

Eindrapportage

‘Botrytis bestrijding zonder gas of gewasbeschermingsmiddelen‘

verlaging sporendruk door
luchtbehandeling middels UV-C

Projectnummer
13563

Hoofdaanvrager



Projectleider
ing. S. Persoon
Zwethlaan 52
2675 LB Honselersdijk
stefan@inno-agro.nl

Onderzoeksinstantie



Onderzoeker
ing. J. Sanders
Proeftuin Zwaagdijk
Tolweg 13

Mei 2010

Financiers:



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit



Inhoudsopgave

1	Samenwerkende partijen	7
1.1	Proeftuin Zwaagdijk.....	7
1.2	Tuinbouw Techniek Ontwikkeling	7
	Inno-Agro	7
2	Inleiding.....	8
2.1	Botrytis in de glastuinbouw	8
2.2	Botrytis in tomaat.....	8
2.3	Bestrijding van Botrytis	9
2.3.1	Chemische gewasbescherming	9
2.3.2	Klimaat	11
2.3.3	UV-C als alternatieve bestrijdingsmethode	11
2.4	Probleemstelling	12
2.5	Oplossing	12
2.6	Doelstelling	13
2.7	Fasering.....	13
2.8	Onderzoeksvragen.....	14
2.8.1	Fase I.....	14
2.8.2	Fase II	14
3	Materiaal / methode.....	15
3.1	Fase I.....	15
3.1.1	Methode van onderzoek.....	15
3.1.2	Materiaal.....	15
4	Resultaten Fase I.....	17
4.1	Resultaat interviews en literatuurstudie <i>Botrytis cinerea</i>	17
4.1.1	Inleiding.....	17
4.1.2	Afdoding van Botrytis door UV-C	17
4.1.3	Metten van schimmelsporen in de lucht	17
4.2	Technisch vooronderzoek	18
4.2.1	Inleiding.....	18
4.2.2	UV-C	18
4.2.3	Ozon	18
4.2.4	Toepassingen en fabrikanten	18
4.2.5	UV-C + katalysator.....	18
4.2.6	UV-C + reflector.....	19
4.2.7	Ozon (100%).....	19
4.2.8	UV-C + Ozon.....	19
4.3	Beoogde toepassing in de praktijk	20
4.3.1	Methode.....	20
4.3.2	Benodigd opgesteld vermogen	20
4.4	Gesloten ruimte test	21
4.4.1	Inleiding.....	21
4.4.2	Methode.....	21
4.5	Materiaal	22
4.5.1	UV-C ontsmettingsapparaten.....	22
4.6	Meetfrequentie	23
4.7	Resultaten.....	23
4.7.1	Metingen test I	23
4.7.2	Metingen test II.....	24
4.8	Discussie	26
4.8.1	Test I.....	26
4.8.2	Test II.....	26

4.9	Gewenste uitvoeringsvorm kasomgeving	26
4.9.1	Luchtbehandelingskast	26
4.9.2	Economische haalbaarheid	28
	Uitgaande van een economisch haalbare toepassing dienen de opbrengsten/besparingen van de UV-C toepassing in overeenstemming te zijn met de kosten	28
5	Discussie (Fase I).....	30
5.1	Beschikbare technieken.....	30
5.2	Benodigde stralingsdosis.....	31
5.3	Gesloten ruimte test	31
5.4	Integratie in een kasomgeving	32
5.5	Economie	32
6	Conclusies (Fase I)	33
7	Aanbevelingen nav Fase I	33
	<u>FASE II</u>	
8	Inleiding.....	35
9	Materiaal / methode.....	36
9.1	Methode	36
9.2	Materiaal	36
9.2.1	Kas	36
9.2.2	LBK + UV-C	37
9.2.3	Meetapparatuur	38
10	Resultaten rookproef.....	39
10.1	Inleiding	39
10.2	Materiaal en methode.....	39
10.3	Resultaat.....	39
11	Resultaten systeemtest in kas.....	40
11.1	Inleiding	40
11.2	Methode	40
11.3	Resultaten.....	40
12	Resultaten gewasproef.....	42
12.1	Inleiding	42
12.2	Methode	42
12.3	Teeltspecificaties.....	42
12.4	Meetmethode.....	43
12.4.1	Sporen metingen.....	43
12.4.2	Visuele beoordeling.....	43
12.5	Resultaten gewasproef	44
12.5.1	Sporenmeting in de lucht.....	44
12.6	Visuele beoordelingen.....	45
12.6.1	Algemene gewasconditie.....	45
12.6.2	Botrytis op bladranden	46
12.6.3	Botrytis op beschadigde bladstompjes	46
12.6.4	Botrytis op beschadigd stengelweefsel.....	47
12.6.5	Botrytis op beschadigde vrucht	47
12.6.6	Percentage dode stengels.....	48
13	Resultaten principe meting UV-C ontsmettingssysteem	49
13.1	Inleiding	49
13.2	Methode / materialen	49
13.3	Resultaten.....	50
14	Resultaten toepassing apparaat.....	51
14.1	Inleiding	51
14.2	Resultaat.....	51

14.2.1	vervuiling systeem.....	51
14.2.2	Economische haalbaarheid	52
14.2.3	Toepassing van Ozon	52
15	Discussie.....	54
15.1	Inleiding	54
15.2	Rookproef en variabelen ontsmettingstechniek	54
15.3	Systeemtest in lege kas	54
15.4	Sporenmetingen	55
15.5	Wijziging opgestelde vermogen.....	55
15.6	Aantastingniveau op praktijkschaal	56
15.7	Haalbaarheid	56
16	Conclusies.....	57
17	Aanbevelingen.....	57
	Informatiebronnen	58

Bijlage 1 Specifieke mediums

Bijlage 2 Dosering UV-C

Bijlage 3 Contraberekening UV-C

Bijlage 4 Vertifan verticale ventilatie

Bijlage 5 Klimaatoverzichten

Voorwoord

In opdracht van het programma 'Kas als Energiebron' van het ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw (PT) hebben TTO en Proeftuin Zwaagdijk onderzoek gedaan naar een alternatieve methode om Botrytis te bestrijden.

Hierbij willen wij: Jeroen Sanders van Proeftuin Zwaagdijk en Stefan Persoon in opdracht van TTO onze dank uitspreken naar de begeleidende telers Arnold Groenewegen en Jaap Noordam. Beide kwekers hebben een duidelijke stempel gedrukt op het onderzoek en zoals de doelstelling van TTO betaamd ervoor gezorgd dat er een goede koppeling plaatsvindt tussen onderzoek en praktijk.

Daarnaast willen wij onze dank uitspreken naar de begeleiders van de proef, te weten Leo Oprel van het ministerie van LNV en Aat Dijkshoorn van het PT. Hun aanbeveling om veel studie te doen naar de reeds afgeronde onderzoeken hebben wij ter harte genomen.

Ten slotte dank aan Ary de Jong van de Demokwekerij, welke als een 'slechte' teler gezorgd heeft voor klimaatsomstandigheden en een gewas waar Botrytis goed in kon gedijen.

Samenvatting

De schimmel *Botrytis cinerea* is al jaren een van de belangrijkste ziekten in de Nederlandse glastuinbouw. Er is zowel recent als in het verleden relatief veel onderzoek gedaan naar *Botrytis cinerea*. De schimmel vormt voor vrijwel alle glasteelten in de tuinbouw een probleem en beperkt zich dus niet alleen tot de tomatenteelt, waarnaar in deze proef onderzoek is gedaan. De problematiek van Botrytis wordt op twee manieren aangepakt, te weten preventieve maatregelen en curatieve maatregelen. Botrytis is een zwakte parasiet welke gemakkelijker in de plant doordringt bij vochtige condities en wanneer er beschadigingen aan de plant zijn. De meest effectieve vorm van preventieve bestrijding is zorgen dat het gewas 'droog' blijft en een minimum aan beschadigingen. Ontvochtigen van de kas door te stoken is echter niet langer economisch verantwoord en daarnaast is het maatschappelijk onacceptabel om energie te verspillen. Een kweker is er dus bij gebaat om de infectiedruk van Botrytis zoveel mogelijk te beperken zodat het gewas ook onder vochtigere omstandigheden geteeld kan worden. De probleemstelling luidde daarom: is er een mogelijkheid om infectiedruk door sporen van *Botrytis cinerea* te verminderen?

Een mogelijke oplossing om de infectiedruk te verlagen is door de lucht te ontsmetten. De doelstelling luidde daarom: Is het mogelijk om in een kas de sporendruk van de schimmel *Botrytis cinerea* te verlagen door toepassing van luchtontsmetting met UV-C of een andere milieu vriendelijke techniek en biedt het concept kansen om toegepast te worden in de praktijk? Om dit te onderzoeken is het project opgedeeld in twee fasen : een fase waarin de haalbaarheid van de techniek onderzocht is en een fase waarin de integratie in een kasomgeving (met gewas) onderzocht is.

Er zijn verschillende technieken om schimmelsporen in de lucht te doden, met als meest gebruikte UV-C en Ozon. Door deze techniek te koppelen aan een luchtbehandelingskast (LBK) welke steeds vaker gebruikt wordt, kan de lucht ontsmet worden. Ozon is een betrouwbare techniek om pathogenen te doden, maar berust op het principe van oxidatie. Het is onbekend hoe het gewas reageert op Ozon en wat het effect is op de stofwisseling van de plant. UV-C is een veel toegepaste techniek welke in de luchtbehandeling-systemen in twee varianten wordt toegepast: in combinatie met een katalysator of een reflector. Vanwege de vervuiling van een katalysator is gekozen om een reflector toe te passen. De benodigde stralingsdosis voor de spore van *Botrytis cinerea* blijkt na literatuuronderzoek onbekend zodat de stralingsdosis gelijk is gesteld aan de dosis voor de schimmel *Penicillium spp.* Uit een test met het apparaat in een gesloten ruimte is gebleken dat er een constante afname is van het aantal schimmelsporen. Als uitvoeringsvorm voor een kasomgeving kan de UV-C toepassing worden gekoppeld aan de luchtinlaat van een LBK, waarbij het ventilatievoud gesteld is op 1 maal de kaslucht per uur.

De toepassing van een LBK met UV-C ontsmetter kent vele onbekenden zoals: de invloed van de luchtstroom, het juiste opgestelde vermogen UV-C en de relatie tussen de sporendruk en de aantasting op de plant. Indien de sporendruk in de kaslucht exact kan worden vastgesteld is bovenstaande relatie te onderzoeken. Een Airsampler met een selectief medium kan gebruikt worden om de sporendruk in de lucht te bepalen. Uit het onderzoek is echter gebleken dat dit geen betrouwbare techniek is om de sporendruk in de lucht voldoende significant te bepalen. Wel bleek uit het onderzoek dat er nog levende sporen aanwezig waren, zodat de dosering UV-C in de praktijkproef verdubbeld is.

De meest gangbare wijze van onderzoek naar pathogenen is het monitoren van een gewas dat onder specifieke omstandigheden is opgeteeld. In de praktijkproef is in een behandelde en een onbehandelde afdeling een tomatengewas opgeteeld van het ras Idool waarbij het gewas bewust vatbaar is gemaakt voor Botrytis. Uit het onderzoek is gebleken dat er tussen de behandelde en de onbehandelde afdeling geen significante verschillen waren van Botrytis op bladrandjes, bladstompjes, stengelweefsel en de vrucht. Er was wel een significant verschil in het aantal dode planten aan het einde van de proef: in de onbehandelde afdeling waren er twee maal zoveel dode planten als in de behandelde afdeling.

De techniek van UV-C luchtontsmetting is momenteel economisch nog niet haalbaar en de aanbeveling is om eerst een betrouwbare techniek te ontwikkelen welke het mogelijk maakt om de sporendruk in de lucht betrouwbaar te kunnen meten. Zelfs zonder een UV-C toepassing is dit een waardevolle 'tool'.

1 Samenwerkende partijen

Een tweetal instellingen hebben samengewerkt om 'bottum up' innovatief onderzoek te doen naar de toepassing van Botrytis bestrijding:

- Proeftuin Zwaagdijk
- Telersvereniging TTO (hoofdaannemer)

1.1 Proeftuin Zwaagdijk

Proeftuin Zwaagdijk is een private onafhankelijke instelling welke landbouwkundig onderzoek doet. Het bedrijf in Zwaagdijk is gelegen tussen belangrijke agrarische gebieden als Het Grootslag, AgriportA7 en Seedvalley. In het Westland (Honselersdijk) beschikt het bedrijf over een 20 tal onderzoeksafdelingen onder glas en ondersteunende ruimte voor onderzoek en demonstratie. Bij het bedrijf werken 40 medewerkers. Proeftuin Zwaagdijk is de enige private onderzoeksinstelling in Nederland met een ISO-certificaat.; in 1999 is het ISO-9002 certificaat toegekend, later gevolgd door ISO-9001.

De afgelopen jaren is Proeftuin Zwaagdijk uitgegroeid tot een van de belangrijkste agrarische onderzoekscentra van Nederland op het gebied van praktijkgericht onderzoek. Proeftuin Zwaagdijk is een flexibele organisatie die kwalitatief hoogwaardig praktijk onderzoek biedt, wat direct toepasbaar is voor de opdrachtgever.

Proeftuin Zwaagdijk wil als professionele organisatie voor praktijkgericht onderzoek, partner zijn van de innovatieve voorhoede en wil op deze manier ontwikkelingen stimuleren in de tuinbouw en akkerbouw. Het bedrijf is specialist in het uitvoeren van toelatingsonderzoek in opdracht van fabrikanten van gewasbeschermingsmiddelen. Het GEP (Good Experimental Practice) certificaat van de Plantkundige Dienst geeft het bedrijf het recht dit uit te voeren. Door dit onderzoek is er een ruime ervaring opgebouwd betreft plantpathogene schimmels en insecten in een groot aantal cultuurgewassen.
website : www.proeftuinzwaagdijk.nl

1.2 Tuinbouw Techniek Ontwikkeling

TTO is een telersvereniging waar 36 glastuinbouwbedrijven lid van zijn met een totaal oppervlak van 668 ha glas. TTO is opgericht omdat de schaalgrootte ervoor zorgt dat innoveren vanuit de praktijk steeds meer risico's met zich mee brengt. De afgelopen jaren zijn er tal van voorbeelden geweest van grote innovaties die door individuele ondernemers gestart zijn, waardoor deze een hoog risico liepen. De doelstelling van TTO is het gezamenlijk opzetten van innovatieprojecten met als doel een verantwoord en duurzaam innovatietraject. TTO wil daarnaast graag namens haar leden een spreekbuis vormen richting overheden en kennisinstellingen, met als doel innovatie goed aan te laten sluiten bij de praktijk.

Ten tijde van de aanvraag is TTO naast Botrytis bestrijding met UV-C onder andere actief met energieprojecten (gasturbine Heron), LED en tracking & tracing. TTO zet per project gericht partijen in naar expertise van de desbetreffende partij. Partijen zijn onder andere : kennisinstellingen, projectleiders, teeltadviseurs, Agro-MKB ondernemingen (toeleveranciers) en industrie. Lidmaatschap van TTO is alleen voorbehouden aan agrarische ondernemers. Het resultaat is dat opgedane kennis snel verspreid worden onder alle glastuinbouwbedrijven in Nederland.
website: www.tto.nu

Inno-Agro

Inno-Agro is een bedrijf dat zich volledig gespecialiseerd heeft in technische innovatie in de glastuinbouw. Hierbij staat Inno-Agro voor een verantwoorde, projectmatige aanpak van het innovatieproces. Stefan Persoon van bovengenoemde bedrijf is door TTO aangesteld als projectleider van het onderzoek. Daarnaast heeft hij het technische onderzoek naar de toe te passen technieken uitgevoerd.
website: www.inno-agro.nl

2 Inleiding

2.1 Botrytis in de glastuinbouw

De schimmel *Botrytis cinerea* is al jaren een van de belangrijkste ziekten in de Nederlandse glastuinbouw. Dit zwaktepathogeen kent een zeer grote verscheidenheid aan waardplanten. Deze schimmel infecteert voornamelijk verzwakt en/of beschadigd weefsel.

Er is zowel recent als in het verleden relatief veel onderzoek gedaan naar *Botrytis cinerea*. Aandachtspunten van recent onderzoek in de glastuinbouw zijn o.a. :

- De relatie tussen teeltmaatregelen en aantasting
- De relatie tussen klimaat en aantasting
- Preventieve en curatieve bestrijdingsmethoden

De schimmel *Botrytis cinerea* vormt voor vrijwel alle glasteelten in de tuinbouw een probleem en beperkt zich dus niet alleen tot de tomatenteelt, waarnaar in deze proef onderzoek is gedaan. De problematiek van Botrytis wordt op twee manieren aangepakt, te weten preventieve maatregelen en curatieve maatregelen. Botrytis is een zwakte parasiet welke gemakkelijker in de plant doordringt bij vochtige condities en wanneer er beschadigingen aan de plant zijn. De meest effectieve vorm van preventieve bestrijding is zorgen dat het gewas ‘droog’ blijft en het aantal beschadigingen minimaliseren.

2.2 Botrytis in tomaat

In de tomatenteelt kan Botrytis ernstige gewasschade veroorzaken. De schimmel infecteert zowel beschadigd als verzwakt weefsel. Voornamelijk de aantasting op de stengel kan er voor zorgen dat planten afsterven. Aantasting op de stengel geeft in de praktijk ook de meeste economische schade. Kieming zal alleen plaatsvinden op beschadigd of verzwakt stengelweefsel. In de praktijk worden deze beschadigingen in veel gevallen veroorzaakt door verkeerd blad snijden, dieven of trossen knippen. Met verkeerde gewashandelingen wordt bedoeld het maken van te grote wonden of het laten zitten van stompjes op de stengel. Ook kan het door te laat op de dag gewashandelingen uit te voeren er voor zorgen dat de problemen met Botrytis worden versterkt. De heling van de gemaakte wond zal later op de dag langzamer verlopen dan wanneer deze in de ochtend is aangebracht. Vooral de lagere temperatuur en de lagere instraling aan het einde van de dag veroorzaken de verminderende wondheling.



Figuur 1 : Botrytis-aantasting op de stengel



Figuur 2 : Blad-Botrytis

Naast stengel aantasting kan Botrytis ook bladweefsel infecteren. Vooral wanneer ‘bladrandjes’ aanwezig zijn heeft de Botrytis een ideale invalspoort om de plant te infecteren. Bladrandjes treden voornamelijk op bij een grote DIF en grote schommeling in vochtdeficit (VD). Als de Botrytis de bladranden heeft geïnfecteerd kan de schimmel via de bladstelen de rest van de plant infecteren. In het algemeen kan er worden aangenomen dat blad-Botrytis de belangrijkste bron is voor de verspreiding van sporen in de kas.

De grootste problemen met Botrytis treden vooral op in het voorjaar en in het najaar.

Sporen van *Botrytis cinerea* kunnen alleen kiemen in vrij water of wanneer de luchtvochtigheid hoger ligt dan 95%. De optimale temperatuur voor de kieming ligt tussen de 18 en 25 °C. Voor de kieming heeft de Botrytis-spore ook suikers en nutriënten nodig. Deze kunnen o.a. aanwezig zijn in stuifmeel, wondsap en aan het oppervlak van rijpe of beschadigde vruchten.

De totale tijd die sporen nodig hebben om te kiemen kunnen sterk verschillen. Vooral temperatuur heeft hier een belangrijke invloed op.

De ongeslachtelijke sporen (conidiën) worden in enorme aantallen gevormd op sporendragers aan de buitenkant van het mycelium. Sporen komen uiteindelijk los van de sporendragers bij bepaalde prikkelingen (triggers). Vooral mechanisch beweging en relatief grote verschillen in RV kunnen er voor zorgen dat deze sporen los komen van de drager en zich zo verder kunnen verspreiden in de kas. Verspreiding van de sporen vindt voornamelijk plaats via luchtbewegingen. Echter ook mechanische verspreiding via o.a. scharen, mesjes, handschoenen en karren kan plaatsvinden.

Er kan worden aangenomen dat wanneer de sporenconcentratie in de kaslucht hoog is de infectiedruk met Botrytis toeneemt. De kans dat een sporen terechtkomt op beschadig of verzwakt weefsel is groter bij een hogere sporenconcentratie (kansberekening).

Daarbij is er ook een verband aangetoond tussen de mate van infectie en het aantal sporen dat op een wond terechtkomt. Uit onderzoek bleek dat wanneer er 10 sporen per wond werden toegediend maar 7% van deze wonden werd geïnfecteerd. Bij toediening van 1000 sporen werd echter 75% van de wonden geïnfecteerd.

2.3 Bestrijding van Botrytis

2.3.1 *Chemische gewasbescherming*

Chemische bestrijding

Preventieve bestrijding van *Botrytis cinerea* in tomaat heeft de voorkeur boven curatieve chemische bestrijdingstoepassingen. Vooral wanneer de schimmel zich al dieper in de plant heeft gevestigd is de schimmel met de huidige toegelaten bestrijdingsmiddelen moeilijk tot niet te bestrijden. Het chemische gewasbeschermingsmiddelen pakket is de laatste jaren afgenomen. Middelen zoals Carbendazim, Sumico en Sumisclex hebben hun toelating verloren. Er zijn voor de tomatenteelt echter nog een aantal effectieve chemische bestrijdingsmiddelen toepasbaar. Dit in tegenstelling tot wat in de praktijk vaak wordt beweerd. In tabel 1 is een korte opsomming gemaakt van de belangrijkste chemische fungiciden die kunnen worden ingezet voor een effectieve bestrijding van Botrytis op zowel blad- als vruchtniveau.

Stengel aantasting				Blad aantasting			
Middel	Leverancier	Dosering	Opmerking	Middel	Leverancier	Dosering	Opmerking
Scala	Basf	0,1%	Middel mag alleen op de kale stengeldelen worden aangebracht	Rovral	Basf	0,05%	-
Switch	Syngenta	0,08%	Bij voorkeur niet op het blad spuiten ivm schade	Signum	Basf	0,1%	-
Scomrid	Certis	-	Direct op de wond te spuiten	Teldor	Bayer	1,5 kg/ha	Preventief toepasbaar

Tabel 1 : Belangrijkste toegelaten chemische middelen Botrytis-tomaat

Naast fungiciden van chemische oorsprong komen er ook steeds meer gewasbeschermingsmiddelen met een biologische oorsprong op de markt. Schimmels met een antagonistische werking tegen *Botrytis cinerea* kunnen er voor zorgen dat Botrytis onvoldoende ‘ruimte’ heeft om te kunnen kiemen en ontwikkelen. Van bijvoorbeeld de schimmels *Trichoderma harzianum* en *Gliocladium catenulatum* is bekend dat deze een remmende werking hebben op de ontwikkeling van Botrytis. Middelen op basis van deze schimmels hebben echter nog geen toelating om te worden ingezet tegen Botrytis in tomaat.

Middelen zoals Botri-spray en Scaniavital Silica kunnen preventief worden ingezet als er wonden in het gewas zijn gemaakt. Vooral in periode waar de kans op condensatie in het gewas aanwezig is kunnen aangemaakte wonden door bijvoorbeeld bladsnijden, op de stengel problemen veroorzaken. Deze hulpmiddelen worden echter vooral ingezet bij een zichtbare beginnende aantasting met Botrytis op de stengel. Het aangetaste weefsel kan eerst uit de stengel worden weggesneden met een ontsmet mes, waarna deze middelen op de wond dienen te worden gesmeerd.

Scaniavital Silica werkt op basis van kalk, silicium en jodium. De wond met Botrytis droogt na toepassing snel uit, waardoor de schimmel niet de kans krijgt om verder door te ontwikkelen.

Ook bij toepassing van Botri-spray droogt de wond snel in en wordt de pH verlaagd wat ook de kieming kan remmen.

Benadrukt moet worden dat deze middelen een bijdrage kunnen leveren aan een effectieve Botrytis-bestrijding. De middelen zullen echter wel te allen tijden moeten worden gecombineerd met chemische fungiciden en een zeer streng hygiëne en klimaatsprotocol

Resistentiemanagement is zeer belangrijk bij toepassing van fungiciden tegen Botrytis. Wanneer middelen met werkzame stoffen uit dezelfde chemische groep veelvuldig achter elkaar worden toegepast is er een grote kans op het ontstaan van resistentie. Middelen worden ingedeeld in chemische groepen op basis van hun werkingsmechanisme (*info: www.frac.info*).

Het is voor de teler belangrijk om te weten welke middelen in welke groep zijn verdeeld.

In tabel wordt een voorbeeld gegeven dat de middelen Scala en Switch tot dezelfde groep behoren (D1). Deze middelen dienen dus niet te worden afgewisseld; de kans op resistentie is te groot.

Product name	Active Ingredient	Chemical Group	
Collis	Kresoxim-methyl Boscalid	Strobilurines (QoI) SDHI	C2 C3
Signum	Pyraclostrobin Boscalid	Strobilurines (QoI) SDHI	C2 C3
Scala	Pyrimethanil	Anilinopyrimidine	D1
Rovral	Iprodion	Dicarboxamide	E3
Switch	Cyprodinil Fludioxonil	Anilinopyrimidine Phenylpyrrole	D1 E2
Ortiva	Azoxystrobin	Strobilurines (QoI)	C2
Teldor	Fenhexamid	Hydroxylanilide	G3

Tabel 2 : Voorbeeld resistentiemanagement fungiciden Botrytis-tomaat (bron. Cebeco, 2009)

De eisen van de afnemer t.a.v. toegelaten maximale residuniveaus (MRL) op vrucht en blad zijn de laatste jaren flink aangescherpt. Ook zijn de eisen betreft het totaal aantal toegestane werkzame stoffen per gram versgewicht product veranderd. Ook al liggen de MRL-waarden onder de maximale grenswaarden, dan kunnen afnemers alsnog eisen stellen betreft het maximale aantal toegestane stoffen. De teler zal dus goed op moeten letten dat hij niet te veel verschillende middelen toepast.

Ook moet de teler rekening houden met de veiligheidstermijnen die toepassingen met fungiciden met zich meebrengen. Tijdstippen van oogst en gewaswerkzaamheden dienen dus goed te worden afgestemd op het tijdstip van toediening.

Chemische bestrijding van Botrytis is dus complex te noemen en de teler zal van te voren goed moet bepalen hoe hij de bestrijding inzet.

Het toepassen van preventieve maatregelen op basis van optimale klimaatsinstellingen, gewashandelingen en hygiëneprotocollen kan het effect van de chemische bestrijding aanzienlijk verbeteren. Het toepassen van o.a. luchtontsmetting met behulp van UV-C kan daarbij een goede bijdrage leveren aan het totale Botrytis probleem.

2.3.2 Klimaat

Een belangrijke oorzaak van Botrytis kan gevonden worden in klimatologische omstandigheden. Indien het gewas wordt geteeld bij een relatief lagere RV dan zullen er minder problemen ontstaan met Botrytis. Een actiever klimaat in de kas te realiseren, waarbij er actief ontvochtigd wordt, is de meest toegepaste methode om Botrytis te voorkomen. Onderzoek heeft aangetoond dat jaarlijks bij een tomatenkwekerij tot 8 m³/m² gas gebruikt wordt voor het ontvochtigen van de kas. Ten tijde van het onderzoek staat onderzoek naar het 'nieuwe telen' in de belangstelling. Deze methode richt zich op een zo laag mogelijk gasverbruik en Botrytis druk vormt hier dus een belangrijk punt van aandacht.

2.3.3 UV-C als alternatieve bestrijdingsmethode

UV-C is een beproefd middel om ziekten en plagen af te doden. Het meest bekende voorbeeld hiervan is het ontsmetten van water met UV-C. Sinds korte tijd wordt er ook gebruik gemaakt van de toepassing van UV-C door het gewas met aantasting te beschrijven met UV-C lampen welke op een buisrail kar zijn gemonteerd (Cleanlight).

2.4 Probleemstelling

Ontvochtigen van de kas door te stoken is niet langer economisch verantwoord door de hoge gasprijs. Op het moment van de aanvraag van het project (juli 2008) was de gasprijs € 0,35/m³. Hoewel ten tijde van de rapportage (april 2010) de gasprijs weer gezakt naar € 0,22/m³, is de verwachting dat de kosten van gas uiteindelijk weer zullen stijgen. Daarnaast is het ook maatschappelijk gezien onacceptabel om energie te verspillen wat vertaald is in de doelstellingen van het programma 'de kas als energiebron'.

Met een hoge gasprijs en de ambities van het programma 'kas als energiebron' zullen de telers immer proberen te telen met een minimaal gebruik van aardgas. Dit werkt aantastingen door Botrytis in de hand doordat de luchtvochtigheid niet altijd optimaal is. Hoewel er binnen het 'nieuwe telen' gebruik wordt gemaakt van een andere wijze van ontvochtigen zijn ook hier perioden dat de kaslucht vochtiger is dan gewenst. Een voorbeeld hiervan is de periode dat er een vast folie is gespannen.

Een kweker is er dus bij gebaat om de infectiedruk van Botrytis zoveel mogelijk te beperken zodat in vochtige perioden en/of een zwakker gewas Botrytis minder kans krijgt. De probleemstelling luidt daarom: is er een mogelijkheid om infectiedruk door sporen van *Botrytis cinerea* te verminderen?

2.5 Oplossing

Menige oplossing voor een probleem komt uit de dagelijkse praktijk, zo ook de oplossing voor de genoemde probleemstelling. In de praktijk probeert men Botrytis aantastingen in een vroeg stadium te detecteren en pleksgewijs (chemisch) te bestrijden; dit gebeurde veelal met spuitbussen 'Scomrid'. In 2008 werd een van de werkzame stoffen van deze toepassing echter verboden. De vraag die bij teler A. Groenewegen van kwekerij 'de Grevelingen' opkwam, was daarom of het niet mogelijk is om dezelfde pleksgewijze methode toe te passen met een UV-C zaklamp (Figuur 3).



Figuur 3 : modelweergave UV-C zaklamp

De methode van beschijnen met UV-C werkt echter curatief en is omstreden om de volgende redenen:

- UV-C is licht met een bepaalde golflengte; schaduwgedelen van de planten worden dus niet bereikt met deze wijze van toepassing.
- de UV-C toepassing wordt curatief ingezet dwz wanneer de aantasting reeds op de plant aanwezig is; de sporen hebben zich reeds in de plantencellen verankerd; het is hierdoor lastig om de infectie in een behandeling af te doden.

Een andere mogelijkheid is om niet de Botrytis *aantasting* te bestrijden, maar ervoor te zorgen dat de *sporendruk* in de lucht omlaag wordt gehaald. De projectaanvrager gaat uit van deze methode van bestrijden. Behandelen van de kaslucht met UV-C was tot op heden in praktisch opzicht echter lastig; het is namelijk nodig om de kaslucht langs centrale punten te leiden zodat deze ontsmet kan worden. In het verleden waren er geen ventilatoren onder in de kas waar de UV-C toepassing aan gekoppeld kon worden. Door de komst van semigesloten kas principes is er echter veel ervaring opgedaan met de toepassing van luchtbehandelingskasten laag in het gewas. Dit heeft geleid in een toename van luchtbehandelingsystemen laag in het gewas waar de UV-C toepassing op aangesloten of mee geïntegreerd kan worden.

De oplossing luidt : het ontsmetten van de kaslucht door de lucht, welke door de luchtbehandelingskast gevoerd wordt, van sporen te zuiveren

2.6 Doelstelling

'Is het mogelijk om in een kas de sporendruk van de schimmel Botrytis cinerea te verlagen door toepassing van luchtontsmetting met UV-C of een andere milieu vriendelijke techniek en biedt het concept kansen om toegepast te worden in de praktijk? '

Hierbij wordt als uitgangspunt genomen dat de kas voorzien is van een luchtbehandelingsysteem.

2.7 Fasering

Ten tijde van de idee fase van het project werd de betrouwbaarheid van de techniek van luchtontsmetting met UV-C als een voldongen feit gepresenteerd door één van de toeleveranciers. Hoewel de afdodende werking van UV-C reeds jarenlang bekend is, waren er toch een aantal onzekerheden voor de toepassing op praktijkschaal in een kasomgeving.

Om deze reden is ervoor gekozen om het onderzoek niet meteen in de praktijk (bij een kweker) uit te proberen, maar om de techniek in een kasafdeling van een onderzoeksinstelling te onderzoeken. In overleg met de onderzoekscoördinatoren van PT en LNV is er daarnaast voor gekozen om ook dit onderzoek in twee fasen op te delen, gescheiden door een Go/NoGo moment:

Fase I : haalbaarheid luchtontsmetting

Er is reeds veel onderzoek uitgevoerd naar de bestrijding van Botrytis en naar de effectiviteit van UV-C en/of Ozon. De bestaande ervaring is meegenomen in het bepalen van de haalbaarheid. De eerste fase kenmerkt zich voorts door het bepalen van de meest geschikte techniek om toe te passen als luchtbehandeling. Hoewel het project startte met het concrete idee van het toepassen van UV-C gekoppeld aan een luchtbehandelingskast, is dit vooraf aan het onderzoek nog niet onderbouwd. Om deze reden zijn in de eerste fase mogelijke alternatieven onderzocht. Ten slotte is de eerste fase geëindigd met het uitvoeren van een test met de beoogde techniek van luchtontsmetting zonder dat hierbij versturende factoren van een kas aanwezig zijn. Kortom: het testen van de bron techniek. Voor het vooronderzoek is een bescheiden bedrag gereserveerd van circa 15% van de totale projectkosten.
periode : 1^e kwartaal 2009

Na afloop van fase I was er een Go/NoGo moment waarin aan de hand van de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie kon worden bekeken of er voldoende aanleiding was om de techniek in een kasomgeving te beproeven. Reeds bij het aangaan van de proef was bekend dat de omstandigheden in een kas niet te simuleren zijn en dat dit een belangrijk onderdeel vormt van het onderzoek.

Fase II : Toepassing luchtbehandeling in een kasomgeving

De werking van UV-C in een kasafdeling is essentieel om uit te testen voordat de techniek in de praktijk gebracht wordt. In fase II wordt de techniek beproefd in een kasafdeling welke vergeleken kan worden met een referentie afdeling.
periode : 2^e tot en met 4^e kwartaal 2009

2.8 Onderzoeksvragen

2.8.1 *Fase I*

In Fase I dienden de volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

- is UV-C de meest geschikte techniek om schimmelsporen in de kaslucht te doden, of zijn er nog alternatieve technieken welke toegepast kunnen worden?
- wat zijn de voor- en nadelen van verschillende technieken en welke toeleverancier kan zorg dragen voor een betrouwbare installatie?
- welke stralingsdosis is benodigd voor afdoding van Botrytis sporen?
- op welke wijze kan de concentratie van Botrytis sporen in de lucht gemeten worden?
- op welke wijze kan de betreffende techniek van luchtontsmetting geïntegreerd worden in de kasomgeving?
- biedt de techniek economisch gezien mogelijkheden genoeg om het project voort te zetten?
- is het mogelijk om in een afgesloten ruimte de sporendruk te verlagen na toepassing van de betreffende techniek van luchtontsmetting, zodat de werking van het apparaat aangetoond kan worden?

2.8.2 *Fase II*

In Fase II dienden de volgende onderzoeksvragen beantwoord te worden:

- hoe beweegt de lucht zich door de kasafdeling? Met daarbij aandacht voor de dode hoeken in een kasafdeling en de snelheid van verplaatsing van lucht.
- welke variabelen zijn van invloed op de werking van de ontsmettingstechniek in een kasafdeling en hoe kunnen deze beïnvloed worden? Er kan hierbij o.a. gedacht worden aan de luchtstroomsnelheid, filtrage van de lucht en het opgestelde vermogen van de techniek.
- is het mogelijk om de sporendruk in een kas te meten en een betrouwbare relatie te leggen tussen het opgestelde vermogen van de ontsmettingsapparatuur en de sporendruk in de afdeling?
- geeft het verschil in sporendruk en aantastingsniveau tussen de behandelde en onbehandelde afdeling voldoende aanleiding om het berekende stralingsniveau van UV-C (in mJ/cm²) aan te houden?
- is de mate van aantasting van het gewas in de behandelde afdeling significant minder dan in de onbehandelde afdeling?
- wat is de relatie tussen het aantal sporen in de kaslucht en het aantastingsniveau met Botrytis in het gewas?

3 Materiaal / methode

3.1 Fase I

3.1.1 Methode van onderzoek

technisch

In Fase I van het project is een scan gemaakt waarin de verschillende technieken van luchtontsmetting zijn vergeleken. Hierbij is naast UV-C ook Ozon als mogelijkheid bekeken. In het onderzoek zijn gesprekken gevoerd met OEM (original equipment manufacturer) bedrijven en fabrikanten van UV-C lampen. Daarnaast is er kennis opgedaan tijdens een TNO symposium over UV-C toepassingen en is er een gesprek gevoerd met dhr F. Wieringa: een expert op UV-C gebied bij TNO.

Vervolgens is er een verkennend onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van toepassing in een kasomgeving en de randvoorwaarden er zijn voor toepassing. Het combineren van het systeem van luchtontsmetting met een luchtbehandelingssysteem is hierbij voor de hand liggend, zodat deze systemen bekeken zullen worden.

pathogeen

Botrytis cinerea is een algemeen voorkomend plantpathogeen waar reeds veel onderzoek naar is gedaan. Ten tijde van het initiëren van de opdracht was niet bekend of onderzoek zich ook heeft gericht op het preventief verlagen van de sporendruk. In deze fase werd kennis uitgewisseld met kennisinstituten, laboratoria en gespecialiseerde bedrijven.

Vele onderzoeken zijn bekend van het *voorkomen* van Botrytis en van het *bestrijden* van Botrytis welke reeds gekiemd is. Een onderdeel van het doen van onderzoek naar het verlagen van de hoeveelheid sporen in de lucht is de *meetmethode*. Daarom is in deze fase onderzoek gedaan naar een selectief medium waar Botrytis op kan kiemen en andere sporen in de lucht (die immer aanwezig zijn) *niet* kunnen kiemen.

Een belangrijk onderdeel van de eerste fase was het bepalen van de dodelijke stralingsdosis voor Botrytis sporen. Met behulp van deze dodelijke dosis kon de installatie op systeem niveau verder bepaald worden. De soort techniek bepaalt hierin de uitvoeringsvorm, omdat Ozon als ruimtemiddel wordt toegepast en UV-C in een (vaste) opstelling wordt gebruikt is de uitvoering verschillend. Een verkenning van de meest toegepaste luchtbehandelingsystemen zal een antwoord kunnen geven op de toepassing welke het meest haalbare lijkt met de informatie die op dat moment aanwezig is. Hiertoe zullen praktijk en onderzoeksprojecten van geconditioneerde kassen als basis dienen. Nadat er duidelijkheid is over de toe te passen techniek, stralingsdosis en configuratie kon de economische haalbaarheid bepaald worden.

Met behulp van deze Quicksan is vervolgens een test met de gekozen apparatuur gedaan zodat de werking van de het luchtontsmettingsapparaat aangetoond kan worden doordat er sprake is van een afname van Botrytis sporen in de lucht.

3.1.2 Materiaal

3.1.2.1 Airsampler

Om Botrytis sporen in de lucht te kunnen meten is in de UV-C proeven gebruikt gemaakt van een Airsampler van het Blgg. Deze sampler (*MicroBio-MB 01*) zuigt lucht aan over een petrischaal met een agar voedingsbodem. Deze selectieve voedingsbodem voor Botrytis wordt in de Airsampler gelegd met daar overheen geplaatst een aluminium-kap met een aantal luchtgaten. Onder de petrischaal is een ventilator aanwezig die zorgt voor de aanzuiging van lucht. Alle aanwezige sporen in de lucht komen bij aanzuiging op de voedingsbodem terecht.

Gedurende de testen is er gevarieerd in het aanzuigen van 25, 50, 100 en 300 liter lucht. Tussen de metingen is de Airsampler ontsmet met alcohol (70%).



Figuur 4 : Airsampler (MicroBio MB-01)

3.1.2.2 *Selectief Botrytis medium*

Tijdens de metingen in zowel het vooronderzoek als tijdens de proef in de kas is gebruik gemaakt van een selectieve voedingsbodem voor Botrytis. In het vooronderzoek zijn 2 verschillende media toegepast; het **SBM**-medium (PPO/Kerssies A., 1990) en het **KHK**-medium ((Katholieke Hogeschool Kempen, 2003).

In het verleden zijn er door verschillende onderzoeksinstantie selectieve media ontwikkeld om Botrytis-sporen in de lucht te kunnen detecteren. Het toepassen van een selectief medium is noodzakelijk om contaminatie met andere schimmels te voorkomen. Vooral sporen van *Penicillium* spp. zijn in grote aantallen aanwezig in de kaslucht en deze kunnen makkelijk worden aangetroffen wanneer er luchtmetingen worden uitgevoerd met een voedingsbodem. Door de aanwezigheid van *Penicillium* spp. kunnen in theorie Botrytis sporen op een voedingsbodem moeilijk kiemen (concurrentie).

In 1978 werd het eerste selectieve medium beschreven door Kritzman en Netzer. De basis voor de het selectieve medium dat is toegepast in de proeven met de UV-C ontsmettingssystemen is gelegd door Kerssies (PPO Naaldwijk, 1990). Het SBM- medium bestaat o.a. uit een aantal fungiciden zoals Maneb, PCNB en Rubigan. Daarbij wordt er ook tanninezuur toegepast. Botrytis mycelium kan het tanninezuur omzetten in donker bruine kolonies. Deze kolonies (CFU's – colony forming unit) kunnen door de kleuring makkelijk worden herkend op de voedingsbodem. De pH van het medium wordt door toevoeging van NaOH op 4.5 gebracht.

Door de Katholieke Hogeschool Kempen (Belgie) is er ook uitgebreid onderzoek gedaan naar het optimaliseren van een selectief Botrytis-medium. Door dit onderzoek is het KHK-medium ontwikkeld. Het grote verschil met het SBM-medium is dat in het KHK-medium ander fungiciden worden toegepast en geen Kopersulfaat (CuSO_4). Dit medium is wit van kleur.

De recepten van zowel het SBM-medium als van het KHK-medium staan beschreven in bijlage 1.

4 Resultaten Fase I

4.1 Resultaat interviews en literatuurstudie *Botrytis cinerea*

4.1.1 Inleiding

Omdat er reeds jaren onderzoek wordt gedaan naar *Botrytis cinerea* hebben interviews en een literatuurstudie onderdeel uitgemaakt van Fase I. Het Productschap Tuinbouw en LNV streven kennisuitwisseling na tussen diverse onderzoeksinstituten om te voorkomen dat kennis niet gebruikt wordt.

4.1.2 Afdoding van *Botrytis* door UV-C

Uit de literatuurstudie kwam naar voren dat er in de tuinbouw nog geen kennis op is gedaan over luchtontsmetting. Wel is er kennis opgedaan over de *curatieve* toepassing van UV-C, waarbij *Botrytis* mycelium bestraald wordt met UV-C. Deze curatieve toepassing kan echter niet vertaald worden naar de situatie waarin *sporen* afgedood moeten worden in een reflecterende buis. Grote onbekende vormde dus de benodigde stralingsdosis in mJ/cm² voor sporen.

De stralingsdosis welke benodigd is voor de afdoding van schimmelsporen is niet voor elke schimmel dezelfde. De stralingsdosis wordt veelal uitgedrukt in J/m² of in mJ/cm², deze dosis is gebaseerd op 90% afdoding van de schimmelspore. Indien men 99% afdoding wilt bereiken is het dubbele vermogen nodig, voor 99,9% afdoding is er een verdrievoudiging van het vermogen nodig enzovoorts. De afdoding wordt aangeduid met het woord 'killrate'.

Uit de literatuurstudie is vooraf geen eenduidig beeld naar voren gekomen van de gewenste dosis welke nodig is om tot 90% afdoding van de *sporen* te komen van *Botrytis cinerea*. Wel is er meer bekendheid opgedaan over de doding van *Botrytis mycelium* (WUR, E. Heuveling, 2007). Er is betreffende de *schimmelsporen* een aantal bronnen geraadpleegd waaruit uiteenlopende stralingsdosis voor naar voren kwamen tussen de 15-80 mJ/cm². In bijlage 2 zijn de dodelijke doseringen per pathogeen weergegeven.

Ook uit gesprekken welke gevoerd zijn met WUR glastuinbouw, BLGG, adviesbureau TOP en de fabrikant is geen eenduidig beeld naar voren gekomen voor de gewenste stralingsdosis. Proeftuin Zwaagdijk heeft de schimmels *Penicillium spp.* aangewezen als de schimmel welke gedeeltelijk te vergelijken is met de schimmel *Botrytis cinerea*. De stralingsdosis voor schimmels binnen deze groep bedraagt tussen de 13 en 50 mJ/cm².

4.1.3 Meten van schimmelsporen in de lucht

Het kunnen meten van de concentratie van *Botrytis* sporen in de kaslucht zou voor de onderzoeker een zeer waardevolle 'tool' zijn ten tijde van de proef. De effectiviteit van het apparaat zou op deze manier in kaart gebracht kunnen worden. Tevens zou het voor de eindgebruiker (teler) interessant zijn wanneer deze zich een beeld kan vormen van het gevaar van besmetting.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat er in de literatuur gesproken wordt over specifieke sporenconcentraties in de lucht, veelal uitgedrukt in aan sporen per m³ kaslucht. In de artikelen en onderzoeken ontbreekt het echter aan een duidelijke onderbouwing. Na gesprekken met specialisten (TOP) en onderzoekers (WUR, BLGG) werd duidelijk dat sporenconcentraties tegenwoordig veelal gemeten worden met een *airsampler* en een specifiek medium om de sporen op te laten kiemen. Een alternatief voor de *airsampler* is om de sporen op te vangen in water en vervolgens het mengsel 'uit te platen' op een schaal; dit is echter zeer tijdrovend en onbetrouwbaar. Uit de gesprekken kwam echter naar voren dat de *airsampler* veelal gebruikt wordt als een stuk 'gereedschap' naast het gewasonderzoek.

4.2 Technisch vooronderzoek

4.2.1 Inleiding

Er zijn twee veel gebruikte technieken om pathogenen te doden, te weten UV-C en Ozon. Beide technieken zijn reeds in de jaren '80 geïntroduceerd in de tuinbouw als waterontsmetter. Als toepassing om de lucht te ontsmetten is in de tuinbouw beperkt ervaring opgedaan. Allereerst is daarom middels gesprekken in kaart gebracht waar de kennis van de toepassingen zich bevindt.

Na een aantal gesprekken met onder andere Philips, TNO en Sadechaf bleek betreffende de twee technieken dat fabrikanten zich slechts bezig houden met de lamp en de kennis van de geïntegreerde aanpak overlaten aan OEM bedrijven.

4.2.2 UV-C

UV-C licht is de benaming van een bepaald spectrum van het (onzichtbare) licht. UV-C licht wordt gevormd door het licht in de bandbreedte tussen 200 en 280 nm. Dit licht is uitermate geschikt voor de zogenaamde desinfectie. UV-C lampen worden speciaal geproduceerd voor deze doeleinden. Meestal wordt gebruik gemaakt van kwikzilver om de specifieke UV-C straling te verkrijgen. UV-C wordt reeds meer dan twintig jaar succesvol toegepast in de tuinbouw om water te ontsmetten. Als waterontsmetter wordt meestal hoge druk UV-C gebruikt met Polychromatisch licht tussen de 200 en 280 nm

Voor wat betreft luchtontsmetting met UV-C is er nog weinig kennis aanwezig bij de genoemde onderzoeksinstellingen en fabrikanten. De toepassing van luchtontsmetting met UV-C techniek staat nog in de kinderschoenen. De indruk ontstond sterk dat de meeste kennis wel aanwezig is bij de OEM bedrijven. Grofweg wordt de techniek toegepast in een aantal sectoren: horeca, voedselindustrie en gezondheidszorg. Als luchtontsmetter wordt meestal lage druk UV-C gebruikt met Monochromatisch licht van 254 nm. Deze lampen hebben een levensduur welke bijna 2 maal zo lang is dan hoge druk lampen.

4.2.3 Ozon

Een alternatief ten opzichte van UV-C voor luchtontsmetting is de toepassing van Ozon (zie kader 1). Ozon is een sterk oxidatiemiddel en wordt onder andere gebruikt voor het verwijderen van sporen van gisten uit lucht en om ongewenste geuren te elimineren. Het gas wordt in lage concentraties in afgesloten ruimtes gebracht en wordt in veel sectoren toegepast. De meeste gebruikte toepassing in de tuinbouw is het ontsmetten van lucht in koelcellen (naoogst fase). Ook voor deze toepassing geldt dat de meeste kennis 'in de praktijk' aanwezig is bij de OEM bedrijven.

Ozon ontstaat van nature in de atmosfeer onder invloed van elektrische ontladingen door ultraviolette straling met een golflengte onder 240 nm UV-C ligt van de zon in de bovenste lagen van de atmosfeer. Dit gebeurt volgens de reactievergelijking $O^2 + O = O^3$
 Kopieer- en printapparatuur die met lasertechniek werken produceren Ozon, deze veroorzaakt de typerende geur van deze apparaten. Ozon is een sterk oxiderend gas.

Kader 1 : Ozon

4.2.4 Toepassingen en fabrikanten

Uit het vooronderzoek kwamen de volgende vier uitvoeringsvormen voor luchtontsmetting naar voren:

1) UV-C lamp in opstelling met reflectoren	3) UV-C + Ozon in opstelling met reflectoren
2) UV-C + katalysator	4) Ozon

4.2.5 UV-C + katalysator

Het bedrijf GLA (Germicidal Lamps & Applications) te Enkhuizen is samen met Ergoline (zie §5.2.6) een van de bedrijven waarvan de techniek op een relatief groot aantal locaties wordt toegepast.

Toepassingsgebieden zijn met name broodbakkerijen en overige voedselverwerkende industrieën. De toepassing van de luchtbehandelingsystemen richt zich op UV-C welke toegepast wordt in een gesloten

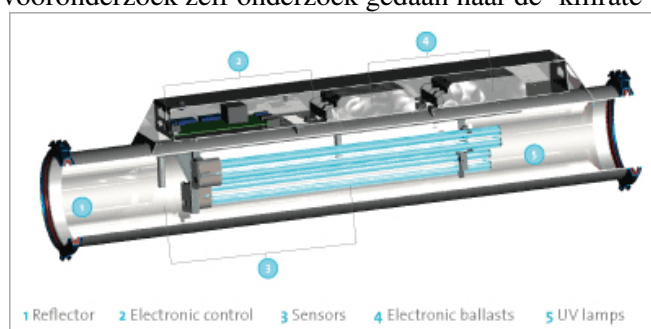
systeem. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van reguliere UV-C lampen, waarvan het licht niet door de wanden gereflecteerd wordt maar (deels) geabsorbeerd door een katalysator van titaandioxide. Deze stof staat bekend om zijn katalytische eigenschappen. De stof kan bij belichting met ultraviolet licht bijna alle organische verbindingen verbreken, zowel in lucht als in water. Een nadeel is echter dat het gemakkelijk vervuild. Het bedrijf Bioclimatic (zie ook 4.2.3) maakt eveneens gebruik van deze techniek.

Fabrikant GLA was reeds langere tijd actief met een aantal projectinitiatieven in de land- en tuinbouw en in eerste instantie is het initiatief van het project bij GLA begonnen (op vraag van de betrokken kweker). De werking van de techniek in de tuinbouw werd als een onvoldongen feit gepresenteerd. Om deze reden is er een offerte opgave gedaan voor toepassing van de techniek op 2 ha in de tomatenkas van de betrokken teler. Ook in de rozenteelt is er getracht een dergelijk initiatief op de starten in samenwerking met een aantal rozentelers onder leiding van M. Beelen van LTO Groeiservice.

4.2.6 UV-C + reflector

Een veel gebruikte toepassing van UV-C luchtbehandelingsystemen is een systeem waarbij er alleen uitgegaan wordt van UV-C. Hierbij is het uitgangspunt dat sporen en bacteriën direct ‘geraakt’ worden door de UV-C straling. Om het rendement zoveel mogelijk te vergroten worden de UV-C lamp(en) in een reflecterende omgeving geplaatst, zodat er zo min mogelijk licht verloren gaat (figuur 5).

Het bedrijf Ergoline te Enschede is gespecialiseerd in deze techniek, welke tot op heden voornamelijk gebruikt wordt in ziekenhuizen en broodbakkerijen. Ergoline heeft zelf relatief veel onderzoek uitgevoerd en heeft een lijst met de ‘killrates’ van diverse schimmels en bacteriën die in de medische industrie voorkomen. De bron van deze informatie is echter onbekend. De ‘killrate’ van Botrytis sporen is echter bij het bedrijf niet bekend. TTO en Proeftuin Zwaagdijk hebben middels literatuurstudie en vooronderzoek zelf onderzoek gedaan naar de ‘killrate’.



Figuur 5 : Virobuster

4.2.7 Ozon (100%)

Het bedrijf Bioclimatic is gespecialiseerd in het toepassen van deze techniek en levert apparatuur voor met name koelcellen in de agro industrie. Het bedrijf heeft veel ervaring opgedaan met de toepassing van de techniek in koelcellen, maar heeft geen onafhankelijk onderzoek uit laten voeren. De toepassing van Ozon gaat uit van een heel andere wijze van toepassen dan UV-C. Bij UV-C moet het object *beschenen* worden en Ozon gaat uit van een gasvorm. Voordeel voor Ozon is dat het dus een bereik heeft in de volledige ruimte. Een groot nadeel is echter dat Ozon een sterk oxiderend gas is, waarvan het effect op de ademhaling en andere plantprocessen niet bekend is.

4.2.8 UV-C + Ozon

In de horeca wordt veelal de toepassing gebruikt van UV-C lampen welke naast UV-C ook een % Ozon afgeven. Het voordeel van het combineren deze twee technieken is, dat er sprake is van een ruimtewerking en dat tevens sporen met UV-C beschenen worden. Door het combineren de twee technieken kan mogelijk de concentratie van Ozon beperkt worden.

Met fabrikant 'Excelcum' te Ridderkerk is contact geweest over deze toepassing, waarvoor het bedrijf eveneens een offerte heeft opgemaakt. Daarnaast bood bovengenoemd bedrijf Bioclimatic te toepassing aan in de vorm van een 'luchtreiniger' voor ziekenhuizen.

4.3 Beoogde toepassing in de praktijk

4.3.1 *Methode*

Er zijn een aantal variabelen welke bepalen hoe de UV-C techniek toegepast kan worden in de praktijk:

- het ventilatievoud van de kaslucht;
- de effectiviteit van de ventilatie;
- het opgestelde vermogen UV-C;
- de maximaal te realiseren logreductie over het apparaat;
- de benodigde logreductie van sporen afgezet tegen de toename van nieuwe sporen.

Met de huidige kennis is het zeer lastig te berekenen welke relatie er bestaat tussen ventilatievoud van de kaslucht en benodigde 'killrate' van de apparatuur omdat er nog teveel aannames en onzekerheden zijn. Theoretisch kan gezegd worden dat indien de lucht zich vaker ververst het percentage afdoding geringer zou kunnen zijn per keer dat de lucht de luchtbehandelingskast passeert. Daarom zou men, binnen een bepaalde bandbreedte, uit kunnen gaan van een bepaald opgesteld vermogen UV-C per m³ kaslucht. Dit opgestelde vermogen zou moeten corresponderen met de aanwezige sporedruk en de gewenste reductie. Het opgestelde vermogen UV-C zal hierbij in overeenstemming moeten zijn met de bandbreedte welke is gesteld binnen de economische haalbaarheid (zie § 4.9.2).

Het ventilatievoud van de kaslucht is veelal al bepaald doordat de luchtbehandelingskasten afgestemd zijn op een bepaalde koel-, verwarm- of ontvochtigingscapaciteit. Daarom is uiteindelijk is gekeken naar de meest gehanteerde ventilatievouden in een kas. Hierop is de dimensionering en ontwerp van de installatie op afgestemd. Tenslotte zijn ten behoeve van de economische haalbaarheid de vaste en variabele kosten bepaald van een installatie.

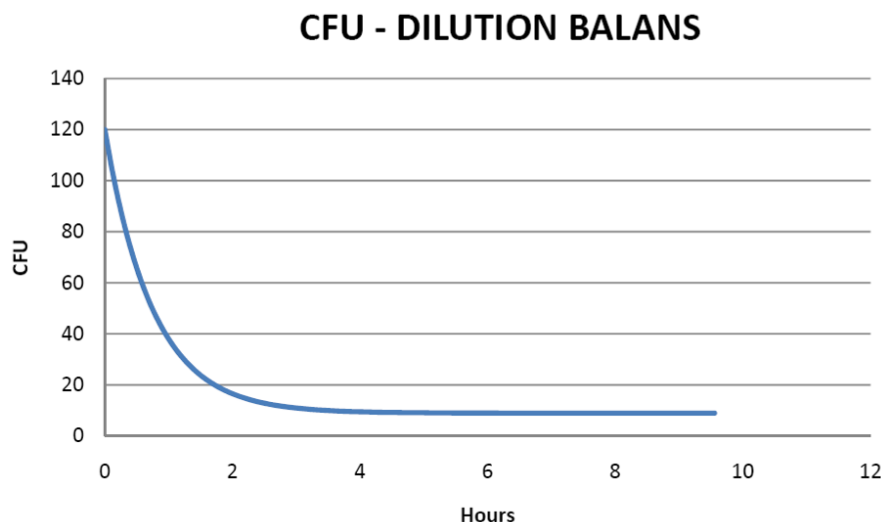
4.3.2 *Benodigd opgesteld vermogen*

In 5.1 is de voorkeur uitgesproken voor toepassing van de techniek en de aanwezige kennis van Virobuster. De Virobuster wordt tot op heden met name toegepast in de medische sector en sinds begin 2010 in een broodbakkerij op proefschaal. De uitgangspunten voor de proef zijn aan Virobuster voorgelegd, waarbij het bedrijf bevestigd heeft dat er een aantal onbekende factoren zijn. Een grote onzekerheid zit in de benodigde 'killrate' welke benodigd is in een kasomgeving. Indien de lucht 24 uur per dag wordt ontsmet, welke killrate is dan benodigd? Dit hangt sterk samen met de spore concentratie in de lucht en de benodigde stralingsdosis voor Botrytis sporen.

Uiteindelijk is gekozen om gebruikt te maken van drie Virobuster 'tubes' met elk één UV-C buis van 90 Watt opgenomen vermogen per buis. De gebruikte stralingsdosis kwam hierbij op 13,5 mJ/cm². Virobuster kwam hiertoe met een *theoretische* reductie van sporen in de kasruimte, echter aan deze berekening kleven zoals reeds genoemd veel onbekenden. In de berekening is uitgegaan van de volgende variabelen:

- volume ruimte 900 m³
- bezetting ruimte (gewas) : 10%
- ventilatie capaciteit Virobuster pijpen (3x) : 900 m³
- opgesteld vermogen : 285 watt
- initieel aantal kolonie vormende eenheden : 120 CFU
- luchtverversing : 5%

Voor genoemde uitgangspunten is in Figuur 6 de theoretisch afname van de sporen weergegeven in de tijd. In het onderzoek is ervoor gekozen om te starten met een dosering van 13,5 mJ/cm² en de resultaten in de praktijk te laten bepalen om de dosering te verhogen of te verlagen. In bijlage 3 is de contraberekening te vinden voor de configuratie voor 13,5 mJ/cm².



Figuur 6 : Berekening Virobuster afname CFU (colony forming units) *Penicillium spp.* (bron: Ergoline)

4.4 Gesloten ruimte test

4.4.1 Inleiding

Het laatste gedeelte van Fase I bestond uit het uittesten van het gekozen systeem voor luchtontsmetting op *apparaatniveau*. Dit houdt in dat in dit onderdeel onderzocht wordt of de brontechniek (het apparaat) werkt. Een belangrijke randvoorwaarde van deze test was dat er slechts onderzocht kan worden in hoeverre sporen gedood worden. De relatie tussen verlaging van de sporendruk en effect op het gewas kon niet bepaald worden. Doelstelling luidde daarom: kan de concentratie *Botrytis*-sporen in een dichte ruimte worden verlaagd met behulp van UV-C luchtontsmetting?

4.4.2 Methode

Uit de haalbaarheidsstudie in Fase I kwam naar voren dat er twee fabrikanten zijn welke luchtontsmettingsapparatuur leveren welke op basis van UV-C werken, te weten de Virobuster van Ergoline en de Viroxx van Bioclimatic. Eerst genoemde apparaat werkt op basis van het principe UV-C + reflectie en het tweede apparaat werkt op basis van UV-C + Titaniumdioxide als katalysator. In twee naast elkaar gelegen gesloten ruimtes van Proeftuin Zwaagdijk zijn de twee verschillende UV-C ontsmettingsapparaten onderzocht op hun werking. De testen zijn totaal tweemaal uitgevoerd met een interval van 3 weken (op 11-3-2009 en 2-4-2009). De eerste test is verdeeld over twee meetdata. Dit omdat er bij beide apparaten zowel metingen zijn uitgevoerd met de lampen aan en met de lampen uit. Op basis van resultaten na de eerste test is er besloten om de metingen te herhalen. Er zijn na de eerste test van 11-3-2009 enkele aanpassingen doorgevoerd om de betrouwbaarheid van de metingen te verhogen.

- Er is een tweede specifiek *Botrytis*-voedingsmedium gebruikt.
- De zuiverheid van de toegepaste sporenconcentratie is verhoogd (minder mycelium-deeltjes).
- Er is in plaats van 25 lucht per meting 50 liter lucht bemonsterd.

De gesloten ruimte werd van binnen gereinigd met Menno clean (Benzoëzuur 1%). De ingang van de ruimte werd afgedicht met plastic folie en hier weer voor is een sluis gemaakt om tocht te voorkomen. In de gesloten ruimte bevond zich het ontsmettings apparaat. De proef werd pas aangevangen indien er voldoende luchtbeweging in de ruimte werd gecreëerd. Vervolgens werd er 1 mg *Botrytis*-sporen in de ruimtegebracht met hierin het werkende apparaat. Deze *Botrytis*-sporen (conidiën) zijn afgezogen van een volgroeide voedingbodems (PDA) met *Botrytis*.

Na verloop van tijd zou het gehalte van de sporen in de lucht af moeten nemen. Voor het meten van sporendruk is gebruik gemaakt van een Airsampler – MicroBio1 (Blgg) en een specifiek *Botrytis*-voedingsmedium. In figuur 7 is een van beide apparaten te zien in de gesloten ruimte.

Na de metingen zijn de petrischalen met specifiek voedingsmedia weggezet voor een periode van 14 dagen bij 20 °C. Na 14 dagen zijn de schalen beoordeeld op het totaal aantal kiemende sporen (CFU's - colony-forming units). Beoordelingen zijn uitgevoerd onder een binoculair.



Figuur 7 : Viroxx in afgesloten ruimte

4.5 Materiaal

Test I op 11-3-2009

- Ruimte: 2 koelcellen (87 m²) met afgesloten doorloop
- Infectiemateriaal: Vaste hoeveelheid afgezogen *Botrytis*-sporen (1 mg), afgezogen en afgewogen bij WUR-Bleiswijk.
- Meetmethode: Airsampler van Blgg - 251
- Specifiek *Botrytis*-voedingsmedium: SBM (Kerssies A, 1990)

Test II op 2-4-2009

- 2 koelcellen (87 m²) met afgesloten doorloop
- Infectiemateriaal: Vaste hoeveelheid afgezogen *Botrytis*-sporen (1 mg) afgezogen en afgewogen bij WUR-Bleiswijk.,
- Meetmethode: Airsampler van Blgg - 501
- Specifiek *Botrytis*-voedingsmedium: KHK (Katholieke Hogeschool Kempen, 2003)
- Specifiek *Botrytis*-voedingsmedium: SBM (Kerssies A, 1990)

4.5.1 UV-C ontsmettingsapparaten

- 1) Viroxx (Bioclimatic) – 250 m³/hr & 54 Watt opgenomen vermogen UV-C
- 2) Virobuster - 300 m³/hr & 190 Watt opgenomen vermogen UV-C

Beide apparaten hebben gedraaid met zowel de UV-C lampen aan als met de lampen uit. Omdat er verschil was in het opgestelde vermogen is de meetperiode van de Viroxx langer geweest dan die van de Virobuster. De meetperiode van de Viroxx was 7 uur en die van de Virobuster 4 uur, ruim voldoende gezien het opgestelde vermogen. *Botrytis*-sporen zijn relatief zwaar en er kan dan ook worden

aangenomen dat in de loop van de meetperiode, niet afgedode sporen op wanden en de grond terecht komen. Om het percentage sporen dat op wanden en grond terecht komt te bepalen, is er ook een test uitgevoerd waarbij de te beproeven apparaten wel lucht aanzuigen meer de UV-C lampen uit staan. De meting met de UV-C lampen uit is bij de Virobuster tweemaal uitgevoerd (16/3 en 2/4) en bij de Viroxx eenmaal (16/3).

4.6 Meetfrequentie

Totaal is er per proef op 9 momenten gemeten. Bij de proef met de Virobuster is dit verdeeld over totaal 3 uur en bij de Viroxx is dit verdeeld over totaal 6 uur (tabel 3).

Meting	Virobuster	Viroxx
1 (Start)	0:00:00	0:00:00
2	0:15:00	0:30:00
3	0:30:00	1:00:00
4	0:45:00	1:30:00
5	1:00:00	2:00:00
6	1:30:00	3:00:00
7	2:00:00	4:00:00
8	2:30:00	5:00:00
9	3:00:00	6:00:00

Tabel 3 : Meetfrequentie (uren) Virobuster en Viroxx

4.7 Resultaten

De statistische analyse zijn gedaan met behulp van het programma “GenStat”.

In de tabellen geeft “P” de kans weer dat verschillen tussen objecten statistisch betrouwbaar zijn (95%). Wanneer $P < 0,05$ zijn de verschillen statistisch betrouwbaar; bij $0,05 < P < 0,1$ is er sprake van een tendens, en bij $P > 0,1$ is statistisch geen effect van de objecten aan te tonen.

In de tabellen worden de statistische verschillen tussen de objecten aangegeven met een letter. Objecten met een gelijke letter zijn statistisch niet verschillend van elkaar. Dit wordt tevens aangegeven door de LSD (Least Significant Difference).

4.7.1 Metingen test I

Deze test is uitgevoerd op 11/3 (lampen uit) en 16/3 (lampen aan).

Er is op drie verschillende hoogten op één vast plek in de ruimte gemeten (h: 10 cm, 150 cm en 250 cm).

Per meting is er 25 liter lucht afgezogen.

1 specifiek voedingsmedium (SBM) is toegepast

	Meting	Virobuster		Meting	Viroxx	
		aan	uit		aan	uit
1(start)	0:00:00	0,0	0,3	0:00:00	0,0 a	0,7 ab
2	0:15:00	1,0	0,0	0:30:00	2,7 b	0,7 ab
3	0:30:00	0,7	0,0	1:00:00	0,3 a	0,0 a
4	0:45:00	0,7	0,0	1:30:00	0,0 a	0,0 a
5	1:00:00	0,0	0,7	2:00:00	2,7 b	1,7 b
6	1:30:00	1,3	0,0	3:00:00	1,0 ab	0,3 ab
7	2:00:00	2,0	0,0	4:00:00	0,0 a	1,3 ab
8	2:30:00	0,7	0,0	5:00:00	0,0 a	0,7 ab
9	3:00:00	2,0	0,0	6:00:00	0,0 a	0,7 ab
P		0,519	0,473	0,27,09		0,017
lsd		2,3	0,7	1,4		1,8

Tabel 4 : Gemiddeld aantal sporen (CFU's) van 3 hoogtemetingen (25l) – test I

Bij zowel de Virobuster als bij de Viroxx zijn geen statische verschillen waargenomen in het aantal gemeten sporen in de ruimtelucht. Het aantal gemeten sporen op het SBM-medium was laag.

4.7.2 Metingen test II

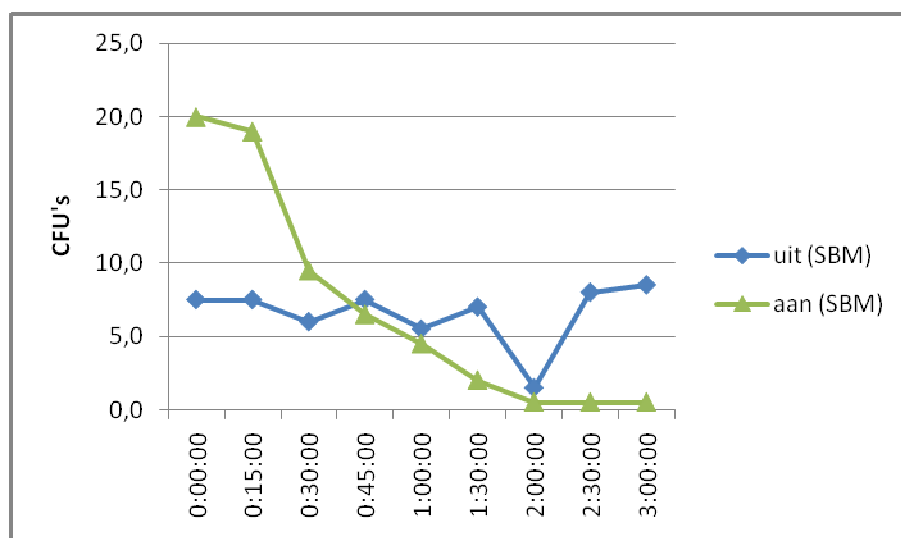
Deze test is uitgevoerd op 2/4/2009. De omstandigheden waren idem als bij Test I met als verschil dat er per meting 50 liter lucht is afgezogen. 2 specifieke voedingsmedia (SBM) en (KHK) zijn toegepast

Meting met Virobuster

In Tabel 5 is het aantal gekiemde sporen weergegeven per medium. Er is bij het SBM medium in de test met de Virobuster met de lampen aan een duidelijke afname van het aantal sporen (CFU's) gemeten (figuur 8). Het gemiddeld aantal gemeten sporen bij de test met de lampen uit blijft de gehele meetperiode op hetzelfde niveau. Na het invoeren van de gegevens in Genstat bleek dat de 'P' ligt tussen de 0,05 en <0,1 wat inhoudt dat er sprake is van een *tendens* (zie ook toelichting 4.7.1). Het aantal gemeten sporen op vooral het KHK-medium was laag te noemen en statistisch onbetrouwbaar.

Tijd		Uit (KHK-medium)	Uit (SBM-medium)	Aan (KHK-medium)	Aan (SBM-medium)
1(start)	0:00:00	0,0	7,5	2,0	20,0 c
2	0:15:00	0,0	7,5	0,0	19,0 bc
3	0:30:00	0,0	6,0	0,0	9,5 abc
4	0:45:00	0,5	7,5	1,5	6,5 abc
5	1:00:00	0,0	5,5	0,0	4,5 ab
6	1:30:00	0,5	7,0	0,0	2,0 a
7	2:00:00	0,0	1,5	0,5	0,5 a
8	2:30:00	0,0	8,0	1,5	0,5 a
9	3:00:00	0,0	8,5	0,0	0,5 a
fprob		0,635	0,966	0,349	0,089
lsd		0,8	13,7	2,3	15,3

Tabel 5 : Gemiddeld aantal sporen (CFU's) van 2 hoogtemetingen (50l) met de **Virobuster** – test II



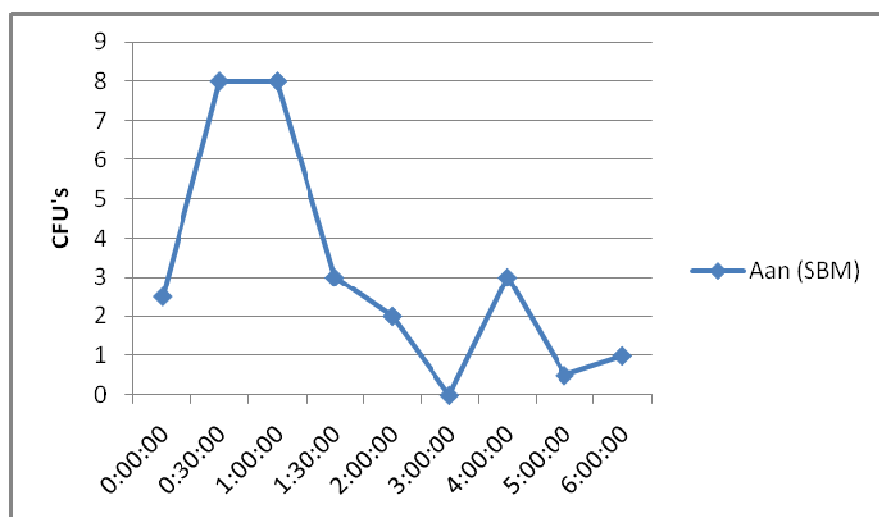
Figuur 8 : Gemiddeld aantal sporen (CFU's) van 2 hoogtemetingen (50l) met de Virobuster

Meting met Viroxx

In Tabel 6 is het aantal gekiemde sporen weergegeven per medium. Er is een lichte afname in de tijd aanwezig van het aantal sporen (CFU's) gemeten bij de Viroxx met de lampen aan (figuur 9). Het gemiddeld aantal gemeten sporen bij de test met de lampen uit blijft de gehele meetperiode op hetzelfde niveau. Na het invoeren van de gegevens in Genstat bleek echter dat de afname statisch gezien niet betrouwbaar genoeg kan worden genoemd. Het aantal gemeten sporen op vooral het KHK-medium was laag te noemen.

Viroxx –aan			
Tijd		KHK-medium	SBM-medium
1(start)	0:00:00	0 a	2,5 ab
2	0:30:00	0 a	8 c
3	1:00:00	0 a	8 c
4	1:30:00	0 a	3 b
5	2:00:00	0,5 ab	2 ab
6	3:00:00	1 b	0 a
7	4:00:00	0,5 ab	3 b
8	5:00:00	0 a	0,5 ab
9	6:00:00	0 a	1 ab
P		0,27,09	0,090
Isd		1,4	0,7

Tabel 6 : Gemiddeld aantal sporen (CFU's) van 2 hoogtemetingen (50l) met de **Viroxx**-aan – test II



Figuur 9 : Gemiddeld aantal sporen (CFU's) van 2 hoogtemetingen (50l) met de Viroxx-aan

4.8 Discussie

4.8.1 Test I

Het aantal gemeten sporen in zowel de test met de Virobuster als met de Viroxx is laag. Er zijn totaal niet meer dan 2 vitale sporen per meting aangetroffen. Vooral het aantal sporen bij de test met de Virobuster lampen aan, zijn over de gehele meetperiode laag; dit staat niet in verhouding met het aantal ingebrachte Botrytis-sporen (1 mg). Na 4 uur zijn er, bij de Virobuster-test met de lampen uit, geen sporen meer in de lucht gemeten. In de metingen bij Virobuster-uit zijn er na 4 uur nog wel enkele kiemende sporen gemeten. Waarden zijn echter niet hoger dan 2 kiemende sporen per schaal. Tussen de meethoogten (10 cm, 150 cm en 250 cm) zijn geen verschillen in het aantal gemeten sporen aanwezig.

4.8.2 Test II

Het aantal kiemende sporen op het KHK-medium is bij zowel de test met de Virobuster als bij de test met de Viroxx laag. Er zijn op het KHK totaal niet meer dan 2 vitale sporen per meting aangetroffen.

Het aantal kiemende sporen ligt op het SBM medium gemiddeld hoger dan op het KHK-medium.

Bij de Virobuster-aan is er een duidelijke afname zichtbaar van het aantal sporen in de lucht. Tussen de meethoogten (10 cm, 150 cm en 250 cm) zijn geen verschillen in het aantal gemeten sporen aanwezig.

4.9 Gewenste uitvoeringsvorm kasomgeving

4.9.1 Luchtbehandelingskast

Onderzoeken en ontwikkelingen in het geconditioneerd telen hebben aangetoond dat het ventilatievoud en het opgestelde koelend vermogen geconditioneerde kassen verder teruggebracht kan worden. De meest recente ontwikkelingen op het gebied van geconditioneerd telen maken een gebruik van een ventilatievoud van 1 maal de kaslucht per uur. Indien als uitgangspunt 1 LBK per 200 m² wordt genomen dat zal er dus circa 1000-1200 m³ lucht per uur worden verplaatst, uitgaande van een moderne kas.

Gezien de keuze voor UV-C techniek zal de kaslucht langs een centrale plaats geleid moeten worden, waar het in aanraking kan komen met de UV-C straling. Aansluiting van de Virobuster techniek op de reeds ontwikkelde luchtbehandelingssystemen voor kassen is hierbij een logische stap. In de tuinbouw zijn er grofweg drie systemen te onderscheiden:

1. Luchtbehandelingskast met luchtslang (wel/niet voorzien van buitenlucht aanzuiging);
2. Luchtbehandelingskast met vrije uitblaas;
3. Vertifan waarbij (warme) kaslucht van boven in de kas naar beneden wordt gebracht.

De LBK met vrije uitblaas wordt toegepast door de begeleidende betrokken teler Groenwegen. Deze kweker ondervindt sommige perioden nadelen van de vrije uitblaas, met name wanneer het gewas jong is. Omdat de techniek voor het onderzoek toegepast wordt in een vrij kleine (200 m²) afdeling valt deze vorm af. Resteert de uitvoeringsvormen van een LBK met luchtslang en de Vertifan® (bijlage 4). De Vertifan® heeft als voordeel dat er op veel plaatsen in de kas luchtverplaatsing plaatsvindt. Een betere menging van de lucht is het gevolg. Toch is niet voor deze techniek gekozen, vanwege het feit dat de techniek voornamelijk niet gecombineerd wordt met geconditioneerd telen. Indien geconditioneerd telen en UV-C luchtontsmetting echter gescheiden worden gehouden is deze techniek een goede optie. Uiteindelijk is gekozen voor de configuratie waarbij de UV-C toegepast wordt in combinatie van een LBK met luchtslang.

4.9.1.1 Bepaling specificaties LBK + UV-C

Onderzoeken en ontwikkelingen in het geconditioneerd telen hebben aangetoond dat het ventilatievoud en het opgestelde koelend vermogen verder teruggebracht kan worden. De meest recente ontwikkelingen op het gebied van geconditioneerd telen maken een gebruik van een ventilatievoud van 1 maal de kaslucht per uur. Indien als uitgangspunt 1 LBK per 200 m² wordt genomen dat zal er dus circa 1000-1200 m³ lucht per uur worden verplaatst, uitgaande van een moderne kas.

Omdat na de Go/NoGo fase de techniek uitgetest zou worden in een onderzoeksafdeling, zijn de berekeningen op de onderzoeksafdeling afgestemd. De voorziene kasafdelingen zijn elk 200 m², zodat er circa 900 m³ kaslucht rondgepompt moet worden wanneer men uitgaat van een ventilatievoud van 1. Uitgaande van een luchtbehandelingskast met hieraan een luchtslang zal er een zo optimaal mogelijke luchtstroming in de kas gecreëerd moeten worden. Hierbij is de *luchtinlaat* bij voorkeur bovenin de kas, omdat de lucht *uitblaas* van onderaf plaatsvindt middels een luchtslang. Op deze wijze ontstaat een circulatie. De meest logische plaats om de Virobuster buizen te plaatsen is aan de luchtinlaat van de luchtbehandelingskast, omdat wervelingen hier minimaal zijn.

De Virobuster buizen zijn technisch vrij eenvoudig van opzet en zouden in principe in elke uitvoeringsvorm gemaakt kunnen worden. De uitvoeringsvorm dient uit een zodanig aantal UV-C buizen te bestaan dat de minimale stralingssom gehaald wordt welke voor Botrytis benodigd is. Reflectoren moeten ervoor zorgen dat er geen licht verloren gaat. De Virobuster buizen zijn voorzien van een reflector aan de binnenzijde, welke ervoor zorgt dat er zo min mogelijk UV-C licht verloren gaat. Om vervuiling van de reflector, en dus vermindering van het rendement tegen te gaan, zal de LBK voorzien moeten worden van een fijnfilter. Hierbij wordt als uitgangspunt genomen dat het filter jaarlijks gereinigd of vervangen moet worden. Het filter moet worden geplaatst vóór de inlaat van de Virobuster en vormt feitelijk de aanzuiging. Het volume van de luchtbehandelingsinstallatie neemt door de Virobuster buizen en filters toe met ten minste 0,25 m³, waarbij in aanmerking moet worden genomen dat deze delen licht onderscheppen.

Componenten die aan veroudering onderhevig zijn in de Virobuster, zijn de UV lampen en in mindere mate de voorschakelapparatuur. UV-C lampen verouderen zeer geleidelijk waarbij het lichtniveau afneemt en de warmteproductie toeneemt. In de regel worden UV-C lampen na 9000 uur vervangen. In de UV-C apparatuur 187 dagen per jaar (24hr) gebruikt zou worden dan zullen elke 2 jaar de lampen vervangen moeten worden.

4.9.2 Economische haalbaarheid

Uitgaande van een economisch haalbare toepassing dienen de opbrengsten/besparingen van de UV-C toepassing in overeenstemming te zijn met de kosten.

4.9.2.1 besparingen

Als uitgangspunt zijn de volgende besparingen genomen

1. besparing op gas doordat er minder actief ontvochtigd hoeft te worden
2. besparing op arbeid doordat in het gewas minder pleksgewijs bestreden hoeft te worden
3. besparing op (chemische) gewasbeschermingsmiddelen

Ad 1) Uitgangspunt is dat in kassen circa 8 m³ gas per m² per jaar gebruikt wordt om de kas te ontvochtigen. Als aanname is genomen dat bij een lagere sporendruk op bepaalde momenten de vochtigheid in een kas verder op mag open. De aanname voor de besparing op gas is 3 m³/m² per jaar; bij een gasprijs van € 0,35/m³ (ten tijde van het aangaan van de proef) was dit dus **€ 1,05/m² per jaar**.

Ad 2) Bedrijven die willen voorkomen dat het gewas te lijden heeft onder Botrytis aantastingen en die tegelijkertijd niet teveel gas willen verstoken zullen veel moeten scouten en pleksgewijs bestrijden. De aanname van besparing is gesteld op **€ 0,45/m² per jaar**.

Ad 3) De besparing op chemische gewasbescherming tbv Botrytis is gesteld op **€ 0,50/m² per jaar**.

4.9.2.2 kosten

De kosten van de UV-C toepassing in combinatie met de LBK kunnen worden in vaste en variabele kosten:

1. kosten installatie UV-C aangesloten op een bestaande LBK (vaste kosten);
2. vervangingskosten UV-C lampen 2 jaarlijks;
3. kosten filtrage lucht;
4. elektra kosten.

Ad 1-4)

De vaste kosten worden met name gevormd door de behuizing van de UV-C toepassing en de variabele kosten worden gevormd door elektriciteitskosten, vervangingskosten lampen en vervangingskosten filters.

Indien de lucht in de kas vrij gehouden kan worden van sporen zou de Botrytis druk verminderd kunnen worden. Dit resulteert in de begroting van tabel 7.

BEGROOT	
Virobuster	
1 variabele kosten	
m2 per UV-C LBK	180
opgesteld vermogen	270
opgesteld vermog/m2	1,50
draaiuren/jaar	5000
kosten electra	€ 0,06
verbruik/jaar.m2	€ 0,45
2 onderhoud	
aantal lampen/unit	3
kosten lamp Philips	€ 25,00
kosten lamp per m2	€ 0,42
kosten filter GLA	€ 70,00
kosten filter per m2	€ 0,39
subtotaal lamp+filter II	€ 0,81
3 investering	
1 unit	€ 600,00
afschrijving 8 jr	€ 75,00
rente 6%	€ 36,00
R+A per m2	€ 0,62
Variabele kosten (post 1)	€ 0,45
RAO totaal (post 2 en 3)	€ 1,42
TOTAAL kosten	€ 1,87
Gasbesparing in m3	3
Gasbesparing bij 35ct	€ 1,05
Arbeidsbesparing	€ 0,45
Chemie	€ 0,50
TOTAAL besparingen	€ 2,00
SALDO	€ 0,13

Tabel 7 : saldobegroting

5 Discussie (Fase I)

Het project om de haalbaarheid te bepalen van de toepassing van UV-C luchtontsmetting was opgedeeld in twee fasen. Hierbij was het voornaamste doel van de eerste Fase om bestaande kennis in kaart te brengen en om onderzoek te doen naar het de haalbaarheid van de techniek 'an sich'. Voor de eerste Fase was een beperkt budget gereserveerd, omdat de belangrijkste vraagstukken het beste in een kasomgeving met planten konden uitgetest. In Fase I kwamen de volgende onderzoeksvragen naar voren:

- is UV-C de meest geschikte techniek om schimmelsporen in de kaslucht te doden, of zijn er nog alternatieve technieken welke toegepast kunnen worden?
- wat zijn de voor- en nadelen van verschillende technieken en welke toeleverancier kan zorg dragen voor een betrouwbare installatie?
- welke stralingsdosis is benodigd voor afdoding van Botrytis sporen?
- op welke wijze kan de concentratie van Botrytis sporen in de lucht gemeten worden?
- is het mogelijk om in een afgesloten ruimte de sporendruk te verlagen na toepassing van de betreffende techniek van luchtontsmetting, zodat de werking van het apparaat aangetoond kan worden?
- op welke wijze kan de betreffende techniek van luchtontsmetting geïntegreerd worden in de kasomgeving?
- biedt de techniek economisch gezien mogelijkheden genoeg om het project voort te zetten?

Hieronder volgt een korte discussie per één of twee onderwerpen, aangevuld met een discussie over vraagstukken.

5.1 Beschikbare technieken

Zoals in 4.2 is beschreven zijn er meerdere technieken voorhanden waarmee lucht ontsmet zou kunnen worden. Qua werkingsprincipe kunnen er twee onderscheiden worden: UV-C en Ozon. Ozon is een oxidator en hierdoor heeft het gas bij voldoende geïnstalleerd vermogen een ruimtewerking. Dit kan als voordeel hebben dat de luchtstroming in een kas van minder groot belang is. Het gasverspreidt zich immers vanzelf, denk hierbij aan het verspreiden van een geur. Een zeer groot nadeel van Ozon is dat het onbekend is wat effect is op de plant. Is er een drempelwaarde voor het gewas en wat is deze drempelwaarde? Uit de literatuur (WUR/Dueck T., 2008) is bekend dat sommige gassen een zeer lage drempelwaarde kennen voor de plant. Om deze reden is besloten om deze techniek niet toe te passen. Uit interesse is na afloop van de proef wel een steekproef gedaan met deze techniek.

UV-C is een veel gebruikte techniek in de tuinbouw, waar eveneens veel onderzoek naar gedaan is. De werking van UV-C staat niet ter discussie, echter de toepassing in een luchtontsmetting systeem was nog onbekend. Er zijn twee typen uitvoeringsvormen: een uitvoering waarin UV-C werkt met een katalysator en een uitvoering waarin UV-C opgesteld staat in een reflecterende omgeving. De fabrikant welke gebruik maakte van de katalysator bleek echter geen deugdelijke onderbouwing te kunnen geven van de aannames en wilde onvoldoende openheid van zaken geven. Na overleg met de bewuste rozen groep en de betrokken telers van TTO is besloten om niet met dit bedrijf verder te gaan. Daarnaast was er nog een praktische reden: titaandioxide is als poedervorm aangebracht op de wanden rond de UV-C lamp en dit kan zeer makkelijk vervuilen. Resterende toepassing van de UV-C techniek in een reflecterende omgeving, welke aan werd geboden door het bedrijf Ergoline. Door de reflecterende omgeving gaat zo min mogelijk straling verloren en zullen sporen, bacteriën maar ook stofdeeltjes zo effectief mogelijk worden beschenen. Van alle bedrijven kon het bedrijf Ergoline de meeste onderbouwing geven voor het product. Een onbekende voor de techniek blijft de toepassing in een kasomgeving: hoe snel vervuult de reflector en welke praktische problemen komt men tegen?

5.2 Benodigde stralingsdosis

Er is reeds veel onderzoek gedaan naar de bestrijding van Botrytis in het algemeen en naar het gebruik van UV-C als waterontsmetter. De onderzoeken van de bestrijding van Botrytis hebben zich in het geval van *preventieve* bestrijding veelal gericht op het klimaat of de weerbaarheid van het gewas. In ieder geval niet op het verlagen van de sporendruk. Een uitzondering hierop vormt een onderzoek van de Katholieke Hogeschool van Kempen, welke in kaart heeft gebracht wat het effect is van het bladruimen op de sporendruk. Er is echter geen betrouwbare onderbouwing aanwezig voor de relatie tussen sporendruk en aantasting in de kas. Betreffende UV-C kan na vele gesprekken met deskundigen geconcludeerd worden dat de toepassing zich met name gericht heeft op het *curatief* bestrijden van Botrytis (dus het mycelium). Er is geen informatie over de benodigde stralingsdosis welke benodigd is om Botrytis sporen te kunnen doden.

Om deze reden is ervoor gekozen om af te gaan op de informatie welke bij de fabrikant aanwezig was. En een spore op te nemen welke qua grootte en structuur lijkt op die van Botrytis. Dit zijn *Penicillium* sporen. De benodigde stralingsdosis varieert hiervan en daarom is in eerste instantie gekozen voor een stralingsniveau van 13,3 mJ/cm² wat zou resulteren in een 90% afdoding in de ruimte van circa 4 uur. Voor de berekening van de apparatuur heeft de fabrikant een software pakket ontwikkeld. Omdat er nog onzekerheid is over de toepassing en de effecten in een kasomgeving was het advies om in het begin van de teelt de sporendruk intensief te monitoren en zo nodig het stralingsniveau bij te stellen.

5.3 Gesloten ruimte test

De gesloten ruimte test voor twee apparaten, te weten de Viroxx en de Virobuster, in tweevoud uitgevoerd. In de eerste test is er per meting met de Airsampler 25 liter lucht aangezogen; gezien het relatief hoge aantal sporen in de ruimte was de verwachting dat dit voldoende was. Er zijn hiervoor twee soorten mediums gebruikt : het SBM medium en het KHK medium.

Het aantal gemeten sporen in zowel de test met de Virobuster als met de Viroxx is laag, ongeacht of de apparaten aan of uit stonden. Er zijn totaal niet meer dan 2 vitale sporen per meting aangetroffen, ongeacht het type medium. Vooral het aantal sporen bij de test met de Virobuster lampen aan, zijn over de gehele meetperiode laag; dit staat niet in verhouding met het aantal ingebrachte Botrytis sporen (1 mg). Na 4 uur zijn er bij de Virobuster test met de lampen uit, geen sporen meer in de lucht gemeten. In de metingen bij Virobuster-uit zijn er na 4 uur nog wel enkele kiemende sporen gemeten. Tussen de meethoogten (10 cm, 150 cm en 250 cm) zijn geen verschillend in het aantal gemeten sporen aanwezig. Geen van de waarden van de metingen waren echter hoger dan 2 kiemende sporen per schaal, waardoor de statistische betrouwbaarheid zeer slecht is.

Om deze reden is ervoor gekozen om in de tweede test het volume van de aangezogen lucht van de Airsampler te verdubbelen naar 50 liter lucht per meting. Uit deze test kwam naar voren dat het KHK medium selectiever is dan het SBM medium. Er zijn op het KHK totaal niet meer dan 2 vitale sporen per meting aangetroffen. Het aantal kiemende sporen lag op het SBM medium gemiddeld hoger dan op het KHK-medium.

Bij de Virobuster-aan is er een duidelijke afname zichtbaar van het aantal sporen in de lucht. Kijkende naar figuur 3 in § 4.7.2 is een gelijkmatige daling te zien van de concentratie sporen welke in een vloeiende kromme afloopt. Het gemiddeld aantal sporen bij aanvang van de proef was 20 stuks en na afloop van de proef gemiddeld 0,5 stuks. Er werden dus na 3 uur tijd nog wel levende sporen gemeten in de lucht. Tussen de meethoogten (10 cm, 150 cm en 250 cm) zijn overigens geen verschillende in het aantal gemeten sporen aanwezig.

De proef met de Virobuster liet weliswaar een duidelijke daling zien van het aantal sporen, echter doordat de meting in de eerste maal met 25 liter lucht werd uitgevoerd en in de tweede meting met 50 liter lucht is er sprake van 1 meting. Deze meting heeft wat betreft de statistische betrouwbaarheid het kenmerk 'tendens' doordat de P tussen de 0,05 en de 0,1 ligt.

Bij de Viroxx-aan was er een veel onregelmatiger patroon te zien. Er was weliswaar sprake van een afname van het aantal sporen in de tijd gezien. Het gemiddeld aantal sporen bij aanvang van de proef was 8 stuks en na afloop van de proef gemiddeld 1 stuks. Na vier uur, twee uur voor het einde van de proef, was er nog een toename van het aantal sporen te zien. Dit is niet goed te verklaren. De Viroxx maakt echter ook gebruik van een Titaniumoxide katalysator en dit is ongewenst vanwege de gemakkelijke vervuiling. Er zijn daarom geen proeven meer uitgevoerd met de Viroxx.

aanpassing selectief medium

Het aantal sporen dat wordt gemeten op het KHK-medium is erg laag ten opzichte van het SBM-medium. Op beide media zijn er naast *Botrytis* sporen ook *Penicillium ssp.* sporen gemeten. De selectiviteit van met name het KHK medium is nog niet voldoende. Er is nauw contact geweest met zowel Blgg, De Katholieke Hogeschool Kempen (KHK) als de WUR (Bleiswijk) betreffende het toepassen van specifieke media voor luchtmetingen. Op basis van de resultaten van beide testen zullen er in overleg met deze instanties aanpassingen dienen te worden gemaakt in bereiding en/of recept. De betrouwbaarheid van de meetmethode dient verbeterd te worden.

5.4 Integratie in een kasomgeving

Betrokken onderzoeksinstellingen en laboratoria hebben aangegeven dat de airsampler slechts gezien moet worden als een stuk 'gereedschap' en dat ten alle tijden de werking op het gewas bepaald moet worden. Een zeer grote onbekende is het functioneren van het apparaat in een kasomgeving. Ter voorbereiding van Fase II is daarom onderzocht hoe de apparatuur het beste in een kas geïmplementeerd kan worden. Gezien het feit dat er relatief veel onderzoek en praktijkervaring is opgedaan naar geconditioneerd telen was het logisch om de apparatuur hierop af te stemmen. Aangenomen dat duidelijk is welke exacte stralingsdosis in mili joule er nodig is om Botrytis sporen te doden? resteert de vraag hoeveel sporen er in de lucht aanwezig zijn, hoe snel de sporendruk toeneemt en dus hoe 'grondig' de lucht ontsmet dient te worden. Dit is zeer lastig te bepalen om een aantal redenen:

- het is onbekend tot hoe ver de sporendruk in een kas kan oplopen als vanaf begin van de teelt de apparatuur wordt ingezet.
- het is onbekend hoe de lucht zich exact door de kas beweegt; plekken met slechte luchtstroming zouden bronnen van Botrytis kunnen zijn.
- het is onbekend hoe groot de infectiedruk van 'buitenaf' is bij een bepaalde stand van de luchtramen.

Uiteindelijk is daarom gekozen voor een vast ventilatievoud van circa 1 maal de kaslucht per uur en de aanname dat de lucht per rondgang voor 90% ontsmet dient te worden. In principe wordt de kaslucht dan 24 maal per uur voor 90% ontsmet. In de berekening van de proef van Fase II heeft men middels het uittesten op een LBK en de luchtslang geprobeerd de situatie zo praktijkgericht mogelijk te maken. De berekening is gericht op 1 aanzuigpunt per 200 m².

Ten tijde van de proef zal, op het moment dat het gewas nog niet vatbaar is voor schimmelsporen, nauwkeurig de sporendruk gevolgd moeten worden. Eventuele aanpassing van het systeem op basis van de ervaring op praktijkschaal kan dan nog nagepast worden.

5.5 Economie

Gezien de relatie tussen sporendruk en opgesteld vermogen UV-C nog niet duidelijk is, is er een aanname gedaan van 5000 draaiuren per jaar (een jaar heeft 8760 uur). Hierbij is het elektriciteitsverbruik € 0,45 per m² per jaar. Het aantal draaiuren zorgt er ook voor dat de vervangingspost lampen met € 0,81 relatief zwaar op de kosten drukt. Hierbij moet in aanmerking worden genomen dat de fabrikant Philips een prijs heeft afgegeven welke gebaseerd is op kleine reeksen. Gezien de gebruikte grondstoffen voor UV-C is de verwachting dat de kosten kunnen dalen.

Ten tijde van de proef was de gasprijs met € 0,35 hoog te noemen (op het moment van schrijven is deze € 0,23). De berekening kan in deze fase meer gezien worden als een model waarin variabelen ingevuld kunnen worden. Er zijn teveel onbekenden om zekerheid te geven.

6 Conclusies (Fase I)

Naar aanleiding van het onderzoek in Fase I kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De techniek van ontsmetten met UV-C heeft de voorkeur boven toepassingen met Ozon.
- De benodigde stralingsdosis voor Botrytis sporen is niet bekend.
- Op basis van de resultaten van de gesloten ruimte test kan er worden geconcludeerd dat zowel de **Virobuster** als de **Viroxx** een afname veroorzaken in het aantal sporen in een luchtruimte. Bij de **Virobuster** zijn op 50 cm meethoogte na 1 uur 90% minder sporen gemeten dan bij de meting op 0:00. Bij de **Viroxx** zijn er na 4 uur 60% minder sporen aangetroffen. Ten opzichte van de **Viroxx** ontsmet de **Virobuster** de ruimtelucht sneller.
- Het gebruik van de airsampler en bijbehorende selectieve Botrytis media zullen in de tweede fase verfijnd moeten worden; mogelijk moeten er aanpassingen worden gedaan aan het medium om de selectiviteit te vergroten en de kiemkracht van sporen toe te laten nemen
- Door het UV-C systeem aan te sluiten op bestaande luchtbehandeling systemen is de techniek goed in te passen in een kas.
- Met de aangenomen variabelen is er aanleiding dat de techniek economisch haalbaar is.

7 Aanbevelingen nav Fase I

Naar aanleiding van het onderzoek in Fase I zijn de volgende aanbevelingen geformuleerd voor Fase II:

- Er zijn in een kasomgeving veel variabelen welke de werking van het apparaat kunnen beïnvloeden; om deze reden verdient het de aanbeveling om de sporenmetingen in de lucht voort te zetten en indien nodig het opgestelde vermogen te verhogen of te verlagen
- Om de betrouwbaarheid van de metingen met een Airsampler te verhogen zal er bij metingen 50 liter lucht in plaats van 25 liter lucht dienen te worden afgezogen
De concentratie van *Botrytis*-sporen in een kas met geïnfecteerde tomatenplanten kan variëren van 1 tot 116 sporen per m³ bij een zware infectiedruk (Rudi Aerts, 2003). Wat de hoeveelheid sporen is in de toegepast 1 mg is niet bekend en zal ook moeilijk te bepalen zijn. Dit wordt veroorzaakt door de altijd aanwezige contaminatie van mycelium en andere deeltjes in het monster. In een kassituatie met gewas zullen er naast metingen met een Airsampler ook altijd visuele beoordeling op *Botrytis*-aantasting dienen te worden uitgevoerd.

In overleg met de onderzoekscoördinatoren A. Dijkshoorn en L. Oprel is op basis van de resultaten van Fase I besloten om het onderzoek van Fase II voort te zetten.

Fase II

(01/07/09 tot 12-12-09)

8 Inleiding

Het onderzoek in Fase II heeft zich gericht op de toepassing van de techniek in een kasomgeving. Op basis van de resultaten van een uitgevoerde gesloten ruimtetest, waarbij de effectiviteit van twee verschillende ontsmettingssystemen is getest, is besloten om het Virobuster systeem van Ergoline verder te gaan testen in een kasomgeving. Ondanks dat de brontechniek (UV-C / Ozon) effectief kan zijn en een apparaat op systeemniveau kan werken, biedt dit nog geen zekerheid voor een toepassing in de kas.

Het uitgangspunt is dat de sporenconcentratie van Botrytis sporen in de lucht van de kasafdeling dermate verminderd wordt dat er minder aantasting van Botrytis plaatsvindt. Een belangrijke onzekerheid hierbij is de wijze waarop de lucht zich in de kas voortbeweegt en de relatie tussen sporendruk en aantastingen in het gewas.

De doelstelling van Fase II luidt:

‘Kan met behulp van een UV-C ontsmettingssysteem de concentratie Botrytis sporen in de kaslucht dusdanig worden verlaagd dat het aantastingsniveau van Botrytis in een tomatengewas hierdoor wordt verlaagd?’

De onderzoeksvragen hierbij luiden:

- hoe beweegt de lucht zich door de kasafdeling? Met daarbij aandacht voor de dode hoeken in een kasafdeling en de snelheid van verplaatsing van lucht.
- welke variabelen zijn van invloed op de werking van de ontsmettingstechniek in een kasafdeling en hoe kunnen deze beïnvloed worden? Er kan hierbij o.a. gedacht worden aan de luchtstroomsnelheid, aantal lampen en opgesteld vermogen.
- is het mogelijk om de sporendruk in een kas te meten en een betrouwbare relatie te leggen tussen het opgestelde vermogen van de ontsmettingsapparatuur en de sporendruk in de afdeling?
- geeft het verschil in sporendruk en aantastingsniveau tussen de behandelde en onbehandelde afdeling voldoende aanleiding om het berekende stralingsniveau van UV-C (in mJ/cm^2) aan te houden?
- is de mate van aantasting van het gewas in de behandelde afdeling significant minder dan in de onbehandelde afdeling?
- wat is de relatie tussen het aantal sporen in de kaslucht en het aantastingsniveau met Botrytis in het gewas?

9 Materiaal / methode

9.1 Methode

In Fase II is de werking van het apparaat getest in een kasomgeving. Hiertoe is een kasproef uitgevoerd in twee identieke kasafdelingen van elk 184 m². Beide afdelingen waren voorzien van een LBK + luchtslang. In één afdeling is de LBK gecombineerd met Virobusterbuizen (met UV-C lampen) en in één afdeling zijn deze buizen niet toegepast (referentie afdeling).

Beide kasafdelingen hadden een inhoud van 900 m³ lucht welke minimaal 1 maal per uur ververst diende te worden. Als minimale ventilatievoud is gekozen voor 1 maal per uur omdat dit correspondeert met de recente ontwikkelingen in geconditioneerde kassen en het 'nieuwe telen'. Middels een rookproef is voorafgaande aan de proef de luchtstroming in kaart gebracht. Na het uitvoeren van de rookproef is net voor het planten een systeemtest uitgevoerd met het ontsmettingsapparaat. De gedachte was dat door een systeemtest in een lege kas uit te voeren er duidelijkheid zou ontstaan over de werking van het apparaat zonder gewas. Om de invloeden van de kas op de apparatuur in kaart te brengen is aan het begin en aan het einde van de proef een lichtmeting uitgevoerd in lux, zodat de vervuiling duidelijk is.

De in fase II uitgevoerde gewasproef is gestart in de zomerperiode van 2009. Aangenomen mag worden dat in deze periode een tomatengewas relatief weinig problemen heeft met Botrytis aantasting. Dit wordt deels veroorzaakt door de relatief lage schommelingen in vochtpercentage en temperatuur en de weerbaarheid van gewassen. Deze weerbaarheid is onder normale zomerse teeltomstandigheden hoog, waardoor aantasting met Botrytis wordt geremd. In deze periode zijn er vooral kleine aanpassingen gedaan aan de toegepaste techniek.

Na deze aanloopperiode is het gewas bewust zwak gemaakt door teelthandelingen en zijn de omstandigheden in beide afdelingen zo gemaakt dat het gewas zeer vatbaar werd voor Botrytis. Middels deze bewuste handelingen werd 'de grens' opgezocht en zou het verschil duidelijk moeten worden tussen een behandelde en onbehandelde afdeling. Gezien de zeer grote vatbaarheid van het gewas, was het uitgangspunt niet een nultolerantie voor Botrytis. Het is een illusie om te denken dat de lucht steriel gemaakt kan worden. Het bepalen van de werking van de techniek aan de hand van metingen aan het gewas vormde het belangrijkste onderdeel van de kasproef. Immers: een teler is vooral gebaat bij het eindresultaat.

9.2 Materiaal

9.2.1 Kas

De proef werd uitgevoerd in twee vergelijkbare kasafdelingen (tabel 9).

kastype		Venlo bouw bjr '87
tralie		8 m ¹
vakmaat		4,5 m ¹
oppervlakte		8 x 22,5 m = 180 m ² (incl pad 1,5 m ¹)
poothoogte		4,5 m ¹
luchting		2 ruits voorzien van insectengaas
gootsysteem		5 goten (AG 200) in 8 m ¹ ; hoogte 600 mm boven maaiveld
watergift		druppelsysteem 2 L druppelaars
substraat		steenwol 20 x 7 x 130 cm
luchtbehandelingsysteem		LBK + luchtslang met een ventilatievoud van 1 maal kaslucht per uur

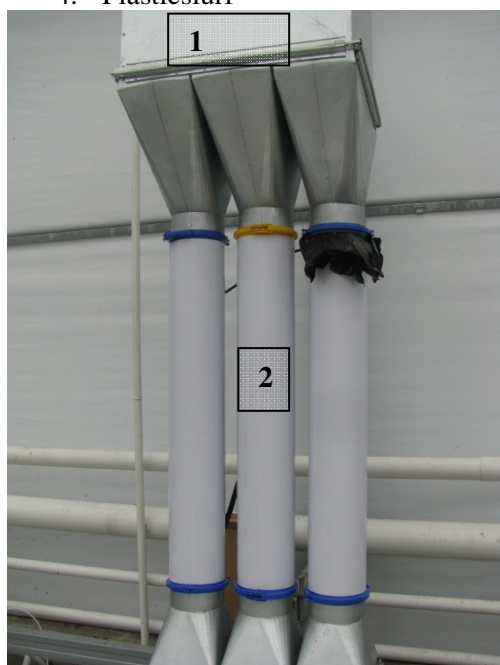
Tabel 9 : Specificaties onderzoeksafdeling

9.2.2 LBK + UV-C

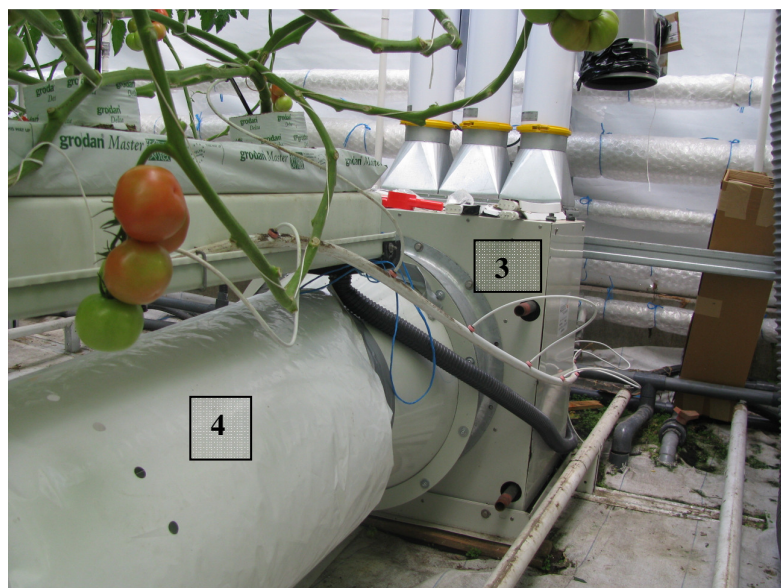
Kaslucht werd aangezogen middels luchtbehandelingskast (LBK) en geleid door totaal 3 Virobuster-buizen met 1 UV-C lamp per buis. De met UV-C behandelde lucht werd in een constante flow in de kas verspreid via een plastic luchtslurf (V=4,5 m/s). Deze luchtslurf lag in de verticale lengterichting van de afdeling onder de gehele middelste teeltgoot. De LBK was opgesteld aan de kopgevel waarbij de kaslucht op een hoogte van 2,5 m1 aangezogen werd en de uitblaas plaatsvond in een luchtslang welke onderaan de goot was bevestigd. Voor de proef was een juiste verdeling van de lucht van groot belang. Gekozen is voor een luchtslang met een diameter van 500 mm. Hierdoor was de luchtstroomsnelheid uit het gatenpatroon aan zowel de voor als achterzijde van de gelijk.

Om vervuiling van de reflector in de Virobusterbuis tegen te gaan is er gekozen voor een opstelling waarbij eerst de lucht van ontdaan werd van fijne deeltjes door middel van filters. In de opstelling waren de UV-C buizen geplaatst aan de aanzuigzijde. De opbouw was als volgt:

1. Groffilter + Fijnfilter
2. Virobuster buizen
3. LBK
4. Plasticslurf



Figuur 10: Filterbak + Virobuster buizen



Figuur 11 : LBK en plastic slurf

Onder de aanzuigzijde met hierin de filters, waren de Virobuster buizen geplaatst. De Virobuster buizen zijn buizen met een doorsnede van 155 mm inwendig, waarbij de binnenzijde voorzien is van een reflector.

De Virobuster buizen waren aan het begin van de proef elk voorzien van 1 UV-C buis van 90 Watt opgenomen vermogen, goed voor een stralingsdosis voor 13,5 mJ/cm². In totaal was er sprake van 270 Watt opgenomen vermogen. Het gedeelte dat omgezet wordt in UV-C bedraagt circa 41% ; het restant is warmte of licht in een niet effectief spectrum. De apparatuur bood de gelegenheid om het opgestelde vermogen te verdubbelen naar 540 Watt.

9.2.3 Meetapparatuur

Om de sporendruk ten tijde van de proeven in kaart te brengen is dezelfde Airsampler gebruikt als in Fase I (zie §3.1.2.1). Daarnaast is er gebruik gemaakt van een windmeter om de luchtsnelheid te kunnen meten in de luchtslang en de Virobuster buizen (figuur 10)



Figuur 12 : Windmeting in de onderzoeksafdeling

10 Resultaten rookproef

10.1 Inleiding

Doel van deze test was te onderzoeken op welke wijze de lucht zich in de kas verplaatst. Uitgangspunt hierbij was niet zozeer hoe de ontsmette lucht zich door de kas verplaatst, maar of de lucht uit de 'dode' hoeken in een kasafdeling zich voldoende verplaatst richting de aanzuigzijde van de LBK.

10.2 Materiaal en methode

Door met een rookapparaat (figuur 11) rook in de dode hoeken van de kasafdeling te brengen kon worden bekeken of de lucht zich verplaatste richting de aanzuigzijde van de LBK. Er is voor gekozen om dit in een lege afdeling zonder gewas uit te voeren. Dit omdat de luchtstroom anders zeer lastig te beoordelen was. De meting was dus een subjectieve beoordeling en niet meer dan een indicatie van hoe de lucht zich zou gaan verplaatsen gedurende de kasproef.

10.3 Resultaat

Uit de waarnemingen bleek duidelijk dat de lucht uit de dode hoeken zich verplaatste richting de aanzuigzijde van de LBK. Binnen 1 minuut werd de (rook)lucht weer aangezogen door de LBK.



ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: