

Onderzoek naar de beheersing van wortelrot bij tulp in recirculerende systemen

Martin van Dam

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
sector Bloembollen
PPO nr. 32 360114 00
oktober 2006

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Onderzoek gefinancierd door Productschap Tuinbouw



Projectnummer: PPO 32 360114 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen

Adres : Prof van Slogterenweg 2
: Postbus 85, 2160 AB LISSE
Tel. : 0252 - 462121
Fax : 0252 - 462100
E-mail : infobollen.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN WERKWIJZE	9
2.1 Inventarisatie bij bedrijven.....	9
2.2 Besmettingsproeven	9
2.3 Ontsmettingsproeven	9
2.3.1 Ontsmetting met peroxide	9
2.3.2 Ontsmetting met peroxide en fungiciden	10
2.3.3 Ontsmetting met UV	11
3 RESULTATEN	13
3.1 Inventarisatie bij bedrijven.....	13
3.2 Besmettingsproeven	14
3.3 Ontsmettingsproeven	16
3.3.1 Ontsmetting met peroxide	16
3.3.2 Ontsmetting met peroxide en fungiciden	18
3.3.3 Ontsmetting met UV: resultaten	20
4 CONCLUSIES, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	21
4.1 Conclusies	21
4.2 Discussie	21
4.3 Aanbevelingen	22
5 KENNISOVERDRACHT	23
5.1 Publicaties en lezingen	23

Samenvatting

Waterbroei van tulpen is in ontwikkeling. Een groeiend aantal bedrijven schakelt over van systemen met stilstaand naar systemen met stromend water. Hierbij wordt het water vaak hergebruikt voor meerdere zettingen tulpen in een seizoen. Een probleem dat zich hierbij voordoet is aantasting van de wortels (wortelrot). De aantasting lijkt soms op een typische schimmelinfectie, zoals *Pythium*, maar ook worden verkleuringen en verslijming van onbekende oorzaak geconstateerd. Omdat de wortelproblemen vrij snel tot uitval kunnen leiden reageert men in de praktijk bij symptomen vaak direct met de toepassing van middelen. Dit heeft niet altijd het beoogde resultaat. Via de bollen kunnen diverse schimmelsporen worden aangevoerd. Daarnaast kunnen stoffen uit de bolhuid vrijkomen die irriterend werken op de wortels. Bij tulpenbroei verandert de besmetting voortdurend omdat er gemiddeld elke 3 weken weer nieuwe bollen worden ingehaald.

Met dit onderzoek wilden we allereerst de oorzaken van wortelrot vaststellen. Met de resultaten hiervan werden enkele bestrijdingsmethoden getest.

Uit inventarisatie op de bedrijven kwam naar voren dat hygiëne een belangrijk middel is bij het voorkomen van problemen met wortelrot. De maatregelen die men had genomen waren onder andere: reiniging van de tabletten na elke bloeironde, reiniging van bollendragers en verandering van de loop van het retourwater. Op de bedrijven waar in 2006 wortelrot werd geconstateerd werden in het water en de wortels ondermeer de schimmels *Phytophthora*, *Trichoderma*, *Pythium* en *Fusarium*-soorten aangetroffen. Uit proeven met deze schimmels bleek *Fusarium culmorum* in staat een sterke groeireductie te veroorzaken. De symptomen van deze schimmel waren een gedrongen en soms gedraaide groei met afwijkingen in de bloemkleur. De wortels vertoonden onscherp begrensde bruinverkleuringen. Deze symptomen werden ook steeds in de praktijk waargenomen.

Toevoeging van een peroxidemiddel aan het proceswater bleek te werken tegen wortelaantasting in besmettingsproeven met een mengsel van *Fusarium*-soorten, *Pythium*, *Phytophthora* en *Trichoderma*. Bij te hoge dosering van peroxide ontstond wortelirritatie met uitval van planten als gevolg.

Een combinatie van twee fungiciden (één tegen *Fusarium* en één *Pythium/Phytophthora*) had een positief effect op het plantgewicht ten opzichte van de controle besmet, zonder middelen.

Een eenmalige bestraling met UV-licht van besmet water gaf een zwaarder gewas in besmettingsproeven met een mengsel van *Fusarium*-soorten en *Phytophthora*.

Het totaal aan resultaten uit het onderzoek in 2006 leidde tot het inzicht dat wortelrot bij tulpen op recirculerende systemen voornamelijk ontstaat door schimmels, waarbij *Fusarium culmorum* een 'hoofdverdachte' lijkt te zijn. Het lijkt erop dat wortelrot dat door deze schimmel wordt veroorzaakt kan worden bestreden met behulp van peroxide of door UV-bestraling. Bij het gebruik van fungiciden is het nodig te weten met welke ziekteverwekkende schimmel men te maken heeft. Bij deze middelen moet uiteraard veilig met restanten water worden omgegaan.

Voor het opstellen van een nauwkeurig bestrijdingsadvies is verder onderzoek nodig.

1 Inleiding

Waterbroei van tulpen is in ontwikkeling. Een groeiend aantal bedrijven schakelt over van systemen met stilstaand naar systemen met stromend water. Hierbij wordt het water vaak hergebruikt voor meerdere zettingen tulpen in een seizoen. Een probleem dat zich hierbij voordoet is aantasting van de wortels (wortelrot). De aantasting kan een typisch beeld van schimmelinfectie (zoals Pythium) vertonen, maar ook worden verkleuringen en verslijming van onbekende oorzaak geconstateerd. Omdat de wortelproblemen vrij snel tot uitval kunnen leiden reageert men in de praktijk bij symptomen vaak direct met de toepassing van middelen. Dit heeft niet altijd het beoogde resultaat, omdat de combinatie oorzaak – middel niet altijd juist wordt gekozen.

Via de bollen kunnen diverse schimmelsporen worden aangevoerd. Daarnaast kunnen stoffen uit de bolhuid vrijkomen die irriterend werken op de wortels. Bij tulpenbroei komt daarbij dat deze sporen en looistoffen steeds weer worden aangevoerd, omdat een deel van het gewas na een cyclus van 3 weken wordt geoogst en wordt vervangen door een nieuwe zetting. De nieuwe zetting komt daarmee ook in aanraking met het besmette water van een aantal eerdere zettingen.

Met dit onderzoek wilden we allereerst de oorzaken van wortelrot vaststellen. Met de resultaten hiervan kunnen bestrijdingsmethoden worden getest.

In hoofdstuk 2 staan materiaal en werkwijze beschreven van achtereenvolgens een inventarisatie in de praktijk, proeven waarbij naar de oorzaak van wortelrot werd gezocht en proeven ter bestrijding van wortelrot. De resultaten hiervan staan in hoofdstuk 3; conclusies en discussie in hoofdstuk 4.

2 Materiaal en werkwijze

Dit onderzoeksproject verliep in 3 fasen. Allereerst werd in de praktijk een inventarisatie uitgevoerd naar de aard van de problemen en naar toegepaste oplossingsmethoden die wel of niet werkten. Daarna is in de kas bij PPO in Lisse een besmettingsproef uitgevoerd. Deze werd opgevolgd door proeven waarbij de bestrijding werd onderzocht.

2.1 Inventarisatie bij bedrijven

Voorafgaand en tijdens dit onderzoek werden in 2005 en in 2006 bedrijven bezocht. Tijdens de bezoeken in 2005 werd geïnventariseerd wat de problemen t.a.v. groeiremming en wortelrot waren en wat men er tot dan toe al aan had gedaan. Er zijn op elk bedrijf monsters genomen van planten, wortels en water. Deze werden uitgeplaat bij PPO voor een kwalitatieve analyse van de aanwezige schimmels en bacteriën. In 2006 werd weer een aantal bedrijven bezocht met als doel er achter te komen welke problemen men constateerde en welke maatregelen er nu waren of werden toegepast. Ook nu weer werd een aantal plant- en watermonsters verzameld om de betreffende pathogenen te identificeren. De resultaten van de bezoeken vormden de basis voor de vervolgstappen: de besmetting- en ontsmettingsproeven.

2.2 Besmettingsproeven

Bij PPO in Lisse werden in februari twee opeenvolgende besmettingsproeven gestart met het doel de symptomen op te wekken die waren gezien in de praktijk. In eerste instantie werd als besmettingsbron een mengsel van schimmels gebruikt. De besmetting bestond uit een mengsel van *Pythium* spp., *Fusarium* spp. (de wortelrot veroorzakende soorten (*F. culmorum* en *F. avenaceum*) en *Trichoderma*. De gebruikte soorten schimmels waren gekozen op basis van de inventarisatie bij bedrijven in de praktijk (zie 2.1) en waren ook afkomstig uit de isolaties afkomstig van deze bedrijven.

Bollen van de cultivar 'Ile de France' werden, vóór het opplanten en bewortelen in de koelcel, wel of niet uitwendig ontsmet in Jet-5 (dompeling gedurende 15 minuten in 0,5% Jet-5). De beworteling vond plaats op stilstaand water bij 5 °C.

De proef werd in de kas uitgevoerd op eb/vloedtafels. Een week na het inhalen van de eerste trek werd de besmetting met schimmels aan het recirculerende water toegevoegd. De tweede trek werd aan het eind van de eerste op de tafels bijgezet en kreeg de besmetting zodoende vanuit het al besmette water. Ook nu was de helft van de bollen voor het opplanten ontsmet in Jet-5.

De planten werden beoordeeld op lengte en gewicht en op de mate van wortelaantasting.

2.3 Ontsmettingsproeven

Er zijn 3 proeven uitgevoerd waarbij verschillende manieren van ontsmetting werden toegepast. In alle gevallen werd de cultivar Sevilla gebruikt. De bollen werden voorafgaand aan de kasfase beworteld gedurende 2 weken bij 5 °C op stilstaand water. De 3 proeven waren:

2.3.1 Ontsmetting met peroxide

Gebruik makend van besmet water (*Fusarium* spp en *Fusarium oxysporum*) dat na de besmettingsproeven resteerde (zie paragraaf 2.2) is een proef opgezet met een peroxidemiddel. De keuze was hierop gevallen, omdat dit soort middelen in de praktijk minder problemen geeft met residuen in restanten water. Daarnaast was er al redelijk ervaring met peroxide bij de bedrijven opgedaan. Een belangrijke reden was bovendien, dat van fungiciden maar weinig effect kon worden verwacht als er *Fusarium* zou moeten worden bestreden. Peroxide is breed werkend en laat bovendien geen residu achter. De eerste proef werd uitgevoerd op

stilstaand water met tulpen op eb/vloed-trays. Het middel werd toegediend in de concentraties: 10, 50 en 100 ppm (behandeling 2, 3 en 4). Er was daarnaast één controlebehandeling besmet + niet-ontsmet (behandeling 1) en één controlebehandeling niet-besmet + niet-ontsmet (behandeling 0).

De bakken werden gevuld met 10 liter besmet water. Het middel werd in de vereiste concentratie toegediend en na 1 uur inwerken werden de tevoren bewortelde tulpen erop geplaatst.

De wortelaantasting en het gewas werden beoordeeld. Er werden watermonsters genomen ter bepaling van het kiemgetal.

2.3.2 Ontsmetting met peroxide en fungiciden

In overleg met de begeleidende groep tulpenbroeiers is een tweede ontsmettingsproef opgezet waarin naast peroxide ook een aantal fungiciden werd geprobeerd. Als besmetting werd een mengsel van *F. culmorum* en *F. avenaceum* gebruikt. Hieraan was *Phytophthora* toegevoegd, omdat rond die tijd in de praktijk ook hier en daar deze schimmel werd aangetoond. Er werden 4 behandelingen op een eb/vloed tafel geplaatst, de overige behandelingen stonden op stilstaand water.

Proefopzet 2e ontsmettingsproef, inhaaldatum 24 april 2006

	Systeem	Besmetting	Ontsmetting
1 controle onbehandeld	Eb/vloed	Nee	Nee
2 controle besmet	Eb/vloed	Ja	Nee
3 peroxidemiddel	Eb/vloed	Ja	1x 20 ppm
4 peroxidemiddel	Eb/vloed	Ja	20 ppm bij de start 20 ppm na 10 dagen
5 controle onbehandeld	stilstaand water	Nee	Nee
6 controle besmet	stilstaand water	Ja	Nee
7 Fungicide 1	stilstaand water	Ja	10 ppm
8 peroxidemiddel	stilstaand water	Ja	1x 20 ppm
9 Fungicide 1 + 2	stilstaand water	Ja	10 + 20 ppm

Bij de eb/vloed-tafels (behandeling 1 t/m 4 werd eerst de besmetting aan het water toegevoegd, daarna werd 20 ppm peroxide toegediend (5 ml per 250 liter water bij behandeling 3 en 4). Na een uur inwerken van het middel werden de tulpen op de tafel geplaatst. Bij behandeling 4 werd na 10 dagen nog eens peroxide toegevoegd aan het water.

Bij de behandelingen op stilstaand water (behandeling 5 t/m 9) werd ook eerst de sporensuspensie aan het water toegevoegd en daarna het betreffende middel. Ook hier werden de tulpen na inwerken van het middel in de bakken geplaatst. De behandeling op stilstaand water werd in 4-voud uitgevoerd.

Fungicide 1 was een middel dat vooral werking heeft tegen *Fusarium*, fungicide 2 werkt vooral tegen *Pythium* en *Phytophthora*. De gebruikte doseringen van de fungiciden zijn experimentele concentraties. Normaal worden deze middelen gebruikt als dompelmiddel of als grondbehandelingsmiddel. Voor watercultuur zijn veel lagere concentraties nodig, omdat er door de voortdurende blootstelling van de wortels aan de middelen een fytoxisch effect zou kunnen optreden.

Per behandeling werd direct na het inzetten van de tulpen een monster van het water genomen voor de bepaling van het kiemgetal. Bij de behandelingen op stilstaand water was dit steeds 1 mengmonster van de herhalingen van elke behandeling.

Van het gewas werd in het oogststadium het plantgewicht bepaald.

2.3.3 Ontsmetting met UV

In de derde en laatste ontsmettingsproef werd het effect van UV op wortelrot onderzocht. Voor de bestrijding van schimmels en bacteriën wordt een dosis van 100 mJ/cm aangeraden. De dosis is afhankelijk van lamptype, doorstromingsnelheid en transmissie (lichtdoorlatendheid) van het water.

De doding wordt veroorzaakt doordat UV licht DNA beschadigt, waardoor de cellen afsterven of hun functie verliezen.

In deze proef werd wederom een besmetting met Fusarium-soorten en Phytophthora aangebracht. Na 30 minuten doorgemengd te zijn werd het besmette water uit het voorraadvat door een stalen cilinder met UV lamp geleid en zodoende ontsmet. Met het gekozen lamptype (9 Watt UV-C) en een doorstromingsnelheid van 5,5 liter per minuut werd een UV-dosering van ca. 130 J/cm² gegeven.

De proefopzet bestond uit een vergelijking van tulpen gebroeid op besmet water met en zonder éénmalige UV-ontsmetting.

Er zijn watermonsters genomen van het besmette water voor en na de UV-ontsmetting. Hiervan zijn de kiemgetallen bepaald. Daarna zijn de bollen op de tafels gezet.

De gebroeide tulpen werden beoordeeld op de mate van wortelaantasting en in het oogststadium gewogen.

3 Resultaten

3.1 Inventarisatie bij bedrijven

2005

In het broeiseizoen van 2005 zijn in totaal 4 bedrijven bezocht, waar in meer of mindere mate problemen waren met de groei van het gewas. De symptomen waar we vooral in geïnteresseerd waren, waren achterblijvende lengtegroei van de planten gepaard gaand met wortelaantasting. De situatie verschilde sterk van bedrijf tot bedrijf. De mate van uitval verschilde sterk. Ook was er groot verschil in de manieren waarop men naar oplossing voor de bestrijding had gezocht.

UV-lampen werden op 3 bedrijven toegepast. Er was echter vaak maar 1 unit waarvan meerdere waterputten bij toerbeurt gebruik maakten. Zodoende werd het recirculerende water van 1 groep maar een klein deel van de tijd daadwerkelijk ontsmet. Bij 1 bedrijf was de installatie hierop al aangepast. Hier werd het water van alle groepen in een centraal vat verzameld. Van daaruit werd het water ontsmet en weer geretourneerd naar de afzonderlijke groepen. Onze indruk was dat dit een schoner resultaat opleverde. In ieder geval zagen de tulpen er op dat bedrijf gezond uit.

Er werd op de 4 bedrijven al geëxperimenteerd met fungiciden en reinigingsmiddelen. Vaak werd aangenomen dat er Pythium in het spel was, zodoende werden er meestal Pythiummiddelen ingezet.

Op een bedrijf waar ook veel algengroei optrad, was men begonnen met een grote schoonmaak van de tabletten. Zodra tafels leegkwamen werden ze ontsmet met peroxide en geborsteld. Op een ander bedrijf werd dit al standaard toegepast, maar dit bleek geen volledige garantie tegen uitval te geven.

Algemeen viel op dat de problemen zich voordeden in een aantal cultivars. 'Ile de France', 'Sevilla' en 'Libretto Parrot' leken gevoelig voor de problemen.

Tabel 1. Resultaat van het uitplaten van plantmonsters op groeimedium

Broeisysteem	Bedrijf	Monster	Algemeen groeimedium 2x 5 wortels /plaat	Selectief Pythium Phytophthora medium, 2x 5 wortels /plaat
Eb/vloed	Bedrijf 1	gezonde plant	10 x Pe/T	3 x Pythium
		zieke plant	10 x Pe/T	6 x Pythium
Stromend water op prikbakken	Bedrijf 2	gezonde plant	10 x Pe/T	4 x Pythium
		zieke plant	5 x F, 5 x Pe/T	10 x Pythium
Eb/vloed op prikbakken	Bedrijf 3	gezonde plant	10 x Pe/T	10 x Pythium
		geogste plant	10 x Pe/T	10 x Pythium
Eb/vloed	Bedrijf 4	gezonde plant	10 x T/M	10 x Pythium
		zieke plant	5 x T/M	10 x Pythium

Pe = Penicillium, T = Trichoderma, F = Fusarium spp, M = Mucor

Tabel 2. Resultaat van het uitplaten van watermonsters op groeimedium

Broeisysteem	Bedrijf	Monster	Algemeen groeimedium	Selectief Pythium Phytophthora medium,
Eb/vloed	Bedrijf 1	retourwater kas	5 x F, 5 x T/bacteriën	bacteriën
		bewortelingsruimte	1 x F, 9x T/bacteriën	bacteriën
Stromend water	Bedrijf 2	retourwater kas	6 x F/Pe/T	bacteriën
Eb/vloed	Bedrijf 3	retourwater kas	13 x F, 7 x Pe/T	bacteriën
		Na UV filter	bacteriën	bacteriën
Eb/vloed	Bedrijf 4	retourwater kas	Pe/bacteriën	bacteriën

Pe = Penicillium, T = Trichoderma, F = Fusarium spp.

Op de bedrijven zijn plant- en watermonsters genomen.. Het materiaal is uitgeplaat op 2 soorten voedingsbodem: een specifiek medium voor Oömyceten (Pythium en Phytophthora) en op een medium voor de overige schimmels. In tabel 1 en 2 staan de resultaten samengevat. Waar Fusarium wordt genoemd betrof het soms Fusarium oxysporum en soms Fusarium culmorum. De eerste veroorzaakt zuur in tulp, de tweede veroorzaakt een roodverkleuring aan de wortels en korte planten in de broei op potgrond. Daarnaast kwam ook veelvuldig Trichoderma en Penicillium voor. Van veel van deze schimmels zijn de symptomen op watercultuur nooit beschreven. Bij monsters waar F. culmorum werd aangetroffen bestaat de mogelijkheid dat er andere Fusariumsoorten (m.u.v. F. oxysporum) bij zijn betrokken. Met de gebruikte identificatiemethode is echter geen nadere determinatie mogelijk. Uit de wortels kwam in veel gevallen Pythium naar voren. Uit het water werd deze schimmel niet geïsoleerd. Van Pythium is bekend dat deze eerder op wortels dan in vrij water overleeft. Het beeld dat we hier zien past daarbij.

2006

In 2006 zijn 3 bedrijven bezocht die aangaven enige problemen met wortelrot en groeiremming te hebben. Over het algemeen waren er in 2006 veel minder wortelrotproblemen dan in 2005. Men had voor dit seizoen meer sanitaire maatregelen had getroffen. Tafels en fust werden voor elke trek gereinigd, mechanisch en vaak ook met reinigingsmiddelen (Peroxide-middelen). Ook het watersysteem was vaak aangepast. Al het water ging nu door de UV-filter voordat het weer de kas in ging. Bij één bedrijf was de capaciteit van het UV-filter vergroot, hierdoor was de dosis UV ongeveer 4 tot 5 maal hoger dan de adviesdosering voor schimmels en bacteriën van 100 mJ/cm. Men was goed te spreken over het effect. Naast deze maatregelen werd ook nog vaak een fungicide ingezet. Ook nu betrof het steeds middelen met een werking tegen Pythium. Ook werd er door de bedrijven vaker water verversed en dus minder hergebruikt. Bij één bedrijf was het opvallend dat ondanks een slechts geringe wortelaantasting planten al een sterke groeiremming lieten zien. Dit deed ons vermoeden dat we hier niet te maken hadden met Pythium als ziekteverwekker, temeer ook omdat in dat geval ook een fungicide was ingezet. De symptomen aan de wortels zagen er wel uit als van Pythium. Uit de wortelmonsters groeide Pythium en Fusarium (waarschijnlijk F. culmorum).

In een later stadium is nog bij een vierde bedrijf een bezoek gebracht. Hier waren problemen met verslijming van wortels. Het bleek te gaan om een incident waarbij een deel van het water tijdelijk te warm is geweest door een fout in een warmtewisselaar. De wortels waren aangetast door de schimmel Phytophthora.

3.2 Besmettingsproeven

Na beworteling in de cel op onbesmet water werden de tulpen in de kas op eb/vloed-tafels geplaatst op 16 februari. Na een week werd aan het water de sporensuspensie toegevoegd.

Aanvankelijk werd geen effect gezien van de besmetting. Na 2,5 week in de kas op 6 maart (1,5 week na het inbrengen van de besmetting) werd een gewasreactie zichtbaar. De tafels met besmetting vertoonden een groeistilstand. Er was daarbij een lichte wortelaantasting waarneembaar (foto 1). Een klein deel van de wortels vertoonde een lichte bruinverkleuring. Deze leek niet op Pythium, maar was veel minder scherp begrensd.

Op 9 maart was het gewas op de besmette tafels niet meer verder gegroeid sinds de eerste symptomen. Het gewas op de onbesmette tafels groeide door en was ca. 10 cm langer. Het besmette gewas was erg ongelijk van lengte. De bloemknoppen vertoonden inmiddels kleur. De plantreactie was



Foto 1. Het wortelgestel op de besmette tafels is goed ontwikkeld, maar vertoont een lichte beige verkleuring plus enkele aangetaste wortels.

fel in verhouding tot de wortelaantasting en de omvang van het wortelgestel: planten bleven kort, bladpunten vergeelden en er waren verkleuringen in de bloemknoppen.

Er was geen zichtbaar verschil tussen wel en niet ontsmette bollen op zowel de besmette als de onbesmette tafels. We vermoedden dat een eventuele besmetting vanaf de bollen niet kon plaatsvinden omdat de bollen in de kas het water maar net aanraakten.

De tweede zet werd ingehaald op 6 maart. Omdat deze tulpen met hetzelfde water werden gevoed als de eerste zet was er bij de tweede zet besmetting aanwezig vanaf het moment van inhalen. Bij deze zet was direct vanaf inhalen een groeiremming merkbaar van de tulpen op de besmette tafels. Er was daarbij geen verschil tussen planten die wel of niet tevoren waren ontsmet van zowel de besmette tafels als de onbesmette tafels.



Foto 2. Planten van besmette eb/vloed-tafel links en rechts van onbesmette tafel. Er zijn verschillen in plantlengte en wortelverkleuring (aantasting) zichtbaar.



Foto 3. Beeld van geïnfecteerde tulpen rond het bloeitijdstip. Het gewas is ongelijk van lengte en de bloemen ongelijk in rijpheid. Ook zijn bloemverkleuringen zichtbaar.

De aantasting van de wortels had desastreuze gevolgen voor het gewas. Van de tafels met besmetting konden geen normale bloemen worden geoogst, terwijl op de onbesmette tafels een goede kwaliteit bloemen werd geproduceerd. Op de foto's 2 tot en met 5 zijn hiervan voorbeelden en details te zien. Aan het eind van de tweede zet is van het water een monster genomen en zijn de aanwezige pathogenen gedetermineerd met behulp van een DNA-scan. Hierin werd *Fusarium oxysporum* in een matige infectiegraad en *Fusarium* spp. in een zware infectie aangetoond. De toegediende *Pythium*- en *Trichoderma*-besmetting kon niet meer worden aangetoond. Er werden in de watermonsters geen plantpathogene bacteriën aangetoond.

De gevonden beelden in het gewas komen sterk overeen met de in de praktijk vaak geconstateerde symptomen. De vrij sterke plantreactie op een verhoudingsgewijs lichte wortelinfectie in combinatie met het infectiebeeld aan de wortels (niet scherp begrensde bruinverkleuring) doet ons concluderen de aantasting hoofdzakelijk valt toe te schrijven aan *Fusarium culmorum*.



Foto 4. Beelden van de wortelaantasting. Het worteluiteinde (links) verkleurt grauwwit door de aantasting in het midden.



Foto 5. Bloemverkleuringen van de aangetaste planten.

3.3 Ontsmettingsproeven

3.3.1 Ontsmetting met peroxide

Bij deze proef werden tulpen gebroeid op besmet water met daaraan toegevoegd 10, 50 of 100 ppm peroxidemiddel.

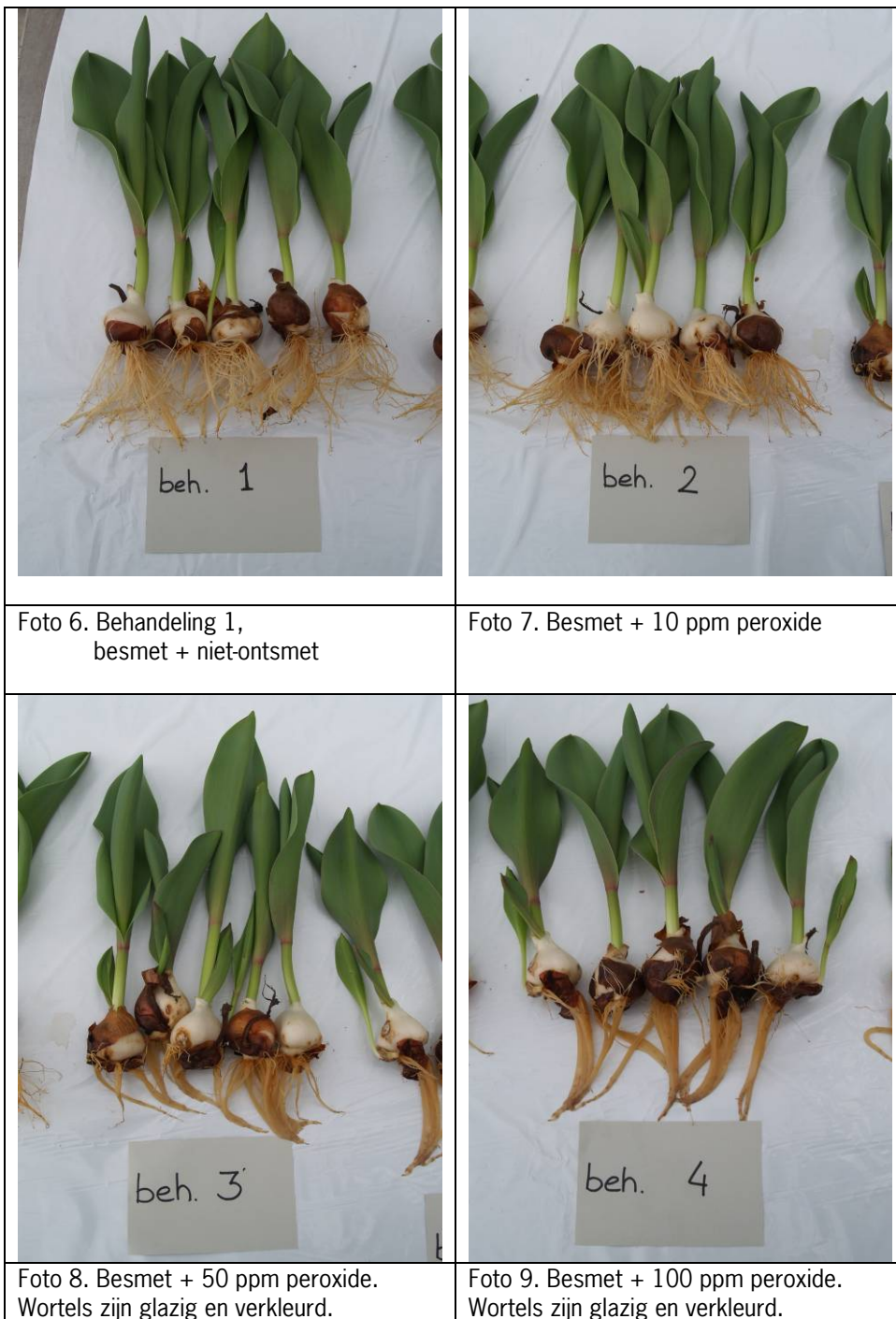
De controle niet-besmet + niet-ontsmet vertoonde geen gebreken. De controle besmet + niet-ontsmet (behandeling 1, foto 6) liet aanvankelijk een normaal beeld zien met normale planten en bloei. Aan het eind van de trek hadden de wortels een 1 – 2 cm bruine verkleuring aan de wortelpunt, deze planten bleven daardoor enkele centimeters korter.

De behandeling met 10 ppm Jet-5 (behandeling 2, foto 7) gaf ook een normaal groeiend gewas te zien, gelijkwaardig aan de controle niet-besmet + niet-ontsmet.

In de wel-besmette, maar niet-ontsmette controle werden de wortels halverwege de ca. 3 weken durende kasfase aangetast. De plantlengte bleef daardoor ca 10- 12 cm achter in groei t.o.v. behandeling 2, waar het water met 10 ppm Jet-5 was ontsmet.

De planten van behandeling 3 en 4 (foto 8 en 9) waaraan 50 en 100 ppm peroxide was toegevoegd vertoonden al snel glazige wortels. Het gewas groeide langzaam door, maar kwam niet tot volledige uitgroei en bloei. Uiteindelijk was het gewas sterk ongelijk van lengte en kort.

De wortels werden gedurende de kasfase meer glazig en iets donker van kleur. De aantasting trad erg snel op en er was geen duidelijk infectiesymptoom op de wortels. Aangenomen wordt, dat dit beeld is ontstaan als directe (fytoxische) schade van het middel op de wortels.



Van de behandelingen zijn water monsters genomen aan het begin en zijn de kiemgetallen bepaald. De resultaten lieten een mooi aflopende reeks van kiemgetallen zien bij een toename van de dosering peroxide.

Behandeling	Kiemgetal schimmels (kve/ml)
Besmet water	445
Besmet + 10 ppm peroxide	135
Besmet + 50 ppm peroxide	25
Besmet + 100 ppm peroxide	< 5

3.3.2 Ontsmetting met peroxide en fungiciden

Bij de tweede ontsmettingsproef was een verse besmetting aangebracht (zie 2.3.2). De kiemgetallen van schimmels en bacteriën (zie tabel 3) bleken hoger dan bij de eerste ontsmettingsproef. Daarnaast bevatten de uitslagen een onregelmatigheid.

De monsters waren genomen na besmetting en na toediening van de middelen, toen de bollen er een aantal uren op hadden gestaan. Bij behandelingen 3 en 4 zou een reductie van het kiemgetal moeten zijn opgetreden ten opzichte van behandeling 2. Evenzo zou een reductie moeten zijn opgetreden in behandeling 8 ten opzichte van behandeling 6. Een mogelijke oorzaak voor het hoge kiemgetal voor schimmels zou een *Penicillium* besmetting vanuit de bollen kunnen zijn. Als er een aantal bollen met *Penicillium* aanwezig was in het object, zijn sporen hiervan meegeteld bij de bepaling van het kiemgetal. *Penicillium* heeft echter geen gevolgen voor uitval door wortelrot. De uiteindelijke reactie van de planten lag veel meer in de lijn van de verwachting.

In het water werden, naast de aangebrachte *Fusarium* en *Phytophthora* sporen, ook sporen van *Pythium* en *Cylindrocarpon* aangetroffen. Deze zijn vermoedelijk ook via de bollen in het water terecht gekomen. De DNA-scan die werd gebruikt is gericht op plantpathogene ziektes, *Penicillium* zat hier niet bij.

Tabel 3. Kiemgetallen schimmels en bacteriën van watermonsters die waren genomen bij aanvang van de proef.

	Systeem	Besmetting	Kiemgetal schimmels (kve/ml)	Aeroob kiemgetal bacteriën (kve/ml)
1 controle onbehandeld	Eb/vloed	Nee	20	$9,1 \times 10^5$
2 controle besmet	Eb/vloed	Ja	980	$3,2 \times 10^6$
3 peroxidemiddel	Eb/vloed	Ja	1945	$3,1 \times 10^6$
4 peroxidemiddel	Eb/vloed	Ja	1900	$4,1 \times 10^6$
5 controle onbehandeld	stilstaand water	Nee	< 5	$3,1 \times 10^5$
6 controle besmet	stilstaand water	Ja	740	$7,5 \times 10^5$
7 Fungicide 1	stilstaand water	Ja	1215	$2,9 \times 10^6$
8 peroxidemiddel	stilstaand water	Ja	775	$6,8 \times 10^5$
9 Fungicide 1 + 2	stilstaand water	Ja	1430	$1,0 \times 10^6$

De hoge besmetting had een sterk effect op de gewasgroei. Ook nu weer waren de beelden aan de wortels gering vergeleken met de groeiemming aan het gewas daarbij. Op foto 10 en 11 zijn hiervan enkele voorbeelden te zien.

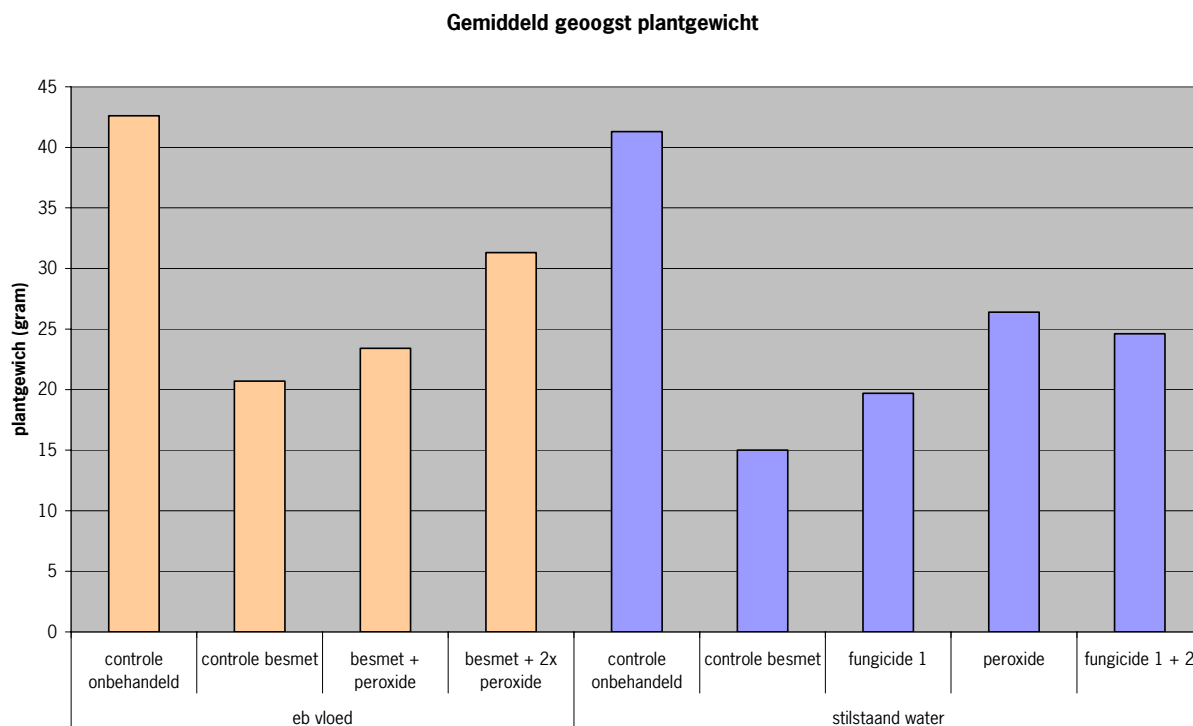


Foto 10. Gewasverschillen tijdens de tweede ontsmettingsproef. Links: besmet + peroxide, rechts: onbehandeld. Geheel rechts: besmet + fungicide.



Foto 11. Opname van gewasverschillen op de eb/vloed tafels tussen onbesmet (links) en besmet zonder middelen (rechts).

Het gemiddelde plantgewicht per behandeling is uitgezet in grafiek 1. Per systeem (stilstaand water of eb/vloed) heeft de onbesmette controle het hoogste gewicht en de besmette controle het laagste gewicht. Op eb/vloed waren de wortel na 1 week al aangetast. Toch veroorzaakte een tweede toediening van peroxide nog een verbetering t.o.v. eenmalige toediening bij het inhalen. Op eb/vloed bleek het effect van peroxide op het gewicht groter dan op stilstaand water.



Grafiek 1. Oogstgewicht in grammen per plant, van de tulpen per behandeling. Links de planten van de eb/vloedtafels rechts van het stilstaande water.

De behandelingen op stilstaand water waren in 4 herhalingen uitgevoerd. Hierdoor was van dit deel van de proef een statistische analyse mogelijk (zie tabel 4). Het gewicht van de planten bij de controle besmet was statistisch gelijk aan het gewicht van de behandeling met fungicide 1. Behandeling (9) met 2 fungiciden en de behandeling met peroxide (behandeling 8) bleken een beter gewicht te geven dan de controle besmet.

Tabel 4. Gewicht per plant van de behandelingen op stilstaand water. De letters geven aan of er betrouwbaar verschillen zijn. Behandelingen met gelijke letters zijn niet verschillend van elkaar.

behandeling	gewicht	letter
5 controle onbehandeld	41,3	d
6 controle besmet	15,0	a
7 fungicide 1	19,7	a b
8 peroxide	26,4	c
9 fungicide 1 + 2	24,6	b c

Lsd = 5.2

3.3.3 Ontsmetting met UV: resultaten

Van watermonsters die waren genomen aan het begin van de proef waren de kiemgetallen schimmels en bacteriën bepaald (tabel 5). Er was geen afname te zien in bij het kiemgetal schimmels, wel was er een afname bij het kiemgetal bacteriën in het monster na de UV-behandeling. De lethale dosis UVC voor bacteriën is lager (20 tot 30 mJ/cm) dan voor schimmels; deze kan variëren van 40 tot 100 mJ/cm en voor sommige schimmelsoorten zelfs nog veel hoger. In dit geval lijkt de UV onvoldoende dodend effect te hebben gehad voor schimmels.

Tabel 5. Kiemgetallen schimmels en bacteriën van watermonsters genomen voor en na de UV-ontsmetting.

	Kiemgetal schimmels (kve/ml)	Aeroob kiemgetal bacteriën (kve/ml)
Besmet water voor UV	770	$3,5 \times 10^5$
Besmet water na UV	870	$4,5 \times 10^3$

Bij deze proef bleek het gewas van beide behandelingen in gelijke mate te groeien. De planten die groeiden op het niet-ontsmette water bleven echter aan het eind van de kasfase toch iets in groei achter. Het gemiddelde plantgewicht met UV-ontsmetting was 44,0 gram. Het gewicht van planten zónder UV was 40,4 gram. Het wortelgestel daarvan was iets donkerder gekleurd dan van de zwaardere planten.

4 Conclusies, discussie en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Uit beide inventarisatierondes op de bedrijven kwam naar voren dat hygiëne een belangrijk middel is bij het voorkomen van problemen met wortelrot. De ervaringen van 2005 werden op een aantal bedrijven in het seizoen 2006 al met goed resultaat toegepast. De maatregelen die men had genomen waren onder andere: reiniging van de tabletten na elke bloeironde, reiniging van bollendragers (prikbak, hydrotray, etc.) en verandering van de loop van het retourwater, zodanig dat meer of al het water via de aanwezige UV-units liep.

Op de bedrijven waar in 2006 wortelrot werd geconstateerd werden ondermeer de schimmels *Phytophthora*, *Trichoderma*, *Pythium* en *Fusarium*-soorten aangetroffen.

In een proef waarbij een mengsel van *Trichoderma*, *Pythium* en *Fusarium*-soorten werd aangebracht bleek *Fusarium culmorum* in staat een sterke groeireductie te veroorzaken. De symptomen aan het gewas (gedrongen en soms gedraaide groei met afwijkingen in de bloemkleur) leken sterk op de symptomen die ook in de praktijk werden waargenomen.

Dosering van een peroxidemiddel aan het proceswater bleek te werken tegen wortelaantasting in besmettingsproeven met een mengsel van *Fusarium*-soorten, *Pythium*, *Phytophthora* en *Trichoderma*. Bij te hoge dosering van peroxide ontstond wortelirritatie met uitval van planten als gevolg. In de praktijk kan irritatie van de wortels abusievelijk voor wortelrot worden aangezien.

Een combinatie van twee fungiciden (één tegen *Fusarium* en één *Pythium/Phytophthora*) had een positief effect op het plantgewicht ten opzichte van de controle besmet (zonder middelen).

Een eenmalige bestraling met UV-licht van besmet water gaf een zwaarder gewas in besmettingsproeven met een mengsel van *Fusarium*-soorten en *Phytophthora*.

Het totaal aan resultaten uit het onderzoek in 2006 leidde tot het inzicht dat wortelrot bij tulpen op recirculerende systemen voornamelijk ontstaat door schimmels, waarbij *Fusarium culmorum* een 'hoofdverdachte' lijkt te zijn. Het lijkt erop dat wortelrot dat door deze schimmel wordt veroorzaakt kan worden bestreden met behulp van peroxide of door UV-bestraling. Bij het gebruik van fungiciden is het nodig te weten met welke ziekteverwekkende schimmel men te maken heeft. Bij deze middelen moet uiteraard veilig met restanten water worden omgegaan.

4.2 Discussie

In de eerste ontsmettingsproef bleek met een reductie van de gedoseerde schimmelbesmetting al een redelijk normale gewasgroei mogelijk. Volledige doding is dus blijkbaar niet persé nodig voor goede groei.

De peroxide-doseringen van 50 en 100 ppm bleken schadelijk voor de wortels. Het is belangrijk hierop te wijzen in de praktijk, omdat men de geïrriteerde, glazige wortels zou kunnen zien als een gevolg van infectie door een schimmel waardoor men onnodig bestrijdingmiddelen zal gaan inzetten.

Bij het inzetten van fungiciden gokt men wel eens op het verkeerde paard. Het ene middel werkt vooral tegen *Pythium* en *Phytophthora* het andere middel tegen *Fusarium*. Als men zekerheid wil, dan zullen beide ingezet moeten worden. Anderzijds zou een analyse van de aanwezige schimmels een beter bestrijdingadvies kunnen opleveren. De bepaling neemt echter teveel tijd in beslag, waardoor men te laat zal kunnen ingrijpen.

De werking van peroxide is meer algemeen dan die van fungiciden, maar werkt niet altijd voldoende. Er is tevens gezien dat, ondanks aangetaste wortels, een verbetering kan optreden met een extra dosering

peroxide. De gedachte is om peroxide aan te vullen in doseringen (shots) van 10 of 20 ppm, als geen werkzaam middel meer wordt gemeten. Een probleem hierbij is dat voor dergelijke lage waarden de meting van de hoeveelheid actieve peroxide vaak onbetrouwbare uitslagen geeft.

Bij gebruik van alleen een UV-cilinder worden ziektekiemen gedood in het passerende water. Er is geen doding of inactivering van ziektekiemen in de leidingen en op de tafels in de kas of koelcel. Reiniging van die onderdelen van het teeltsysteem zijn daarom meer nodig dan wanneer biociden worden meegegeven aan het water. Overdosering van UV lijkt op een van de bezochte bedrijven goed te werken. Dit lijkt het probleem van de vervuilde leidingen te ondervangen, maar vraagt hoge investeringen.

Filtersystemen waarbij ook ziektekiemen worden tegengehouden (lage druk zandfilters) werden niet in dit onderzoek meegenomen. Deze filters werken goed en goedkoop, maar zijn niet afdoende tegen schimmels die kleine sporen produceren zoals Fusarium.

Door fenolen uit de bolhuid treedt vaak wortelirritatie op waardoor ze mogelijk eerder worden aangetast door schimmels. De aanwezigheid van fenolen in het water is tijdens dit onderzoek niet geconstateerd. Er is geen bruinverkleuring van water of wortels waargenomen.

4.3 Aanbevelingen

Het onderzoek heeft aangetoond dat bestrijding van Fusarium mogelijk is door toepassing van peroxide of UV. Er zijn echter nog onvoldoende gegevens om voor de praktijk een advies op te stellen over de benodigde doseringen. Bij tulpenbroei wisselt de besmettingstoestand voortdurend. Daarom zal de dosering bij voorkeur moeten worden afgestemd op de mate van besmetting of het soort ziekteverwekker.

5 Kennisoverdracht

Het verloop en de resultaten van dit onderzoek werden gecommuniceerd met een groep broeiers die op stromend water of recirculerend water broeien. Contactpersoon van deze groep is Peter Smak te Wervershoof. Met deze groep, die daarmee een begeleidende rol had, is tweemaal een bijeenkomst georganiseerd in maart en in mei 2006.

5.1 Publicaties en lezingen

- gepubliceerd in de digitale nieuwsbrief van LTO-groeiservice mei 2006.
- Dam, M. van "Wortelrot waterbroei: elk geval kent eigen oorzaak", Bloembollennisie van 11 mei 2006 p.24-25
- Dam, M. van "Oorzaken wortelrot in waterbroei divers", Vakblad voor de bloemisterij 61(2006)18, p46-47
- Tussenresultaten zijn meegedeeld tijdens een bijeenkomst van LTO-groeiservice in Nibbixwoud op 24 april 2006.

In november van 2006 zal nog een artikel over de resultaten verschijnen in "Bloembollennisie" en in "Vakblad voor de bloemisterij".

In januari 2007 zal over dit project uitleg worden gegeven tijdens een avond over broeierij onderzoek voor de LTO Werkgroep Noord-Holland.