



# Risico's op schimmelaantasting in vruchtgroenten: literatuurstudie

Rapportage van project 'Risicoschatter voor schimmelaantasting in vruchtgroenten: voorfase' van onderzoekprogramma Energie (LNV-DK-03-06)

J. Köhl, P.H.B. de Visser & J. Wubben







# Risico's op schimmelaantasting in vruchtgroenten: literatuurstudie

Rapportage van project 'Risicoschatter voor schimmelaantasting in vruchtgroenten: voorfase' van onderzoeksprogramma Energie (LNV-DK-03-06)

J. Köhl<sup>1</sup>, P.H.B. de Visser<sup>2</sup> & J. Wubben<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> Wageningen UR Glastuinbouw

<sup>3</sup> Wageningen UR Glastuinbouw, sinds 1-1-2007 werkzaam bij BLGG

© 2007 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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 Wageningen UR Glastuinbouw

Gefinancierd door:



landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit



Productschap **Tuinbouw**  
*Voor een bloeiende zaak*

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 01  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
2. Schimmelaantasting in vruchtgroenten	7
2.1 Ziektebeelden en schade schimmels: algemeen	7
2.2 Ziektebeelden en schade: Botrytis in tomaat	7
2.3 Plantcondities en teeltmaatregelen die kwetsbaarheid voor aantasting door Botrytis vergroten	8
2.4 Klimaat en schade: lage temperatuur en hoge luchtvochtigheid	9
2.5 Inoculum (sporendruk)	9
3. <i>Botrytis cinerea</i> : kenmerken	11
3.1 Gastheerreeks	11
3.2 Necrotrophe levenswijze	12
3.3 Conclusies	12
4. <i>Botrytis cinerea</i> : verspreiding	13
4.1 Sporulatie	13
4.2 Vrijzetting van sporen	13
4.3 Verspreiding van sporen	14
4.4 Sporenachtergrond in de buitenlucht	14
4.5 Conclusies	15
5. <i>Botrytis cinerea</i> : effect van omgevingsfactoren	17
5.1 Vitaliteit van sporen	17
5.2 Sporenkieming	18
5.3 Gekiemde sporen	19
5.4 Infectie	20
5.4.1 Infectie van wonden	20
5.4.2 Symptomen na infectie	20
5.5 Sporulatie	21
5.6 Conclusies	22
6. <i>Botrytis cinerea</i> : preventie en bestrijding	23
6.1 Gewasconditie	23
6.2 Effect van kasklimaat op gewasgevoeligheid en sporenvitaliteit	23
6.3 Sporenluchten	24
6.4 Infectie	25
6.5 Klimaat	25

	pagina	
6.6	Preventie op basis van belangrijkste besmettingsbron	26
6.6.1	Sporen van buiten de kas	26
6.6.2	Een gevoelig gewas	26
6.6.3	Binnen de kas geproduceerde sporen	27
6.6.4	Microklimaat rond de plant	27
6.7	Conclusies	28
7.	<i>Fusarium</i> in paprika	29
7.1	Inleiding	29
7.2	Het proces van intern vruchtrot	29
7.3	De infectiewegen van intern vruchtrot	29
7.4	Praktijkomstandigheden bevorderen vruchtrot	30
7.5	Conclusies	30
8.	Risicoschatter schimmelinfecties	31
9.	Conclusies en witte vlekken	33
10.	Referenties	37
	Bijlage I. Verslagen van discussies met telers	4 pp.

# Voorwoord

In dit rapport is de meest recente wetenschappelijke kennis t.a.v. schimmelaantasting bij kasgewassen gedocumenteerd. De nadruk ligt daarbij op de relatie tussen energiegebruik en het optreden van schimmelaantasting. De kennis wordt nader toegespitst op vruchtgroenten, met de nadruk op aantastingen door *Botrytis cinerea*. Het onderzoek is gefinancierd door het energieprogramma van Productschap Tuinbouw (PT project 12411) en Ministerie van LNV.





# Samenvatting

In dit rapport is de meest recente wetenschappelijke kennis t.a.v. schimmelaantasting bij kasgewassen gedocumenteerd. De kennis wordt nader toegespitst op vruchtgroenten, met de nadruk op aantastingen door *Botrytis cinerea*. Hierbij worden onder andere de volgende aspecten beschreven:

- Wat is de zwakste schakel in het gewas die leidt tot de aantasting van het gewas.
- Overzicht van de effecten van teeltmaatregelen (watergift, gewashandelingen, oogst, etc.) en klimaatmaatregelen op schimmelaantasting.
- Witte vlekken in de kennis van *Botrytis*-aantastingen.
- Wenselijkheid en haalbaarheid van een risicoschatter voor schimmelaantasting

Tevens wordt een inschatting gemaakt in hoeverre gebruik van deze kennis in de praktijk kan leiden tot een reductie in energiegebruik.

In onze studie wordt beschreven hoe en onder welke omgevingscondities een schimmelaantasting zich vestigt en verspreidt in de kas. De schimmel die in glastuinbouwgewassen de meeste schade veroorzaakt is *Botrytis cinerea*. *Botrytis* heeft beschadigd of zwak weefsel nodig om in te groeien, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de meeldauw die op levend weefsel kan parasiteren. Dit betekent dat wonden aan de plant en organen met weinig weerstand, zoals rijpe bloemen en vruchten, sterk vatbaar zijn. *Botrytis* heeft geen specifieke voorkeur voor een bepaalde plantensoort.

Naast *Botrytis* zorgen ook *Mycosphaerella* in komkommer en *Fusarium* in paprika voor een belangrijk deel van de schimmelschade in de glastuinbouw. Net als bij *Botrytis*, geldt dat beide schimmeltypen gerelateerd zijn aan de lokale klimaatomstandigheden en ze vermoedelijk via een gerichte klimaatsturing onder controle gehouden kunnen worden.

Op basis van veel eerder onderzoek gedaan naar *Botrytis*, vooral bij gewassen in de open teelt zoals aardbei, zijn relaties bekend tussen luchtvochtigheid, straling en temperatuur enerzijds, en infectie en groei van de schimmel anderzijds. Naast de condities van de kaslucht zijn voeding en watergeefregime van invloed op de vatbaarheid voor *Botrytis*. Het klimaat rond de spore is optimaal voor kieming wanneer er water beschikbaar is (vrij water, of een relatieve luchtvochtigheid hoger dan 95%). Daarnaast verloopt de kieming optimaal bij temperaturen tussen de 18 en 25°C. Tenslotte moeten er voldoende suikers aanwezig zijn (wondweefsel, rijpe vruchten, mogelijk ook via stofmeel). Ondanks al deze kennis is beheersing van het *Botrytis*-probleem moeilijk, omdat het ontstaan van schade een combinatie van kansen is t.a.v. sporenverspreiding, sporenvang, kieming en sporenvrijzetting is. Er is nog betrekkelijk weinig kennis over het verloop van sporenaantallen in de kas, over het aantal infectiehaarden en over de weerstand van het gewas. Ook is weinig bekend over de rol van dood blad en gewasresten, die in natte toestand een goede voedingsbodem voor schimmels zijn. Ondanks deze witte vlekken in kennis, is uit de literatuur een aantal aanbevelingen naar voren gekomen t.a.v. de vermindering van het risico op schimmelaantasting.

## *Over welke maatregelen bestaat in de vakliteratuur grotendeels overeenstemming?*

In de teelt moet in eerste instantie worden vermeden dat schimmelsporen kunnen kiemen, door vermijding van vrij water of zeer hoge vochtigheid dichtbij het plantoppervlak gedurende meerdere uren (max. 6-8 uur). De droogteperioden tussen natte perioden mogen ook niet te kort zijn, omdat anders de kiemende spore niet door de droogte wordt afgedood.

Het infectievermogen van de sporen wordt verminderd door zonnestraling en hoge temperaturen. Dit sluit aan bij de praktijkervaring dat infecties minder plaats vinden in de zomer, maar meer optreden in voor- en najaar. De lage stralingsniveaus zijn hiervan de oorzaak, in combinatie met gematigde temperaturen en een hoge RV in een niet zo actief kasklimaat. De teler kan helaas de natuurlijke instraling niet beïnvloeden.

Wel kan in de teelt rekening worden gehouden met de kwetsbaarheid van het gewas en met het verminderen van de ziekte(sporen)druk. De volgende zaken verhogen de kwetsbaarheid:

- Ontstaan van wonden, door bijv. bladpluk, dieven.

- Verhoogde worteldruk, die tot verhoogde water- en nutriëntenbeschikbaarheid bij kwetsbare plantendelen (bloem, wond) leidt.
- Tekort aan stikstof.
- Een door andere ziekten reeds verzwakt gewas.

De ziekte(sporen)druk verminderen door een goede hygiëne:

- vermijden van (teveel) oude, afstervende plantorganen;
- aanwezige oude plantenresten zo droog mogelijk houden;
- vermijden van aanraken plantorganen die reeds besmet zijn.

Als er al veel aantasting is, zijn er naast bovenstaande aspecten weinig mogelijkheden om met klimaatregeling of voeding de groei en verspreiding van de schimmel tegen te gaan. De processen van schimmelgroei en sporulatie (vrijzetting van sporen) komen gelijktijdig voor in de kas, maar reageren verschillend op het klimaat.

Wel komt uit de vakliteratuur een breder toepasbaar instrument naar voren: verhoogde luchtcirculatie is een eenvoudig toepasbare klimaatregeling die zowel kieming/infectie als schimmelgroei op aangetaste organen kan reduceren. Een betere menging van de kaslucht vermindert namelijk de kans op dode, te vochtige en te koude plekken bij het gewas. De lokaal optredende afkoeling en mogelijke condensatie wordt vermeden. Hoewel niet persé de verdamping wordt gestimuleerd, is dit wel het geval indien de vochtige lucht vervolgens wordt afgevoerd (via bijv. een vochtkier in het scherm).

Een rekenmodel dat de risico's op aantasting inschat is pas haalbaar als we meer weten over de kans op wondinfectie en over de ruimtelijke variaties in het microklimaat. T.a.v. het microklimaat wordt bruikbare informatie verwacht uit het parapluplan Botrytis bij gerbera. Verder onderzoek naar invloed van kasklimaat, voeding en sporendruk op wondinfectie is noodzakelijk.

# 1. Inleiding

Uit het project 'Herkennen en spiegelen' (Bremmer *et al.*, 2007) blijkt dat energiebesparende maatregelen in de teelt van vruchtgroenten in de praktijk vaak niet worden toegepast vanwege vermeende risico's op schimmelinfecties. Meer kwantitatieve kennis over de relaties tussen het kasklimaat, het microklimaat en het optreden van schimmelinfecties kan leiden tot een gerichter stook- en ventilatiegedrag om daarmee energiewinst te behalen zonder infectierisico. Hiervoor is allereerst kennis nodig over de plek waar en de condities waaronder de eerste infectie plaats vindt. Wat is het meest kwetsbare orgaan, en in welk stadium van zijn ontwikkeling is het orgaan het meest kwetsbaar? Het is bekend dat de stengelinfectie het meest bedreigend is voor de plantgezondheid van tomaat onder Nederlandse teeltomstandigheden. Maar ook hier bevindt zich een blinde vlek in de kennis van *Botrytis*: wanneer en hoe snel grijpt de schimmel aan op de stengel, wat zijn de meest risicovolle (micro)klimaatomstandigheden? Daarnaast ontbreekt de kennis over de schimmeldynamiek in afhankelijkheid van afwisselend natte en droge perioden. Er is inmiddels de nodige kennis over de invloed van de bladnatperiode op het ontkiemen van schimmel-sporen (zie o.a. Yunis *et al.*, 1994), maar het kiemproces en vooral de verdere ontwikkeling van de schimmels wordt niet altijd door een droge periode gestopt (IWP, interrupted wetness period). De betekenis van sporenbronnen (sporulatie) bij de beheersing van de ziekte is niet duidelijk.

Gekoppeld aan de kennis over de epidemiologie van de schimmel, is er kennis nodig over de perioden dat plantorganen nat zijn. Temperatuurmetingen met recente technieken als kunstvruchten en infrarood-thermometers evenals luchtvochtigheidsmetingen zijn bruikbaar voor de berekening wanneer een orgaan nat slaat. De al aanwezige kennis t.a.v. het natslaan en opdrogen kan verder toegepast worden voor het verloop van de vochtigheid van stengelwonden na bladpluk. Eén van de meest gevoelige plekken voor *Botrytis* is deze jonge stengelwond. Er zijn geen verklarende modellen voor de snelheid waarmee de stengelwond opdroogt en niet meer infecteerbaar is, en over de infectiekansen als het orgaan niet nat is maar wel bijna het dauwpunt is bereikt.

Ook in de sierteelt wordt de toepassing van energiebesparende maatregelen vaak beperkt doordat telers het risico van het optreden van schimmelziekten te hoog achten. De teelt van gerbera is hierbij een belangrijk voorbeeld. Een hoge stooktemperatuur en ventilatie door open ramen voorkomt het natslaan van bloemen. Op deze manier wordt het risico van infecties door *Botrytis cinerea* verlaagd.

In dit rapport is de meest recente wetenschappelijke kennis t.a.v. schimmelaantasting bij kasgewassen gedocumenteerd. De kennis wordt nader toegespitst op vruchtgroenten. Tevens worden praktijkervaringen gerapporteerd (zie bijlage 2) zoals genoteerd in enkele tuindersbijekomsten. De nadruk ligt op aantastingen door *Botrytis cinerea*, aangezien deze schimmel voor de meest voorkomende en meest schadelijke schimmelproblemen zorgt in de kasteelt. Ook wordt er kort op enkele andere praktijkrelevante schimmelziekten ingegaan. Het streven is om zo goed mogelijk oorzaak en gevolg te duiden van de veelal correlatieve studies aan schimmelaantasting. Hierbij worden onder andere de volgende aspecten beschreven:

- Wat is de zwakste schakel in het gewas die leidt tot de aantasting van het gewas.
- Overzicht van de effecten van teeltmaatregelen (watergift, gewashandelingen, oogst, etc.) en klimaatmaatregelen op schimmelaantasting.
- witte vlekken in de kennis van *Botrytis*-aantastingen.
- wenselijkheid en haalbaarheid van een risicoschatter voor schimmelaantasting.

De gedocumenteerde kennis wordt samengevat in een programma van eisen voor een te ontwikkelen strategie om *Botrytis*-aantasting te beheersen bij minimaal energiegebruik. De mogelijke kennishiaten over de relatie tussen aantasting en kasklimaat worden aangegeven.



## 2. Schimmelaantasting in vruchtgroenten

### 2.1 Ziektebeelden en schade schimmels: algemeen

Wat betreft schimmelaantasting bij vruchtgroenten zorgt de *Botrytis cinerea* aantasting bij tomaat voor de meeste productieverlies in de tuinbouw. Er komen ook veel andere schimmelinfecties voor (voor tomaat: zie tekstbox), maar die veroorzaken minder schade. Zo kan de plant bij meeldauwaantasting gewoon door blijven functioneren. Bij slaapziekte (*Verticillium albo-atrum*) zal alleen bij zeer zware aantasting of in combinatie met productieverlies door PepMV veel uitval ontstaan. Bij komkommer is *B. cinerea* ook een van de belangrijkste veroorzakers van schimmelinfecties. Daarnaast zijn bij komkommer echte meeldauw (*Sphaerotheca fuliginea*) en *Mycosphaerella* belangrijke bovengrondse schimmelaantasters. *Mycosphaerella* bij komkommer manifesteert zich in een aantal aantastingsvormen. Bij één van deze aantastingsvormen is aangetoond dat de invloed van het klimaat beperkt is, maar bij de overige vormen is er in ieder geval een relatie met het klimaat, en daarmee het stookgedrag. Een relatie met het klimaat is ook van toepassing op inwendig vruchttrot (een *Fusarium*) bij paprika (zie hoofdstuk 7).

De belangrijkste schimmelziekten in tomaat:

aardappelziekte (*Phytophthora infestans*), blad-, stengel- en nat vruchttrot (*Phytophthora nicotiana*), bladvlekkenziekte (*Cladosporium fulvum*), meeldauw (*Oidium lycopersic*), grauwe schimmel (*Botrytis cinerea*), kurkwortel (*Pyrenochaeta lycopersic*), kanker (*Didymella lycopersic*), sclerotienrot (*Sclerotinia sclerotiorum*), fusarium-verwelkingsziekte (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersic*), fusarium voet- en wortelrot (*Fusarium oxysporum* f.sp. *racidis-lycopersic*), slaapziekte of verwelkingsziekte (*Verticillium albo-atrum*) en voetziekte (*Rhizoctonia solani*).

### 2.2 Ziektebeelden en schade: Botrytis in tomaat

Alle bovengrondse delen van tomatenplanten zijn gevoelig voor aantasting door *B. cinerea* (Elad & Yunis, 1993). Onder voor het pathogeen gunstige omstandigheden kunnen bladeren, stengels via aangetast blad, bloemen en vruchten geïnfecteerd worden. Wonden die veroorzaakt worden door oogsten en dieven zijn verdere invalspoorten voor het pathogeen. Vooral lange vochtperioden, vaak in combinatie met voor het gewas minder gunstige groeiomstandigheden, zijn verantwoordelijk voor dit soort aantastingen van alle plantendelen. Zulke schade treedt dan ook op in niet verwarmde kassen of tunnels (Nicot en Baille, 1996). Door verwarming in combinatie met ventilatie van de kas zijn infecties van het tomatengewas te voorkomen omdat vochtperioden op de plantenoppervlakten niet meer optreden waardoor er geen infectiekansen meer zijn voor *B. cinerea*. Het is bekend wat de kritische lengte van de bladnatperiode mag zijn alvorens sporen kunnen infecteren (Yunis *et al.*, 1994). Tevens is het theoretisch mogelijk te berekenen wanneer natslag in het gewas zal optreden. Met dergelijke kennis was men in staat bij Fuchsia geïntegreerde *Botrytis*-bestrijding uit te oefenen m.b.v. beslissingsondersteunende modellen (Tantau en Lange, 2003). Een veel moeilijker te voorspellen proces is de infectie via wonden. Hier ontstaat een afwijkend microklimaat en hogere lekkages aan nutriënten in combinatie met een lagere weerstand van het plantenweefsel. Ook in een droge kas waar vochtperioden op het gewas worden voorkomen kunnen dus infecties, via wonden, plaats vinden mits *B. cinerea* inoculum aanwezig is (Jarvis, 1989). De stengelaantasting kan leiden tot verstoringen van transport van water en nutriënten binnen de stengel met als gevolg opbrengstverlies. Ook kunnen de stengels zo sterk worden aangetast dat de gehele plant boven de aantasting gaat afsterven. Uitval van planten als gevolg van stengelbotrytis is in de praktijk de meest schadelijke vorm van schimmelaantasting. Het percentage aangetast weefsel is hierbij niet relevant aangezien één enkele laesie (lokale, endogene schimmelkolonisatie) op een stengel van 10-tallen meters het afsterven van de plant kan veroorzaken. De kans op uitgroei van de laesie is hierbij het meest relevant. Zodra het pathogeen voldoende vocht van binnen de stengel kan opnemen kan die ook sporuleren en zo voor de verdere verspreiding van de ziekte zorgen. De verbanden tussen mate van stengelaantasting en opbrengstverliezen zijn niet altijd duidelijk (Dik en Wubben, 2004). Waterstress bij komkommer als gevolg van *Botrytis*-aantasting van stengels is

minder, indien aangetaste planten bij een hogere luchtvochtigheid groeien. Alhoewel een hoge luchtvochtigheid via verhoogde sporenkieming de ziekteontwikkeling in een kas stimuleert, vermindert zij dus de opbrengstverliezen bij reeds aangetaste planten (Dik en De Koning, 1996).

## 2.3 Plantcondities en teeltmaatregelen die kwetsbaarheid voor aantasting door *Botrytis* vergroten

Voorwaarde voor het optreden van aantasting van stengels zijn wonden. Intact stengelweefsel wordt niet aangetast (O'Neill *et al.*, 1997). De kans op infectie van wonden hangt af van de hoeveelheid conidia (de sporen die de ziekte verspreiden) die op een wond terecht komen. Bij de infectie van verse stengelwonden speelt de relatieve luchtvochtigheid of de VPD (dampdrukdeficiet) geen directe rol zolang de wond voldoende vochtig is om kieming en groei van *B. cinerea* mogelijk te maken. Het proces van wondheling vraagt meer tijd dan de kieming en infectieproces. Sporen die op het verse wondoppervlak terecht komen vormen dus een groot risico. De rakingskans en als gevolg de infectiekans van een wond is des te hoger naarmate deze gevoelige periode tot wondheling langer duurt.

Wondheling zelf hangt af van de omgevingsfactoren temperatuur en vochtigheid. Zo blijven wonden langer vatbaar bij een lage VPD (O'Neill *et al.*, 1997), en bij lage temperaturen (Eden *et al.*, 1996). Echter, volgens Eden *et al.* (1996) heeft de relatieve luchtvochtigheid geen invloed op de infectie van stengelwonden omdat wondsap de kieming van conidia bevordert ook in een droog klimaat. Hoge temperaturen bevorderen de wondheling zodat de kans op *B. cinerea* kleiner is.

In hoeverre voeding van de plant invloed heeft op gevoeligheid en de duur van de gevoelige periode van wonden is nog onduidelijk. Mogelijkerwijs blijven wonden van planten met een hoge worteldruk als gevolg van uitbundige voeding langer vochtig. Hierdoor zal de kans op depositie van conidia van *B. cinerea* in de vatbare wond hoger zijn en infecties vaker optreden. Twee recente PPO-studies leggen verband tussen kwetsbaarheid voor *Botrytis* aantasting en worteldruk: bij tomaat kwam *Botrytis* iets minder voor bij de natste behandeling in een experiment met *Verticillium*-schimmelbesmetting, wat mogelijk verband hield met een verminderde wortelactiviteit (Kaarsemaker, 2004). Het tweede PPO-onderzoek betrof komkommer, waarbij op perliet groeiende planten minder *B. cinerea* aantasting vertoonden, maar deze waren ook minder groeikrachtig en hadden vermoedelijk minder worteldruk (Paternotte, 2006). In hetzelfde onderzoek bleek enten ook succesvol om *Botrytis*-aantasting te verminderen. De invloed van de fysiologie van de plant op het wondhelingsproces en dus op de aantasting van wonden door *B. cinerea* wordt ook duidelijk in proeven van Dik (Dik en Wubben, 2004) waarbij bladeren op verschillende tijden van de dag zijn verwijderd. Wonden die vroeg op de ochtend waren gemaakt, worden minder frequent geïnfecteerd dan wonden die later op de dag werden gemaakt. Ook de manier van bladverwijderen heeft een effect: gladde, kleine wondoppervlakten gaan sneller dicht en worden dus minder frequent geïnfecteerd. Snijden in plaats van trekken is dus in gevoelige perioden een goed middel om risico's van infecties te verlagen. Het verminderen van infectiekansen door bijv. hygiëne maatregelen of kiezen van het juiste moment van bladsnijden krijgen veel aandacht in de adviespraktijk. Het is echter niet altijd even duidelijk op welke basis (onderzoek) deze adviezen gebaseerd zijn. Syngenta heeft in de 2001 en 2002 een monitoring in de praktijk uitgevoerd (o.a. Groente en Fruit wk 13 2002) en Belgische onderzoekers zijn in 2004 met een praktijkonderzoek begonnen (pers.med. J. Wubben).

Ook het watergeefregime en de voeding blijken een effect te hebben op de vatbaarheid van wonden op tomatenstengels. Een lange periode van watergeven overdag (Dik en Wubben, 2004) en een hoge C:N verhouding (Hoffland *et al.*, 1999) verhogen de aantasting. Jarvis (1989) benadrukt dat infecties van stengels vaak latent blijven, dat wil zeggen dat de stengel geïnfecteerd is, maar er geen symptoom en schade ontstaat. Het kan tot 12 weken duren voordat uit een latente infectie een schade ontstaat. Bij een voldoende stikstofbemesting blijven volgens Jarvis (1989) de stengels langer weerbaar, bij een tekort aan stikstof veroudert het stengelweefsel sneller en wordt hierdoor gevoeliger voor *B. cinerea*. Ook in een praktijkproef (pers.med. J. Wubben) speelde de weerbaarheid van het gewas een rol bij het tempo van laesie-uitgroei: in een kasproef in 2004 ontstond in één van vier identieke afdelingen een zeer zware meeldauw aantasting, welke een grote significante uitgroei van de aanwezige stengel-laesie van *botrytis* en uitval van planten tot gevolg had, terwijl het aantal stengellaesies in al deze afdelingen nagenoeg gelijk was.

Na aantasting van stengelwonden gaat de ontwikkeling van laesies op de stengel door, onafhankelijk van de VPD in de omgeving. De temperatuur heeft wel invloed: bij 15 °C is de laesieontwikkeling optimaal. Beneden 5 °C of boven 26 °C vindt geen laesiegroei plaats (O'Neill *et al.*, 1997). Temperatuur maar ook VPD heeft invloed op de sporulatie

van *B. cinerea* in de laesies. Bij een lage VPD vindt veel meer sporulatie plaats dan bij een hoge VPD. Dit zou een rol kunnen spelen bij het wijzigen van een latente naar een zich verspreidende laesie.

## 2.4 Klimaat en schade: lage temperatuur en hoge luchtvochtigheid

Als kassen niet verwarmd worden (zoals in Zuid Europa) kan de infectie niet alleen via eerdergenoemde wonden, maar ook via blad, bloem en vrucht van tomaat plaats vinden. Indien een forse reductie in het stoken in Nederland tot 'Zuid-Europese' omstandigheden leidt zullen dit soort aantastingen ook hier optreden. Voor komkommer in niet verwarmde kassen wordt door Yunis *et al.* (1994) op grond van empirisch onderzoek aangegeven dat in een temperatuurtraject van 12 tot 18°C bladnatperioden van langer dan 7 h tot infecties kunnen leiden. In niet verwarmde kassen treden onder extreme omstandigheden lange perioden met hoge luchtvochtigheid vaak op. Dan is voor de aantasting van jonge komkommervruchten niet de duur van de vochtige perioden maar vooral de temperatuur tijdens deze perioden van belang (Yunis *et al.*, 1990). Eden *et al.* (1996) tonen aan dat de infectie van bloemen van tomaat afhankelijk is van de hoeveelheid conidia op de bloemen. De kans op infecties was hoger bij langere perioden met hoge relatieve luchtvochtigheid, maar zelfs bij een relatieve luchtvochtigheid van 56% werden nog infecties geconstateerd. De auteurs vermoeden dat de beschikbaarheid van water op de bloem duidelijk hoger was dan in de bloemen omgevende lucht. Dit voorbeeld geeft aan hoe voorzichtig gegevens over effecten van relatieve luchtvochtigheden en infecties geïnterpreteerd moeten worden. Eden *et al.* (1996) vonden dat droogte onderbrekingen binnen perioden met hoge luchtvochtigheden geen vertragend effect hadden op de ontwikkeling van symptomen, in tegenstelling tot onderzoek van Alderman *et al.* (1985).

Nicot en Baille (1996) geven aan dat een permanent set point van 75% relatieve luchtvochtigheid schade aan tomatenvruchten ('ghost spots') voorkomt. Dit constante drooghouden van de kas heeft hoge kosten voor energiegebruik tot gevolg. Nicot en Baille (1996) presenteren opties voor een verbetering van de strategie van klimaatbesturing (zie §6.5).

Als de bevindingen van Kerssies (1994) bij gerbera en roos ook algemeen in andere gewassen van toepassing zijn, is de relatie tussen klimaat en infectiviteit (= infectievermogen) van conidia een belangrijk aspect: de sporeninfectiviteit verhoogde sterk als gevolg van een combinatie van lage instraling en hoge luchtvochtigheden.

## 2.5 Inoculum (sporendruk)

Rakingskans van een wondoppervlakte door *B. cinerea* conidia is direct afhankelijk van de concentratie van sporen in de kaslucht die in staat zijn te infecteren. De infectiekans is hoger naar mate meer conidia in de wond terechtkomen (O'Neill *et al.*, 1997). In het onderzoek van O'Neill *et al.* (1997) werden 7% van de wonden aangetast indien er 10 conidia per wond werden toegediend, maar 75% van de wonden na toediening van 1000 conidia per wond. Een modelmatige kwantificering van sporendruk (primair inoculum) als gevolg van groeiomstandigheden (o.a. temperatuur, rv, aantal sclerotia) is voor *Botrytis elliptica* in lelie ontwikkeld door De Kraker *et al.* (2005). Berekeningen van de feitelijke schadelijkheid moet naast sporendruk of sporenconcentratie de infectiviteit van de sporen erbij betrekken. De infectiviteit van conidia is afhankelijk van leeftijd en omgevingsfactoren zoals instraling en temperatuur (Kerssies, 1994). In de zomermaanden is het aandeel minder infectieuze sporen relatief hoog als gevolg van hoge temperaturen en hoge instraling. Verwijderen van gewasresten als potentiële bronnen van conidia heeft tot gevolg dat er minder sporen in de kaslucht aanwezig zijn (Dik en Wubben, 2004). Onderdrukken van sporulatie op gewasresten als ook op aangetast laesieweefsel (O'Neill *et al.*, 1997) door een klimaatbeheersing is een andere optie om de sporegehalten te verlagen. Ook door gebruik van bepaalde UV-adsorberende folies op het kasdek kan de sporulatie van *B. cinerea* worden onderdrukt (Nicot en Baille, 1996; Berlinger *et al.*, 1999).



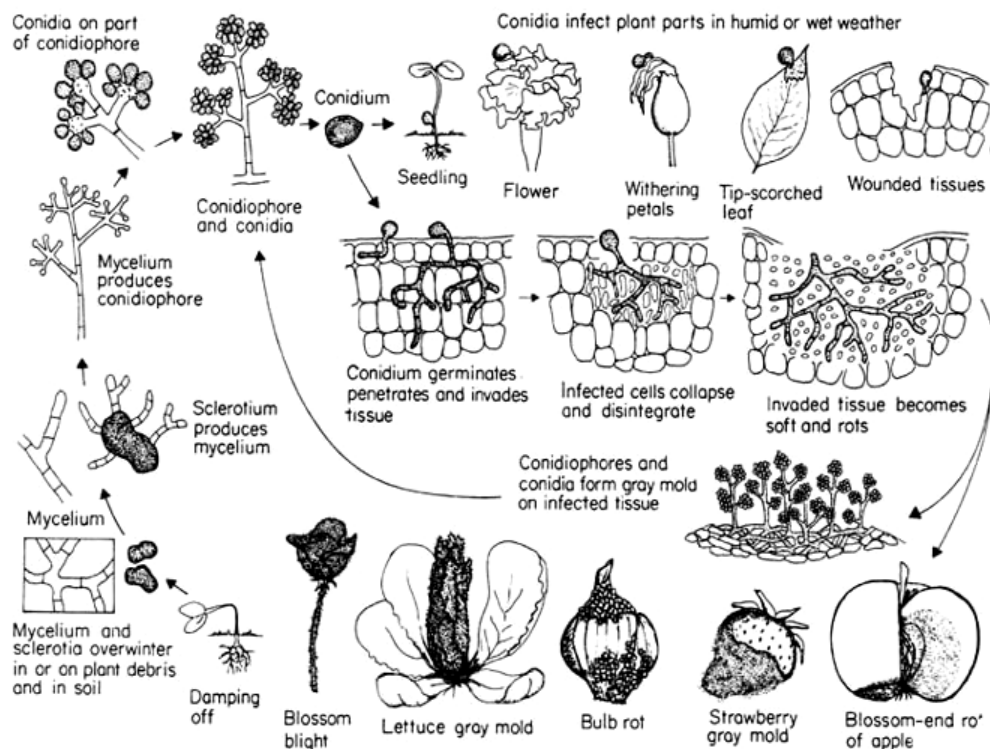


### 3. *Botrytis cinerea*: kenmerken

#### 3.1 Gastheerreeds

*Botrytis cinerea* is een in gematigde klimaatzones zeer algemeen voorkomende schimmel. De schimmel koloniseert voornamelijk het bovengrondse, afgestorven plantenweefsel. Hierbij is geen specificiteit voor bepaalde plantensoorten of plantdelen te constateren. Alleen houtweefsel is geen geschikt substraat voor *B. cinerea*. *B. cinerea* is een van de eerste kolonistoren, consumeert gemakkelijk afbreekbare planteninhoudsstoffen en wordt in een typische successie van micro-organismen later teruggedrongen door secundaire kolonistoren. Bij schimmels kunnen twee typen kolonistoren worden beschouwd: r-strategen die snel koloniseren, zich snel vermeerderen en verspreiden om vervolgens nieuw substraat te kunnen koloniseren, en k-strategen die zich langzaam ontwikkelen maar een veel grotere competitiekracht bezitten dan r-strategen. Kenmerk van *B. cinerea* is de overlevingsstrategie als r-strategie: de competitiekracht op het substraat zelf is beperkt.

Naast zijn ecologische rol bij de afbraak van plantenresten, heeft *B. cinerea* een belangrijke rol als ziekteverwekker. De waardplantreeks met meer dan 200 waarden is zeer groot (Jarvis, 1980a). In het algemeen is er geen specialisatie van *B. cinerea* populaties wat betreft de levenswijze als saprofyt of pathogeen (i.e. levend van voedingsstoffen van de gastheer). Ook is er geen specialisatie van *B. cinerea* populaties als ziekteverwekker op specifieke gastheren. Dit is ook in recent onderzoek van Ma & Michailides (2005) bevestigd. Isolaten van *B. cinerea* afkomstig van druif, kiwi, erwt of pompoen waren genetisch zeer divers, maar er was geen waardplantspecifieke groepering van genetische eigenschappen mogelijk. Dit soort subpopulaties met meer of minder specialisatie op de levenswijze als saprofyt of pathogeen zijn wel gevonden in druif door Giraud *et al.* (1999) maar de verschillen zijn gering en de betekenis voor epidemieën van de ziekte op druif nog niet duidelijk (Martinez *et al.*, 2003, 2005).



Figuur 1. Levenscyclus van *Botrytis cinerea* als plantenpathogeen.

Opmerking: in de figuur is niet weergegeven dat *B. cinerea* ook op afgestorven plantenweefsel, dat niet door *B. cinerea* zelf is afgedood, kan vestigen en sporuleren. Dit soort saprofitische vermeerdering kan in bepaalde gewassen een zeer belangrijke bron voor nieuwe infecties zijn.

## 3.2 Necrotrophe levenswijze

Ziekteverwekkers kunnen op de gastheer een biotrofe of necrotrofe levenswijze hebben. Biotrofe ziekteverwekkers trekken voedingsstoffen uit de levende gastheercel en profiteren van een gezonde en sterke gastheer. Alleen voor zeer specifieke combinaties is een parasitische interactie tussen levende cellen van waard en pathogeen mogelijk. De waardplantreeks van biotrofe pathogenen is daarom meestal zeer beperkt. Een voorbeeld hiervan zijn de echte meeldauw schimmels die alleen één plantensoort kunnen aantasten. Daarentegen trekken de necrotrofe ziekteverwekkers voedingsstoffen uit afgestorven cellen van de gastheer. Voordat nutriënten kunnen worden opgenomen wordt de gastheercel via de werking van toxines of enzymen aangetast en afgedood. Dit lukt beter naarmate het gastheerweefsel zwakker is. *B. cinerea* is een typisch necrotrofe pathogeen zonder specialisatie op bepaalde gastheren en is als pathogeen in sterke mate afhankelijk van een lage weerstand van het geïnfecteerde weefsel (Jarvis, 1980b). De weerstand van een plant is hierbij sterk afhankelijk van de groeiomstandigheden zoals aanbod van nutriënten, licht en temperatuur. Verder is de weerstand van plantenweefsel sterk afhankelijk van de leeftijd. Oude bladeren, oude bloedelen en rijpe vruchten zijn veel vatbaarder dan jonge. Mogelijke ingangen zijn ook wonden en beschadigingen van plantenweefsel. Weerstand en stress van gewassen en specifieke plantdelen in de gewassen wordt in grote mate beïnvloed door de teeltomstandigheden. Indirect hebben teeltomstandigheden dus ook een sterke invloed op de vatbaarheid van het gewas voor *B. cinerea* en de mate van de optredende schade.

## 3.3 Conclusies

Het risico op aantasting door *B. cinerea* in kasgewassen is afhankelijk van de hoeveelheid aanwezige sporen maar onafhankelijk van de bron van de op het gewas afkomende *B. cinerea*. Omdat er geen waardspecialisatie optreedt zijn alle zieke gewassen, maar ook zieke planten in de natuurlijke vegetatie inclusief onkruiden een even grote bedreiging. Verder gaat dezelfde bedreiging uit van *B. cinerea* die saprofytisch op restanten van natuurlijke vegetatie of gewassen groeit.

Omdat *B. cinerea* als necrotroof pathogeen sterk afhankelijk is van een verminderde weerstand van de gastheer hebben de teeltomstandigheden een grote invloed op het optreden van schade. Een verzwakking van het gewas, door abiotische of biotische stress, de aanwezigheid van oude plantdelen en het veroorzaken van wonden en beschadigingen zijn factoren die het optreden van *B. cinerea* in sterke mate zullen bevorderen.

## 4. *Botrytis cinerea*: verspreiding

### 4.1 Sporulatie

Voorwaarde voor verspreiding van een schimmel is overleven en vermeerderen van inoculum. Mycelium van *B. cinerea* kan overleven in gekoloniseerd weefsel van aangetaste waardplanten maar ook in saprofytisch gekoloniseerd weefsel van niet-waardplanten. Verder kan *B. cinerea* sclerotiën als speciale ruststructuren vormen, die maanden of jaren in de grond en in gewasresten kunnen overleven. Een directe infectie van waardplanten vanuit overlevend mycelium of sclerotiën kan alleen op zeer korte afstand van enkele millimeters. Voor verspreiding op korte en langere afstanden vormt het pathogeen ongeslachtelijke sporen, zogenaamde conidia. De hoeveelheid geproduceerde conidia is afhankelijk van de hoeveelheid gekoloniseerd substraat, de hoeveelheid en samenstelling van de nutriënten in het substraat, de activiteit van microbiële concurrenten in het substraat en de klimaatomstandigheden. Vaak wordt de sporulatie geïnduceerd door stressomstandigheden bij de sporendrager. Tijdens de kolonisatie van weefsel wordt eerst voornamelijk mycelium gevormd, later wordt de productie van conidia getriggerd. De conidia worden in grote hoeveelheden op sporendragers aan de buitenkant van het gekoloniseerde weefsel gevormd. Nieuwe conidia kunnen, afhankelijk van de omstandigheden, binnen enkele uren of dagen worden gevormd. De vorming van conidia op hetzelfde stukje gekoloniseerd weefsel kan dagen tot weken doorgaan.

### 4.2 Vrijzetting van sporen

Rijpe conidia komen onder bepaalde omstandigheden vrij in de omgevende lucht (spore release). Het loskomen van de rijpe conidia van de sporendragers is vooral gestuurd door de klimaatomstandigheden. Door regendruppels kunnen conidia worden losgeslagen. Dit leidt tot korte afstandsverspreiding (centimeters) van het pathogeen. Veel belangrijker is een spore release tijdens de snelle daling van de relatieve luchtvochtigheid rond de sporendrager (Fitt *et al.*, 1985). De meest gunstige omstandigheden voor het vrijzetten van sporen onder veldomstandigheden zijn tijdens het opdrogen van het gewas in de late ochtenduren. Sporendragers laten conidia actief los vooral bij snelle veranderingen in de relatieve luchtvochtigheid in het traject tussen 85% en 65% (Jarvis, 1960). Sporenmetingen in het veld laten dan ook typische pieken aan sporenconcentraties van *B. cinerea* zien. Bij voorbeeld droogt een gewas op zomerdagen na een mistige nacht tegen 11 uur op en tussen 11 en 12 uur zijn dan veel meer conidia te meten in de lucht boven het gewas dan op andere tijdstippen van de dag. Vergelijkbare resultaten zijn ook voor *B. fabae* gepubliceerd (Fitt *et al.*, 1985). Ook binnen een kas in een gerberagewas zijn overdag significant meer sporen in de lucht gevonden dan gedurende de nacht (Kerssies, 1993a). Sporenmetingen in geraniumgewassen laten zien dat pieken van sporenconcentraties als gevolg van telersactiviteiten kunnen ontstaan. In de lucht boven pelargoniumgewassen werden meestal minder dan 50 conidia van *B. cinerea* per m<sup>3</sup> lucht aangetoond. Alleen tijdens telersactiviteiten in de gewassen en gedurende enkele uren daarna zijn pieken van sporenluchten geconstateerd. In deze situaties werden tussen 500 en 2000 conidia van *B. cinerea* per m<sup>3</sup> gevangen. Opvallend hierbij is dat de concentraties sporen in de lucht van meer dan 1000 conidia per m<sup>3</sup> lucht na het vrijzetten van conidia weer zeer snel afnamen en in het algemeen al na 2 uur weer op een niveau van lager dan 50 conidia per m<sup>3</sup> zaten (Hausbeck & Pennypaker, 1991). Deze observaties laten zien dat de meerderheid van *B. cinerea* conidia na een spore release niet gedurende lange perioden in de lucht zweven maar op oppervlakten terecht komen. Kerssies (1993a) vond binnen de kaslucht een homogene verdeling van sporen en concludeert dat er een 'snel' transport en verspreiding van conidia binnen een kas plaatsvindt. Metingen van Kerssies (1993a) zijn gebaseerd op sporenvangsten gedurende meetperioden van 8 of 16 uur met sporenvangers op verschillende hoogten in het gewas. Daarentegen geven Hausbeck & Pennypaker (1991) meetgegevens per uur. De duur van de meetperiode heeft een sterke invloed op uitspraken over de homogeniteit van sporenluchten in tijd of ruimte. Hoe langer de meetperioden en hoe verder weg van een lokale bron hoe minder duidelijk tijdelijke of lokaal beperkte pieken worden waargenomen. Rijpe conidia op droge sporendragers komen hierbij vrij zonder verdere mechanische inwerkingen. Indien er mechanische krachten werkzaam zijn, bij voorbeeld wind of bewegingen van het gewas zal de spore release bevorderd worden. Dit kan in kassen een zeer belangrijke rol spelen indien spore release door plotselinge daling van luchtvochtigheid matig is maar de omstandigheden voor sporulatie gunstig zijn. Onder deze omstandigheden hopen zich

grote hoeveelheden van rijpe sporen op aan de sporendragers en mechanische krachten zorgen voor het plotseling loskomen van sporen zodat ook met het oog zichtbare sporenwolken ontstaan. Een bijzondere rol hierbij spelen de activiteiten van telers in het gewas zoals het oogsten, blad plukken, verplaatsen van planten, watergeven of gewas-besputtingen (Hausbeck en Pennypacker, 1991). Het is bijvoorbeeld in *Pelargonium* gemeten dat er tijdens gewas-besputtingen tegen *Botrytis* bijzonder veel *B. cinerea* sporen in de kaslucht aan te tonen zijn en de ziekte als ongewenst gevolg van de bestrijdingsmaatregel zich kan verspreiden (Hausbeck & Pennypacker, 1991).

### 4.3 Verspreiding van sporen

Transport van de conidia gebeurt passief. De concentratie van conidia per m<sup>3</sup> lucht neemt snel af met toenemende afstand van de sporenbron omdat het luchtvolume met r<sup>3</sup> toeneemt en zo een verdunningseffect optreedt. Zo kunnen binnen een aangetast gewas duidelijk hogere concentraties van sporen in de lucht worden gemeten dan buiten het gewas (Köhl, 1995; Boff, 2003). Tijdens het transport zijn conidia blootgesteld aan voor schimmels ongunstige omstandigheden. Vooral de UV-straling van de zon heeft invloed op de vitaliteit van schimmelsporen (Rotem *et al.*, 1985). *B. cinerea* is relatief gevoelig voor zonlicht en UV-straling vergeleken met andere schimmels die bovengrondse plantendelen kunnen aantasten (Rotem en Aust, 1991). Met toenemende transporttijd zal de vitaliteit van de conidia dan ook dalen. Conidia komen na passief transport op een oppervlakte terecht en hechten op het oppervlak. Bij het landen van conidia speelt sedimentatie als gevolg van de zwaartekracht waarschijnlijk een belangrijke rol. Zo zijn op horizontaal geplaatste sporenvangers in kassen significant meer sporen gevangen dan op verticaal geplaatste sporenvangers (Kerssies *et al.*, 1998). Er zijn ons geen metingen in kassen bekend hoelang individuele conidia van *B. cinerea* in de lucht worden getransporteerd en over wat voor afstanden. In veldgewassen is gevonden dat 95% van de conidia binnen een straal van 1 m op oppervlakten terechtkomen (Seyb, 2003, in Holz: 2004). In een kas vindt minder luchtcirculatie plaats dan buiten. In de kas is er een tendens om ventilatoren op te hangen waarmee een horizontale luchtstroming veroorzaakt wordt. Dit is nog steeds minder dan de gemiddelde luchtstroming in de buitenlucht. Misschien verloopt daarom de verspreiding van *B. cinerea* via conidiavluchten nog lokaler dan buiten in vollegrondsgewassen.

Metingen van sporenluchten in de lucht laten voor *B. cinerea* duidelijk een dagelijks patroon herkennen (Jarvis, 1980b). Hoge concentraties treden op na de karakteristieke omstandigheden voor spore release en nemen vervolgens weer af. In de nacht zijn sporencentraties laag. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de meerderheid van de conidia alleen korte perioden in de lucht zitten en zich binnen enkele uren aan oppervlakten hechten. Een ander fractie van sporen zal in de buitenlucht in hogere luchtlagen terecht komen en bij de verspreiding van ziektes geen rol meer spelen. Mogelijk heeft Kerssies met name deze spore fractie gemeten waarvan de horizontale variatie waarschijnlijk veel geringer is dan die van sporen geproduceerd binnen de kas (zie §3.4). De actieve aanzuiging kan mogelijk veel lucht van boven zijn geweest, want de bemonstering kan niet te dicht bij sporulerend oppervlak plaats vinden om schade aan het gewas te vermijden.

Pilot experimenten lieten zien dat sporenluchten van *B. cinerea* ook in gesloten systemen van korte duur kunnen zijn (Stevens, Gooseen en Köhl, niet gepubliceerd). In een ruimte die sporenvrij was werden droge sporen van *B. cinerea* geblazen. Direct na het vrijzetten van de sporen waren deze met behulp van sporenvangers aantoonbaar. Maar al naar ca 15 minuten werden geen sporen meer gevangen. Deze resultaten geven aan dat de sporen waarschijnlijk op oppervlakten gingen hechten en hierdoor de lucht relatief snel weer schoon werd.

### 4.4 Sporenachtergrond in de buitenlucht

Conidia binnen kassen kunnen afkomstig zijn van het gewas zelf of inwaaien van buiten de kas. Wat betreft de vluchten van conidia van *B. cinerea* van aangetaste gewassen buiten de kas kan het volgende beeld afgeleid worden. Conidia worden gevormd op aangetaste gewassen en voor een belangrijk deel ook op de natuurlijke vegetatie en restanten van de vegetatie. De hoeveelheid sporen is afhankelijk van de hoeveelheid substraat, de mate van kolonisatie door *Botrytis* en de klimaatomstandigheden. Dagelijks komen er nieuwe conidia in de lucht en de meerderheid van de conidia zal alleen enkele uren in de lagere luchtlagen verblijven. De hoeveelheden conidia in de buitenlucht schommelen dus tijdens de dag waarbij een piek op de late ochtend te verwachten is. Verder treden grote verschillen op tussen de dagen. Deze schommeling is sterk afhankelijk van de klimaatomstandigheden. Tijdens vochtige

perioden zoals regenachtige dagen of nachten met lange dauwperioden worden veel nieuwe conidia gevormd die vervolgens vrij kunnen komen. Gedurende het jaar is ook een vast patroon te constateren. In de winter is relatief weinig vegetatie aanwezig die als gastheer van het pathogeen kan dienen en de temperaturen zijn laag. Gedurende het voorjaar begint de *B. cinerea* populatie met de opbouw en de vermeerdering gaat in vele cycli gedurende de zomer door. Toename van vegetatie, toename van de gevoeligheid van de vegetatie en de polycyclische vermeerdering van het pathogeen hebben als gevolg dat in de late zomer de hoogste concentratie van sporen in de lucht gemeten worden. In het late najaar zal de concentratie weer sterk dalen. Metingen van *B. cinerea* gehalten in de lucht (buiten bereik van zieke gewassen) zijn onder ander gepubliceerd door Gregory en Hirst (1957). Gemiddeld hebben zij in de buitenlucht op 2 m hoogte 53 conidia per m<sup>3</sup> lucht van *B. cinerea* gevonden gedurende de meetperiode tussen 1 juni tot 25 oktober. Dit was 0,4% van de totale hoeveelheid schimmelsporen die in de lucht aanwezig was. In de zomermaanden werden gemiddeld over meetperioden van 6 dagen vaak meer dan 100 sporen per m<sup>3</sup> lucht gevangen. De hoogste meetwaarde was 288 sporen per m<sup>3</sup> lucht. In de maanden september en oktober waren de metingen veel lager met circa 25 sporen per m<sup>3</sup> lucht. Detailmetingen van sporenvuchten per uur geven een beter inzicht in de processen dan de door Gregory en Hirst (1957) of Kerssies (1993a) gepubliceerde gemiddelde sporenvangsten gedurende meetperioden van enkele dagen. Jarvis (1962) heeft bijvoorbeeld op 8 augustus 1958 in een frambozengewas in de periode van 0:00 tot 9:00 bijna geen sporen gevangen, maar tussen 13:00 en 14:00 een piek gevonden met meer dan 12.000 sporen per m<sup>3</sup> lucht. Tegen 16:00 waren er weer minder dan 1000 sporen per m<sup>3</sup> lucht aan te tonen. Dit voorbeeld geeft aan hoe variabel sporenvuchten in een gewas kunnen zijn. Hierbij is niet alleen belangrijk dat sporenvrijzetting in sterke mate van lokale omstandigheden afhangt, maar ook dat vrijgezette sporen niet gedurende lange perioden in het gewas aanwezig blijven. Volgens Hausbeck & Pennypaker (1991) kunnen sporenconcentraties van *B. cinerea* in de kaslucht sterk schommelen, waarbij een relatief constante achtergrondconcentratie afgewisselt met duidelijke pieken. Dit patroon wijkt af van het patroon in de buitenlucht. Pieken binnen kassen waren in het onderzoek van Hausbeck & Pennypaker (1991) te verklaren met activiteiten van telers in de kasgewassen. Deze observaties laten zien dat de conidia voornamelijk binnen de kassen geproduceerd worden en vluchten van conidia van buiten de kas een minder belangrijke rol spelen. Sporenvuchten binnen gerberakassen laten geen seizoenseffect zien (Kerssies, 1993a). Ook hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen sterke samenhang bestaat tussen de grootte van sporenvuchten van *B. cinerea* buiten de kassen en binnen de kassen. In tegenstelling tot het ontbreken van een kwantitatieve relatie, is echter kwalitatief een duidelijke relatie tussen buiten- en binnenpopulatie van *B. cinerea* gevonden: tussen individuele isolaten van *B. cinerea* is een grote genetische variatie gevonden (Kerssies *et al.*, 1997) die identiek is voor zowel isolaten die van buiten of van binnen een kas afkomstig zijn. Het is daarom waarschijnlijk dat er geen gespecialiseerde kaspopulaties van *B. cinerea* ontstaan maar constant een tenminste beperkte uitwisseling tussen populaties binnen en buiten de kassen plaats vindt waardoor de grote genetische variatie in stand gehouden wordt. Epidemiologisch gezien speelt deze uitwisseling alleen een rol op momenten van zeer grote pieken van sporenvuchten in de buitenlucht of in situaties waar binnen de kas via sanitaire maatregelen gestreefd wordt naar een zeer absolute onderdrukking van de vermeerdering van *B. cinerea*.

## 4.5 Conclusies

De buitenlucht kan in meer of mindere mate kassen binnenkomen. Hierbij dringen ook conidia van *B. cinerea* de kas binnen en vormen een risico voor de gewassen in de kas. Hoe hoog dit risico is, is naast de omstandigheden binnen de kas en de gevoeligheid van het gewas afhankelijk van de hoeveelheid conidia. Omdat de hoeveelheden sterk kunnen schommelen binnen een dag, tussen dagen en vooral ook tijdens het jaar, zal het risico wat uitgaat van het binnenkomen van buitenlucht ook sterk schommelen. Het risico hangt niet alleen van de hoeveelheid van de conidia af maar ook van de vitaliteit van de conidia. De kwaliteit van conidia (vigour) en de levensvatbaarheid neemt af met toenemende leeftijd van de conidia. Sleutelfactoren hierbij zijn de duur hoelang conidia op een sporendrager zitten voordat de sporen vrijkomen, de duur van het transport door de lucht en de intensiteit van de UV straling tijdens deze periode. Kwantitatieve data over de kwaliteit en vitaliteit van sporen in afhankelijkheid van deze factoren zijn niet beschikbaar. De kwaliteit van conidia is in principe meetbaar (Wolf *et al.*, 2003) maar systematische metingen zijn niet uitgevoerd.

We kunnen stellen dat voor het ontstaan van ziekte binnen een kas voornamelijk de binnen de kas geproduceerde sporen een rol spelen doordat:

- (1) *B. cinerea* sporenluchten in de buitenlucht een sterk seizoenspatroon laten zien,
- (2) sporenluchten binnen de kassen geen seizoensafhankelijkheid laten zien,
- (3) duidelijke pieken in sporenluchten binnen kassen ontstaan door telereactiviteiten,
- (4) een overmaat aan sporen alleen een korte periode in de lucht kan verblijven en relatief snel op oppervlakten deponeren, en
- (5) sporen die langere tijd in de lucht zweven minder levensvatbaar zullen zijn

Metingen van (Kerssies 1993a) geven aan dat de verdeling van conidia van *B. cinerea* binnen de kaslucht homogeen is. Tegenstrijdig met deze constatering is de waarneming dat conidia vooral vrijkomen door (lokale) telereactiviteiten, dat pieken van sporenluchten alleen enkele uren aantoonbaar zijn (Hausbeck en Pennypaker, 1991) en dat de meeste sporen alleen over korte afstanden zweven (Seyb, 2003). Hieruit ontstaat eerder het beeld dat vluchten van grotere hoeveelheden conidia lokaal en tijdelijk beperkt plaats vinden. Dit kan betekenen dat besmetting van het gewas ook lokaal en in de tijd zeer verschillend kan zijn en lokale gebeurtenissen in het gewas (sporulatie, sporen-vrijzetting, sporenluchten over korte afstanden) het ziekteverloop in sterke mate sturen.

## 5. *Botrytis cinerea*: effect van omgevingsfactoren

### 5.1 Vitaliteit van sporen

Conidia van *B. cinerea* kunnen alleen schade veroorzaken indien deze kiemkrachtig en ook infectieus zijn.

Sporentellingen in lucht en op plantenweefsel baseren zich meestal op de hoeveelheid microscopisch waarneembare sporen zonder onderscheid te maken tussen infectieuze en niet-infectieuze sporen. Epidemiologisch gezien is de bepaling van het aantal infectieuze sporen essentieel, maar in de praktijk lastig uit te voeren.

Enkele conidia van *B. cinerea* kunnen op de oppervlakte van gerberabloemen onder droge omstandigheden ten minste gedurende het gehele bloemleven vitaal blijven (Salinas *et al.*, 1989). In het laboratorium bij kamertemperatuur is het overleven van conidia gedurende meer dan 14 maanden aangetoond. Conidia waren na deze periode ook nog infectieus op gerbera bloembladeren. Echter was het percentage van conidia die langere perioden konden overleven laag. Al na 2 tot drie weken is de meerderheid van de conidia niet meer kiemkrachtig (Salinas *et al.*, 1989).

Kerssies (1994) onderzocht het effect van de temperatuur tijdens de droge bewaring van geïnoculeerde gerberabloemen op de infectiviteit van *B. cinerea* conidia. De kiemkracht en infectiviteit van conidia op gerberabloemen nam af in loop van de bewaartijd van 7 dagen. Dit effect was sterker bij hoge bewaartemperaturen.

In hetzelfde onderzoek is gevonden dat de infectiviteit van *B. cinerea* conidia in een gerberakas lager is in het voorjaar en de zomer dan in andere tijden van het jaar. Kerssies (1994) verklaart dit effect door de hoge temperaturen in de kas die een negatief effect hebben op de kwaliteit van de conidia. Dit heeft tot gevolg dat zelfs bij een vergelijkbare hoeveelheid kiemkrachtige sporen die gedurende het jaar aanwezig zijn in de kaslucht in de maanden met hoge zonne-instraling en kastemperaturen minder infecties op de gerberabloemen optreden.

Ook Moyano en Melgarejo (2002) bevestigen dat conidia van *B. cinerea* gevoelig zijn voor hoge temperaturen, vooral ook in combinatie met lage relatieve luchtvochtigheden. In kasgrond kunnen conidia bij 22 °C enkele weken overleven. Daarentegen waren bij 40 °C conidia al bij de eerste meting van hun experiment na 7 dagen niet meer kiemkrachtig. Alderman en Lacy (1983) onderzochten het overleven van conidia van de nauw verwante schimmel *Botrytis squamosa* op bladeren van ui. Zij inoculeerden uienplanten met droge conidia, incubeerden de planten onder gecontroleerde omstandigheden bij een relatieve luchtvochtigheid van 60% gedurende een aantal dagen en vervolgens onder vochtige omstandigheden. Indien planten gedurende 3 dagen onder de droge omstandigheden werden geïncubeerd was het aantal bladplekken na de vochtperiode 50% minder dan bij een directe incubatie onder vochtige omstandigheden. Droge incubatie gedurende 6 dagen had een reductie van het aantal bladplekken met 75% tot gevolg.

Het overleven van conidia van *B. cinerea* onder veldomstandigheden is onderzocht in Nieuw Zeeland op kiwivruchten in een boomgaard (Walter *et al.*, 1999). De kiemkracht van kunstmatig op jonge vruchten opgebrachte conidia is gedurende 16 weken gevolgd in meerdere veldproeven. De kiemkracht daalde tijdens deze lange expositie aan veldomstandigheden van 80% naar circa 40%. Een mogelijke verklaring van dit lange overleven van conidia is de aanwezigheid van haren op de oppervlakte van de vruchten waardoor de conidia beschermd zijn tegen de directe instraling van zonlicht. Verder blijkt de kieming van sporen op de oppervlakte van jonge kiwivruchten geremd te zijn door phenolische verbindingen. Opvallend in deze studie is dat de aantallen van conidia per vrucht na de kunstmatige besmetting constant afnam en na 16 weken minder dan 10 - 1% teruggevonden werden. In ander onderzoek in Nieuw Zeeland is gevonden dat de kiemkracht van conidia van *B. cinerea* als gevolg van zonnestraling al binnen 8 uur sterk daalde (Seyb, 2003, in: Holz *et al.*, 2004). Dit is in onderzoek van Rotem en Aust (1991) bevestigd.

## 5.2 Sporenkieming

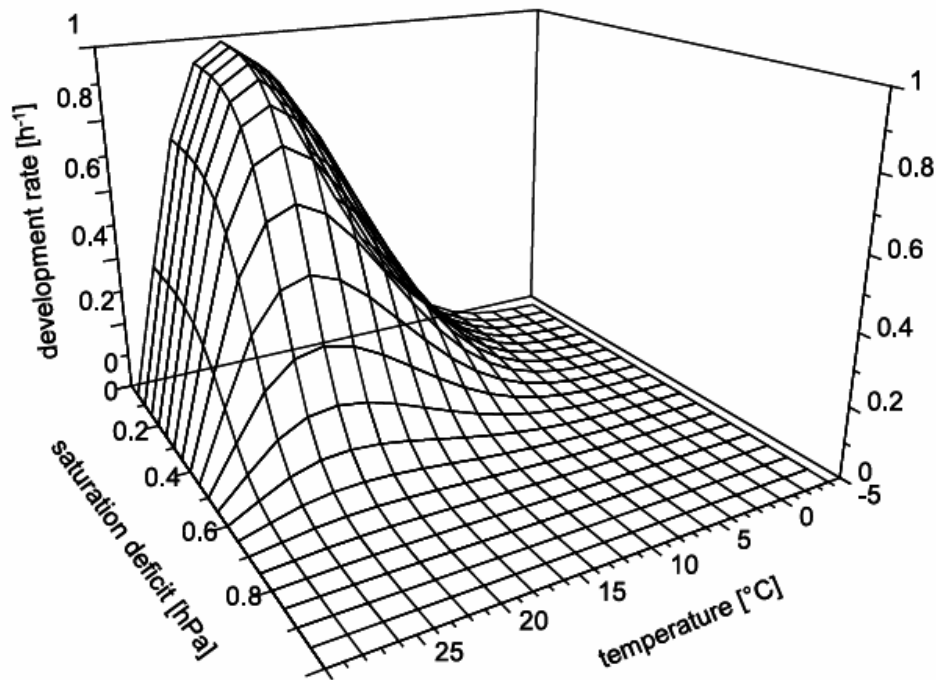
Sporenkieming kan vergeleken worden met de kieming van zaad. Voorwaarde is de opname van water. Het metabolisme wordt actief na een rustsituatie. Energie wordt gebruikt om nieuwe structuren te vormen zoals de kiembuis. Pas nadat de kiembuis is uitgegroeid zal de schimmel nutriënten kunnen opnemen uit de omgeving en minder afhankelijk zijn van de endogene nutriënten. Een kiemingsproces verloopt gedurende enkele uren. Onder gunstige omstandigheden begint *B. cinerea* al binnen 1-3 uur met het kiemingsproces en kan binnen 6 uur infectiestructuren (appressoria) vormen.

Kieming, groei en infectie door *B. cinerea* kan plaats vinden in een breed temperatuurtraject. *B. cinerea* is koude-minnend en is al bij 2 °C actief. Zelf bij nog lagere temperaturen kan de schimmel bij de langdurige bewaring van vruchten of plantenmateriaal aantastingen veroorzaken. Het optimum voor *B. cinerea* is tussen 20 en 25 °C, de maximumtemperatuur bij 30 °C (Jarvis, 1992; Keressies, 1994). De temperatuur zal in een kas daarom geen beperkende factor zijn voor het optreden van *B. cinerea*. Voor kieming en groei is de beschikbaarheid van water een voorwaarde. Kieming van *Botrytis* spp. vindt in een agar-gel plaats bij een water potentiaal van -1 tot -5 MPa (Köhl *et al.*, 1992). Bij circa -2 MPa verloop de kieming optimaal maar is vanaf -3 MPa al sterk geremd. Ook voor myceliumgroei is een water potentiaal van -2 MPa optimaal, maar bij -4 MPa wordt de groei al voor 50% geremd. Een trage ontwikkeling van mycelium is nog bij -7 MPa mogelijk (Alderman en Lacy, 1984a; Köhl *et al.*, 1992). Waterpotentialen van -1; -3; -5 en -7 MPa komen hierbij bij kamertemperatuur overeen met relatieve luchtvochtigheden van ongeveer 99,3; 97,9; 96,4 en 95,0%. Temperatuur en vochtgehalte samen kunnen de groei van de schimmel verklaren, en zijn o.a. door Tantau en Lange (2003) in een gewasbeschermingsmodule verwerkt (Figuur 2).

De waterbeschikbaarheid in de directe omgeving van de schimmels is afhankelijk van het dampdrukdeficiet (VPD of vapour pressure deficit), en deze wederom van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Door de wisselwerking van omgevingstemperatuur, gewastemperatuur en luchtvochtigheid kan ook vrij water in vorm van dauw neerslaan op het plantenoppervlak. De oppervlakte van levend plantenweefsel wordt gekoeld door de transpiratie van de plant (Burrage, 1976). Door transpiratie is ook de relatieve luchtvochtigheid in de directe omgeving van het weefsel in de boundary layer hoger. Door deze combinatie van koeling en verhoging van de relatieve luchtvochtigheid is de VPD lager in de boundary layer dan in de omgeving van het plantenweefsel. Of de VPD laag genoeg is in de boundary layer om kieming van *B. cinerea* mogelijk te maken zal dan verder afhankelijk zijn van de gradiënt van vochtigheid tussen boundary layer en de omgevende lucht en mogelijke luchtcirculatie die voor een disruptie van de luchtlag in de boundary layer kan zorgen.

Succes van de infectie is hoger indien de schimmel tijdens de kieming al exogene voedingsstoffen kan opnemen. Voedingsstoffen op het plantoppervlak via pollen, honingdauw of plantenexudaten stimuleren dus de infectie. Groei-omstandigheden van gewassen die tot een sterkere exudatie van voedingsstoffen zoals suikers leiden, kunnen daardoor de infectie door *B. cinerea* bevorderen. Succes van infectie is ook afhankelijk van de concentratie van conidia op het plantenoppervlakte. In het algemeen wordt ook de symptoomontwikkeling, i.e. de myceliumbiomassa, op de plant sterker naar mate de concentratie van conidia en de aanwezigheid van voedingsstoffen hoger is (Holz *et al.*, 2004).





Figuur 2. Ontwikkelingsnelheid van *B. cinerea* in afhankelijkheid van temperatuur en VPD (Tantau & Lange, 2003).

Wordt met droge conidia geïnoculeerd infecteren deze met een korte kiembuis. Indien conidia in suspensies van water worden opgebracht zo infecteren deze met lange kiembuizen (Holz *et al.*, 2004). Ook het infectieproces en de symptomontwikkeling verlopen verschillend. Zo constateren Salinas *et al.* (1989) dat de karakteristieke beperkte vlekjes op bloembladeren van gerbera ontstaan inoculatie van droge conidia, maar dat na inoculatie met waterige sporensuspensies uitgroeiende laesies ontstaan die niet typisch zijn voor de schade onder praktijkomstandigheden. Voor experimenten met kasgewassen heeft droge inoculatie de voorkeur boven natte inoculatie omdat dit overeenkomt met de luchtverspreiding van droge conidia in kassen. Alleen in buitengewassen speelt daarnaast de verspreiding van conidia in waterdruppels, tijdens regen, een belangrijkere rol.

### 5.3 Gekiemde sporen

Gekiemde sporen zijn zeer gevoelig voor stress. Zo kunnen gekiemde sporen dood gaan indien de vochtperiode tijdens het kiemproces wordt onderbroken door een droogteperiode. De mate van gevoeligheid is zeer verschillend tussen schimmels (Diem, 1971; Köhl *et al.*, 2001). Over de gevoeligheid van *B. cinerea* zijn geen data gepubliceerd. Het is niet bekend of kiemende conidia van *B. cinerea* na een droogteperiode afsterven of hergroei mogelijk is. Kennis hierover is voor het schatten van risico's van korte vochtperiodes op de ziekteontwikkeling cruciaal. Voor de nauw verwante schimmel *B. squamosa* zijn gedetailleerde proeven uitgevoerd om het effect van onderbrekingen van de vochtperiode tijdens het kiemingsproces van conidia te bepalen (Alderman *et al.*, 1985). Conidia van de schimmel werden op uienplanten geïncubeerd onder diverse omstandigheden en vervolgens werd het optreden van bladvlekken beoordeeld. Kiemende sporen waren bij 20 °C na 6 uur het meest gevoelig voor uitgedroogde vergeleken met kortere of ook langere incubatieperiodes onder vochtige omstandigheden voordat de vochtperiode werd onderbroken. Alderman *et al.* (1985) concluderen dat kiembuizen net voordat het blad geïnfecteerd kan worden het meest gevoelig zijn. Reeds korte onderbrekingen van de vochtperiode van slechts 20 minuten hadden in dit gevoelige ontwikkelingsstadium tot gevolg dat de infectiekans daalde. Er was een trend dat kiemende conidia gevoeliger waren voor een onderbreking van de vochtperiode gedurende 20 minuten bij een lage relatieve luchtvochtigheid (30%) dan bij een hoge luchtvochtigheid (90%).

## 5.4 Infectie

Vooral in de gewassen aardbei, druif en ui is uitgebreid epidemiologisch onderzoek verricht naar de effecten van omgevingsfactoren op het infectieproces door *B. cinerea*. Diverse modellen zijn ontwikkeld om voorspellingen van infecties te kunnen doen. Voor de infectie van bloembladeren van aardbei in de vollegrondsteelt ontwikkelden Xu *et al.* (2000) modellen die infecties zeer goed kunnen voorspellen. Belangrijke parameter in de modellen zijn dagelijkse VPD en temperatuur en de hoeveelheid aanwezige sporen.

Druivenbessen worden geïnfecteerd na vochtperioden langer dan 4 uur (Bromme *et al.*, 1995) in het gehele temperatuurtraject tussen 12 en 30 C. Langere vochtperioden bevorderen de infectie. Temperatuuroptimum voor infectie is 20 C. Broome *et al.* (1995) ontwikkelden modellen voor het voorspellen van infecties van druivenbessen en gebruiken hierbij de parameter duur van de vochtperioden, temperatuur en de interactie tussen deze twee parameters. Voor de infectie van druivenbloemen ontwikkelden Nair en Allen (1993) vergelijkbare modellen. Ook zij benadrukken hoe belangrijk temperatuur, duur van vochtperioden en hun interacties zijn. In hun onderzoek is gevonden dat voor infecties van druivenbloemen vochtperioden van 1,3 uur al voldoende kunnen zijn.

Voor een vertaling van de modellen van Nair en Allen (1993), Bromme *et al.* (1995) en Xu *et al.* (2000) naar de kassituatie zal de parameter temperatuur relatief minder bijdragen aan verklaring van verschillen in schimmelontwikkeling, aangezien in de kas de range van temperaturen veel kleiner is. Een groot verschil is wel, dat in de kas voor *B. cinerea* vrijwel altijd gunstige temperaturen optreden. Voor de modellen voor de vollegrondssituatie is met een breder temperatuurtraject rekening gehouden: van 2 tot 25 C (aardbei) en 5 tot 30 C (druif). Van belang is het verschil tussen orgaan temperatuur en omgevingstemperatuur, wat kan resulteren in natslag bij bepaalde luchtvochtigheid.

### 5.4.1 Infectie van wonden

*B. cinerea* is in staat waardplanten direct te infecteren en is niet afhankelijk van wonden. Hierbij zijn diverse enzymen en toxines betrokken. Succes van infectie hangt af van de infectieusiteit (kwaliteit) van de conidia, de hoeveelheid conidia, aanwezigheid van stimulerende nutriënten op de plantenoppervlakte, wateractiviteit in de boundary layer, temperatuur en de weerstand van de plant. Wonden zijn vaak geen voorwaarde voor infecties maar worden wel gemakkelijker geïnfecteerd door *B. cinerea*. In wonden is vocht aanwezig die schimmelgroei bevordert. Verder stimuleren in wonden voedingsstoffen de groei van *B. cinerea* en de lokale weerstand van de plant is lager. In kassgewassen worden wonden die mogelijk de *Botrytis*-aantasting bevorderen veroorzaakt door oogsten van vruchten of bloemen, maar ook door het dieven van de zij scheuten. Verder ontstaan wonden door beschadigingen door insecten.

### 5.4.2 Symptomen na infectie

Na infectie ontstaan symptomen van schade. Indien *B. cinerea* agressief het waardplantweefsel kan koloniseren ontstaan snel uitspreidende laesies. Waardcellen sterven als gevolg van de aantasting af en *B. cinerea* koloniseert het necrotisch weefsel. In minder gevoelige gewassen of voor *B. cinerea* minder gunstige omstandigheden blijft het gebied van aantasting zeer beperkt en er ontstaan alleen kleine vlekjes die gevormd worden van enkele plantencellen die als gevolg van de infectie afgestorven zijn. Dit soort kleine lokale reacties van de plant zijn vaak gevolg van hypersensitieve resistentie-reacties. *B. cinerea* blijft zeer beperkt op enkele cellen in het waardplantweefsel aanwezig of kan zich zelfs niet lang handhaven in de aangetaste cellen en is later niet meer terug te isoleren uit de lokale laesies. Voorbeelden zijn de spetters in het voorjaar op tulp of lelie, of ook de zeer lokale vlekken op gerbera. De sierwaarde neemt uiteraard af indien kleine vlekjes aanwezig zijn maar de plant zelf leidt minder schade dan door uitgroeiende laesies. Op dit soort beperkte vlekjes vindt ook geen verder ontwikkeling van *B. cinerea* plaats en de schimmel zal ook niet sporuleren. Voor de verdere ontwikkeling van de ziekte in het gewas spelen de kleine vlekjes dus geen rol.

## 5.5 Sporulatie

Voorwaarde voor sporulatie van *B. cinerea* is beschikbaarheid van water in het substraat. Alderman en Lacy (1984b) onderzochten het effect van waterbeschikbaarheid op sporulatie voor de nauw verwante schimmel *Botrytis squamosa*. Bij een wateractiviteit van -1 MPa (in een agar-gel) is de sporenproductie optimaal en neemt af met afnemende wateractiviteit. Al bij -3 MPa is de sporulatie 75% minder dan in het optimum. Beneden een wateractiviteit van -8 MPa vindt geen sporulatie meer plaats. De productie van sporen is een proces van enkele uren. Hoe snel het sporulatieproces afloopt hangt af van de omgevingstemperatuur. Indien water alleen beschikbaar is gedurende kortere perioden kunnen geen sporen geproduceerd worden. Zo zijn voor sporulatie op bloemweefsel van geranium bij een optimale temperatuur van 25°C ten minste 4 uur nodig (Sirjusingh & Sutton, 1996). Met langere vochtperioden neemt de hoeveelheid geproduceerde sporen sterk toe. Bij temperaturen van 10°C of lager sporuleert de schimmel ook bij optimale constante waterbeschikbaarheid niet binnen 24 uur.

Xu *et al.* (2000) ontwikkelden modellen voor het voorspellen van aantasting van bloembladeren van aardbei in vollegrondsteelt. Eén van hun modellen voorspelt de hoeveelheid conidia in de lucht boven het gewas. De parameters die een grote invloed hebben zijn de vochtperioden gedurende de 3 tot 11 dagen voor de dag van voorspelling. Er werden meer conidia voorspeld als er lange vochtperioden optraden. Daarentegen was de sporenvlucht hoger indien op de dag zelf de vochtperioden kort waren of hoge temperaturen optraden. Deze resultaten laten goed zien dat sporenvluichten afhankelijk zijn van gunstige condities voor sporulatie (lange vochtperioden) en sporenvrijzetting (dalende luchtvochtigheid).

De invloed van het herhaaldelijk onderbreken van vochtperioden op het verloop van het sporulatieproces is onderzocht door Sosa-Alvarez *et al.* (1995). Zij vinden dat de sporulatie van *B. cinerea* op aardbeibladeren minder is indien de vochtperioden worden onderbroken. Maar het sporulatieproces zal continueren in een vochtperiode die op een droge periode volgt. De ontwikkeling van sporen wordt dus door een onderbreking van de vochtperiode niet afgebroken, maar alleen tijdelijk stopgezet. In een vochtregime met afwisselende vochtige en droge omstandigheden zal de sporulatie afhankelijk zijn van het totale aantal uren met vochtige omstandigheden en de duur van de individuele vochtperioden en droogteperioden. De resultaten van Sosa-Alvarez *et al.* (1995) maken duidelijk hoe complex een sporulatieproces onder wisselende klimaatsomstandigheden is en dat een exacte voorspelling moeilijk is.

De vermeerdering door sporulatie is, net als sporenkieming en infectie op het gewasoppervlak, afhankelijk van de omgevingsfactoren temperatuur en luchtvochtigheid of VPD. Een belangrijk verschil hierbij is dat infectie plaats vindt op levend plantweefsel, maar sporulatie op dood plantweefsel. Hierbij zit het mycelium van de schimmel in het dode weefsel om zich hiermee te voeden. De dynamiek van de omgevingsfactoren op gezond plantenoppervlak, op dood plantenweefsel en in dood plantenweefsel is verschillend (Pfender, 1996). Het oppervlak van levend plantenweefsel wordt gekoeld door de transpiratie van de plant (Burrage, 1976). Door transpiratie is ook de relatieve luchtvochtigheid in de directe omgeving van het weefsel in de boundary layer hoger. Door deze combinatie van koeling en verhoging van RV is de VPD lager in de boundary layer dan in de omgeving van het plantenweefsel. Droog dood plantenweefsel vertoont extremere verschillen in temperatuur en luchtvochtigheid als oppervlakten van levend plantenweefsel omdat de regulatie via transpiratie ontbreekt. Vochtig dood plantenweefsel echter kan, vergelijkbaar met een spons, een veel grotere hoeveelheid water vasthouden dat langzaam gaat verdampen. Vochtperioden kunnen daarom in dood weefsel veel langer zijn dan op levend plantenweefsel (Pfender, 1996; Köhl & Fokkema, 1994).

Het omgevingsklimaat heeft een grote invloed op het klimaat op oppervlakten van organen maar ook binnen afgestorven plantenweefsel. De temperatuur en vooral de vochtdynamica verschillen sterk tussen levend en dood plantenweefsel, Zodoende zijn de klimaatseffecten op kiemings- en sporulatieprocessen op deze weefseltypen niet direct te vergelijken. Dit geldt vooral voor sporulatie, zijnde sterk afhankelijk van vochtgehalte en temperatuur in dood plantenweefsel. Vooral als de sporulatie optreedt op compacte dikkere lagen van afgestorven plantenweefsel, bijvoorbeeld gevormd door meerdere lagen van dode bladeren, is de waterdynamiek niet eenvoudig direct aan te sturen door sturing van de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht.

Schimmelgroei is afhankelijk van de waterpotentiaal in het dode weefsel, dat bepaald wordt door matrixpotentiaal en osmotische potentiaal en door de VPD van de omringende lucht. Metingen onder kas- of veldomstandigheden van de waterdynamiek in dood weefsel zijn lastig. Er zijn ook weinig data beschikbaar over de waterdynamiek in dood plantenweefsel in relatie tot schimmelgroei en sporulatie (Fernandes *et al.*, 1991; Zhang & Pfender, 1992).

## 5.6 Conclusies

Omgevingsfactoren zijn sturende factoren voor de ontwikkeling van schimmels en infecties van gewassen. Informatie over het overleven van conidia van *B. cinerea* in de gewassen is beperkt aanwezig in de literatuur en gekenmerkt door grote verschillen. Resultaten van experimenten geven soms zeer korte perioden aan met enkele uren (Seyb, 2003), maar ook enkele maanden worden genoemd (Walter *et al.*, 1999), hoewel bij laatstgenoemde studie de conidia mogelijk door vruchtharen beschermd waren.

Invloed van temperatuur en waterschikbaarheid op sporenkieming is kwantitatief bekend. Over het effect op kieming van een onderbreking van de vochtperiode door droogte is minder bekend. Een onderbreking van de vochtperiode heeft op sporulatie geen effect: de sporendragers ontwikkelen zich gewoon weer opnieuw.

De sturing van kasklimaat is vaak gericht op luchtvochtigheid en temperatuur op enkele representatieve meetpunten in de kas met als doel schimmelontwikkeling te voorkomen. Maar voor de ontwikkeling van schimmels op de plant is niet het kasklimaat maar het milieu op de plant bepalend. Tantau en Lange (2003) vergelijken metingen van temperatuur en VPD tussen de kaslucht en binnen het gewas (canopy). Beide parameters blijken tussen microklimaat rond het blad en in de kaslucht vaak te verschillen. De auteurs ontwikkelen ook rekenmodules voor het modelleren van bladtemperaturen en VPD in de directe omgeving van het blad. Dit biedt mogelijkheden voor een klimaatssturing die sterker is gericht op de groeiomstandigheden van pathogene schimmels.

## 6. *Botrytis cinerea*: preventie en bestrijding

### 6.1 Gewasconditie

De keuze van gewas, cultivar en teeltomstandigheden bepalen de gevoeligheid van het gewas. De genetisch vastgelegde resistentie van een plantensoort (en binnen de soort van de diverse cultivars) bepaald in sterke mate welke risico's op schade in het een gewas kunnen optreden. Binnen elke cultivar zal de weerstand verder afhangen van de teeltomstandigheden. In het algemeen zijn de teeltomstandigheden van kasgewassen in moderne productiesystemen geoptimaliseerd om een hoge productie te bereiken zodat in theorie er geen verzwakte gewassen voorkomen met een bijzonder hoge gevoeligheid voor *Botrytis*. Toch zijn er tal van afwijkingen denkbaar t.o.v. de algemene stelling dat een productief gewas ook een t.a.v. ziekten sterk gewas is. Zo kan de specifieke bemesting in een gewas optimaal zijn voor de productie maar bepaalde nutriënten ook een specifieke invloed hebben op de weerstand van de plant tegen *B. cinerea*. Ook kan het aanhouden van een relatief hoge teelttemperatuur bij lage stralingsniveaus, t.b.v. het 'actief houden' van het gewas, leiden tot zwakker weefsel. Verder kunnen de groeiomstandigheden tijdelijk suboptimaal zijn voor het gewas om kosten voor verwarming of belichting te besparen. In deze fasen zou de weerstand van het gewas lager kunnen zijn. In het gewas kan verder plantenweefsel aanwezig zijn die een natuurlijk lage weerstand hebben maar niet van betekenis zijn voor de verdere productie. Zo is de weerstand van afstervend blad laag. Ook is de weerstand van bloembladeren relatief laag. Uiteindelijk hebben bloembladeren na het aantrekken van bestuivende insecten net als rijpe vruchten voor de plant geen functie meer en de selectiedruk op het ontwikkelen van resistentie dus laag.

De algemene uitspraak dat *B. cinerea* bevordert wordt door een zwak gewas gaat minder op in het geval van grote wonden aan stengels. De open wonden zijn een zeer geschikte aanvalsplek voor *B. cinerea*. De necrotische cellen die rond een wond ontstaan zijn ook na wondheling een ideale brug voor *B. cinerea* om hierop te vestigen en uitgaand van de gekoloniseerde dode weefselstukken (de 'laesie') het aansluitend gezonde weefsel te infecteren. Er zijn middelen om de verdere uitgroei van laesies te remmen: het uitsnijden van aangetast weefsel, het insmeren met een fungicidepap e.d.. Dit vraagt veel scouting en arbeid. Het al of niet uitgroeien van een laesie wordt voor een belangrijke mate bepaald door de weerstand van het gewas.

In een productief gewas met sterke worteldruk verlopen wondhelingsprocessen eventueel trager dan in minder productieve gewassen. De infectiekansen zijn dus mogelijk ook hoger (Paternotte, 2006; Kaarsemaker, 2004). In de praktijk is al jarenlang veel belangstelling voor het telen van een sterk gewas. Hierbij betreft men belichting, temperatuur, watergift, bemesting, verhouding vegetatief/generatief, enz. Tot op heden is de invloed hiervan op de weerstand tegen ziekten niet kwantitatief onderbouwd.

### 6.2 Effect van kasklimaat op gewasgevoeligheid en sporenvitaliteit

Hammer en Evensen (1996) onderzochten de relatie tussen omgevingsfactoren in een praktijkkas en de gevoeligheid van rozen in de naoogstfase. De volgende klimaatfactoren werden in de kas gemonitord: luchttemperatuur, bladtemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, VPD, condensatie op oppervlakten, windsnelheid en instraling. De rozen werden regelmatig geoogst en onder geconditioneerde omstandigheden met *B. cinerea* conidia geïnokuleerd. De gevoeligheid van de rozen was niet afhankelijk van de luchttemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid of de VPD tijdens de productiefase. Daarentegen bevorderden vooral verminderde windsnelheden en in mindere mate grotere temperatuurverschillen tussen blad en lucht de gevoeligheid. Het effect van windsnelheid op de weerbaarheid van roos werd bevestigd in een experiment onder gecontroleerde omstandigheden. De auteurs verklaren dit effect met een mogelijke invloed van wind op de opbouw van het bladoppervlak, de cuticula. Zij geven ook aan dat een hogere windsnelheid tot gevolg heeft dat temperatuurverschillen tussen lucht en blad kleiner zijn, bladnatperioden in de boundary layer korter zijn en de verdamping van de plant groter is. In de studie van Hammer en Evensen (1996) is de variatie tussen gevoeligheid van rozen relatief klein. De achtergrond infecties, te verklaren door invloeden van de wisselende omstandigheden in de kas op het pathogeen, varieerden veel sterker. De auteurs geven dan ook aan dat

een sturing van het kasklimaat gericht op de beheersing van pathogeen efficiënter zal zijn dan gericht op het verhogen van het resistentieniveau van het rozengewas.

Dit beeld wordt bevestigd door de studie van Kerssies en Frinking (1994). Zij onderzochten het mogelijke effect van seizoensafhankelijke klimaatsfactoren op de gevoeligheid van gerberabloemen. Variatie in kasklimaat (relatieve luchtvochtigheid, temperatuur en instraling) had geen effect op de mogelijke resistentiefactoren zoals dikte van de waslaag of de cuticula van de bloembladeren. Aanleiding voor het onderzoek was het feit dat het optreden van schade op gerbera wel een seizoensafhankelijkheid laat zien, maar de hoeveelheid van conidia van *B. cinerea* niet. Gesteld dat Kerssies conclusie juist is t.a.v. de constante hoeveelheid conidia (dit is ons inziens twijfelachtig, bovendien is de bron, i.a. de hoeveelheid sporulerend weefsel, nooit gekwantificeerd), dan zou de seizoensfluctuatie in schade door variabele infectiviteit van conidia veroorzaakt kunnen worden. De conclusie van bovengenoemde studie en van nader onderzoek van Kerssies (1994) was, dat de kwaliteit van conidia sterk afhangt van omgevingsfactoren. Het optreden van schade in perioden met lage instraling heeft te maken met een grotere kans dat de sporen overleven. In perioden met hoge instraling gaat de kwaliteit en daarmee de infectiviteit en uiteindelijk de levensvatbaarheid van de sporen snel achteruit. Kerssies resultaten kunnen in de gerberateelt direct tot een praktisch instrument voor schimmelvoorspelling leiden: wanneer de gemiddelde RV in de kas 6, 7 en 8 dagen voor de bloemenoogst hoger is dan 70% en de gemiddelde stralingssom buiten de kas de 3 dagen voorafgaand aan de oogst lager is dan  $1500 \text{ J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ , is de kans op een onacceptabele *Botrytis*-aantasting erg groot. Een verband tussen *Botrytis*-aantasting en straling vinden ook Sloomweg *et al.* (2005) in Lisianthus. Hoge instraling tijdens de teelt heeft weinig aantasting in de naoogstfase tot gevolg.

Nicot en Baille (1996) presenteren opties voor een verbetering van de strategie van klimaatsbesturing door het integreren van gedetailleerdere kennis rond de epidemiologie van de ziekte. Zij benadrukken twee aspecten:

- (1) Het klimaataspect: voorwaarde voor infectie is een bepaalde periode van hoge luchtvochtigheid. De aansturing van het kasklimaat hoeft dus niet constant voor lage luchtvochtigheden te zorgen zonder dat schade ontstaat omdat korte perioden met hoge luchtvochtigheden geen schade kunnen veroorzaken.
- (2) Het sporenaspect: de hoeveelheid van de aanwezige conidia van *B. cinerea* is van belang. Bij afwezigheid of aanwezigheid van lage aantallen conidia zal het risico op aantasting veel lager zijn dan bij hoge aantallen.

Het klimaataspect wordt verder behandeld in §6.5, het sporenaspect in §6.3 en §6.4, en naast het gewasgevoelighedsaspect (zie §6.1) willen we ook het bovenvermelde aspect van de sporenvitaliteit hieraan toe voegen.

## 6.3 Sporenluchten

Preventieve maatregelen kunnen zich niet alleen op de gevoeligheid van het gewas maar ook op de ziekteverwekker zelf richten. Zulke maatregelen kunnen dan gericht zijn op het binnendringen van de ziekteverwekker in het gewas, de vermeerdering, de verspreiding, het raken van het gastheerweefsel, de infectie en de symptoomvorming na infectie.

Conidia van *B. cinerea* in de buitenlucht kunnen de kas binnendringen via open ramen. Dit risico is afhankelijk van de sterk wisselende sporencentraalities in de buitenlucht. De vermeerdering van *B. cinerea* binnen de kas vindt plaats op door de schimmel aangetaste plantendelen en op gekoloniseerde gewasresten. De hoeveelheden geproduceerde sporen is afhankelijk van de hoeveelheid substraat en de klimatologische omstandigheden. Indien dode bladeren in de gewassen in grote hoeveelheden aanwezig blijven en niet worden verwijderd zal er altijd een belangrijke bron voor sporen aanwezig zijn in een kasgewas. Het sturen van het kasklimaat kan invloed hebben op het vermogen van *B. cinerea* om op deze gewasresten te sporuleren. Hierbij is rekening te houden met het feit dat de waterdynamiek in dood weefsel anders is dan op intacte plantendelen. Dood blad, vooral als dit ook nog in grotere hoeveelheden op elkaar gaat liggen, kan als een spons grote hoeveelheden water opnemen. Dit water kan afkomstig zijn uit de lucht tijdens omstandigheden met hoge luchtvochtigheden maar kan ook van plekken komen waar waterdruppels ontstaan door condensatie of lekkages van watergeefsystemen, etc. Dit opgenomen vocht is dan beschikbaar voor de schimmel. Een kasklimaat gestuurd op een droog gewas heeft daarom niet automatisch tot gevolg dat, naast de remming van infectie van het gewas, ook de vermeerdering van het pathogeen wordt onderdrukt.

Omstandigheden en maatregelen in het gewas hebben invloed op het loskomen van conidia van de sporendragers. Indien er sporulerende schimmels aanwezig zijn in het gewas of op de gewasresten kunnen door teleractiviteiten zoals oogsten, verplaatsen van planten, gewasbespuitingen grote hoeveelheden aan sporen loskomen en zo via

transport door de lucht tot nieuwe besmetting leiden (Hausbeck en Pennypacker, 1991). Keuze en afstemming van timing van handelingen in gewassen kunnen preventief werken.

Conidia in de kaslucht worden passief verspreid via de luchtcirculatie. Metingen van sporenluchten binnen kassen geven aan dat de verdeling van de sporen homogeen is (Kerssies, 1993a). Extra luchtcirculatie zal het risico op verspreiding dus niet verhogen. Het optreden van ziektehaarden is dan meer een gevolg van inhomogene klimaatomstandigheden of groeiomstandigheden dan van een inhomogene inoculumverdeling. Maar het beeld van homogene sporenverdelingen binnen een kas kan ook te maken hebben met de relatief lange tijdsduur van elke sporenvang (Kerssies, 1993a). Mogelijkerwijs zijn de processen binnen de cyclus van sporenproductie, spore release naar besmetting van het gewas ook korte, zeer lokale gebeurtenissen. Daarentegen kan het verblijf van conidia en schimmelmycelium wel enkele maanden zijn, waardoor risico op een nieuwe infectie langdurig aanwezig is.

## 6.4 Infectie

De rakingskans van gevoelig weefsel is afhankelijk van hoeveelheid sporen in de lucht, de oppervlakte van het weefsel en de tijdsduur hoelang het weefsel aanwezig respectievelijk gevoelig is. Een korte periode van opengaan van bloemen en snelle oogsthandelingen verminderen dus de kans op besmetting. Het infectieproces door *B. cinerea* wordt niet alleen gestimuleerd door gevoeliger plantenweefsel, maar is ook afhankelijk van de microklimaatomstandigheden in de directe omgeving, de boundary layer boven het weefsel. Temperatuur en aanwezigheid van vrij water spelen hierbij een cruciale rol. Verder wordt de sporenkieming en infectie van *B. cinerea* bevorderd door de aanwezigheid van exogene nutriënten. In wonden en op bloemen zijn deze ruim aanwezig, in andere situaties bij voorbeeld op bladeren kunnen lage nutriënten niveaus limiterend zijn voor *B. cinerea*. Ook spelen concurrerende micro-organismen een belangrijke rol.

Bij middelengebruik ter bestrijding van *B. cinerea* of van andere ziekten, bijvoorbeeld echte meeldauw, kan door beroering en vernatting *B. cinerea* ook bevorderd worden via stimulering van het vrijkomen van conidia van de sporendragers en bevochtiging van het microklimaat.

## 6.5 Klimaat

Verhogen van de temperatuur binnen de kas door verwarmen heeft geen direct remmend effect op *B. cinerea*, omdat de schimmel in een breed temperatuurtraject actief kan zijn. Evenwel vertoont de activiteit van de schimmel een optimumcurve (zie boven) in relatie tot temperatuur. Bij de ziektebeheersing met behulp van verwarmen gaat het om een indirect effect op de VPD. Ziektebeheersing is ook mogelijk door verlagen van het vochtgehalte in de directe omgeving van de planten via andere fysische processen als verwarmen. Hierbij gaat het niet om de beschikbaarheid van water in de kaslucht maar alleen in de zeer dunne boundary layer op de gewasoppervlakten wat betreft de kieming- en infectieprocessen. Berlinger *et al.* (1999) benadrukken dat de sturing van het kasklimaat gericht moet zijn op het sturen van het 'boundary layer microclimate'. Metingen in de directe omgeving van het plantoppervlak met speciale sensoren zijn moeilijk. Voorspellingen op basis van relatieve luchtvochtigheid, temperaturen, luchtbewegingen en instraling in de meetbox zijn volgens Berlinger *et al.* (1999) vaak niet voldoende precies om op de condities van de boundary layer te voorspellen en te sturen.

Ziektebeheersing door klimaatsturing moet ook gericht zijn op de locaties van sporulatie: de door *B. cinerea* gekoloniseerde afgestorven plantendelen en hun waterdynamiek. Voortschrijdende kennis kan ingezet worden t.a.v. het hoe het gevoelige orgaan in kwestie te beïnvloeden: zo kunnen bijvoorbeeld gerberabloemen gericht verwarmd worden door in hoogte variabele verwarmingsbuizen (Dik en Wubben, 2004).

Sporulatie-, kiemings- en infectieprocessen zijn afhankelijk van temperatuur en beschikbaarheid van water gedurende een periode van enkele uren. Vooral kieming en infectie zijn gevoelig voor onderbreken van de waterbeschikbaarheid. Kortere perioden van voor kieming en infectie geschikte omstandigheden hebben geen schade tot gevolg. Onderbreken van vochtperioden kunnen daarom een even goed preventief effect hebben als het voorkomen van vochtperioden.

Sturing van het kasklimaat op temperatuur en relatieve luchtvochtigheid heeft een indirect effect op vermeerdering en infectie door *B. cinerea*. Sturing op een gemeten of gemodelleerd bladnat (Tantau en Lange, 2003; Körner en Challa, 2003; 2004) zal een direct effect hebben op het pathogeen. Voor sporulatie is bladnat van afgestorven blad belangrijk, voor infectie bladnat van de voor schade gevoelige plantenorganen zoals bloembladeren.

Omdat *Botrytis* spp. ook al bij een water potentiaal van boven -7 MPa (in agar-gel) kan groeien (Köhl *et al.*, 1992) is de definitie van bladnat wat genuanceerder te hanteren. Niet alleen perioden met vrij water, te bepalen door dauwpuntmetingen, zijn belangrijk maar ook perioden met een relatieve luchtvochtigheid in de boundary layer van circa 95% of hoger.

Op zich is gezien het procesverloop van infectie en sporulatie een sturing op een vaste drempelwaarde voor relatieve luchtvochtigheid, VPD (of meer direct op bladnat) niet persé nodig omdat tijdelijke overschrijding van een drempelwaarde geen schade tot gevolg heeft indien de tijdsduur van overschrijdingen bekend en beheersbaar is zodat kiemings- en infectieprocessen op tijd gestopt kunnen worden. Hiervoor is gedegen kennis van de interacties tussen kiemende sporen en omgevingsfactoren nodig. Een dynamische sturing van temperatuur en luchtvochtigheid kan significante energiebesparing opleveren ten opzichte van een sturing op constante setpoints (Körner en Challa, 2003; 2004).

## 6.6 Preventie op basis van belangrijkste besmettingsbron

Voorwaarde voor aantasting is de aanwezigheid van *B. cinerea* sporen in de kaslucht, alsmede het juiste klimaat voor sporenkieming. Bij de meeste schimmelaantastingen is niet helder wat de belangrijkste sporenbronnen zijn: aangetast weefsel binnen het gewas of binnenwaaiende buitenlucht. Keressies (1993a) vermoedt dat sporenvorming binnen de kas een belangrijke sporenbron zal zijn, gezien de trend naar een toename van de hoeveelheid sporen in de kaslucht met de leeftijd van het gewas. Bij een ouder wordend gewas neemt ook de hoeveelheid oud en dood bladmateriaal aan de onderkant van de plant toe.

De keuze van de juiste maatregelen voor preventie en controle zijn in sterke mate afhankelijk van het juiste inzicht in de epidemiologie van de ziekte. Rekening houdend met de genoemde onzekerheden wordt hieronder een aanpak voorgesteld in afhankelijkheid van de belangrijkste weg waarlangs besmetting optreedt

### 6.6.1 Sporen van buiten de kas

Indien conidia met de buitenlucht de kas binnen komen zal het belangrijk zijn de zeer karakteristieke schommeling van sporengehaltes goed in kaart te brengen. Risicoperioden zijn dan duidelijk aan te geven en maatregelen hierop af te stemmen. Kennis van pieken in sporenluchten, bijvoorbeeld aan het eind van de ochtend op zomerdagen, kan gebruikt worden voor de besturing van de ramen. Dit kan mogelijk conflicteren met de behoefte om te luchten omdat de kaslucht dan opwarmt. Ook kunnen bepaalde sporenbronnen in de omgeving van kassen worden geïdentificeerd en verwijderd. Binnenkomende lucht kan in principe ook via ionisatie of UV-bestraling behandeld worden met als doel sporen af te doden. Een dergelijke optie is slechts mogelijk in een gesloten kas.

### 6.6.2 Een gevoelig gewas

De grote hoeveelheid nutriënten stimuleert vervolgens de kieming van *B. cinerea* conidia. In vruchtgroenten doet dit proces zich zelfs in sterkere mate voor in de stengelwond. Ook in deze wond kan via een voedingsoplossing, die tot een hoge turgor in de levende wondcellen leidt, de gevoeligheid voor *B. cinerea* zijn verhoogd. Uit onderzoek bij gerbera blijkt dat bloemen gevoeliger zijn voor infecties door *B. cinerea* bij hoge temperaturen (Keressies, 1994). Hoge temperaturen leiden tot een hogere turgor, wat een sterkere exudatie van nutriënten op de oppervlakte van de bloembladeren tot gevolg heeft (Keressies, 1994). Desalniettemin is er in de praktijk nooit guttatie waargenomen op de bloemen, die altijd droog leken te zijn (pers.comm. F. van Noort). Zowel verlaagde N-gift als verhoogde Ca-gift kan in algemeenheid tot een 'harder' gewas leiden, met steviger celwanden. Een goede kali-voorziening acht men meestal ook van belang voor een sterk en weerbaar gewas (o.a. Vakblad Bloemisterij, 1993). Bij gerberakwekers met weinig tot geen *Botrytis*-smet is een tendens naar ruimer gebruik van calciumchloride in de voeding gevonden, en vond men meer K, S en Cl, en minder nitraat in de drain (Wessels en Van der Mei, 2003).

De verbanden tussen stengelwondcondities en omgevingsfactoren zijn niet duidelijk genoeg om de kennis voor het ontwikkelen van preventieve maatregelen te gebruiken.



### 6.6.3 Binnen de kas geproduceerde sporen

De hoeveelheid conidia die in een gewas aanwezig zijn is afhankelijk van de hoeveelheid dood plantenmateriaal dat door *B. cinerea* gekoloniseerd kan worden. Dit verband is in diverse gewassen aangetoond, o.a. in tomaat (Dik en Wubben, 2004) en in ui (Köhl *et al.*, 1995). Verwijderen van dood bladmateriaal uit een gewas kan een efficiënte maatregel zijn om risico's te voorkomen. Naast het verwijderen van voor sporulatie geschikt substraat heeft deze maatregel ook tot gevolg dat het gewas opener wordt en ventilatie voor een sneller opdrogen van de resterende afstervende plantendelen zorgt. Voorlichters Wessels en Van der Mei (2002) noemen dit als aspect van de bedrijfs-hygiëne als een belangrijke preventieve maatregel om *B. cinerea* in gerbera beheersbaar te maken.

Sporulatie van *B. cinerea* is afhankelijk van de vochtigheid in het door *B. cinerea* gekoloniseerd afgestorven plantenweefsel. Hausbeck *et al.* (1996) onderzochten het effect van verwarmde lucht die met behulp van een ventilator continue langs de onderkant van een geraniumgewas geblazen werd op de sporulatie van *B. cinerea* op aangetast weefsel in het gewas. Het aantal geproduceerde sporen was significant lager op de met verwarmde lucht geventileerde planten vergeleken met de controle planten. De sporenhoeveelheden in de lucht, gemeten tijdens teleractiviteiten boven het gewas, was 60 tot 99% lager dan in de controle gewassen. Friedrich *et al.* (2005) gebruiken een ventilatiesysteem dat alleen bij hogere risico's aangeschakeld wordt. Ook met deze energiebesparende aansturing is het mogelijk de sporulatie in het gewas significant te reduceren.

Sporulatie kan ook onder gunstige omstandigheden pas na enkele uren optreden (Sirjusingh & Sutton, 1996). Bij de sturing van het kasklimaat kan hiermee rekening gehouden worden. Korte vochtige perioden in de door *B. cinerea* gekoloniseerde gewasresten vormen geen risico voor nieuwe sporenproductie, maar zijn misschien zelfs gunstig om de decompositie van de gewasresten en de hierin aanwezige concurrenten van *B. cinerea* te stimuleren (Köhl en Fokkema, 1998). Bij het aansturen van het gewasklimaat kan hiermee rekening worden gehouden en gewasresten niet via verwarmen of ventilatie constant droog gehouden worden.

Doordat mechanische krachten het vrijzetten van sporen bevorderen, zou de teler bij het uitvoeren van werkzaamheden aan het gewas hiermee rekening moeten houden. Indien er dood blad op de kasvloer ligt, kan beroering hiervan ook de sporen uit eventuele sporendragers vrijzetten.

### 6.6.4 Microklimaat rond de plant

Kieming van *B. cinerea* vindt alleen plaats in een omgeving met zeer hoge luchtvochtigheid of vrij water. Hierbij is de beschikbaarheid van water in de directe omgeving van de sporen van enkele tientallen van  $\mu\text{m}$  belangrijk. Kieming en infectie kunnen dus alleen plaats vinden indien er water beschikbaar is op de oppervlakte van bladeren en bloembladeren en in de dunne luchtlaag erboven, de boundary layer (Burrage, 1971). De relatieve luchtvochtigheid of VPD in de omgevende lucht binnen het gewas of zelfs in de het gewas omgevende kaslucht heeft dus geen direct effect op de kieming- en infectieprocessen. De hoeveelheid water in deze niche is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid en VPD van de omgevende lucht, maar ook van de verdamping van de plant en het neerslaan van water, condensatie, als gevolg van temperatuurverschillen op plantenoppervlakte en omgevende lucht. Opbouw van een zone met hogere luchtvochtigheid tot condensatie met als gevolg van bladnat, vrij water op de oppervlakte, is dus het resultaat van het samenspel van plant, temperatuurverschillen en watergehalte in de lucht binnen het gewas. Een verder belangrijke factor hierbij is luchtcirculatie. Alleen zonder luchtcirculatie zal de stabiele opbouw van een laag met hoge luchtvochtigheid op en boven een plantendeel mogelijk zijn. Door luchtcirculatie wordt de opbouw van een zone met hoge relatieve luchtvochtigheid verstoord en zo het verschil tussen de waterbeschikbaarheid binnen en buiten de boundary layer minder of zelfs nihil.

Meting van de waterbeschikbaarheid in de boundary layer is experimenteel zeer moeilijk. Sturing van het kasklimaat op grond van metingen van waterbeschikbaarheid in de boundary layer zal dus technisch (nog) onmogelijk zijn maar in principe zeer doelgericht. Sturing op grond van metingen van luchtvochtigheden op een meetpunt in de kaslucht is technisch goed te realiseren, maar zal vergezeld moeten gaan van een gemodelleerde grenslaagsituatie. Dergelijke berekeningen zijn gecompliceerd en vereisen uitgebreide experimentele toetsing.

Het openbreken van de met water verzadigde boundary layer met behulp van ventilatie kan een effectief middel zijn om kieming en infectie te voorkomen. Hausbeck *et al.* (1996) gebruiken hiervoor continue verwarmde en geventileerde lucht. Een nog verder geavanceerd systeem dat berust op een op het VPD gestuurde ventilatie van de gewasoppervlakten is door Friedrich *et al.* (2005) getoetst. De infectie van fuchsia (en ook de sporulatie van

*B. cinerea* op aangetaste planten) werd hierdoor gereduceerd. Wessel en Van der Mei (2003) onderzochten gerbera-bedrijven met en zonder *B. cinerea* problemen. Een van de verschillen tussen deze bedrijfsgroepen was dat in bedrijven met minder *Botrytis*-problemen vaker gebruik gemaakt werd van ventilatoren. Wessels en Van der Mei (2003) verklaren het effect van ventilatie via een vermindering van temperatuurverschillen in de kas met als gevolg minder kans op condensatie. Maar het 'openbreken' van boundary layers waardoor een verhoging van de luchtvochtigheid in de directe omgeving van de bloembladeren wordt voorkomen kan ook een verklaring zijn voor een verminderde aantasting door *B. cinerea*.

Het openbreken van de dunne luchtlaag in de boundary layer met behulp van gestuurde ventilatie in situaties met een hoog risico op lage VPD of vrij water binnen de boundary layer vraagt waarschijnlijk minder energie dan het verwarmen van kaslucht met als doel het VPD in de kaslucht te verhogen en hierdoor indirect de hoeveelheid aan beschikbaar water in boundary layers te verlagen. Sturing van het boundary layer klimaat i.p.v. het kasklimaat vraagt kennis van het voorspellen van de waterbeschikbaarheid in de dunne laag op en rond gewassen. Verder is detailkennis nodig over kieming- en infectieprocessen van *B. cinerea* bij gecontroleerde, constante en fluctuerende omstandigheden. Daarbij moet de infectiekans niet alleen worden gerelateerd aan de relatieve luchtvochtigheid of de VPD, maar ook aan luchtbeweging, temperatuurverschillen en plantverdamping. Uitspraken over de infectie van planten bij luchtvochtigheden van bijvoorbeeld 54% RH (Weden *et al.*, 1996) zeggen niet dat *B. cinerea* bij deze luchtvochtigheid kan kiemen en infecteren. Er kan dan alleen geconcludeerd worden dat onder de experimentele omstandigheden binnen de boundary layer kennelijk omstandigheden optraden die, o.a. in afhankelijkheid van de relatieve luchtvochtigheid in de omgevende lucht, een duidelijk hogere relatieve luchtvochtigheid tot gevolg hadden.

## 6.7 Conclusies

Een sterk gewas is minder gevoelig voor de zwakteparasiet *B. cinerea*. Optimale voeding en belichting werken daarbij preventief. Ook het kasklimaat heeft een direct effect op het gewas en kan de gevoeligheid beïnvloeden. Toch lijkt vooral het effect van het klimaat op het pathogeen de grootste invloed te hebben op de ziekteontwikkeling. Dit effect bestaat uit de vermindering van de sporeninfectieusiteit bij lage instalingsniveaus en uit hoge vochtigheid rond de spore die de kieming mogelijk maakt. Sporenluchten zijn sterk afhankelijk van de condities die sporulatie bevorderen, namelijk de hoeveelheid dood weefsel in de kas en het vocht in dit weefsel, en de condities die de vrijzetting van sporen bevorderen. Teleractiviteiten zijn hierbij een belangrijke factor. Voor infecties en als gevolg hiervan het optreden van schade is niet direct het kasklimaat verantwoordelijk maar indirect via het klimaat in de boundary layer rond het gevoelige plantenweefsel. Het proces van kieming en infectie kan binnen enkele uren voltrokken. Klimaatsturing moet dus gericht zijn op het microklimaat rond het weefsel en kan met dynamische set points werken die afgestemd zijn op de ontwikkelingsprocessen van het pathogeen.

## 7. *Fusarium* in paprika<sup>1</sup>

### 7.1 Inleiding

Gewone *Fusarium* stengel- en vruchtrot (veroorzaakt door *Fusarium solani* vruchtrot wordt dan uitwendig vruchtrot of kroontjesrot genoemd) komt al voor zolang er paprika wordt geteeld. De mate van voorkomen was in de afgelopen 25 à 30 jaar wat verschillend. Het opduiken ervan was sterk afhankelijk van de teeltwijze, teelthygiëne, klimaat-beheersing, gaskosten en van ingebruikname van nieuwe, steeds dichter wordende kassen. Ook het toetreden van nieuwe paprikatelers kon bij tijd en wijlen tot wat meer *Fusarium* leiden. Teelthygiëne, dichtere kassen en klimaat-beheersing zijn wel de belangrijkste factoren gebleken.

Vruchtaantasting komt ook voor in Noord- en Midden Amerika, Spanje en Israël, hoewel daarover begrijpelijk weinig of geen signalen naar buiten komen. Voor deze landen is het probleem niet minder groot als voor de Nederlandse paprika afzet. Op dit moment zijn er onvoldoende methodieken bekend om tijdens sorteren en verpakken aangetaste vruchten uit te selecteren. Hieraan wordt wel gewerkt.

### 7.2 Het proces van intern vruchtrot

Intern vruchtrot is een relatief nieuwe vorm van vruchtrot. Het blijkt om een andere dan de bekende *Fusarium*-soorten te gaan. De exacte benaming is me op dit moment niet bekend. Bovendien is het een vruchtrottype dat vanuit het binnenste van de vrucht ontstaat en groeit. Het grote gevaar zit hem in het feit dat op het moment binnenrot zichtbaar en detecteerbaar is, de vrucht in feite al verrot en onverkoopbaar is.

Over de herkomst en de verspreiding van deze *Fusarium*-soort is nog weinig bekend.

Het is niet bekend wanneer en waarvandaan de initiële introductie in Nederland heeft plaatsgevonden.

Feit is wel dat veel, zo niet alle kassen in potentie voldoende sporen bevatten om tot infectie te kunnen leiden. Wel is bekend dat enkele jaren geleden rond 2000 plotseling veel intern vruchtrot voorkwam. In die periode is op veel bedrijven een klimaatbeheersingstrategie gehanteerd die ten doel had zo veel mogelijk op gaskosten te besparen. Een vochtiger en gevoeliger groeiklimaat was het gevolg.

### 7.3 De infectiewegen van intern vruchtrot

Hoewel na veel onderzoek en enquête onderzoeken nog niet eenduidig vaststaat wat precies de infectie veroorzaakt, kunnen we stellen dat vrij water in de bloem, condens op/van de bloem en condens op het pasgezette vruchtje een grote rol speelt. Er is nog weinig bekend hoe lang deze 'natperiode' moet zijn vooraleer de sporen kunnen kiemen. Ook is niet bekend hoe nat bloem en vruchtje moeten zijn om infectie in gang te kunnen zetten. Ook niet tot welke vruchtgrootte een vrucht nog geïnfecteerd kan worden. De vraag is of zeer hoge RV's en/of erg kleine vochtdeficiëten in het microklimaat bij bloem/vruchtbeginsel al leiden tot infectie, of dat er daadwerkelijk sprake moet zijn van 'vrij water'. Bij Botrytis kan sporenkieming reeds vanaf 95% RV plaats vinden (zie dit rapport). Echte condensatie lijkt onder de huidige teeltomstandigheden niet of vrijwel niet meer voor te komen. Wel is de klimaat-beheersing zo ingesteld dat er bij vrij hoge luchtvochtigheden wordt geteeld. Kortom, er moet meer bekend worden over het infectieproces en de condities vs. epidemiologie.

<sup>1</sup> Deze tekst is een bewerking van het artikel van C.E.J. Verberne (DLV) in Gewasnieuws Paprika, 25-feb-2006.

## 7.4 Praktijkomstandigheden bevorderen vruchtrot

De huidige klimaatregelingen werken infectie in de hand. Met name de volgende aspecten zijn daar voor verantwoordelijk:

- Steeds minder natuurlijke ventilatie in moderne kastypen.
- Steeds minder ventileren, beperkte inzet van minimum ventilatie.
- In laat stadium beginnen met ventileren.
- Steeds langer het scherm dichthouden en steeds vroeger weer sluiten.
- Gebruik van extra vast foliescherm onder bestaande, beweegbare scherm.
- Beperkt gebruik van minimumbuis.

Onder genoemde omstandigheden worden in een vroeg stadium vanaf planten gewassen geteeld die groeizamer en minder sterk worden opgekweekt. Deze zijn het gehele teeltseizoen gevoeliger voor infectie door o.a. *Fusarium* en intern vruchtrot.

Gevoelige gewassen en vochtiger, dichter telen zijn onmiskenbaar hoofdvoorwaarden om intern vruchtrot gelegenheid te bieden te infecteren.

### *Meer specifieke klimaatomstandigheden bevorderen de infectie sterk*

In maart neemt de instraling vrij sterk toe. Dat is de periode waarin de voor het eerst significant gelucht wordt. Gevaarlijk zijn nu de situaties waarin bij erg lage buitentemperaturen en plotseling vrij felle instraling, zo rond 10 à 11 uur in de ochtend begin/midden maart, gelucht wordt. Indien dan met een te grote eerste raamopening wordt gewerkt zal er veel koude lucht op het gewas vallen. Dat kan leiden tot tijdelijk zeer hoge luchtvochtigheden bij de bloemen en zelfs tot korte periode van condensatie. Hoe minder het gewas vooraf is opgestookt hoe groter is deze kans.

Ook als het scherm vrij laat wordt geopend, bij vaak nog koude nachten begin maart, is het mogelijk dat er kou op het gewas, op de koppen valt.

Bij rode en gele paprika ziet men vaak het eerste intern vruchtrot optreden in de loop van de maand mei, ongeveer 7 à 8 weken na bloei en zetting. De infectie periode is terug te leiden naar midden van de maand maart. Later in het seizoen komt intern vruchtrot ook nog voor, vaak in bepaalde perioden dat er op bedrijven in heel Nederland tijdelijk een toename is te constateren. Dit is mogelijk ook te herleiden tot het binnenluchten van te veel koude lucht met als gevolg hoge luchtvochtigheden en mogelijk condensatie.

## 7.5 Conclusies

In de huidige manier van klimaatbeheersing bij paprika wordt steeds beperkter gestookt om de gaskosten te beperken. Minder luchten en minder gebruik van minimumbuis instellingen en minimum luchtinstellingen zijn het gevolg. Voor het beperken van de infectiekans is het van belang om een hierop toegespitste, verfijnde ventilatieregeling te hanteren. Hiervoor is nader onderzoek nodig, om te meten wanneer en waar gunstige infectiecondities aanwezig zijn, welk verband er is met sporendruk (epidemiologie), en welke mogelijkheden er zijn om deze infectiecondities in een teelt te sturen. Met deze kennis zou gecheckt kunnen worden of het praktijkadvies (van o.a. C. Verberne) juist is, om iets eerder te beginnen met ventileren als wat de afgelopen jaren gangbaar is geworden, en daarbij de raamopening met erg kleine stapjes vergroten om plotselinge kouval te vermijden.. Zolang het te fel binnenhalen van koude lucht wordt beperkt, kan natslag van de bloemetjes worden vermeden, en infectie met intern binnenrot zeker uitgesteld, dan wel voorkomen worden.

Overigens blijven de andere handvaten om een luchtiger en actiever klimaatregeling te realiseren onverkort van belang.

## 8. Risicoschatter schimmelinfecties

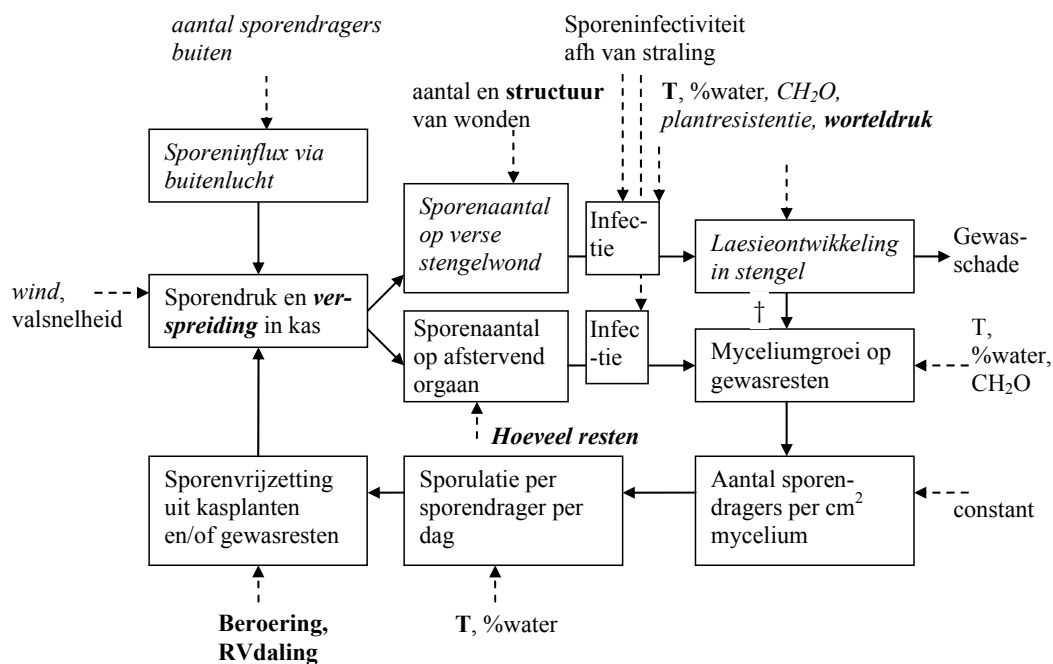
Kennis van de mechanismen van *Botrytis*-ontwikkeling is voldoende om een model te ontwikkelen dat de infectiekansen weergeeft in relatie tot klimaatfactoren. De kennis betreft de invloed van temperatuur, vocht (zie bijv. Figuur 2), voedingsstoffen en straling op de sporenvitaliteit en –kieming, de invloed van vocht op sporulatie, en de snelheid van myceliumgroei. Figuur 3 geeft de processen aan die relevant zijn t.a.v. de schimmelontwikkeling in een tomatengewas, en die in een model niet mogen ontbreken. Met een mechanistisch en verklarend model kunnen de risico's op infecties worden gereduceerd, maar voor een praktijktoepassing van zo'n model blijven er nog belangrijke kennisvragen onbeantwoord (zie hoofdstuk 9).

Een risicoschatter zou de vorm kunnen hebben van een simulatiemodel dat de verzamelde klimaatgegevens uit de meetbox in de kas, en het verwachte kasklimaat combineert om de schimmelontwikkeling te voorspellen. Het model bestaat dan uit een schimmelmodule, een klimaatmodule en een risicoschatter, en wel als volgt:

Schimmelmodule: kan als generiek model ontwikkeld worden aan de hand van de kennis van de epidemiologie (o.a. uit dit rapport), en via rekenregels uit een aantal reeds aanwezige simulatiemodellen voor *Botrytis* in andere gewassen. Deze bestaande modellen zijn deels wetenschappelijk van aard (o.a. Kessel *et al.*, 2005, De Kraker *et al.*, 2005) en/of doen in vereenvoudigde vorm dienst als beslissingsondersteuning (BoWaS voor aardbei, zie Wander, 2004; fuchsia in de kas, zie Tantau & Lange, 2003; rekenregels voor gerbera en roos, zie Kerssies, 1994). De modelparameters t.a.v. sporenproductie en sporendruk door dood weefsel, sporendispersie door teeltactiviteit, en infectiekans op stengelwonden zullen nog experimenteel vastgesteld moeten worden. Praktijkonderzoek bij vruchtgroenten, zoals bv. voor gerbera uitgevoerd binnen het parapluplan *Botrytis*, is hierbij zeer behulpzaam.

De klimaatmodule zal nauwkeurig het microklimaat op kwetsbare plekken bij de plant moeten kunnen voorspellen. Reeds bestaande modellen nemen een relatie aan tussen klimaatomstandigheden volgens de meetbox en de kans op schimmelschade, daarmee impliciet een relatie aannemend tussen meetboxklimaat en microklimaat, hetgeen fouten in de hand werkt. Zo leidden de BoWaS adviezen in het eerste proefjaar tot hoger aantastingsniveau dan de conventionele behandeling, en gaf een vervroeging van het spuitadvies een beter resultaat. Dit kan verband houden met onderschatting van de lokale, microklimatologische vochtgehalten. Daarom stellen wij voor om deze relatie te onderbouwen met metingen aan een vruchtgroente in een representatieve teeltsituatie.

Daarnaast is kennis nodig over het substraat waar de schimmel zich vestigt (bladoppervlak, aantal wonden, wondvochtigheid) en van de sporendruk door sporulerend myceliumweefsel. Deze aspecten zijn in bestaande modellen verwaarloosd doordat men zich vooral richtte op de klimaatcondities voor infectie/kieming, en de sporendruk alleen op beschrijvende wijze invoerde.



Figuur 3. Processen die een rol spelen bij Botrytis-schade in een tomatengewas.

Doorgetrokken pijl: stroom; onderbroken pijl: factor; schuingedrukt: kwantitatief weinig van bekend; vet: invloed teler mogelijk.

Toelichting op de figuur:

De opeenvolging van de processen is in grote mate bekend (zie o.a. dit rapport), waarbij het belang van infectie van wonden en plantresistentie relatief het grootst zijn. Voor gewassen waar infectie via de bloem van belang is (Botrytis in gerbera, Fusarium in paprika) spelen meestal dezelfde processen een rol (m.n. vocht, temperatuur en straling), en vergt kleine aanpassingen van het schema. Aanvoer van sporen uit de buitenlucht, de kwetsbaarheid van wonden en de bijdrage van gewasresten aan sporendruk zijn de grote onbekenden in dit schema.

De procesbeïnvloeding door temperatuur, straling en vocht is vrij goed bekend. Onbekend is of fysische condities op het orgaan (stengel, bloem) dan wel in afstervend weefsel wel nauwkeurig berekend kunnen worden op basis van het gemiddeld klimaat in de kas. Monitoring van macro- en microklimaat moeten uitwijzen of hier een eenduidige relatie voor kwantificeerbaar is. Indien dat mogelijk is, of een sensor (kunstbloem, kunststengel) bestaat die dit microklimaat registreert, is een klimaatregeling voorstelbaar die een energiezuinig klimaat adviseert met een minimale kans op microklimaatcondities die gunstig zijn voor schimmelontwikkeling.

## 9. Conclusies en witte vlekken

Botrytis is de meest voorkomende en meest schadelijke schimmel in de kasteelt van vruchtgroente. De zwakste schakel in de schimmelaantasting is de wond aan de stengel die optreedt na bladpluk. Een vochtige stengelwond is een zeer toegankelijk infectiepunt voor Botrytis, waarvan de sporen alleen bij vocht kunnen ontkiemen. Dit risico op schimmelaantasting is dus aanwezig gedurende een groot gedeelte van de teelt. Het specifieke middel tegen deze vorm van schimmelaantasting is nu verboden (scomrit), en de vraag is hoe effectief alternatieven als Eupareen zijn. Het ontstaan van aantasting van stengelwonden in tomaat is afhankelijk van de vatbaarheid van de wonden en de periode hoe lang wonden vatbaar zijn. Er is weinig bekend over de duur van het natblijven van de wonden en de omstandigheden die daarop van invloed zijn. Extra stoken om de wond te drogen kan averechts werken omdat opwarming ook de plantactiviteit en mogelijk de guttatie stimuleert. Verder is de aantasting afhankelijk van de hoeveelheid conidia van *B. cinerea* die op de wonden terecht kunnen komen. Onderzoek van O'Neill toont de relatie tussen sporendruk en aantal kiemende sporen in de wond aan. Een modelmatige kwantificering van sporendruk (primair inoculum) als gevolg van groeiomstandigheden (o.a. temperatuur, rv, aantal sclerotia) zijn voor *Botrytis elliptica* in lelie ontwikkeld door De Kraker *et al.* (2005). De vitaliteit van de sporen weegt ook mee in het risico op infectie, en deze vitaliteit kan door kortgolvlige UV-straling (<280 nm) verminderen. Dit is in kassen weinig relevant gelet op de lage UV-transmissie van het kasdek. De keerzijde van extra UV is dat het de sporulatie juist bevordert. In vruchtgroentegewassen zijn naast stengelaantasting door Botrytis ook de schimmels *Fusarium* en *Mycosphaerella* een belangrijk knelpunt in relatie tot verminderd stoken. Hierbij manifesteert de schimmel zich via bloemen en vruchten, waarbij de bloem het meest kwetsbare orgaan is voor infectie. Bij intern vruchttrot bij paprika komt de infectie altijd binnen via de bloem. Infecties op bloem, blad en vrucht ontstaan alleen na natslag of zeer hoge RV (>95%), en dit vindt alleen plaats als de organen kouder zijn dan de omgevingslucht (en de RV reeds hoog is), of indien er weinig of niet gestookt wordt. Dit laatste blijkt vooral uit ervaringen in niet verwarmde kassen in Zuid Europa (Nicot en Baille, 1996). Voor de kans op aantasting van blad en bloem is de sporendruk ook van belang. Voor aantasting van blad, bloemen en vruchten is de duur van bladnat of lage VPD in de boundary layer, in afhankelijkheid van de temperatuur, belangrijk. Kwantitatieve relaties tussen bladnatduur, temperatuur en infectie zijn bekend, en worden o.a. als risicoschatter bij aardbei (BoWaS, Opticrop©, zie Wander (2004) en Van den Ende *et al.* (2000)) gebruikt.

De vraag is welke teeltomstandigheden het uitgroeien van de laesies in stengelwonden beïnvloeden zodat de plant uiteindelijk dood gaat. Praktijkervaringen wijzen op een snellere uitgroei als de plant minder vitaal en groeikrachtig is. Inderdaad zal de schimmel op snellere wijze een zwakke cel kunnen infecteren (minder stevige celwand, minder fysieke druk door lagere turgor). De vraag is echter, welke teeltcondities tot dit zwakkere weefsel leiden. Gesteld dat zwakker weefsel synoniem is met een minder sterk gewas, worden vanuit de teeltpraktijk veel redenen genoemd hoe een gewas te versterken maar dit is meestal niet wetenschappelijk onderbouwd. Onderzoekresultaten m.b.t. smetgevoeligheid van het gewas berusten meestal op correlaties tussen omgevingsfactoren en het optreden van aantasting door *B. cinerea* (Kerssies, 1994; Wessels en Van der Mei, 2002, 2003; Slootweg *et al.*, 2005). Dergelijk onderzoek kan geen onderscheid maken tussen gewasgevoeligheid enerzijds, en sporendruk en sporenvitaliteit anderzijds. De gewasgevoeligheid wordt daarbij afgeleid uit een aspect dat niet apart gemeten is (i.e. worteldruk), en de onderliggende mechanismen zijn niet goed geduid. Het is noodzakelijk hiervoor hypothesen op te stellen en te toetsen in experimenteel onderzoek om aan te tonen of er een werkelijke oorzakelijke samenhang bestaat. Het ontwikkelen van maatregelen alleen op grond van gevonden correlaties zonder verdere kritische toetsing is niet verstandig. In vakbladen wordt gesproken over straling-afhankelijk stoken als maatregel om een weerbaar gewas te telen. Het lijkt verdedigbaar dat een goede balans tussen planttemperatuur en lichtcondities, maar ook tussen CO<sub>2</sub>-assimilatie en stikstofvoorziening het meeste bijdraagt aan een goed plantfunctioneren. Een verdere verhoging van de weerbaarheid is wellicht mogelijk door de kasplant bloot te stellen aan een lichte, in de natuur vaak voorkomende, stress zoals verlaagde beschikbaarheid van stikstof of water. Dit lijkt plausibel maar is niet wetenschappelijk onderzocht.

Hierboven is ingegaan op aspecten t.a.v. het optreden van infectie. Ten aanzien van de aanvoer van sporen kunnen mogelijk ook enkele teeltmaatregelen worden voorgesteld aan de hand van de in deze literatuurstudie genoemde onderzoeksresultaten. Zo kan de sporendruk o.a. verminderd worden door het regelmatig verwijderen van dood blad, een goede bedrijfshygiëne (schone kas en verwerkingsruimte), het vermijden van koude, vochtige plekken in de kas waar de schimmel zich kan vermeerderen. Er blijft echter een witte vlek bestaan t.a.v. de kwantificering van sporendruk op basis van de teeltsituatie.

Samenvattend kunnen we de volgende meest belangrijke 'witte vlekken' onderscheiden:

- (1) de lokale klimaatcondities: we weten weinig van het microklimaat door beperkte kennis van relatie kasklimaat-microklimaat;
- (2) de invloed van wondweefsel op infectiekans;
- (3) de ruimtelijke sporenverspreiding in de kas onder invloed van ventilatie, telersactiviteiten, e.d.;
- (4) de invloed van plantstatus op weerbaarheid tegen infectie (zowel via kiembuis als via wonden);
- (5) welke invloed heeft dood plantenmateriaal op sporendruk.

Dit neemt niet weg dat in de praktijk men al bepaalde handvatten heeft om in ieder geval de kans op infectie te minimaliseren. Er bestaan meerdere DLV-praktijkadviezen (Wessels, Verberne) die, ongeacht de hoeveelheid kwetsbare plantorganen en sporendruk, een set maatregelen noemen die als een 'zero-tolerance' de risico's uitbannen. Deze adviezen verhogen echter wel het stookgedrag. Een verlaging van dit energieverbruik kan verwacht worden bij gebruik van een computermodel (een 'risicoschatter') dat de condities rond infectiegevoelige plekken (wonden, bloemen), en dit betreft in de regeling van het kasklimaat.

#### *Preventie schimmelaantasting in relatie tot energiegebruik*

De literatuurinventarisatie maakt het mogelijk de belangrijkste eisen te benoemen waaraan een strategie zou moeten voldoen om schimmelaantasting te voorkomen bij minimaal energiegebruik. In de sporenkiemingsfase is de pathogene schimmel het meest kwetsbaar, met name voor een lage RV. Als de periode met een voor kieming gunstige, hoge RV in het microklimaat van de spore maar kort genoeg is, is het infectierisico nihil. Een dynamische sturing van temperatuur en luchtvochtigheid, gericht op dit microklimaat, kan significante energiebesparing opleveren ten opzichte van een sturing op constante setpoints. Bovendien kan verhoogde luchtcirculatie vocht onttrekken van dergelijke 'microsites', zodat het grote volume aan warmere, drogere kaslucht ook daar terecht komt. Dit impliceert dat de energie die gebruikt is voor de bulk van de kaslucht door een matig energiegebruikend luchtcirculatiesysteem efficiënter benut wordt door gericht sturen op het microklimaat. Buitenlands onderzoek (Hausbeck *et al.*, 1996; Friedrich *et al.*, 2005) geeft aan dat hierbij het totale energiegebruik verminderd t.o.v. conventioneel, maar voor Nederlandse kassen zou dit proefondervindelijk vastgesteld moeten worden.

Verhoogde luchtcirculatie kan ook energie besparen doordat er dan minder gelucht hoeft te worden en warmte behouden blijft. Bijkomend voordeel is dat (a) er minder vocht in de lucht komt doordat de warmteafvoer van bladeren meer via convectief warmtetransport plaats vindt en minder via afkoelende transpiratie (pers.comm. A. de Gelder, door recente ervaringen met Aircokas), en (b) het uitstellen van het luchten betekent dat 's ochtends de temperatuur oploopt tot voor Botrytis supra-optimale waarden zodat diens groei mogelijk wordt geremd.

#### *Vereisten voor een toepasbare risicoschatter*

Indien via het gemiddelde kasklimaat de lokale schimmelontwikkeling voorspeld kan worden, kan in theorie een klimaatregeling de omstandigheden zodanig wijzigen dat kiemings- en infectieprocessen op tijd gestopt kunnen worden. Een dergelijke 'fine-tuning' zou in principe tot verminderd energiegebruik kunnen leiden aangezien alleen bij kritische omstandigheden wordt gestookt en gelucht.

Kennis t.a.v. de risicovolle omstandigheden is in theorie aanwezig. De haalbaarheid van een risicoschatter in de praktijk is vooral afhankelijk van het oplossen van enkele kennislücken:

- (1) kennis over de sporendruk en diens invloed op de infectie van wondweefsel, (2) de kennis over de relatie tussen condities bij de meetbox en lokale microklimaatcondities alsmede de sturing daarvan met o.a. ventilatie en opwarming van het gemiddelde kasklimaat, en (3) kennis over de vatbaarheid van plantwonden voor infectie, zoals o.a. beïnvloed door worteldruk, plantweerbaarheid e.d.



In de praktijk (zie bijlage) bestaat vooral de wens om goede detectie-apparatuur in te zetten om te registreren wanneer de situatie voor infectie kritiek wordt, zodat de teler hierop actie kan ondernemen. Een combinatie van sensortechnieken en voorspellings-/sturingsoftware zou volgens ons het meeste bijdragen aan het vermijden van schimmelinfecties bij een duurzaam energiegebruik.



## 10. Referenties

- Alderman, S.C. & M.L. Lacy, 1983.  
Influence of dew period and temperature on infection of onion leaves by dry conidia of *Botrytis squamosa*. *Phytopathology* 73: 1020-1023.
- Alderman, S.C. & M.L. Lacy, 1984a.  
Influence of temperature and water potential on growth of *Botrytis allii*. *Canadian Journal of Botany* 62: 1567-1570.
- Alderman, S.C. & M.L. Lacy, 1984b.  
Influence of temperature and moisture on growth and sporulation of *Botrytis squamosa*. *Canadian Journal of Botany* 62: 2793-2797.
- Alderman, S.C., M.L. Lacy & K.L. Everts, 1985.  
Influence of interruptions of dew period on numbers of lesions produced on onion by *Botrytis squamosa*. *Phytopathology* 75: 808-810.
- Berlinger, M.J., W.J. Jarvis, T.J. Jewett & S. Lebiush-Mordechi, 1999.  
Management the greenhouse, crop and crop environment. In: Albajes, R., M.L. Gullino, J. van Lenteren & Y. Elad (eds.) *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 97-123.
- Boff, P., J. de Kraker, M. Gerlagh & J. Köhl, 2003.  
The role of petals in development of grey mould in strawberry. *Fitopatologia Brasileira* 28: 76-83.
- Bremmer, J. P. Ravensberger, T. Dueck, F. Kempkes & J. Verstegen, 2007.  
Herkennen en Spiegelen. Barrières en kennishiaten bij energiebesparing in de glastuinbouw. LEI-rapport 3.07.01. Den Haag.
- Broome, J.C., J.T. English, J.J. Marois, B.A. Latorre & J.C. Aviles, 1995.  
Development of an infection model for *Botrytis* bunch rot of grapes based on wetness duration and temperature. *Phytopathology* 85: 97-102.
- Burrage, S.W., 1971.  
The micro-climate at the leaf surface. In: Preece & Dickinson *Ecology of leaf Surface Micro-organisms*, pp. 91-101.
- Burrage, S.W., 1976.  
Aerial microclimate around plant surfaces. In: Dickinson, C.H. & T.F. Preece (eds.) *Microbiology of Aerial Plant Surfaces*. Academic Press, London, pp. 173-184.
- Darras, A.I., D.C. Joye & L.A. Terry, 2004.  
A survey of possible associations between preharvest environment conditions and postharvest rejections of cut freesia flowers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 103-108.
- Diem, H.G., 1971.  
Effect of low humidity on the survival of germinated spores commonly found in the phyllosphere. In: Preece & Dickinson *Ecology of leaf Surface Micro-organisms*, pp. 211-219.
- Dik, A. & A.N.M. de Koning, 1996.  
Influence of climate on epidemiology of *Botrytis cinerea* in cucumber. Abstract X<sup>th</sup> International *Botrytis* Symposium, June 1996, Wageningen, The Netherlands.
- Dik, A.J. & J.P. Wubben, 2004.  
Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses. In: Elad, E., B. Williamson, P. Tudzynski & N. Delen (eds.) *Botrytis: Biology, pathology and control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 319-331.
- Eden, M.A., R.A. Hill, R. Beresford & A. Steward, 1996.  
The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. *Plant Pathology* 45: 795-806.
- Fernandes, J.M., J.C. Sutton & T.D.W. James, 1991.  
A sensor for monitoring moisture of wheat residues: Application in ascospore maturation of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Disease* 75: 1101-1105.

- Fitt, B.D.L., N.F. Creighton & A. Bainbridge, 1985.  
Role of wind and rain in dispersal of *Botrytis fabae* conidia. Transactions of the British Mycological Society 85: 307-312.
- Friedrich, S., D. Gebelein & C. Boyle, 2005.  
Control of *Botrytis cinerea* in glasshouse fuchsia by specific climate management. European Journal of Plant Pathology 111: 249-262.
- De Kraker, J., J.E. van den Ende & W.A.H. Rossing, 2005.  
Control strategies with reduced fungicide input for *Botrytis* leaf blight in lily – a simulation analysis. Crop Protection 24, 157-165.
- Giraud, T., D. Fortini, C. Levis, C. Lamarque, P. Leroux, K. LoBuglio & Y. Brygoo, 1999.  
Two sibling species of the *Botrytis cinerea* complex, *transposa* and *vacuma*, are found in sympatry on numerous host plants. Phytopathology 89: 967-973.
- Gegory, P.H. & J.M. Hirst, 1957.  
The summer air-spora at Rothamsted in 1952. The Journal of general Microbiology 17: 135-152.
- Groente en Fruit, wk 13, 2002.
- Hammer, P.E. & K.B. Evensen, 1996.  
Effects of the production environment on the susceptibility of rose flowers to postharvest infection by *Botrytis cinerea*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 314-320.
- Hausbeck, M.K. & S.P. Pennypacker, 1991.  
Influence of grower activity on concentrations of airborne conidia of *Botrytis cinerea* among geranium cuttings. Plant Disease 75: 1236-1243.
- Hausbeck, M.K., S.P. Pennypacker & R.E. Stevenson, 1996.  
The use of forced heated air to manage *Botrytis* stem blight of geranium stock plants in a commercial greenhouse. Plant Disease 80: 940-943.
- Hoffland, E., M.L. van Beusichem & M.J. Jeger, 1999.  
Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*. Plant and Soil 210: 263-272.
- Holz, G., S. Coertze & B. Williamson, 2004.  
The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In: Elad, E., B. Williamson, P. Tudzynski & N. Delen (eds.) *Botrytis: Biology, pathology and control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 9-24.
- Jarvis, W.R., 1960.  
An apparatus for studying hygroscopic responses in fungal conidiophores. Transactions of the British Mycological Society 43: 525-528.
- Jarvis, W.R., 1962.  
The dispersal of spores of *Botrytis cinerea* Fr. In a raspberry plantation. Transactions of the British mycological Society 45: 549-559.
- Jarvis, W.R., 1980a.  
Taxonomy. In: Coley-Smith, J.R., K. Verhoeff & W.R. Jarvis (eds.) *The Biology of Botrytis*. Academic Press, London, pp 1-19.
- Jarvis, W.R., 1980b.  
Epidemiology. In: Coley-Smith, J.R., K. Verhoeff & W.R. Jarvis (eds.) *The Biology of Botrytis*. Academic Press, London, pp 219-250.
- Jarvis, W.R., 1989.  
Managing diseases in greenhouse crops. Plant Disease 73: 190-194.
- Jersch, S., C. Scherer, G. Huth & E. Schlösser, 1989.  
Proanthocyanidins as basis for quiescence of *Botrytis cinerea* in immature strawberry fruits. Journal of Plant Disease and Plant Protection 96: 365-378.
- Kaarsemaker, R., 2004.  
Korte druppelperiode geeft beste herstel bij Verticillium-aantasting. LTO gewasnieuws Tomaat 7, 7, 20 nov 2004.
- Kerssies, A., 1994.  
Epidemiology of *Botrytis* spotting on gerbera and rose flowers grown under glass. Proefschrift Landbouwniversiteit, Wageningen.

- Kerssies, A., A.I. Bosker-van Zessen & H.D. Frinking, 1998.  
 Impaction of conidia of *Botrytis cinerea* in glasshouses on different spore trap orientations. *Crop protection* 17: 181-183.
- Kerssies, A. & H.D. Frinking, 1996.  
 Relations between glasshouse climate and dry weight of petals, epicuticular wax, cuticle, pre-harvest flowering period and susceptibility to *Botrytis cinerea* of gerbera and rose flowers. *European Journal of Plant Pathology* 102: 257-263.
- Kerssies, A., A.I. Bosker-van Zessen, C.A.M. Wagemakers & J.A.L. van Kan, 1997.  
 Variation in pathogenicity and DNA polymorphism among *Botrytis cinerea* isolates sampled inside and outside a glasshouse. *Plant Disease* 81: 781-786.
- Kerssies, A., 1993a.  
 Influence of environmental conditions on dispersal of *Botrytis cinerea* conidia and post-harvest infection of gerbera flowers grown under glass. *Plant Pathology* 42: 754-762.
- Kerssies, A., 1993b.  
 Horizontal and vertical distribution of airborne conidia of *Botrytis cinerea* in a gerbera crop grown under glass. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 99: 303-311.
- Kerssies, A., 1994.  
 Effects of temperature, vapour pressure deficit and radiation on infectivity of conidia of *Botrytis cinerea* and on susceptibility of gerbera petals. *European Journal of Plant Pathology* 100: 123-136.
- Köhl, J. & N.J. Fokkema, 1998.  
 Biological control of necrotrophic foliar fungal pathogens. In: Boland, G.J. & L.V. Kuykendall (eds.) *Plant-Microbe Interactions and Biological control*, Marcel Dekker, New York, pp. 49-88
- Köhl, J., W.M.L. Molhoek, C.H. van der Plas & N.J. Fokkema, 1995.  
 Suppression of sporulation of *Botrytis* spp. as a valid biocontrol strategy. *European Journal of Plant Pathology* 101: 251-259.
- Köhl, M.C. Krijger & G.J.T. Kessel, 1992.  
 Drought tolerance of *Botrytis squamosa*, *B. aclada* and potential antagonists. In: *Recent advances in Botrytis research*, (Verhoeff, K., N.E. Malathrakis & B. Williamson, eds.), Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, pp. 206-210.
- Köhl, J. & W.M.L. Molhoek, 2001.  
 Effect of water potential on conidial germination and antagonism of *Ulocladium atrum* against *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 91: 485-491.
- Körner, O. & H. Challa, 2003.  
 Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture* 39: 173-192.
- Körner, O. & H. Challa, 2004.  
 Temperature integration and process-based humidity control in chrysanthemum. *Computers and Electronics in Agriculture* 43: 1-21.
- Ma, Z. & T.J. Michailides, 2005.  
 Genetic structure of *Botrytis cinerea* populations from different host plants in California. *Plant Disease* 89: 1083-1089.
- Martinez, F., D. Blancard, P. Lecomte, C. Levis, B. Dubos & M. Fermaud, 2003.  
 Phenotypic differences between *vacuina* and *transposa* subpopulations of *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology* 109: 479-488.
- Martinez, F., B. Dubos & M. Fermaud, 2005.  
 The role of saprotrophy and virulence in the population dynamics of *Botrytis cinerea* in vineyards. *Phytopathology* 95: 692-700.
- Meng, X.C. & X.T. Wang, 2004.  
 Regulation of flower development and anthocyanin accumulation in *Gerbera hybrida*. *Journal of Horticultural Science and Technology* 79: 131-137.
- Meng, X.C., T. Xing & X.T. Wang, 2004.  
 The role of light in the regulation of anthocyanin accumulation in *Gerbera hybrida*. *Plant Growth Regulation* 44: 243-250.

- Moyano, C. & P. Melgarejo, 2002.  
Survival of *Botrytis cinerea* in soil in South-Eastern Spain. *Journal of Phytopathology* 150: 536-540.
- Nair, N.G. & R.N. Allen, 1993.  
Infection of grape flowers and berries by *Botrytis cinerea* as a function of time and temperature. *Mycological Research* 97: 1012-1014.
- Nicot, P.C. & A. Baille, 1996.  
Integrated control of *Botrytis cinerea* on greenhouse tomatoes. In: Morris, C.E., P.C. Nicot & C. Nguyen-The (eds.) *Aerial Plant Surface Microbiology*, Plenum Press, New York, pp. 169-189.
- O'Neill, T.M., D. Shtienberg & Y. Elad, 1997.  
Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81: 36-40.
- Paternotte, P., 2006.  
Minder Botrytis bij komkommer door enten en perliet. *Onder Glas* 3,
- Pfender, W.F., 1996.  
Microbial interactions preventing fungal growth on senescent and necrotic aerial plant surfaces. In: Morris, C.E., P.C. Nicot & C. Nguyen-The (eds.) *Aerial Plant Surface Microbiology*, Plenum Press, New York, pp. 125-138.
- Rotem, J. & H.J. Aust, 1991.  
The effect of ultraviolet and solar radiation and temperature on survival of fungal propagules. *Journal of Phytopathology* 133: 76-84.
- Rotem, J., B. Wooding & D.E. Aylor, 1985.  
The role of solar radiation, especially ultraviolet, in the mortality of fungal spores. *Phytopathology* 75: 510-514.
- Salinas, J., D.C.M. Glandorf, F.D. Pivacet & K. Verhoeff, 1989.  
Effects of temperature, relative humidity and age of conidia on the incidence of spotting on gerbera flowers caused by *Botrytis cinerea*. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 95: 51-64.
- Seyb, A.M., 2003.  
In: Holz, G., S. Coertze & B. Williamson, 2004. The ecology of *Botrytis* on plant surfaces. In: Elad, E., B. Williamson, P. Tudzynski & N. Delen (eds.) *Botrytis: Biology, pathology and control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 9-24.
- Sirjusingh, C. & J.C. Sutton, 1996.  
Effects of wetness duration and temperature on infection of geranium by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 80: 160-165.
- Slootweg, G., M.A. ten Hoope & J.P. Wubben, 2005.  
Bedrijfsvergelijkend onderzoek Lisianthus. De invloed van de teeltomstandigheden op Botrytis aantasting en houdbaarheid. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, PPO projectnr 41313019.
- Sosa-Alvarez, M., L.V. Maden & M.A. Ellis, 1995.  
Effects of temperature and wetness duration on sporulation of *Botrytis cinerea* on strawberry leaf residues. *Plant Disease* 79: 609-615.
- Tantau, H.-J. & D. Lange, 2003.  
Greenhouse climate control: an approach for integrated pest management. *Computers and Electronic in Agriculture* 40: 141-152.
- Vakblad voor de Bloemisterij, 1993.  
Herkennen van afwijkingen (niet veroorzaakt door ziekten en plagen). Nr. 30a, p.15.
- Van Baarlen, P., L. Legendre & J.A.L. Kan, 2004.  
Plant defence compounds against *Botrytis cinerea*. In: Elad, E., B. Williamson, P. Tudzynski & N. Delen (eds.) *Botrytis: Biology, pathology and control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 143-155.
- Van den Ende, J.E., M.G. Pennock-Vos, C. Bastiaansen, A.Th.J. Koster & L.J. van der Meer, 2000.  
BoWaS: a weather-based warning system for the control of *Botrytis* blight in lily. *Acta Hort.* 519, 215-220.
- Walter, M., K.S.H. Boyd-Wilson, J.H. Perry, P.A.G. Elmer & C.M. Frampton, 1999.  
Survival of *Botrytis cinerea* conidia on kiwifruit. *Plant Pathology* 48: 823-829.

- Wessels, G. & M. Van der Mei, 2002.  
Inventarisatie van bestaande theoretische kennis en in de praktijk uitgevoerde teeltmaatregelen in relatie tot beheersbaarheid van *Botrytis* in gerbera. Projectverslag, DLV Facet.
- Wessels, G. & M. van der Mei, 2003.  
Inventarisatie van bestaande theoretische kennis en in de praktijk uitgevoerde teeltmaatregelen in relatie tot beheersbaarheid van *Botrytis* in gerbera. Projectverslag, DLV Facet.
- Wolf, J.M. van der, P.S. van der Zouwen, J. Köhl, S.O.C. Groot & J.H.W. Bergervoet, 2003.  
Flow cytometry for detection of plant pathogens. Abstract, 8<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology, 2-7 Februari 2003, Christchurch, Nieuw Zeeland.
- Xu, X., D.C. Harris & A.B. Berrie, 2000.  
Modeling infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* using field data. *Phytopathology* 90: 1367-1374.
- Yunis, H., Y. Elad & Y. Mahrer, 1990.  
Effects of air temperature, relative humidity and canopy wetness on grey mould of cucumbers in unheated greenhouses. *Phytoparasitica* 18: 203-215.
- Yunis, H., D. Shtienberg, Y. Elad & Y. Mahrer, 1994.  
Qualitative approach for modelling outbreaks of grey mould epidemics in non-heated cucumber greenhouses. *Crop Protection* 13: 99-104.
- Wander, J., 2004.  
BOS *Botrytis* heeft perspectief. *Gewasnieuws Aardbei*, 8 mei 2004, nr. 2.
- Zhang, W. & W.F. Pfender, 1992.  
Effect of residue management on wetness duration and ascocarp production by *Pyrenophora tritici-repentis* in wheat residue. *Phytopathology* 83: 1288-1293.





## Bijlage I.

# Verlagen van discussies met telers

### Discussie bij BCO-tomaat: *Botrytis*-aantasting in relatie tot energiegebruik

Datum: 19 december 2006

Aanwezig: Joke Vreugdenhil (voorzitter), Joke Klap (PT), Jan Janse (onderzoeker), 4 telers,  
Pieter de Visser (onderzoeker)

*Zijn er problemen met schimmelaantastingen?*

Ja. Vooral stengelbotrytis die de plant uiteindelijk doodt.

*Komen deze problemen sectorbreed voor?*

Ja. Eigenlijk bij vrijwel alle telers.

*Is er een relatie met het klimaat en stookgedrag?*

Ja. In voor- en najaar, als het buitenklimaat zorgt voor grote schommelingen in gewastemperatuur en er weinig straling is. Maar de infectie is pas enkele maanden later zichtbaar.

Natslag en condens lijken niet relevant: ervaring van teler Jan Mulder is dat het gewas aan de koude en donkere kant van de kas juist minder botrytis had, terwijl het zeer regelmatig 's ochtends nat was (i.t.t. rest van gewas). Onderzoek met kunstvruchten liet overigens zien dat condens erg weinig optreedt.

*Is schimmelvrije productie is mogelijk?*

Dit is technisch mogelijk, maar in praktijk financieel niet haalbaar: of je gaat veel stoken en luchten, of je gaat netjes werken en bijvoorbeeld alleen in de ochtend bladplukken, maar de kosten qua gas danwel arbeid kunnen dan uit de hand lopen. Ook 'busje met snelle jongens' inhuren om in ochtend te plukken werkt niet: snel werken betekent meer slordigheid.

*Hoe ontstaat de infectie?*

De sporen zijn er altijd al. Algemeen neemt men aan dat de sporen via de wonden binnendringen, en pas veel later een stengelinfectie genereren. Een opdrogende wond kan binnenin nog vochtig zijn en dan al kiemende sporen bevatten. Dus de sporen zitten een tijdje binnen in de plant. Het komt niet via de mat. Telers die stukjes zijstengel laten zitten krijgen meer *Botrytis*-problemen; erkend wordt dat zulke afstervende gewasdelen een besmettingshaard vormen. In voorjaar (maar niet in najaar) ziet men ook wel eens *Botrytis*-aantasting op bladeren met bladrandjes.

*Wat is de invloed van bladresten?*

Niet groot, want resten zijn meestal snel droog en bevatten tijdens pluk geen schimmel. Bij bedrijven met grond onder het plastic (zoals bedrijf te Rilland waar dit overleg plaats vindt), kunnen de resten onder het plastic vochtig blijven en in theorie een besmettingshaard vormen. Maar op het betreffende bedrijf komt juist geen botrytis voor.

*Wat vindt men van aanpak via verhoogde luchtcirculatie?*

Lijkt gunstig, gezien de *Botrytis*-vrije 'gesloten kas'. Maar meer ventilatoren kosten ook weer energie, is dat dan gunstiger dan stoken en luchten? En wordt de wond echt sneller droog? Verminderen van lokale temperatuurverschillen is sowieso wel wenselijk, dus biedt luchtcirculatie wel een uitkomst.

*Wat denkt men van positieve effect van belichting en UV op vermindering botrytis?*

Lang niet iedereen heeft een belichte teelt. Men denkt dat het meer een effect van warmte is dan van straling. Het is wel interessant te weten hoeveel Joules hoelang nodig zijn om *Botrytis*-vrij te zijn (= studie Kerssies). Preventie via UV-stralingsapparaat: dit gebruikt men (nog) niet, en sommigen zijn bang dat bladeren/planten beschadigd raken als het apparaat per ongeluk te lang bij een plant stilstaat. Dit lijkt technisch te verhelpen, het is wel interessant mits goed getest.

*Is er verschil in gevoeligheid tussen rassen?*

Zeker. Door groeikrachtige onderstam Maxifort krijg je meer worteldruk, en daarmee grotere gevoeligheid denkt men. Daarnaast geven sommige rassen minder nette wonden die dan infecteren, zoals bij de vleestomaat. Daarentegen zijn ronde tomaat en cherry tomaat in het algemeen sterker, met een hoger Brix-getal. Ook Licanto is weerbaar. Het lijkt dat een grover ras kwetsbaarder is, en die hebben wellicht grotere, slappere cellen. Ook lijkt veredelen op hogere productie negatief uit te werken op weerbaarheid.

*Welke preventieve danwel curatieve maatregelen treft men?*

Men focust op de stengelwonden na bladpluk en dieven, en probeert zo schoon mogelijk te werken, maakt een scherp snijvlak wat snel droogt, en geeft liefst curatief een gewasbeschermingsmiddel. Want preventief toedienen kost tijd en dus geld. Scomrid is tot 1 juli toegestaan en wordt veel toegepast. Toch vindt men die toepassing niet prettig, toepassing via de spuitbus is voor personeel wellicht schadelijk. Enzycur is een nieuw biologisch middel van Koppert, dat hopelijk half volgend jaar (2007) toegelaten zal worden. Het werkt alleen curatief. Soms wordt tussen de teelten de kas ontsmet met formaline.

*Hoe kan het onderzoek de sector verder helpen met mogelijke oplossingen?*

Ontwikkeling van meeteenheid die riskante situaties in kas signaleert, zodat direct klimaatregeling ingezet kan worden. Hiervoor zijn slim geplaatste sensoren nodig die op de juiste plek de complexe dag-/nachtwisselingen in RV en temperatuur in voor- en najaar monitoren. Helder krijgen in hoeverre stevigheid van organen van invloed is op weerbaarheid tegen schimmels, en wat de relatie met worteldruk is. Als men dat weet, kan teeltmanagement hierop inspelen, door andere rassenkeuze of beïnvloeding worteldruk via de mat.

**Discussie bij BCO-paprika: Schimmelaantasting in relatie tot energiegebruik**

Datum: 27 februari 2007

Aanwezig: Ingrid Kuiper (voorzitter), Joke Klap (PT), 3 telers (onder wie Misho Duivestein), Pieter de Visser (onderzoeker)

*Zijn er problemen met schimmelaantastingen?*

Ja. Het gaat vooral om intern vruchtrot (*Fusarium*) en meeldauw.

*Komen deze problemen sectorbreed voor?*

Nee, men vindt t.a.v. *Fusarium* dat er enkele telers zijn met flinke problemen, en die verknoeien de markt voor de goede telers aangezien vruchtrot pas na afzet waargenomen wordt. Zo gaat dan de middenprijs omlaag. In telersverenigingen zoals P8 worden discussies gevoerd hoe men dit probleem moet aanpakken. Het is een publiek geheim welke telers de problemen veroorzaken. Als deze telers hier niets aan doen en ook niet verplicht kunnen worden, zou hier een andere oplossing voor moeten komen.

Meeldauw is bedrijfsspecifiek soms een groot probleem.

*Is er een relatie met het klimaat en stookgedrag?*

Ja. Zo hadden de meeste telers problemen in september 2006, na een warme juli- en donkere en natte augustusmaand. Maar condensvorming zal niet de oorzaak zijn, want dit treedt hoogst zelden op (3x waargenomen na 1 jaar meten door DLV). Ook guttatie uit verse wonden ziet men nooit.

Er wordt de laatste jaren zeker minder gestookt, sinds de gasprijzen zo hoog zijn. Men probeert met bijv. 32 m<sup>3</sup> gas op de grens van wat mogelijk is te gaan zitten. Maar voor vermindering schimmels is het luchten uiteindelijk belangrijker dan het stoken. Dus luchten voert het vocht af, maar dat kost wel energie.

*Hoe ontstaat besmetting met Fusarium, wat is de invalspoort volgens de telers?*

Er wordt vooral op de klimaatomstandigheden gewezen, na een verkeerd klimaat volgen de problemen een tijdje daarna. De sporen zijn er altijd wel, dus het ligt niet aan wel/geen aanwezigheid van een sporenbron.

Over de invalspoort is geen duidelijkheid. Huidig onderzoek door Groen Agro Control focust op *Fusarium*-besmetting via de mat, maar men betwijfelt dat: hoe komt die schimmel dan uiteindelijk bij de vrucht? De telers hebben dit nooit zo ervaren (en zien veeleer een relatie met bovengronds klimaat). Ook hoge worteldruk op de bovengrondse groeipunten is door Groen Agro Control als smetgevoelig benoemd. De telers kunnen weinig met de adviezen van Groen Agro Control, omdat die een waslijst van aspecten behelst, maar men niet per bedrijf een specifieke volgorde van belangrijkheid kan aangeven. Het advies lijkt dus te generiek en te algemeen.

*Wat kan bijdragen aan een oplossing van het Fusarium-probleem?*

- Bedrijfsspecifieke variatie in klimaat monitoren m.b.v. meetbox en sensoren. Zo ontstaat een goed beeld van het bedrijf, en kan een specifieke oplossing worden gevonden. Een algemene 'blauwdruk' voor een oplossing is moeilijk te geven.
- Plantweerbaarheid onderzoeken, liefst zo gecontroleerd mogelijk (dus in klimaatcellen) maar moet wel weer naar bedrijfssituatie vertaald kunnen worden.

*Hoe krijgt het onderzoek het beste toegang tot informatie en ervaringen van de telers zelf?*

Het zou best goed zijn alle telers via een landelijke bijeenkomst hun ervaringen te inventariseren. Het liefst dus een goede doorsnee van de sector, met daarbij ook bedrijven met slecht management. Een boegbeeld m.b.t. dit onderwerp (bijv. Pim Paternotte) zou kunnen voorzitten.

*Wat is jullie eerste indruk van de informatie die uit de literatuurstudie komt?*

De meeste informatie was reeds bekend. Het lijkt vooral gebaseerd op recent onderzoek door Groen Agro Control i.s.m. DLV. Maar zo is er geen zicht op een oplossing. Verder onderzoek is nodig.

*Hoe kan het onderzoek de sector verder helpen met mogelijke oplossingen?*

- Ga praten met Groen Agro Control en DLV en kijk waar aanvullend onderzoek nodig is.
- Stuur de BCO maar een onderzoeksvoorstel, gefocust op een snelle oplossing van de meest belangrijke besmettingsprocessen.

**Telen met toekomst-tomaat: Overleg over Botrytis**

Datum: 28 maart 2007

Aanwezig: Annette Bulle (Telen met Toekomst), Ruud Kaarsemaker (voorzitter/onderzoeker), 4 telers,  
Pim Paternotte (onderzoeker), Pieter de Visser (onderzoeker)

*Algemene indruk van het Botrytis-knelpunt*

Curatieve maatregelen m.b.v. UV-straling langs de stengels wordt door de leden nog niet toegepast. Probleem is dat je de planten doodt als het wagentje niet doorloopt en de straling niet stopt. Dit vindt men geen echt probleem: zorg dat de lampen uitschakelen als het karretje stopt.

Antagonist *Ulocladium* is niet bekend. Pim legt uit dat *Ulocladium* alleen op al aanwezige *Botrytis*-besmetting parasiteert, en dan heb je dus al *Botrytis* in de plant die zich vroeg of laat toch manifesteert.

Er wordt sterk betwijfeld of condens de *Botrytis*-infectie stimuleert. Want die 'koude plekken' die dus natslaan als de kaslucht al warmer is kennen ook een lagere plantactiviteit en dus relatief lage worteldruk en wondvocht. Twijfel komt ook door feit dat alleen stengelbotrytis wordt waargenomen, en natgeslagen blad of vrucht niet tot zichtbare schimmelaantasting leidt. Natslag zou dus binnen ontkiemingsperiode al voorbij zijn? Dit vraagt om nader onderzoek. Want de stengels slaan ook nat (net zo koud als rest plant, of wellicht kouder door koude sapstroom...), en dit kan stengelwond vochtig houden.

#### *Gewasopwarmingssoftware*

Met software van Hoogendoorn kan condensvorming vermeden worden: zowel klimaatdata als gewasstatus worden gebruikt om de gewasstemperatuur te berekenen. Er is een zgn. stijgsnelheid van gewasopwarming, uiteraard van belang wil je een te koud gewas en natslag voorkomen. Deze software gebruikt Duijvestijn??. Aangezien daar ook botrytis optreedt zou men al bijna zeggen dat natslag niet het probleem is, maar eerder infectie via stengelwonden. Twee aspecten maken het beeld onduidelijk: 1) botrytis heeft geen natslag nodig voor ontkieming, ook een RV van 95% is voldoende, 2) de gewasopwarmingssoftware werkt niet als het buiten nat en regenachtig is, want dan komt na een advies voor luchten helaas juist vochtige lucht naar binnen in plaats van eruit.

#### *Verhoogde luchtcirculatie*

Schimmelgroei als gevolg van bovengenoemde twee aspecten kan vermeden worden door een verhoogde luchtcirculatie, die voorkomt dat er stilstaande lucht is die door gewasverdamping een oplopende RV krijgt, en er een homogenisatie van alle kaslucht optreedt.

Teler Piet met erg weinig botrytis (elk bedrijf heeft er meer of minder last van) combineert luchtcirculatie m.b.v. slurven samen met wondbehandeling met Jet5-ontsmetting en bladsnijden i.p.v. trekken. Dus luchtcirculatie lijkt positief, al is er alleen een bewijs als je luchtcirculatie afzonderlijk test. Men is overtuigd van het positieve effect van luchtbeweging op *Botrytis*-beheersing bij gesloten kas. Men wil graag een rekenvoorbeeld hoeveel stroom en geld het kost, en hoe de ideale opstelling in de kas is.

#### *Voeding e.d.*

Stikstofgebrek ziet men niet als probleem, zal niet voorkomen. Het gewas 'harder' maken door bijv. bitterzout lijkt te werken. Piet geeft het soms ook in de stengelwond. Maar aangezien de verwonde plek er al is, kan de botrytis al kiemen, en is toediening van het bitterzout voor het aangetaste weefsel al te laat.

#### *Middelengebruik tegen botrytis*

Er is discussie over Scomid, dat na dit jaar niet meer aangeschaft mag worden. Bestaande voorraden mogen opgemaakt worden. Voor ontsmetting gebruiken de meeste telers liefst EasyClean, dat werkt veel sneller als Jet5 wat Piet gebruikt. Verder wordt meestal Eupareen gebruikt tegen botrytis. De milieubelasting van Eupareen valt sinds 2006 mee omdat de Milieumeetlat er ineens veel minder belasting in ziet per gewichtseenheid. Eupareen mag echter voorlopig voor een jaar niet meer gebruikt worden i.v.m. het ontstaan van mogelijk schadelijke stoffen tijdens de waterontsmetting.

#### *Verder onderzoek*

- Voorstel is om de vochtigheid van de verse wonden te gaan meten, en (standaard) de instellingen van irrigatie en meetbox-klimaat mee te nemen in de analyse. Je kunt dan bijvoorbeeld visualiseren hoe tijdsverloop van wondvochtigheid in verband staat met watergift, luchtvochtigheid, temperatuur van stengel en lucht, raamstand, straling, e.d.
- Hoe effectief is inzet van meer ventilatoren, evt. met een luchtslurf (dus: verhoogde luchtcirculatie) op het drogen van wonden, het verminderen van hoge RV danwel condens, en de uiteindelijke *Botrytis*-infectie?
- Brede aanpak van luchtvochtigheid: het gaat niet alleen om ventilatoren, maar ook om afvoer condens via ramen en condensdoek. Dit betekent dat energiebalans van alle elementen in de kas bekend moet zijn voor je weet waar het vocht blijft. Geschikt instrument is wellicht de 'softsensor' ventilatievoud (Bontsema), die berekent hoeveel vocht ontstaat en verdwijnt via raamventilatie. Op een workshop op 18 april wordt de vochtproblematiek in kassen door het energieonderzoek PT/LNV besproken. Pas daarna neemt PT een eventueel onderzoeksvorstel in behandeling.
- Bestrijding via het substraat: is er geen middel dat via de mat wordt opgenomen en intern de *Botrytis* bestrijdt? Net als een natuurlijk afweersysteem met antilichamen. Overleg met plantenziektenkundigen moet aangeven of dit kansrijk is. Vermoedelijk is dit niet haalbaar omdat botrytis een zeer ruime niche heeft, en de afweerstof zo breed moet zijn dat de plant zelf ook schade zal ondervinden.