

De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

DE STRIJD TEGEN DE AARDAPPELZIEKTE

Kunnen welzijn, milieu en winst samengaan?

Niet eens zo gek lang geleden kende ook Noordwest Europa een hongersnood. In 1845 zorgde de aardappelziekte *Phytophthora infestans* (een waterschimmel) jaren achter elkaar voor slechte aardappelopbrengsten. Vooral Ierland werd zwaar getroffen. Een deel van de bevolking stierf van de honger en ruim 1,5 miljoen Ieren emigreerden naar de Verenigde Staten om de honger te ontvluchten. Binnen enkele jaren was de Ierse bevolking gehalveerd.

Door zijn ramp is de interesse om gewassen tegen plantenziekten als *Phytophthora* te beschermen flink toegenomen.



WWW.WAGENINGENUNIVERSITEIT.NL



GEWASBESCHERMING

Ook nu is het elk gewasstoortstof tegen aardappelschorsrot en de aardappelziekte. *Phytophthora* kan op verschillende manieren bestreden worden:

1. **Preventieve maatregelen** (soortzuiver, goede bedrijfshygiëne)
2. **Rasselectie**, in bepaalde aardappelrassen de enigszins resistent zijn tegen *Phytophthora*.
3. **Chemische bestrijding**, dit is de meest algemene vorm van bestrijding.
4. **Mitigatie** van loof brand met *Phytophthora*. Dit voorkomt dat bemeste bladeren de knollen of andere planten infecteren.



PEOPLE, PLANET, PROFIT

Economische activiteiten worden vaak beoordeeld in het kader van People (mens), Planet (omgeving, milieu) en Profit (winstgevendheid). De drie P's geven een indicatie van de duurzaamheid van een economische activiteit. Dit kan ook van toepassing zijn op de *Phytophthora* bestrijding (zie figuur hiernaast).

De huidige bestrijding is verre van ideaal. Chemische bestrijding stelt bovendien bloot aan bestrijdingsmiddelen (Planet), belast het oppervlaktewater (Planet) en is erg duur (Profit). Bij het afbranden van loof brand met *Phytophthora* komen geen bestrijdingsmiddelen vrij, maar geeft een hoge CO₂ uitstoot (Planet) en vermindert een deel van de potentiële opbrengst (Profit).



KUNNEN WILDE AARDAPPELEN EN GENETISCHE MODIFICATIE EEN OPLOSSING BIEDEN?

De sleutel voor een duurzame oplossing voor de *Phytophthora* bestrijding ligt wellicht in Latijns-Amerika. Daar groeien wilde aardappelsorten die resistent zijn tegen *Phytophthora*. Wageningen onderzoekers zijn nu bezig om deze resistente eigenschappen uit de wilde varianten over te brengen naar onze gecultiveerde aardappel. Via genetische modificatie kunnen meerdere resistentiegenen tegelijkertijd in de gecultiveerde aardappel worden gebracht. In dit geval kan genetische modificatie bijdragen aan een duurzame landbouw.





WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN UR



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Inleiding

Niet eens zo gek lang geleden kende ook Noordwest Europa nog hongersnood. Rond 1845 zorgde de aardappelziekte *Phytophthora infestans* jaren achtereen voor slechte aardappeloogsten. Vooral Ierland werd zwaar getroffen. Een deel van de bevolking stierf van de honger en ruim 1,5 miljoen Ieren emigreerden naar de Verenigde Staten om de honger te ontvluchten. Binnen enkele jaren was de Ierse bevolking gehalveerd!

Je kunt je voorstellen dat door zo'n ramp de interesse om gewassen tegen plantenziekten als *Phytophthora* te beschermen sterk is toegenomen.

Ook nu nog is het elke zomer 'strijd' tussen de boeren en deze ziekte. In deze lesbrief zal er meer over de biologie van de aardappelziekte uitgelegd worden, hoe de strijd tussen boeren en de ziekte verloopt, en ook hoe onderzoek de boeren hierbij helpt.

Doel

Na het lezen van deze lesbrief zal je over de volgende onderwerpen meer te weten gekomen zijn: het belang van gewasbescherming, de biologie van *Phytophthora*, en het biologisch voordeel van geslachtelijke voortplanting. Verder ben je in staat om op basis van de opgedane kennis een mening te vormen over de voor- en nadelen van verschillende bestrijdingsmethodes van *Phytophthora* en van het gebruik van genetische modificatie ten behoeve van de gewasbescherming in het licht van begrippen als duurzaamheid en People, Planet en Profit.

Theorie

Phytophthora: een waterschimmel

Uiterlijk lijkt *Phytophthora* op een schimmel, maar dat is het niet. *Phytophthora* is een zogenaamde waterschimmel. Deze groep van organismen lijkt op schimmels, maar hebben ook wat weg van algen. Waterschimmels hebben een celwand die van ander materiaal is opgebouwd dan die van schimmels, zijn diploïd en hun sporen kunnen 'zwemmen' met een zweepstaart.

Levenscyclus

Phytophthora kan zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk voortplanten. Hieronder wordt de ongeslachtelijke levenscyclus beschreven. Verderop in deze lesbrief zal er meer worden uitgelegd over de geslachtelijke voortplanting.

Phytophthora sporen verspreiden zich door de lucht. Wanneer een spore op het aardappelblad terechtkomt, dringt een kiembuis het blad binnen. Eenmaal binnen vertakt de kiembuis zich en neemt voedingsstoffen uit de cellen op. De kiembuis groeit en de vertakkingen tasten steeds meer cellen aan. Uiteindelijk komen er aan de onderkant van het blad, vanuit de huidmondjes, sporendragers. Deze sporendragers staan dwars op het blad, zodat de wind vat kan krijgen op de sporen. De sporen waaien weg en kunnen een nieuwe besmetting veroorzaken. Sporen kunnen ook met het regenwater de grond in spoelen en de knol aantasten. De aardappelknol wordt dan langzamerhand bruin, begint te rotten en flink te stinken, en is dan natuurlijk onverkoopbaar. Het hele proces van kieming tot verspreiding van nieuwe sporen en aantastingen kan zich bij vochtig weer binnen 4 dagen afspelen. Als de omstandigheden optimaal zijn voor de ziekte kan het een veld aardappelen binnen 2 tot 3 weken verwoesten.



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

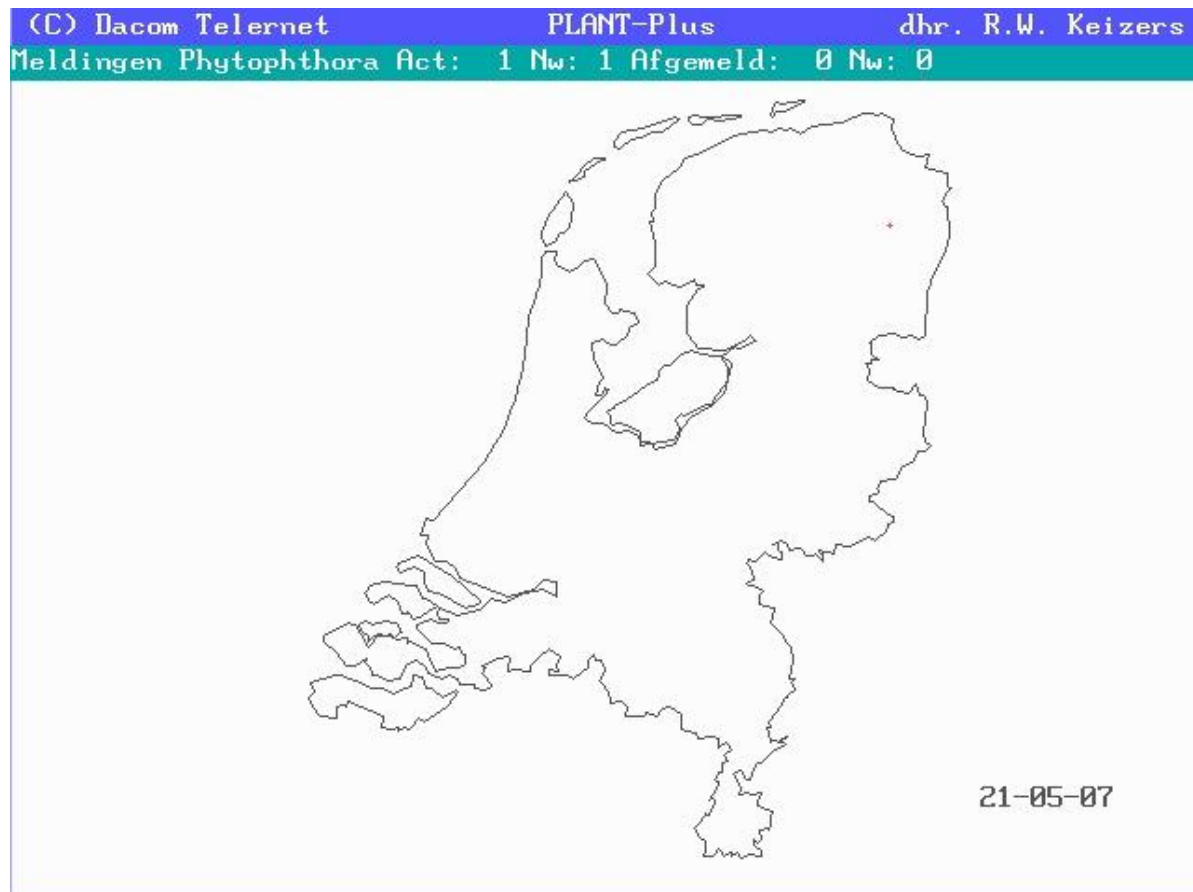
Verspreiding van *Phytophthora*

Het Nederlandse klimaat is heel geschikt voor de aardappelziekte:

Dagdeel	Weersomstandigheden	Voordeel voor de schimmel
's avonds/ 's nachts	Hoge luchtvochtigheid (veel dauw)	Sporen kunnen kiemen en het blad binnendringen
's ochtends	Opklaringen en wat wind	<i>Phytophthora</i> kan zich goed ontwikkelen en nieuwe sporen vormen. Door droging en de wind kunnen de sporen wegwaaien en op een nieuw(e) plant/blad terecht komen
's middags	Lichte regen	Door de regen worden de bladeren weer vochtig en kunnen sporen zich verplaatsen over het blad of de plant.

Dit weertype komt vaak voor in Nederland.

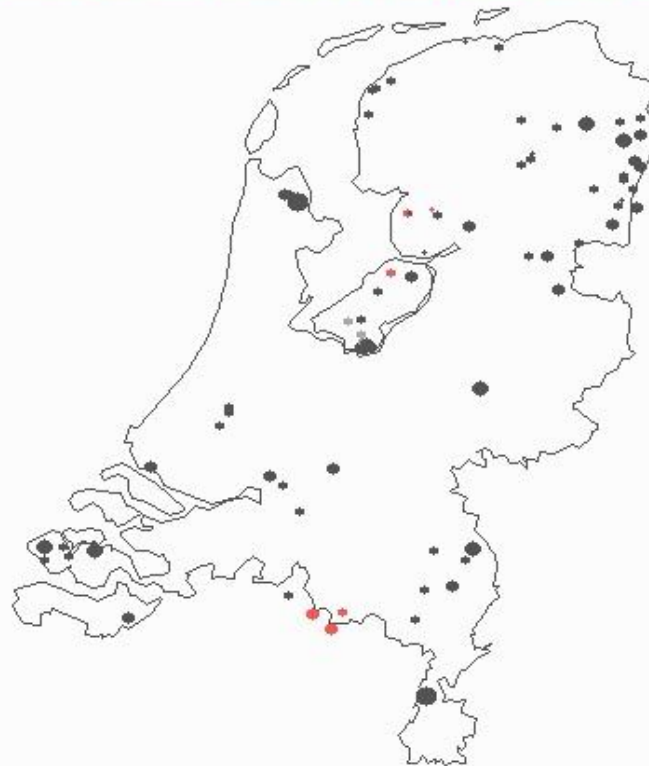
Hoe snel de ziekte zich kan verspreiden, is op de volgende plaatjes te zien. De plaatjes geven het aantal *Phytophthora* besmettingen weer op 21 mei, 12 juni en 27 juni in het jaar 2007 (Bron plaatjes: DACOM PLANT Service, Emmen, Nederland).



De strijd tegen de aardappelziekte

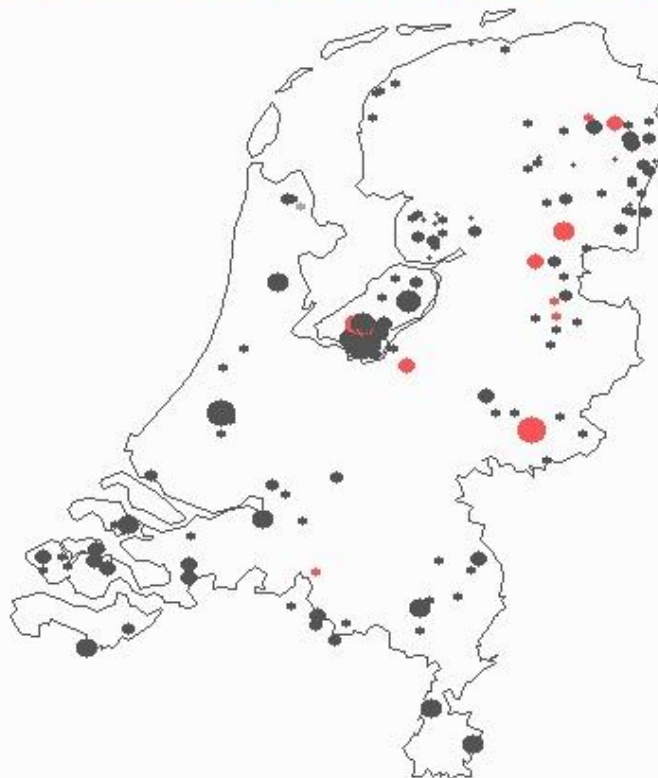
-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

(C) Dacom Telernet PLANT-Plus dhr. R.W. Keizers
Meldingen Phytophthora Act: 76 Nw: 7 Afgemeld: 3 Nw: 0



12-06-07

(C) Dacom Telernet PLANT-Plus dhr. R.W. Keizers
Meldingen Phytophthora Act:150 Nw:11 Afgemeld: 4 Nw: 0



27-06-07



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

De ziekte is dus in staat om enkele besmettingsbronnen binnen een aantal weken het hele land te infecteren.

Bestrijding van Phytophthora

Aardappeltelers zijn het hele seizoen hard aan het werk om te voorkomen dat de ziekte hun aardappelen infecteert. Hiervoor gebruiken ze verschillende methodes:

1. Preventieve maatregelen, zoals gewasrotatie en goede bedrijfshygiëne
2. Rassenkeus: er bestaan aardappelrassen die enigszins resistent zijn tegen *Phytophthora*.
3. Chemische bestrijding: dit is de meest algemene vorm van *Phytophthora* bestrijding.
4. Afbranden van loof besmet met *Phytophthora*. Dit voorkomt dat besmette bladeren de knollen of andere planten infecteren

Preventieve maatregelen verminderen de kans dat *Phytophthora* het gewas besmet raakt, maar zijn weinig effectief als het gewas eenmaal besmet is. Hoewel het ene aardappelras beter tegen *Phytophthora* kan dan het andere, zijn er nog geen goede resistente aardappelrassen beschikbaar. Verderop in deze lesbrief kun je hier meer over lezen.

Het spuiten van bestrijdingsmiddelen is daarom de voornaamste methode die gebruikt wordt om *Phytophthora* in aardappels te bestrijden. Deze methode is effectief, maar is wel verantwoordelijk voor de helft van het totale bestrijdingsmiddelengebruik in Nederland. Gedurende het groeiseizoen spuit een teler bijna wekelijks tegen *Phytophthora* (15 tot 20 keer in totaal) om infectie te voorkomen. Dit vergt een grote inspanning van tijd, machines en geld.

Ook het afbranden van loof is geen ideale oplossing. Bij deze laatstgenoemde oplossing komen er geen chemicaliën in het milieu terecht, maar afbranden kost veel energie en geeft een behoorlijke uitstoot van CO₂. Bovendien gaat een deel van de mogelijke oogst verloren bij het branden, omdat de aardappelplant na het branden ophoudt met groeien. Dit afbranden wordt vooral gedaan in de biologische landbouw waar het gebruik van bestrijdingsmiddelen verboden is.

People, Profit, Planet

Tegenwoordig worden veel economische activiteiten beoordeeld in het kader van People (mensen), Planet (omgeving, milieu) en Profit (winstgevendheid). Idealiter zijn de drie P's van een economische activiteit in balans. Een bedrijf dat alleen naar de winstgevendheid kijkt, maar zijn werknemers en het milieu verwaarloost, zal het op lange termijn niet redden en is dus niet duurzaam. Een bedrijf dat geen winst maakt en alleen aandacht heeft voor het welzijn van mensen en het milieu is ook niet duurzaam. Aan de hand van de drie P's kan de duurzaamheid van een economische activiteit beoordeeld worden. Dit kan ook van toepassing zijn op de *Phytophthora* bestrijding.

Als er bijvoorbeeld geen chemische middelen tegen *Phytophthora* gebruikt worden, geeft dat grote opbrengstverliezen (Profit). Hierdoor komt de voedselvoorziening voor de bevolking (People) in gevaar. Echter, het toedienen van chemische middelen belast het oppervlaktewater (Planet) en stelt boeren bloot aan bestrijdingsmiddelen (People).

Geslachtelijke voortplanting van Phytophthora

Naast de eerder beschreven ongeslachtelijke voortplanting (zie de paragraaf Levenscyclus) kan *Phytophthora* zich ook geslachtelijk voortplanten. Hiervoor zijn twee paringtypes van de ziekte nodig, namelijk de types A₁ en A₂. Voor 1980 was alleen type A₁ in Europa aanwezig en kon *Phytophthora* zich enkel ongeslachtelijk voortplanten. Maar door de komst van type A₂ uit Mexico in de jaren '80 werd geslachtelijke voortplanting mogelijk.

Deze geslachtelijke voortplanting heeft de bestrijding van *Phytophthora* fors bemoeilijkt. Aan de ene kant is de aardappelziekte in staat om de ziekteresistentie van de aardappel steeds sneller te doorbreken en aan de andere kant kan de ziekte zich ook aanpassen aan de chemische middelen. Er ontstaat dus een resistentie van *Phytophthora* tegen de gewasbeschermingsmiddelen en tegen de voorheen resistente aardappelrassen.



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Kunnen wilde aardappelen een oplossing bieden?

De sleutel voor een duurzame oplossing voor *Phytophthora* ligt wellicht in het Andesgebergte van Latijns Amerika. Daar groeien wilde aardappelsorten die resistent zijn tegen *Phytophthora*. Wageningse onderzoekers zijn nu bezig om deze resistentie eigenschappen uit de wilde aardappel over te brengen naar onze gecultiveerde aardappel. In het verleden is dit al gedaan door de wilde aardappel te kruisen met onze gecultiveerde aardappel. Een groot nadeel van de klassieke kruisingen is dat de vele ongewenste eigenschappen van de wilde aardappel ook meekomen, zoals kleine knollen, een lage opbrengst en een bittere smaak. Daarom moeten de nakomelingen van de kruisingen opnieuw met gecultiveerde aardappelrassen gekruist worden om een aardappel te krijgen die voldoet aan de eisen van de consument en de industrie. Het kost zo tientallen jaren om tot een bruikbaar ras te komen. Als daarna de resistentie doorbroken wordt (denk aan de geslachtelijke voortplanting), dan eindigt de veredelaar met lege handen.

Genetische modificatie

Met genetische modificatie zijn sommige nadelen van klassieke kruisingen te vermijden. Genetische modificatie is het gericht veranderen van de erfelijke eigenschappen van een plant, dier of micro-organisme, op een andere wijze dan via de (a)seksuele vermeerdering zoals we die in de natuur vinden. Deze techniek wordt al veel gebruikt. Zo worden genetisch gemodificeerde bacteriën gekweekt in reactorvaten voor de productie van medicijnen en enzymen. Ook planten kunnen genetisch gemodificeerd worden. Aan planten kunnen nieuwe eigenschappen gegeven worden, zoals resistentie tegen ziekten, plagen en onkruidverdelgers. In Nederland staan nu nog geen genetisch gemodificeerde gewassen op de akkers, behalve op proefvelden. Elders in de wereld - in Noord en Zuid Amerika, Zuid Afrika, China en India - worden al op grote schaal genetisch gemodificeerde gewassen verbouwd.

In wilde verwanten van de aardappel hebben onderzoekers diverse resistentiegenen gevonden. Met genetische modificatie kunnen deze genen direct in onze gecultiveerde aardappel gebracht worden, zonder de ongewenste eigenschappen van de wilde aardappels. In vergelijking met klassieke kruisingen levert genetische modificatie dus tijdswinst op. Bovendien kunnen met genetische modificatie diverse resistentiegenen tegelijkertijd in de gecultiveerde aardappel gebracht worden. Dit lukt niet met klassieke kruisingen. Als een aardappelras een serie resistentiegenen heeft met diverse mechanismen om de ziekte te voorkomen, wordt de kans dat *Phytophthora* de ziekteresistentie doorbreekt sterk verkleind. De samenstelling van dit 'pakketje' resistentiegenen kan bovendien van tijd tot tijd worden aangepast, afhankelijk van hoe *Phytophthora* zich via geslachtelijke voortplanting ontwikkelt. Dit is te vergelijken met het griepvaccin, dat jaarlijks wordt aangepast om de veranderende griepvirussen de baas te blijven.

Genetische modificatie is niet onomstreden

In Nederland en elders in Europa is er een stevige maatschappelijke discussie gaande over genetische modificatie. Om verschillende redenen zijn mensen voor of tegen genetische modificatie. Bezwaren tegen genetische modificatie kunnen beginsel-ethisch of gevolg-ethisch van aard zijn.

Beginsel-ethische bezwaren zijn principieel van aard. Mensen zijn bijvoorbeeld tegen genetische modificatie omdat dit beschouwd wordt als 'tegennatuurlijk' en daarom slecht voor mens, dier en milieu. Ook religieuze mensen zijn soms tegen genetische modificatie, omdat dit niet de bedoeling was van de schepping van God.

Gevolg-ethische bezwaren richten zich op de gevolgen van genetische modificatie en niet op de techniek zelf. De bezwaren in deze categorie zijn zeer uiteenlopend. Genetisch gemodificeerde gewassen op akkers kunnen bijvoorbeeld zich verder in het milieu verspreiden en daar de inheemse soorten verdringen. Ook verwachten sommigen dat er juist meer pesticiden gebruikt worden in genetische gemodificeerde gewassen. Anderen zijn bang dat er monoculturen van genetisch gemodificeerde gewassen zullen ontstaan, zodat er minder biodiversiteit op de akkers is. Ook vrezen mensen voor een verandering van de machtsverdeling tussen boeren en zaadleveranciers. De zaadleveranciers beschermen de nieuwe genetische gemodificeerde rassen vaak met patenten, zodat de zaden te duur kunnen worden voor kleine boeren in ontwikkelingslanden. Biologische boeren zijn bang dat hun gewassen vervuild raken met genen uit genetisch gemodificeerde gewassen. Hierdoor kan een biologische boer zijn producten moeilijker of



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

niet meer verkopen. Biologische gewassen mogen maar een hele beperkte hoeveelheid ggo's mogen bevatten.

Voorstanders van genetische modificatie denken echter dat genetische modificatie, mits veilig en verstandig toegepast, kan bijdragen aan een duurzamere landbouw die minder bestrijdingsmiddelen gebruikt, hogere opbrengsten geeft en gezondere producten produceert.

De voor- en nadelen van genetische modificatie kunnen eigenlijk slechts van geval tot geval beoordeeld worden. Een genetisch gemodificeerde aardappel met resistentie tegen *Phytophthora* biedt kansen om het pesticide gebruik in Nederland fors te laten dalen. De kans dat een genetisch gemodificeerde aardappel in Nederlandse natuurgebieden terechtkomt en daar overleeft is miniem. Bovendien zijn er geen wilde verwanten van de aardappel in Nederland waarmee de aardappel kan uitkruisen. Anderzijds is het wel mogelijk dat genetisch gemodificeerde aardappelen per ongeluk op de akker van een biologische boer belanden, bijvoorbeeld via stuifmeel of door een fout van de pootgoedleverancier. Het is dan belangrijk dat er goede afspraken gemaakt worden wie in dit geval verantwoordelijk is als de biologische boer minder geld voor zijn producten krijgt. Aan jullie straks de vraag om de voor- en nadelen van een *Phytophthora* -resistente genetisch gemodificeerde aardappel tegen elkaar af te wegen in het kader van People, Planet, Profit.

Vragen en opdrachten

Vragen

1. Wat is het nut van geslachtelijke voortplanting in de biologie? Waarom doen bijna alle organismen op aarde aan genenuitwisseling? Waarom heeft geslachtelijke voortplanting van *Phytophthora* de bestrijding ervan bemoeilijkt?
2. Hoe kan de wilde aardappel helpen bij de bestrijding van *Phytophthora*? Wat zijn de nadelen van kruisingen tussen de wilde aardappelsoorten en de gecultiveerde aardappelrassen?
3. Wat is genetische modificatie? Noem enkele toepassingen.

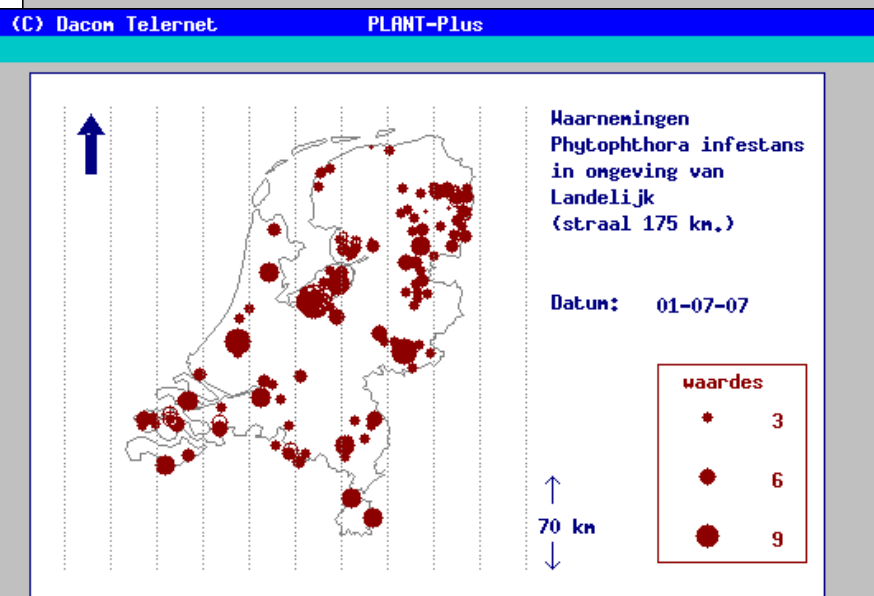
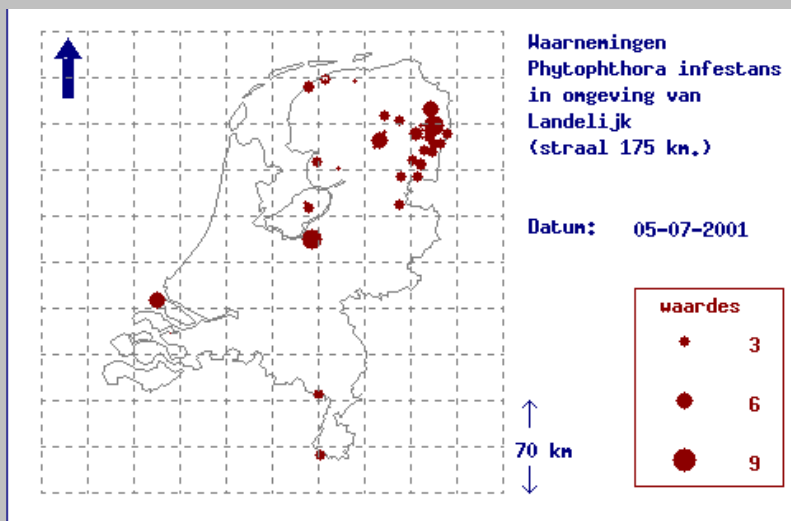
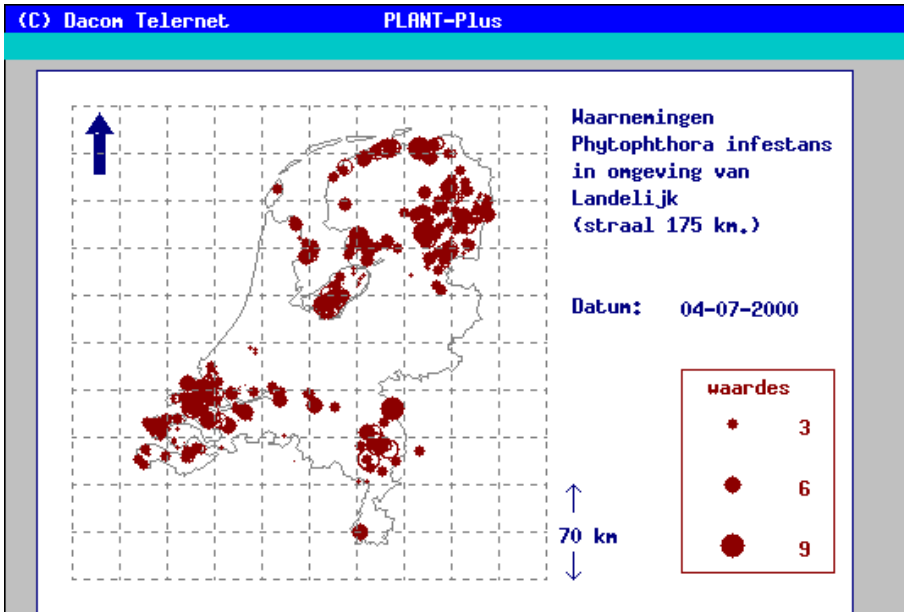


De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Opdracht 1

In onderstaande plaatjes zie je de *Phytophthora* verspreiding in begin juli in 2000, 2001 en 2007.
(Bron plaatjes: DACOM PLANT Service, Emmen, Nederland)



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

In de volgende tabel is de gemiddelde neerslag en temperatuur van mei, juni en juli in 2000, 2001 en 2007 te zien.

	Neerslag (mm)			Temperatuur		
	2000	2001	2007	2000	2001	2007
Mei	85	29	138	10.0	8.3	14.1
Juni	60	54	90	14.7	14.1	17.5
Juli	99	87	161	16.0	15.2	17.0

Probeer aan de hand van deze informatie de volgende vragen te maken.

1. In welke jaren is de verspreiding van *Phytophthora* het snelst gegaan?
2. Is er een verband tussen de gemiddelde maandelijkse neerslag en temperatuur in mei-juli en de verspreiding van *Phytophthora*? Zo ja, welke weeromstandigheden lijken de verspreiding van *Phytophthora* te bevorderen?



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Opdracht 2

In de tekst zijn er verschillende methoden genoemd die ingezet kunnen worden tegen *Phytophthora*: chemische bestrijding, rassenkeuze en het afbranden van het loof. Geef argumenten voor en tegen het gebruik van deze verschillende methodes in termen van People, Planet, Profit. Vul onderstaand schema verder in.

	People	Planet	Profit
Chemische bestrijding	<ul style="list-style-type: none"> + Effectieve bestrijding, geeft voedselzekerheid voor mensen - Residuen van bestrijdingsmiddelen blijven mogelijk achter op de aardappels - Blootstelling aan bestrijdingsmiddelen kan nadelig zijn voor de gezondheid van de boer 	Etc.	
Rassenkeuze			<ul style="list-style-type: none"> - Nog geen volledig resistente rassen beschikbaar, dus een deel van de oogst gaat verloren zonder aanvullende maatregelen
Afbranden van loof			<ul style="list-style-type: none"> - Afbranden van loof vraagt veel energie en energie is duur - Een groot deel van de mogelijke oogst gaat verloren, omdat de aardappel na het branden stopt met groeien



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Opdracht 3

Een genetisch gemodificeerde aardappel die resistent is tegen *Phytophthora* komt wellicht in de (nabije) toekomst beschikbaar voor aardappeltelers in Nederland. Bediscussieer in de klas of dit een goede ontwikkeling is. Denk hierbij aan het volgende:

- Welke voordelen levert een *Phytophthora* resistente aardappel op in vergelijking met de huidige bestrijdingsmethodes?
- Een genetisch gemodificeerde aardappel met genen van wilde verwanten zou ook via natuurlijke kruisingen geproduceerd kunnen worden, al kost dit tientallen jaren. Andere genetische gemodificeerde gewassen, bijvoorbeeld een katoenplant met een bacteriegen, kunnen nooit verkregen worden met natuurlijke kruisingen. Is dit verschil van belang voor de beginsel-ethische (princiële) bezwaren die er leven tegen genetische modificatie?
- In hoeverre zijn de gevolg-ethische (praktische) bezwaren die er leven tegen genetische modificatie van toepassing op een *Phytophthora* resistente aardappel?
- Zou je zelf genetische gemodificeerde aardappelen kopen in de winkel als er minder bestrijdingsmiddelen gebruikt zijn bij de productie dan voor niet-gemodificeerde aardappels?

Oriëntatie op vervolgonderwijs

Het onderwerp van deze lesmodule kom je ook tegen bij de volgende opleidingen van Wageningen University:

- BSc Plantenwetenschappen
- BSc Biologie
- MSc Plant Biotechnology

Kijk voor meer informatie op www.wageningenuniversity.nl/bsc.



Voor de docent

Inleiding

Deze lesbrief die hier voor u ligt bevat informatie over het onderwerp *Phytophthora infestans*. Er wordt uitgelegd hoe de voortplanting en verspreiding van deze ziekte plaatsvindt en welke invloed het heeft op de Nederlandse aardappelteelt en hoe de bestrijding van de ziekte beoordeeld kan worden in termen van People, Planet en Profit. Als laatste worden de mogelijkheden van genetische modificatie aangehaald en welke oplossing dit kan bieden in de strijd tegen *Phytophthora*. De lesbrief is uitstekend te gebruiken in de lessen waarin onderwerpen als geslachtelijke voortplanting, genetische modificatie of plantenziektes naar voren komen. Aan de hand van deze lesbrief kunnen de leerlingen op basis van de dagelijkse praktijk in de aardappelteelt en het onderzoek bovenstaande onderwerpen tot zich nemen.

Aanvragen lesposter: <http://www.mijnwageningenuniversiteit.nl/docenten/poster/>.

Uitvoering

Het is de bedoeling dat de onderdelen van de lesbrief in één lesuur besproken kunnen worden. Allereerst kan de lesbrief aan de leerlingen uitgedeeld worden, zodat ze vervolgens met de vragen en opdracht 1 aan de gang kunnen gaan.

Wanneer deze zijn uitgevoerd kan er in het laatste gedeelte van de les aan opdracht 2 gewerkt worden. Opdracht 3 kan in kleine groepjes of klassikaal worden uitgevoerd.

Resultaten

Als de leerlingen de lesbrief hebben doorgewerkt, moeten de volgende resultaten behaald zijn:

1. De leerlingen kunnen verklaren wat het belang is van gewasbescherming.
2. De leerlingen hebben geleerd over de biologie van *Phytophthora*.
3. De leerlingen kunnen beargumenteren wat het belang is van geslachtelijke voortplanting in de natuur en voor *Phytophthora* specifiek.
4. De leerlingen kunnen beredeneren welke mogelijkheden genetische modificatie biedt in de strijd tegen *Phytophthora*.
5. De leerlingen zijn in staat om een mening te vormen over genetische modificatie op basis van de voor- en nadelen die voortkomen uit de toepassing hiervan.



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Uitwerking van de vragen

1. *Wat is het nut van geslachtelijke voortplanting in de biologie? Waarom doen bijna alle organismen op aarde aan genenuitwisseling? Waarom heeft geslachtelijke voortplanting van *Phytophthora* de bestrijding ervan bemoeilijkt?*

Door geslachtelijke voortplanting vindt er genenuitwisseling plaats. Hierdoor ontstaat variatie in genotype en fenotype binnen de populatie. Gevarieerde populaties zijn beter in staat zich aan te passen aan veranderingen in het milieu. Door de geslachtelijke voortplanting is *Phytophthora* in staat om zich aan te passen aan zowel de chemische middelen, als wel aan de resistentiemechanismen van de aardappelplant. De ziekte kan dus immuun worden voor de chemische middelen en de resistentie van de aardappelplant doorbreken.

2. *Hoe kan de wilde aardappel helpen bij de bestrijding van *Phytophthora*? Wat zijn de nadelen van kruisingen tussen de wilde aardappelsoorten en de gecultiveerde aardappelrassen?*

Verwanten van de wilde aardappel zijn in hoge mate resistent tegen *Phytophthora* dankzij een reeks aan resistentiegenen. Als diverse resistentiegenen in de gecultiveerde aardappel overgebracht kunnen worden, kan de gecultiveerde aardappel duurzaam resistent tegen *Phytophthora* worden.

De nakomelingen van klassieke kruisingen tussen aardappel en wilde verwanten hebben vaak veel ongewenste 'wilde' eigenschappen zoals lelijke, bittere knollen en een lage opbrengst. Om deze eigenschappen te verwijderen moet er teruggekruist worden met de gecultiveerde aardappel. Dit kan tientallen jaren in beslag nemen. Bovendien is het moeilijk om met klassieke veredeling meerdere resistentiegenen uit verschillende wilde planten in korte tijd over te brengen, terwijl juist meerdere resistentiegenen nodig zijn om te voorkomen dat *Phytophthora* de resistentie makkelijk doorbreekt.

3. *Wat is genetische modificatie? Noem enkele toepassingen.*

Genetische modificatie is het gericht veranderen van de erfelijke eigenschappen van een plant, dier of micro-organisme, op een andere wijze dan via de (a)seksuele vermeerdering zoals we die in de natuur vinden. In de farmaceutische industrie worden volop genetisch gemodificeerde bacteriën ingezet. Deze bacteriën zijn zodanig aangepast dat ze stoffen afscheiden die gebruikt worden bij de fabricage van medicijnen. Daarnaast zijn ook gewassen die, via genetische modificatie, resistent gemaakt zijn tegen ziekten en plagen of onkruidbestrijdingsmiddelen.

Uitwerking van de opdrachten

*Opdracht 1: Vergelijken weersgegevens en verspreiding *Phytophthora**

In deze opdracht zijn er 3 kaartjes van de *Phytophthora* verspreiding van dat moment weergegeven. Uit de kaartjes valt op te maken dat er in de jaren 2000 en 2007 meer waarnemingen waren van *Phytophthora* dan in het jaar 2001. Dit betekent dat er in de maanden mei en juni al een behoorlijke verspreiding van de ziekte heeft plaatsgevonden. Ook zijn de weersgegevens van de betreffende jaren weergegeven. Daaruit valt op te maken dat vooral in de jaren 2000 en 2007 veel meer regen is gevallen dan in het jaar 2001. In combinatie met de wat hogere temperaturen in 2000 en 2007 is er een sterke vermeerdering geweest via zoösporen. Door de regen in de jaren 2000 en 2007 bleven de bladeren lang nat en konden de zoösporen zich in het water voortbewegen en nieuwe bladeren of de aardappelknollen infecteren.



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Opdracht 2: Beoordeling van de bestrijdingsmethodes aan de hand van de drie P's

Het schema kan als volgt ingevuld worden:

	People	Planet	Profit
Chemische bestrijding	<ul style="list-style-type: none"> + Effectieve bestrijding, geeft voedselzekerheid voor mensen - Residuen van bestrijdingsmiddelen blijven mogelijk achter op de aardappels - Blootstelling aan bestrijdingsmiddelen kan nadelig zijn voor de gezondheid van de boer 	<ul style="list-style-type: none"> - Grote belasting van het oppervlaktewater door bestrijdingsmiddelen - De productie en toediening van bestrijdingsmiddelen kost energie en geeft CO₂ uitstoot 	<ul style="list-style-type: none"> + De effectieve chemische bestrijding zorgt voor een hoge oogst - Bestrijdingsmiddelen en de toediening ervan zijn duur
Rassenkeuze	<ul style="list-style-type: none"> + Geen residuen van bestrijdingsmiddelen op de aardappel 	<ul style="list-style-type: none"> + Geen vervuiling van het milieu met pesticiden of door CO₂ uitstoot 	<ul style="list-style-type: none"> - Nog geen volledig resistente rassen beschikbaar, dus een deel van de oogst gaat verloren zonder aanvullende maatregelen
Afbranden van loof	<ul style="list-style-type: none"> + Geen residuen van bestrijdingsmiddelen op de aardappel - Lage opbrengst na het branden geeft weinig voedselzekerheid 	<ul style="list-style-type: none"> - Afbranden van loof vraagt veel energie en hierbij komt veel CO₂ bij vrij + Geen vervuiling van het milieu met bestrijdingsmiddelen 	<ul style="list-style-type: none"> - Afbranden van loof vraagt veel energie en energie is duur - Een groot deel van de mogelijke oogst gaat verloren, omdat de aardappel na het branden stopt met groeien



De strijd tegen de aardappelziekte

-Vragen en opdrachten bij de lesposter-

Opdracht 3: Genetische modificatie

Het grote voordeel van een *Phytophthora* resistente aardappel verkregen via genetische modificatie is dat het gebruik van bestrijdingsmiddelen bij de teelt van aardappels fors omlaag kan. Dit spaart kosten en het milieu, vooral het oppervlaktewater, en vermindert ook de blootstelling van boeren aan bestrijdingsmiddelen. Elders in de wereld, waar de kennis en vaardigheden ten behoeve van de *Phytophthora* bestrijding niet zo goed zijn als in Nederland, kan zo'n *Phytophthora* resistente aardappel een hogere en stabielere oogst geven. Verder kan een in Nederland ontwikkelde resistente aardappel de Nederlandse aardappelpootgoed sector een flinke stimulans geven en ervoor zorgen dat Nederland haar leidinggevende positie als aardappelpootgoed producent kan behouden.

Mensen die beginsel-ethische bezwaren hebben tegen genetische modificatie beschouwen genetisch gemodificeerde gewassen die in principe ook via natuurlijke kruisingen tot stand kunnen komen vaak als minder 'onnatuurlijk' dan genetische modificatie waarbij de soortgrenzen overschreden worden. Een genetisch gemodificeerde aardappel met genen uit wilde verwanten is dus acceptabeler voor velen dan bijvoorbeeld een katoen plant met een gen uit een bacterie.

De praktische nadelen van een genetisch gemodificeerde aardappel in Nederland zijn vooral gerelateerd aan de risico's van vermenging op het land of in de handel. Hierdoor kan de keuzevrijheid van boeren en consumenten om al dan niet genetisch gemodificeerde gewassen te planten of te consumeren in gevaar komen. Gezondheidsrisico's als gevolg van het eten van producten van genetisch gemodificeerde planten zijn niet aan het licht gekomen in de afgelopen 15 jaar dat er dergelijke gewassen commercieel verbouwd worden. Gegeven de uitgebreide wetenschappelijke toetsen die gedaan worden voordat een genetisch gemodificeerd gewas op de markt komt, is dit risico verwaarloosbaar klein. De gebrekkige acceptatie van genetisch gemodificeerde producten door de Europese consument houdt wel een economisch risico in voor de producenten van genetisch gemodificeerde producten. Geen enkel bedrijf in de voedselketen wil met onverkoopbare producten zitten of het doelwit worden van acties van organisaties die tegen genetische modificatie campagne voeren.

