geteelde aardappelrassen zijn door veredeling namelijk (gedeeltelijk) resistent tegen *Phytophthora*. De parasiet probeert zich aan te passen en zo de resistentie van de plant te doorbreken. Aan de andere kant proberen plantenveredelaars steeds weer nieuwe resistentiegenen uit wilde aardappelplanten in te kruisen in onze aardappelrassen. Na verloop van tijd weet *Phytophthora* ook deze nieuwe resistentiegenen weer te omzeilen. Op deze manier is er een soort wapenwedloop aan de gang. Bij het selecteren van de gewenste eigenschappen in de jonge aardappelplantjes komt het "prenataal" testen dus goed van pas.

Opdracht 6

Leg uit waarom de combinatie van geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting door *Phytophthora* zo effectief is.

Bijlage 1: Illustratieverantwoording

- Figuur 1 Ohio State University (copyright);
<http://ohioline.osu.edu/hygfact/3000/3102.html>
(bezocht juli 2010).
- Figuur 2 Nature Reviews Microbiology 3, 47-58 (January 2005). The
spores of Phytophthora: weapons of the plant destroyer. Howard
S. Judelson & Flavio A. Blanco
[http://www.nature.com/nrmicro/journal/v3/n1/box/nrmicro1064_B
X1.htm](http://www.nature.com/nrmicro/journal/v3/n1/box/nrmicro1064_BX1.htm) (bezocht juli 2010).
Aanvraag toestemming gebruik:
<http://www.nature.com/reprints/permission-requests.html>
- Figuur 3 Emmanuel Boutet (CC-BY licentie) ;
[http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Hyaloperonospora-
parasitica_hyphae-haustoria.jpg](http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Hyaloperonospora-parasitica_hyphae-haustoria.jpg) (bezocht juli 2010).
- Figuur 4 Laboratorium voor Fytopathologie, Wageningen University;
(copyright: public domain).