



Lofar Agro

Gewasmonitoring en microklimaatmodellering ten behoeve van plaats specifieke beheersing van *Phytophthora infestans*

Microklimaat en Phytophthora infectierisico's

G.J.T. Kessel





Lofar Agro

Gewasmonitoring en microklimaatmodellering ten behoeve van
plaats specifieke beheersing van *Phytophthora infestans*

Microklimaat en Phytophthora infectierisico's

G.J.T. Kessel

© 2009 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 – 48 60 01
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Data en dataverwerking	5
2.2 Berekening van infectierisico's	5
3. Resultaten	7
3.1 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	7
3.1.1 Metingen in het eigen gewas versus een gewas op afstand	7
3.1.2 Metingen in het eigen gewas op 2m en half hoog in het gewas	8
3.2 Infectierisico's	9
3.2.1 T en RH gemeten in een buurgewas versus het eigen gewas	9
3.2.2 T en RH gemeten op 2m en half hoog in het eigen gewas	10
3.2.3 Infectierisico's gebaseerd op RH of bladnat	11
3.2.4 Infectierisico's per gewaslaag gebaseerd op bladnat data	12
3.2.5 Infectierisico's en gewasstructuur	13
4 Discussie en Conclusies	15
Literatuur	17

Samenvatting

In de zomer van 2008 is het microklimaat in aardappel op twee plaatsen in Nederland zeer gedetailleerd gemeten. Deze meetsessies hebben unieke datasets opgeleverd m.b.t. het microklimaat in een aardappelgewas en de invloed daarop van de hoeveelheid loofmassa, de plaats en de hoogte in het gewas.

Spuitwaarschuwingen voor Phytophthorabeheersing zijn gebaseerd op een berekend infectierisico voor het gewas. Momenteel wordt dit berekend voor afzonderlijke gewassen gebaseerd op gemeten weerdata, veelal binnen 10 km van het doelgewas en een regionale weersvoorspelling.

De resultaten van dit project laten zien dat met name de hoeveelheid vocht binnen het gewas ook sterke lokale invloeden heeft waardoor de infectierisico's voor Phytophthora dus sterk kunnen verschillen tussen plaatsen en bladlagen binnen hetzelfde gewas.

Het lokaal meten van, bij voorkeur, bladnat verdient dus de voorkeur als infectierisico's zo accuraat mogelijk berekend moeten worden. De toepassing van metingen en berekeningen met een dergelijke hoge ruimtelijke resolutie moeten gezocht worden binnen de precisielandbouw en kunnen daar ingezet worden om zeer accuraat en plaats specifiek Phytophthora te beheersen met een minimale hoeveelheid fungiciden.

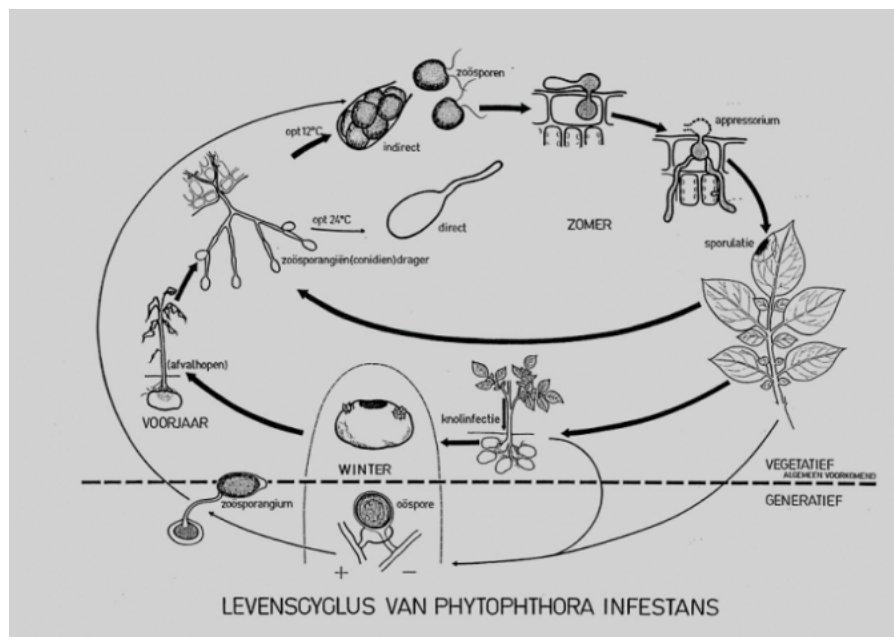
1. Inleiding

De aardappelziekte, veroorzaakt door de oomyceet *Phytophthora infestans* is een van de meest gevreesde ziektes van aardappel op wereldschaal (Hooker, 1981). *P. infestans* infecteert bladeren en stengels waardoor de productiecapaciteit (fotosynthese) van het gewas verminderd wordt wat tot opbrengstreductie leidt. Daarnaast infecteert *P. infestans* ook de knollen wat tot additioneel kwalitatief en kwantitatief opbrengstverlies leidt.

In het verleden zijn de jaarlijkse kosten van gewasbescherming plus verliezen veroorzaakt door *P. infestans* op wereldschaal geschat op drie miljard US dollar (Duncan, 1999). Recent werden deze kosten voor Europa (6 Mha aardappel) geschat op meer dan €1,000,000,000 (Haverkort et al 2008). In Nederland bedragen de jaarlijkse kosten van gewasbescherming ongeveer 40 miljoen euro op een areaal van 160.000 ha aardappel met een gemiddelde opbrengst van 45 ton per ha (versgewicht).

De levenscyclus van *P. infestans* (Figuur 1) kan onderverdeeld worden in een aseksuele en een seksuele cyclus. De aseksuele cyclus is de drijvende kracht achter de snelle polycyclische epidemieën die we elk jaar in aardappelgewassen kunnen waarnemen. Enorme aantallen sporangia (tot enkele honderden per mm² aangetast blad) worden geproduceerd op aangetast blad en stengels waarna ze onder droge omstandigheden door de atmosfeer verspreid worden en infecties kunnen veroorzaken in buurgewassen tot vele kilometers verderop. Onder natte omstandigheden (regen) worden de sporen van het aangetaste loof afgewassen en komen in de rug terecht waar ze knollen kunnen infecteren. In beide gevallen hebben de sporangia vrij water nodig om, na transport, te kunnen kiemen en infecteren. De omgevingstemperatuur bepaald vervolgens hoe snel het infectieproces verloopt en of de sporangia direct kiemen onder vorming van een kiembuis of indirect kiemen onder vorming van mobiele zoosporen.

Gangbare aardappeltelers in Nederland maken gebruik van een preventieve beheersingsstrategie om aantasting van het gewas door *P. infestans* te voorkomen. Preventieve fungiciden worden gespoten vlak voordat een periode met hoge infectierisico's optreedt. Mocht er onverhoopt toch aantasting optreden dan worden curatieve of eradicatorische fungiciden toegepast om deze aantasting een halt toe te roepen.



Figuur 1. De levenscyclus van *Phytophthora infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte.

Het infectierisico van *P. infestans* is dus sterk afhankelijk van het (micro)klimaat in het gewas en kan sterk verschillen per locatie door fluctuaties in gewasstand, per bladlaag en door andere omgevingsfactoren. Gedurende het groeiseizoen 2008 zijn op twee plaatsen in Nederland unieke datasets verzameld die het microklimaat in twee aardappelgewassen in een hoge mate van detail beschrijven. Sensoren hebben in elk gewas het microklimaat vastgelegd op 9 plaatsen en 3 hoogtes in het gewas per plaats. In dit verslag worden deze data vertaald naar infectierisico's voor *P. infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte. Vervolgens wordt gekeken naar de invloed van de meetlocatie (buiten het gewas, in het gewas, boven het gewas en in 1 van de gewaslagen) op de berekende infectierisico's.

2. Materiaal en methoden

2.1 Data en dataverwerking

Metingen zijn verricht in Valthermond (Drenthe, Veenkoloniaal zetmeelaardappelgebied) en Wageningen (Gelderland). In Valthermond zijn de metingen verricht in een homogeen zetmeelaardappelgewas waarin een grid van 9 meetposities met 3 meethoogten in het gewas per positie is neergelegd. Daarnaast werden metingen verricht op 2m hoogte boven het eigen gewas en in een buur-aardappelgewas binnen een straal van 2 km van het eigen gewas. In Wageningen zijn eveneens metingen verricht in een zetmeelaardappelgewas in een grid van 9 posities met 3 meethoogten binnen het gewas per positie. In het Wageningse aardappelgewas werden echter 3 stikstoftrappen aangebracht waardoor per stikstoftrap 3 meetposities met elk 3 niveaus beschikbaar waren. Metingen in het Wageningse gewas werden ondersteunt door gespecialiseerde metingen op het 2km verderop gelegen meteostation Haarweg. Voor details zie het verslag van de vakgroep Meteorologie en Luchtkwaliteit (MAQ) en PRI-agrosysteemkunde.

Meteodata zijn op beide locaties geregistreerd met een interval van 10 minuten. Omdat beschikbare epidemiologische Phytophthoramodellen werken met een tijdstap van 1 uur zijn de meteodata gecomprimeerd tot metingen met een interval van 1 uur over de periode 24 juli 2008 (week 30) tot en met 3 september 2008 (week 36).

Niet alle variabelen zijn op alle posities vastgelegd: temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) zijn gemeten in het buurgewas, op 2m hoogte boven het eigen gewas en op het middelste niveau (midden in het gewas) van de 9 gridposities in het gewas. Bladnat is uitsluitend gemeten op de 9 gridposities op alle 3 niveaus (onder in, midden in en bovenin het gewas).

Beide meetsessies hebben een unieke maar enorme dataset opgeleverd. Om de resultaten op een overzichtelijke manier te presenteren wordt voor de analyse van berekende infectierisico's gefocust op de dataset uit Valthermond. De Wageningse dataset wordt gebruikt om het effect van meer of minder loofmassa op het infectierisico door te rekenen.

2.2 Berekening van infectierisico's

Om infectierisico's te kunnen berekenen, los van andere deelprocessen uit de infectiecyclus (met name sporenvorming en verspreiding) en invloeden uit de directe omgeving (zoals aan- of afwezigheid van inoculumbronnen) is aangenomen dat er continue sporen beschikbaar zijn in het gewas. Op deze manier wordt uitsluitend de invloed van het microklimaat in het gewas op infectie door *P. infestans* zichtbaar zonder dat processen zoals sporenvorming, verspreiding, overleving en depositie dit beeld verstoren. Bladnat wordt als voorwaarde voor infectie beschouwd. Het berekende infectierisico is daarom afhankelijk van de temperatuur en van het optreden van bladnat. In dit rapport worden 2 criteria voor bladnat gebruikt: blad is nat als de relatieve luchtvochtigheid lokaal groter of gelijk is aan 90% of als m.b.v. de lokale bladnatsensor bladnat gemeten wordt.

Het berekende infectierisico wordt weergegeven als de procentuele realisatie van het aanwezige infectiepotentieel (de sporendichtheid in het gewas) waarbij 0 % staat voor geen aantasting en 100% voor maximale realisatie van het infectiepotentieel. Op deze manier berekend is het infectierisico maximaal vlak voor het eind van een bladnatperiode. Het resultaat van een infectieperiode wordt echter pas zichtbaar na afloop van de latente periode, 3 – 7 dagen later.

De invloed van de aanwezigheid van sporen kan op de volgende manier beschreven worden: een volledig met sporen bedekt gewas zal na afloop van een bladnatperiode waarin 100% van dit infectiepotentieel gerealiseerd kan worden 100% aangetast zijn wat zichtbaar wordt nadat de latente periode verstreken is. Een sporenvrij gewas zal na afloop van eenzelfde bladnatperiode niet aangetast zijn.

Als basis voor berekeningen van het infectierisico zijn de resultaten van Crosier (1934) gebruikt.

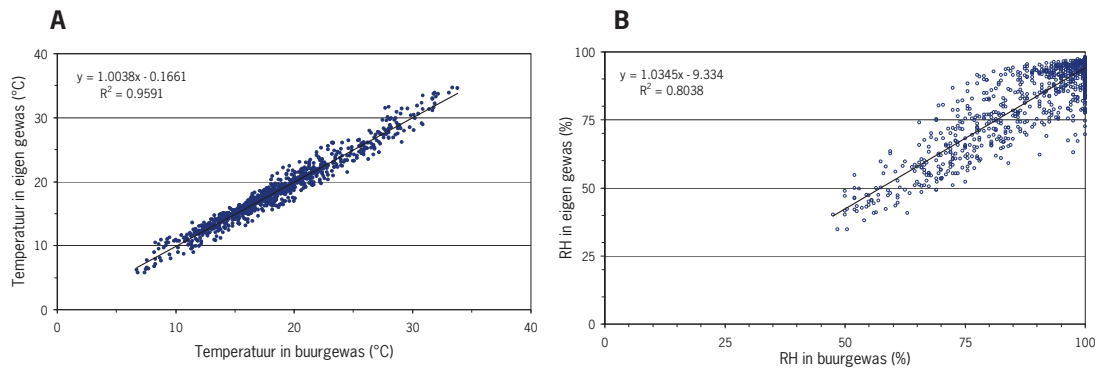
3. Resultaten

3.1 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Omdat de verschillen in de berekende infectierisico's direct terug te voeren zijn op verschillen in de basisdata worden eerst de verschillen tussen basisdata afkomstig van de diverse meetlocaties in kaart gebracht.

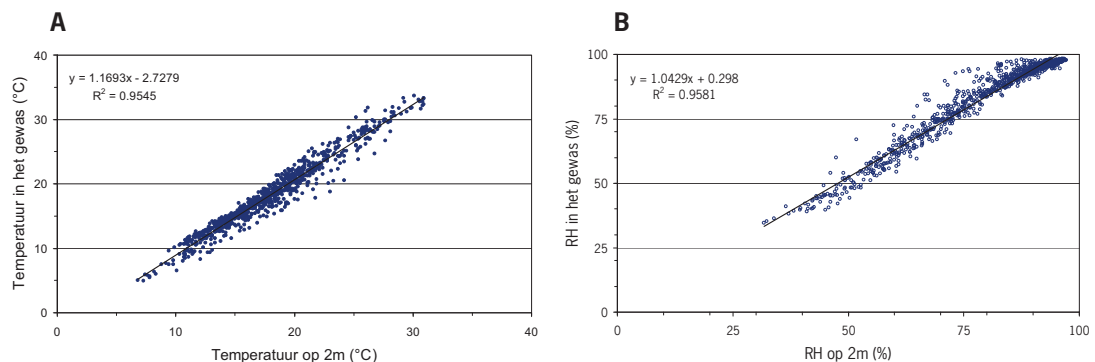
3.1.1 Metingen in het eigen gewas versus een gewas op afstand

Figuur 2 geeft een grafische weergave van de correlatie tussen de temperatuur van de lucht (A) en de relatieve luchtvochtigheid (B) zoals gemeten half hoog in het gewas, in een buurgewas versus het eigen gewas over de periode 24 juli – 3 september 2008.



Figuur 2. A: Correlatie tussen de luchttemperatuur zoals gemeten op halve gewashoogte in een buurgewas en in het eigen gewas. B: Correlatie tussen Relatieve luchtvochtigheid gemeten op halve gewashoogte in een buurgewas en in het eigen gewas.

De correlatie tussen beide gemeten datasets m.b.t. temperatuur is zeer hoog. De correlatie tussen beide datasets m.b.t. de luchtvochtigheid, halfhoog in het gewas, is goed maar lager dan voor de temperatuur het geval was (Figuur 2B). De puntenwolk lijkt daarnaast uit te waaien in het hoge RH gebied wat er op duidt dat de verschillen in RH gemeten in het eigen gewas en een buurgewas groter worden met toenemende luchtvochtigheid.



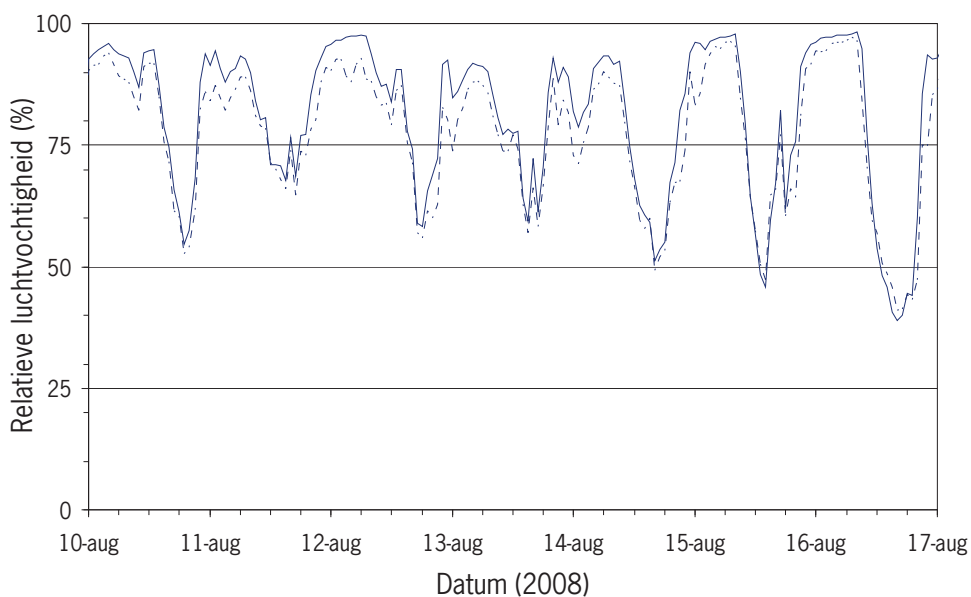
Figuur 3. A: Correlatie tussen de luchttemperatuur zoals gemeten op halve gewashoogte en op 2m hoog in/boven het eigen gewas. B: Correlatie tussen Relatieve luchtvochtigheid gemeten op halve gewashoogte en op 2m hoog in/boven het eigen gewas.

De beschikbaarheid van vocht wordt dus voor een groter deel lokaal bepaald dan dat voor de temperatuur het geval is. Verschillen in type en plaatsing tussen beide sensoren spelen mogelijk ook een rol in de waargenomen data trends. Omdat met name de hoge RH range (> 90%) interessant is omdat in dit gebied bladnat kan ontstaan, wat als voorwaarde voor infectie geldt, is nauwkeurig meten in dit gebied cruciaal als RH als maat voor bladnat gebruikt wordt. In het algemeen neemt de nauwkeurigheid van RH - sensoren echter af naarmate de RH hoger wordt en met name boven 90% RH.

3.1.2 Metingen in het eigen gewas op 2m en half hoog in het gewas

Voor deze vergelijking is gebruik gemaakt van de temperatuur en RH metingen van de 2m paal en het dichtstbijzijnde (enkele meters verderop gelegen) sensormastje in het gewas. Figuur 3 geeft de correlaties voor temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (RH) zoals gemeten op halve gewashoogte en op 2m hoog boven hetzelfde gewas. Voor de temperatuur, gemeten op de verschillende hoogtes, wordt evenals in de vorige paragraaf een zeer hoge correlatie gevonden. De correlatie voor RH gemeten boven en in het gewas is nu eveneens hoog en beter dan de correlatie tussen RH gemeten in het eigen gewas en een buurgewas. Als we echter in detail naar de RH metingen kijken, bijvoorbeeld in week 33 (Figuur 4), blijkt dat de RH in het gewas, zoals verwacht en met name onder vochtige omstandigheden, iets hoger is dan de RH 2m boven het gewas.

Een en ander ondersteunt de conclusie uit de vorige paragraaf dat de beschikbaarheid van vocht voor een deel lokaal bepaald wordt. Een en ander lijkt een voorzichtige conclusie te rechtvaardigen dat het beter is de RH te meten in het eigen gewas dan boven het eigen gewas of in een buurgewas.



Figuur 4. Het verloop van de relatieve luchtvochtigheid in week 33. Met name tijdens vochtige perioden is de luchtvochtigheid in het gewas (doorgetrokken lijn) hoger dan de luchtvochtigheid op 2m boven het gewas (gestippelde lijn). Tijdens drogere periodes is de luchtvochtigheid op beide plaatsen min of meer gelijk.

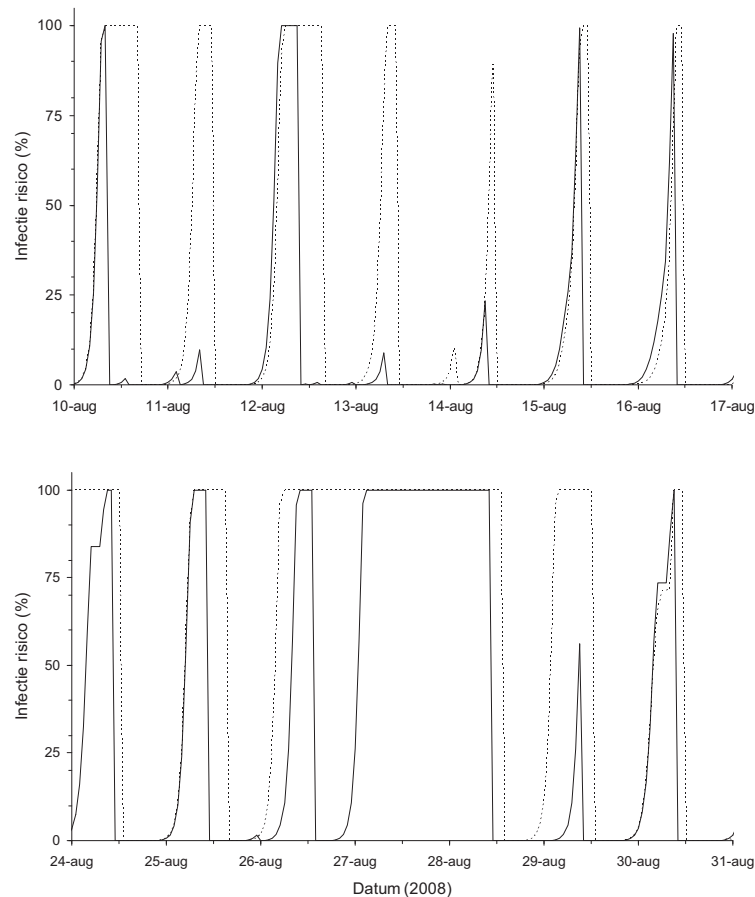
3.2 Infectierisico's

Infectierisico's worden berekend als het percentage realisatie van het aanwezige infectiepotentieel (sporen op het gewas) en is afhankelijk van het optreden van bladnat en van temperatuur. Aangenomen wordt dat bladnat noodzakelijk is om infectie te laten plaatsvinden. Blad wordt verondersteld nat te zijn als de luchtvochtigheid (ter plaatse) groter of gelijk is aan 90% of (!) als de lokale bladnatsensor aangeeft dat het blad ter plaatse nat is. Bladnat fungeert dus als een aan – uit schakelaar voor het infectieproces. Achtereenvolgens worden infectierisico's berekend en besproken gebaseerd op:

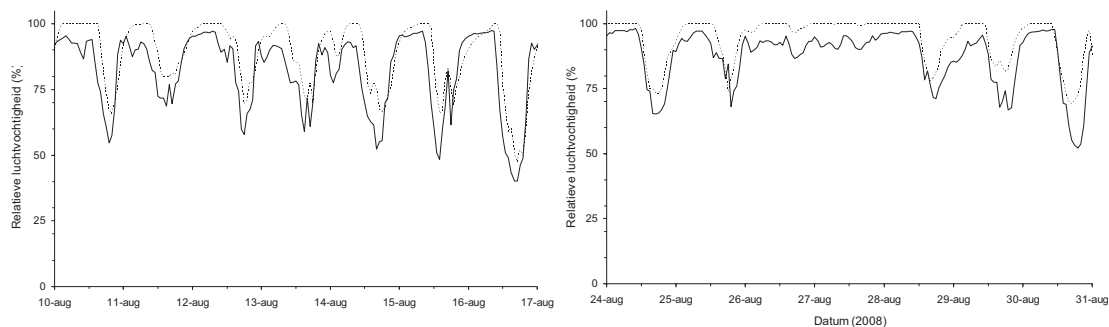
1. Temperatuur en RH gemeten in een buurgewas (het default scenario) versus gemeten in het eigen gewas (§ 3.2.1)
2. Temperatuur en RH gemeten op 2m boven het eigen gewas versus gemeten in het eigen gewas (§ 3.2.2)
3. Infectierisico's gebaseerd op RH versus infectierisico's gebaseerd op bladnat (§ 3.2.3).
4. Infectierisico's per gewaslaag gebaseerd op bladnat data (§ 3.2.4).

3.2.1 T en RH gemeten in een buurgewas versus het eigen gewas

Voor deze vergelijking is gebruik gemaakt van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid data gemeten half hoog in het eigen gewas of in een buurgewas. De berekende infectierisico's voor week 33 en week 35 zijn weergegeven in Figuur 5 terwijl de onderliggende data m.b.t. de relatieve luchtvochtigheid zijn weergegeven in Figuur 6.



Figuur 5. Infectierisico's in week 33 (boven) en week 35 (onder) berekend met gebruikmaking van gemeten temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in het eigen gewas (doorgetrokken lijn) en in een buurgewas (stippellijn).

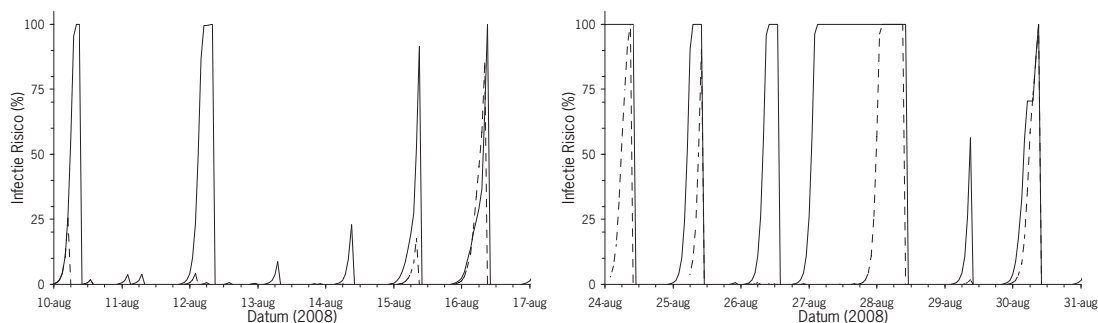


Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid in het eigen gewas (doorgetrokken lijn en in een buurgewas (stippellijn) in week 33 (links) en week 35 (rechts). Voor de berekening van infectierisico's gebaseerd op de relatieve luchtvochtigheid wordt een $RH \geq 90\%$ geïnterpreteerd als "bladnat". Het resultaat van deze berekening is daardoor gevoelig voor het tijdstip van overschrijden van deze grens (naar boven en naar beneden) en de duur van de periode met $RH \geq 90\%$.

Het infectierisico gebaseerd op RH gemeten in het buurgewas lijkt in hogere infectierisico's van langere duur te resulteren. Bladnat (hier geïnterpreteerd als $RH \geq 90\%$) wordt in de berekening van het infectierisico als voorwaarde voor infectie gezien. De berekende infectiekans is dus gevoelig voor het tijdstip van overschrijden van de $RH = 90\%$ grens, in opgaande en neer gaande richting, en de duur van de geregistreerde "bladnatperiode". Ofschoon het tijdstip van aanvang van een bladnatperiode voor beide meetsets vaak nagenoeg gelijk is, is de RH in het buurgewas vaak hoger en verblijft deze vooral langer in het gebied boven 90% (Figuur 6) hangen. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn een zwaardere gewasstructuur van het buurgewas (natter), positionering van de sensor op een relatief nat stukje van het veld of een langere droogtijd van de sensor na afloop van een bladnatperiode. Relatief kleine verschillen tussen beide datasets in het gebied rondom 90% RH worden dus uitvergroot in de berekening van het infectierisico.

3.2.2 T en RH gemeten op 2m en half hoog in het eigen gewas

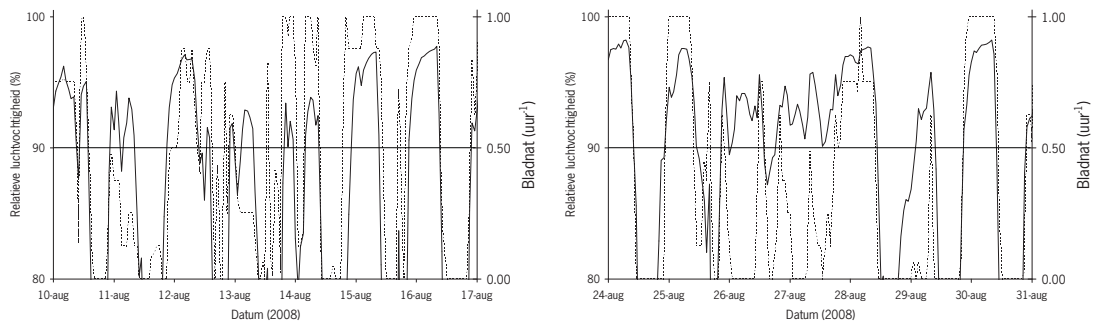
Datasets t.b.v. dit contrast zijn verzameld op 2m hoog boven het eigen gewas en op halve gewas hoogte in het eigen gewas. De infectierisico's voor week 33 en week 35 zijn weergegeven in Figuur 7. Uit de basisdata (b.v. voor week 33 in Figuur 4) blijkt dat de omstandigheden in het gewas iets vochtiger zijn dan op 2m hoogte boven het gewas. Dit heeft vanzelfsprekend zijn weerslag in de berekende infectierisico's (Figuur 7). De berekende infectierisico's zijn groter en frequenter als in het gewas gemeten wordt in vergelijking met metingen op 2m hoog boven het gewas. Ook hier worden verschillen in de periode met $RH \geq 90\%$ uitvergroot in het infectierisico.



Figuur 7. Infectierisico's in week 33 (links) en week 35 (rechts) berekend met gebruikmaking van gemeten temperatuur en relatieve luchtvochtigheid op 2m hoogte boven het eigen gewas (stippellijn) en half hoog in het eigen gewas (doorgetrokken lijn).

3.2.3 Infectierisico's gebaseerd op RH of bladnat

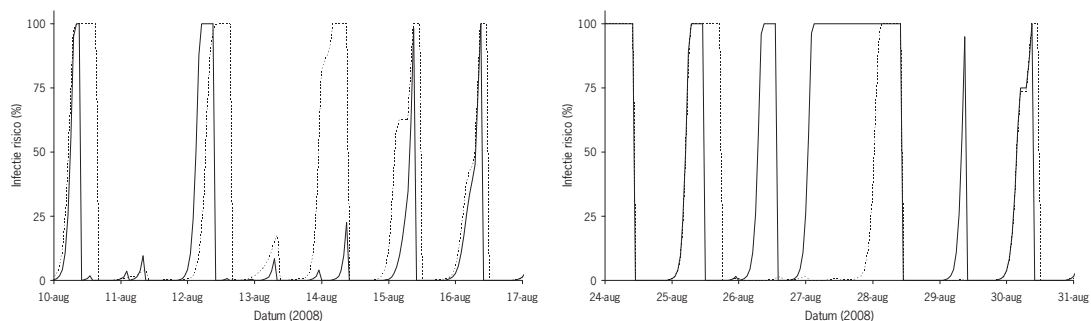
Voor deze analyse zijn de gegevens gebruikt zoals die verzameld zijn in het 3 x 3 waarnemings- grid in Valthermond waarbij de metingen aan bladnat voor de middelste bladlagen vergeleken worden met de metingen van de relatieve luchtvochtigheid die eveneens in hetzelfde grid op deze hoogte zijn gedaan. Om een gewogen weergave van RH en bladnat in deze middelste bladlagen te krijgen zijn de waarnemingen gemiddeld over de 9 verschillende gridposities. Infectierisico's zijn dus berekend aan de hand van de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (%) en de gemiddelde fractie van de tijd (uur) dat het blad nat is.



Figuur 8. Relatieve luchtvochtigheid (doorgetrokken lijn) en bladnat (stippellijn) zoals gemeten in week 33 en week 35 in de middelste bladlagen van het aardappelgewas in Valthermond. $RH \geq 90\%$ wordt gebruikt als maat voor bladnat in berekeningen van het infectierisico.

Figuur 8 en Figuur 9 geven respectievelijk een beeld van de luchtvocht- en bladnat data en het infectierisico als de interpretatie van deze data. In tegenstelling tot de onderlinge contrasten binnen de RH-data van verschillende meetpunten zien we hier geen consistent beeld in die zin dat RH of bladnat consequent een natter of droger beeld geeft. Naast vele overeenkomsten lijken in week 33 de bladnatmetingen een wat natter beeld te geven terwijl dit in week 35, en met name van 26 – 29 augustus, omgekeerd is (Figuur 8). Na interpretatie als infectierisico wordt dit beeld versterkt (Figuur 9).

Indien, voor praktische toepassingen, gebruik wordt gemaakt van indirecte waarnemingen zoals de relatieve luchtvochtigheid in of boven het gewas, pleit bovenstaande voor aanvulling van meteo-data met b.v. de stralingsbalans waardoor een veel gedetailleerde interpretatie van de data mogelijk wordt middels een bladnatmodel.

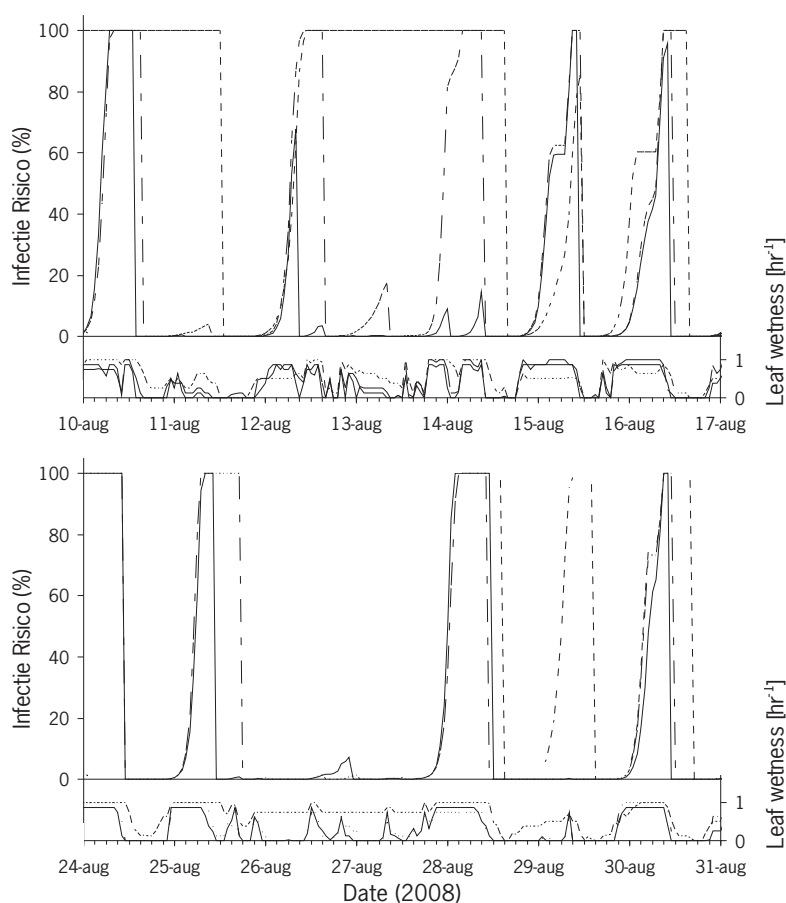


Figuur 9. Berekende infectierisico's gebaseerd op gemeten relatieve luchtvochtigheid (doorgetrokken lijn) of bladnat (stippellijn) in week 33 en 35 in Valthermond.

3.2.4 Infectierisico's per gewaslaag gebaseerd op bladnat data

Voor de onderlinge vergelijking tussen de drie onderscheiden bladlagen in het gewas m.b.t. bladnat en infectierisico is gebruik gemaakt van de data zoals die verzameld zijn in Valthermond m.b.v. de bladnat sensoren op 3 verschillende hoogtes in een 3 x 3 grid in het gewas.

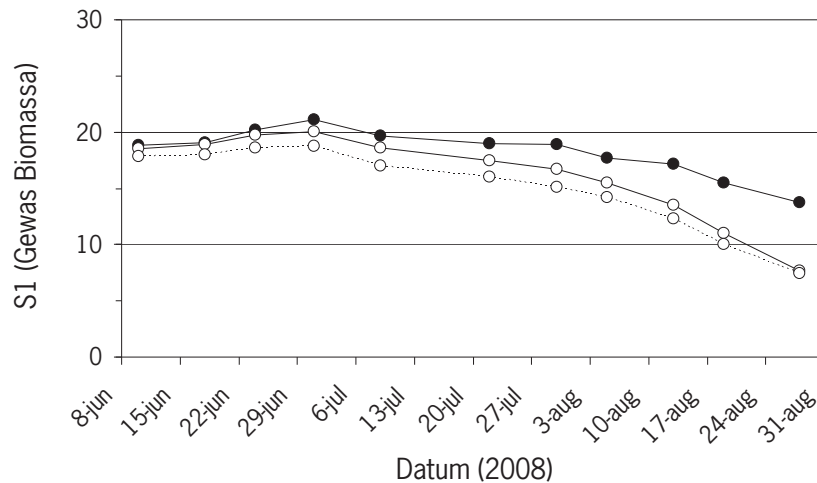
De bladnat data van de drie verschillende gewaslagen (Figuur 10) laten al direct interessante verschillen zien in de geregistreerde bladnatperiodes per bladlaag. De onderste bladlaag is vaker nat en langer nat dan de twee hoger gelegen bladlagen waarvan de bovenste laag gemiddeld gezien de droogste is en de middelste laag een intermediaire positie inneemt. Evenals in de vorige paragrafen wordt dit verschil direct vertaald en uitvergroot naar de berekende infectiekansen. In het gewas zijn dus vaak tegelijkertijd natte en droge bladlagen te vinden. Dit biedt extra mogelijkheden voor *P. infestans*. Als deze situatie optreedt in een aangetast gewas benedenwinds in de regio komen uit het droge deel van dat gewas sporen vrij die na verspreiding kunnen landen in de natte bladlagen van ons eigen gewas waar dan direct infectie op kan treden. Omgekeerd, als we infectie in het eigen gewas hebben komen er dus sporen vrij voor verspreiding naar de rest van de regio maar het overgrote deel blijft in het eigen gewas waar het direct kan infecteren in het natte gewasdeel. In het natte gewasdeel gaat de vorming van sporen ook nog onverminderd door, in tegenstelling tot het droge gewas deel, waardoor de periode waarover het gewas als sporenbron fungeert dus aanzienlijk verlengt kan worden.



Figuur 10. Bladnat en infectierisico in week 33 en week 35 voor de onderste (stippellijn), middelste (streepstippellijn) en bovenste bladlagen (doorgetrokken lijn) van een aardappelgewas in Valthermond. Voor bladnat [0 – 1] betekent "0" dat de betreffende bladlaag het hele uur droog geweest is. '1' betekent dat de betreffende bladlaag het hele uur nat is geweest.

3.2.5 Infectierisico's en gewasstructuur

In de Wageningse aardappelproef lagen drie stikstoftrappen met 50, 100 en 175 kg N/ha gegeven in de vorm van KAS (Kalkammonsalpeter, 27% N). Daarnaast is er 150 kg/ha kali-60 en 200 kg/ha tripelsuperfosfaat gestrooid. Deze stikstoftrappen hebben geresulteerd in een zwaarder gewas voor de hogere giften (Figuur 11).

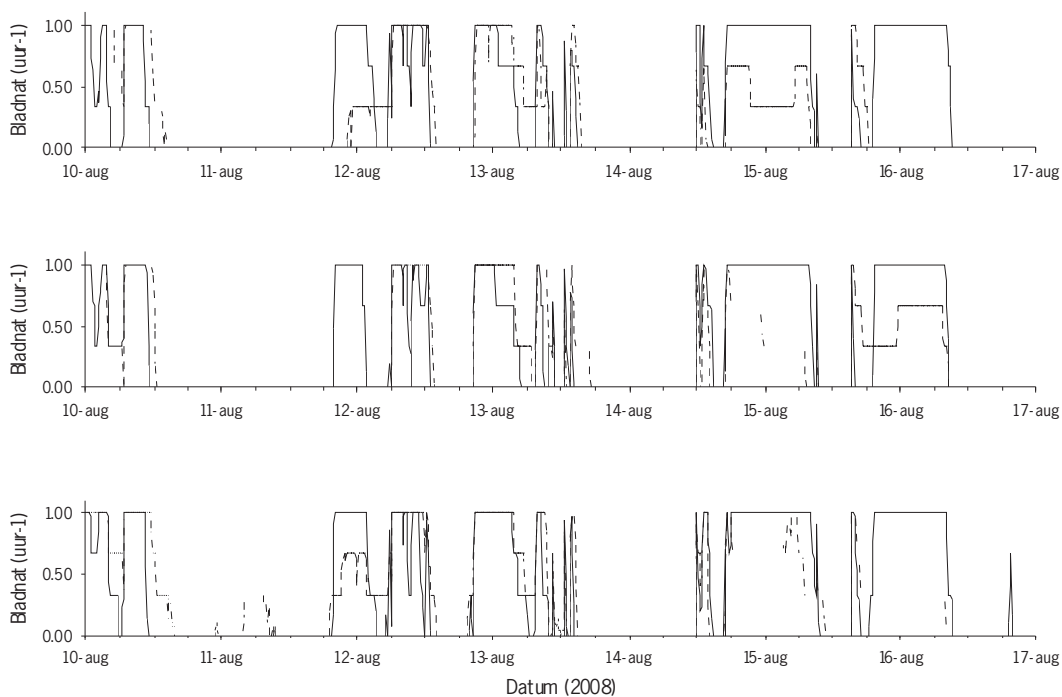


Figuur 11. Verloop van de gewas biomassa voor de drie stikstof trappen, 175 (—●—), 100 (—○—) en 50 (---○---) kg N/ha in het Wageningse aardappelgewas van week 24 tot en met week 35.

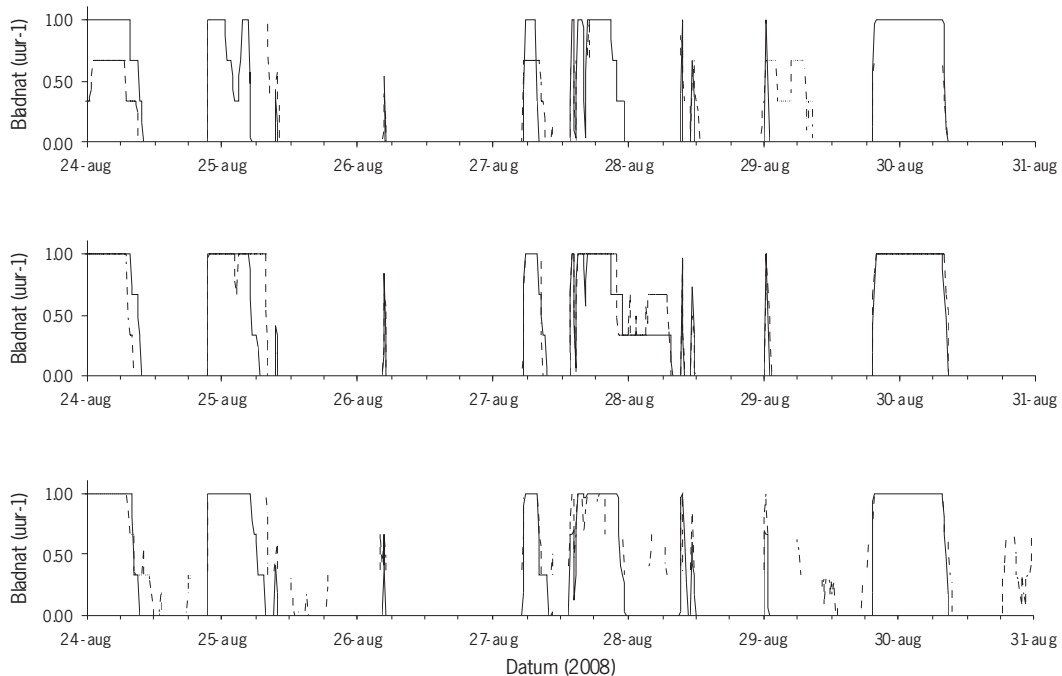
In deze proef stond eveneens een 3x3 waarnemingsgrid waarin bladnat in 3 gewaslagen werd waargenomen terwijl T en RH in de middelste gewaslaag werden waargenomen. Deze microklimaat metingen werden ondersteunt door metingen in het gewas op 2m hoogte en door metingen van het Haarweg meteostation in Wageningen op 2 km afstand.

Bladnat data van de 3 sensorposities per stikstoftrap en bladlaag werden gemiddeld waardoor een gewogen gemiddelde per gewaslaag en stikstofgift ontstaat.

Uit Figuur 12 en Figuur 13 blijkt dat voor alle drie stikstof trappen de eerder gerapporteerde verschillen in Valthermond m.b.t. aanvang en duur van de bladnatperioden voor de verschillende gewaslagen ook hier kunnen worden teruggevonden. De volgorde van nat worden en opdrogen is afhankelijk van het weer op dat moment. De onderste bladlagen van het aardappelgewas met 50 kg N/ha lijken in week 35 veel langer nat dan de hoger gelegen bladlagen. Dit is zeer waarschijnlijk gerelateerd aan de snellere veroudering (en het inzakken) van dit gewas. De infectierisico's zullen dus met name in het laatste deel van het seizoen, als de verschillen in gewasbiomassa als gevolg van de verschillende stikstofgiften duidelijk naar voren komen, verschillen voor de afzonderlijke bladlagen. Met name de onderste bladlaag in een verouderend gewas loopt een hoger risico op infectie door relatief lange en frequente bladnatperioden.



Figuur 12. Bladnat zoals gemeten in de veldproef in Wageningen in week 33 voor 175, 100 en 50 kg N/ha (respectievelijk bovenste, middelste en onderste tijdreeks) voor de onderste bladlagen (---) en bovenste bladlagen (—). De middelste bladlagen vertonen een intermediair gedrag.



Figuur 13. Bladnat zoals gemeten in de veldproef in Wageningen in week 35 voor 175, 100 en 50 kg N/ha (respectievelijk bovenste, middelste en onderste tijdreeks) voor de onderste bladlagen (---) en bovenste bladlagen (—). De middelste bladlagen vertonen intermediair gedrag.

4 Discussie en Conclusies

Gedurende het veldseizoen van 2008 is op twee plaatsen in Nederland, Valthermond en Wageningen, het microklimaat in aardappelgewassen zeer gedetailleerd, in een 3D grid, in beeld gebracht. In dit verslag wordt deze dataset geanalyseerd m.b.t. de invloed van de plaats van meting en de te meten parameter (RH of bladnat) op de infectierisico's van *Phytophthora infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte.

Met betrekking tot de temperatuur lijkt er geen noodzaak te zijn deze in- of heel dicht bij het eigen gewas te meten. Er werd een zeer hoge correlatie gevonden tussen de temperatuur gemeten in het eigen gewas, boven het eigen gewas en in een buurgewas. Daarnaast is de invloed van de temperatuur op het infectierisico beperkt t.o.v. de parameters die de beschikbaarheid van vrij water in het loof weergeven.

De beschikbaarheid van vrij water is een voorwaarde voor sporangieën van *P. infestans* om tot kieming en vervolgens infectie te kunnen komen. Naarmate er meer vrij water in het loof beschikbaar is en de bladnatduur langer wordt zal een steeds groter deel van de aanwezige sporangieën tot infectie komen. Het berekende of voorspelde infectierisico van een gewas is dus naast de beschikbaarheid van sporangieën sterk afhankelijk van de hoeveelheid vrij water in het loof en de duur van de natte periode.

De beschikbaarheid van vocht (gemeten als RH of direct als bladnat) in een aardappelgewas bleek voor een belangrijker deel lokaal bepaald te worden dan dat voor de temperatuur het geval was. Factoren als (lokale variatie in) bodemvocht en de structuur en biomassa van het gewas zelf spelen hier een rol.

Naarmate het belangrijker wordt de infectierisico's nauwkeuriger in te schatten, b.v. als de fungicideninput geminimaliseerd wordt of t.b.v. toepassingen in de precisielandbouw worden hogere eisen gesteld aan de metingen in die zin dat ze representatief moeten zijn voor de schaal waarop gewerkt wordt, van enkele hectaren op dit moment tot b.v. enkele vierkante meter in toekomstige precisielandbouwsystemen.

De beschikbaarheid van vocht bleek daarnaast binnen gewassen sterk variabel. Met name de verschillen tussen de diverse bladlagen waren opvallend. De onderste bladlagen bleven grosso modo langer nat waardoor ze een hoger infectierisico lopen. In de precisielandbouw is het waarschijnlijk mogelijk hierop in te spelen door b.v. specifiek de bladlagen te bespuiten die het hoogste infectierisico lopen door de spuitdruk en de spuitdop aan te passen aan het gewenste doordringende vermogen.

Literatuur

Anonymous 1996.

Research needed to halt rapidly spreading late blight strains. In: CIP in 1995. The international potato center annual report. Lima, Peru 10-13.

Crosier, W.A. 1934.

Studies in the biology of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Memoir 155, Cornell University agricultural experimental station.

Duncan, J.M. 1999.

Phytophthora – an abiding threat to our crops. *Microbiology today* 26:114-116.

Haverkort, A. J., P.M. Boonekamp, R. Hutten, E. Jacobsen, L.A.P. Lotz, G.J. . Kessel, R.G.F. Visser, E.A.G. van der Vossen 2008.

Societal Costs of Late Blight in Potato and Prospects of Durable Resistance Through Cisgenic Modification. *Potato Research* 51:47-57.

Hooker, W.J. 1981.

Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.

