

Voorkomen en beheersen van Fusarium in uien

Auteurs: Hanko Blok¹, Lein de Visser¹, Rob van den Broek²

¹ : Studenten CAH Dronten

² : PPO-AGV

© 2009 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

PPO Publicatienr. 3250044609

Dit document is geschreven door 2 studenten van CAH in Dronten en begeleid door een onderzoeker van PPO-AGV binnen het project Leren met Toekomst.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenteteelt

Adres : Edelhertweg 1, 8219PH Lelystad

: Postbus 420, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 – 29 11 11

Fax : 0320 – 23 04 79

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

VOORWOORD	5
1. INLEIDING.....	6
2. BELANGRIJKSTE BODEMSCHIMMELS IN DE UIENTEELT IN NEDERLAND.....	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Witrot	7
2.2.1 Overleving schimmel	7
2.2.2 Schadebeeld	7
2.2.3 Verspreiding schimmel	8
2.2.4 Bestrijdingsmethoden schimmel.....	8
2.3 Fusarium.....	9
2.3.1 Probleem gebied	9
2.3.2 Schimmel.....	9
2.3.3 Schadebeeld	9
2.3.4 Ontwikkeling schimmel	9
2.4 Verschillen tussen Fusarium en witrot	10
3. FUSARIUM IN DE UIENTEELT	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Fusarium soorten.....	11
3.3 Sporenvorming	11
3.4 Infectie.....	12
3.5 Symptomen.....	12
3.6 Verspreiding.....	13
3.7 Gevoelige planten	13
3.8 Ontwikkeling	13
3.9 Beheersing.....	13
4. EFFECT OP DE UIENTEELT.....	15
4.1 Inleiding	15
4.2 Overzicht en uitbreiding probleemgebieden.....	15
4.3 Geschat economisch verlies	15
4.4 Gevolgen bij aanwezigheid in de bodem.....	16
5. VOORKOMEN, BEHEERSEN EN BESTRIJDEN	17
5.1 Inleiding	17
5.2 Preventieve maatregelen	17
5.2.1 Hygiëne maatregelen	17
5.2.2 Onderzoeksmethoden	17
5.2.3 Biotoets	18
5.2.4 Vruchtwisseling.....	18
5.2.5 Uitgangsmateriaal	19
5.3 Beheersing- en bestrijdingsmaatregelen.....	19
5.3.1 Resistente rassen	19
5.3.2 Biologische grondontsmetting.....	20
5.3.3 Fysische grondontsmetting.....	21
5.3.4 Ziekteverendheid van de bodem	22
5.3.5 Antagonisten	22
5.3.6 Mycorrhiza	23
CONCLUSIE	24

Voorwoord

Voor u ligt een rapport over het voorkomen, beheersen en bestrijden van Fusarium in de uienteelt. In de praktijk is weinig bekend over het voorkomen, beheersen en bestrijden van Fusarium terwijl er wereldwijd nogal wat onderzoek is verricht. Deze informatie is slecht toegankelijk voor de uientelers. Daarnaast bestaat het vermoeden dat de problemen met deze bodemziekte in Nederland toenemen. Daarom is in dit rapport duidelijk beschreven wat er mogelijk is om Fusarium te voorkomen, beheersen of te bestrijden.

Voor het tot stand komen van dit rapport willen we de volgende docenten bedanken. M. Drok en K. Westerdijk voor de verstrekte informatie in de gegeven lessen van de module BGB (Bedrijfshygiene en Gewasbescherming) aan de CAH te Dronten.

Ook willen wij een aantal personen van uit de uienhandel bedanken. P. Jansen (Arjazon) en G. Gunter (Monie) willen wij bedanken voor de verstrekte informatie en hun inbreng vanuit de praktijk.

De samenstellers

Hanko Blok¹, Lein de Visser¹, Rob van den Broek²

¹ : Studenten CAH Dronten

² : PPO-AGV

1. Inleiding

De aanleiding voor het schrijven van dit verslag is de opdracht van de CAH in Dronten. Voor de module Bedrijfshygiëne en Gewasbescherming onderdeel 2 wordt een case-studie gedaan, naar een complex van ziekten of plagen in landbouwgewassen. De coördinerende docent van deze module kwam met het voorstel van PPO Lelystad om een case te behandelen rondom het thema: 'Fusarium in uien'. Als groep leek het ons leuk om met dit onderwerp aan de slag te gaan. Uit de directe omgeving hebben we ervaring opgedaan met deze ziekte, omdat onze ouders een agrarisch bedrijf hebben met uien in het bouwplan. De bodemschimmel zorgt voor grote problemen in de uienteelt en ook bij de ouderlijke bedrijven die gesitueerd zijn in het Zeeuwse land. Het probleem van Fusarium in de bodem neemt steeds meer toe. Vanuit het verleden is het bekend dat de ziekte in Zeeland een grote omvang heeft, maar door verspreiding van ziek plantmateriaal is de ziekte over andere teeltgebieden in Nederland verspreid, waaronder ook de Flevopolders. Naar aanleiding van deze vraag hebben we contact opgenomen met Dhr. R. v.d. Broek, van PPO Lelystad.

Er is veel bestaande informatie beschikbaar over de bodemschimmel Fusarium. Deze informatie is niet goed toegankelijk voor de telers. Door middel van een literatuurstudie willen we deze informatie bundelen in een verslag. Om het binnen de kaders te houden is ervoor gekozen om het onderzoek te richten op Fusarium die de meeste problemen veroorzaakt in de uienteelt, '*Fusarium oxysporum formae speciale cepae*'. Het doel is uiteindelijk om aan de hand van het verslag een 'Biokennis' bericht en eventueel een vakbladartikel te maken, zodat deze informatie beschikbaar is voor de praktijk.

Dit verslag zet bestaande informatie op een rij. Bij informatie die van derden is overgenomen wordt zo goed mogelijk aangegeven waar het vandaan komt. Het hoofddoel van het onderzoek is, om de beschikbare kennis over deze bodemschimmel te bundelen waarbij de nadruk wordt gelegd op het voorkomen, beheersen of te bestrijden van de ziekte in de uienteelt. In het verslag wordt dit op volgende wijze uitgewerkt.

In hoofdstuk 1 wordt de inleiding van het verslag uitgewerkt aan de hand van de omschrijving, omvang van het probleem en de aanleiding en doel van het verslag. In het tweede hoofdstuk worden de twee bodemschimmels beschreven die grote problemen veroorzaken in de Nederlandse uienteelt namelijk witrot en Fusarium. In hoofdstuk 3 wordt Fusarium verder gedefinieerd en worden de kenmerken en symptomen uitgewerkt. In het vierde hoofdstuk is het effect van Fusarium op de uienteelt uitgewerkt aan de hand van de geschatte economische verliezen, overzicht van probleemgebieden, besmettingsbronnen en gevolgen van de aanwezigheid in de bodem. In het vijfde hoofdstuk wordt de beheersing en bestrijding uitgewerkt, met daarbij ook de mogelijkheden om de ziekte te voorkomen. In het laatste hoofdstuk is een aanbeveling gemaakt hoe Fusarium in de uienteelt voorkomen of beperkt kan worden, dit wordt zowel voor de biologische als de gangbare teelt beschreven.

2. Belangrijkste bodemschimmels in de uienteelt in Nederland¹²³

2.1 Inleiding

Er zijn twee belangrijke bodemschimmels die in uien in Nederland voorkomen, namelijk: witrot (*Sclerotium cepivorum*) en Fusarium (*Fusarium oxysporum f.sp. cepae*). Beide schimmels zorgen voor veel schade in de teelt van allium (ui-achtige) gewassen, zoals ui, prei, knoflook en sjalot. Beide schimmels zullen in hoofdstuk 2 kort beschreven worden. In hoofdstuk 3 wordt de bodemschimmel Fusarium verder uitgediept. Ook zullen de verschillen tussen witrot en Fusarium beschreven worden in hoofdstuk 2.

2.2 Witrot

2.2.1 Overleving schimmel

Witrot (*Sclerotium cepivorm*) wordt veroorzaakt door een schimmel die in de grond lange tijd levensvatbaar aanwezig kan blijven in de vorm van sclerotiën. Sclerotiën zijn goed beschermde, gepigmenteerde rustsporen die uit schimmeldraden bestaan. Deze rustvorm van de schimmel kan langer dan 10-15 jaar in de grond overleven zonder waardplant. In sommige gevallen is dit wel 25 jaar of langer. Zodra een waardplant (ui-achtige) aanwezig is, gaan deze sclerotiën kiemen als reactie op bepaalde stoffen die de wortels van de plant afscheiden. Vast staat dat de zwavelverbinding (diallyl disulfide) hierbij een belangrijke rol speelt. Ook de bodemtemperatuur speelt een rol: wanneer lage temperaturen volgen op een lange periode met hoge temperaturen (bijvoorbeeld in de herfst) zullen de sclerotiën moeilijker kiemen, ook bij aanwezigheid van een waardplant.

2.2.2 Schadebeeld

Wanneer een waardplant aanwezig is worden witrotsclerotiën geactiveerd. Deze gaan kiemen waarna de schimmeldraden naar de uienwortels zullen groeien. Deze wortels worden aangetast en vervolgens de bolbasis. Via wortelcontact kunnen daarna ook andere planten worden geïnfecteerd. Hierdoor ontstaan pleksgewijze aantastingen. Een witrot aantasting kan het gehele groeiseizoen uitbreken. Wanneer een plant in een jong stadium wordt aangetast openbaart zich dit in eerste instantie door het wegval van kiemplanten. Aantasting in een ouder stadium kan leiden tot geel verkleuring van de bladeren en afsterving van de bladeren. In een later stadium kan rotting van de bol op het veld of in de bewaring opreden. Kenmerkend op de verrotte stengelbasis is het dichte, witte, 'watachtige' schimmelpluis (mycelium) in een vroeg stadium en in een ver gevorderd stadium zijn kleine ronde zwarte bolletjes, de sclerotiën, zichtbaar. Dit is te zien op foto 1. Deze sclerotiën kunnen vervolgens verspreid worden over het perceel en naar andere percelen.

¹ www.kennisakker.nl

² http://www.degroenevlieg.nl/produkten/stengelaal_witrot/stengelaal_witrot.html

³ <http://orgprints.org/15035/01/2093.pdf>



Foto 1.



Foto 2.



Foto 3.

Foto 1 t/m 3 Schadebeeld van witrot op ui. Zichtbaar is geelverkleuring en afsterving blad met op de bol het witte mycelium en de zwarte sclerotieën.

2.2.3 Verspreiding schimmel

De witrot schimmel kan eenvoudig op verschillende manieren verspreid worden via de aanwezig sclerotieën in de bodem. Deze verspreiding kan plaats vinden over het perceel waar de sclerotieën aanwezig zijn, maar deze kan ook verspreid worden naar percelen die nog niet besmet zijn met de witrot schimmel. Deze verspreiding kan plaats vinden via besmet plantgoed, oogstrestanten, vogels en machines die niet gereinigd worden voordat deze op een ander perceel worden ingezet.

2.2.4 Bestrijdingsmethoden schimmel

Internationaal is een enorme inspanning door het onderzoek geleverd om praktisch uitvoerbare bestrijdingsmaatregelen te vinden. Mogelijkheden op gebied van chemische bestrijding, resistentieveredeling, biologische bestrijding of het vroegtijdig laten kiemen van sclerotieën met hulp van diallyl disulfide zijn onderzocht.

In Nederland was slechts 1 middel (Sumislex) toegelaten voor de chemische bestrijding van witrot. Deze toelating is op 1 juli 2008 vervallen. De resultaten op het gebied van resistentieveredeling en biologische bestrijding zijn op dit moment nog onvoldoende. In het buitenland is een middel toegelaten op basis van diallyl disulfide met een goede werking. Echter in Nederland heeft dit middel geen toelating. Rotatie biedt gezien de lange levensduur weinig praktisch perspectief, wegens de lange rustperiode die mogelijk is via de sclerotieën. Voorkomen dat gezonde percelen besmet raken is dus erg belangrijk. Dit kan door machines goed te reinigen die gebruikt zijn op een besmet perceel voordat deze naar een ander perceel gaan. Dit dient niet alleen te gebeuren in het jaar dat er een allium-gewas geteeld wordt op een besmet perceel, maar ook alle andere jaren. Het planten van 'schoon' plantmateriaal is een vereiste. Controleer ontvangen plantmateriaal dus eerst voordat deze geplant wordt. Oogstrestanten die ontstaan bij het in- en uitschuren van het product dienen op een plaats gestort te worden die al besmet is of waar geen gewassen geteeld worden. Wanneer sorteergrond wordt gebruikt om laagtes in percelen op te vullen kan dit dus leiden tot de verspreiding van sclerotieën. Teel bovendien geen Allium-gewassen op besmette percelen. Bij twijfel kan de grond onderzocht worden op de aanwezigheid van witrot.⁴

⁴ www.czav.nl

2.3 Fusarium⁵

2.3.1 Probleem gebied

In Nederland is de ziekte een toenemend probleem. Percelen kunnen zodanig zwaar zijn aangetast dat uienteelt onmogelijk wordt. Met name in de Noordoostpolder zijn de problemen groot, maar ook in Zeeland komen besmette percelen voor. De ziekte komt in bijna alle productiegebieden van uien in Nederland voor. In de provincie Groningen met een gering uienareaal komen echter nog nauwelijks problemen voor.

2.3.2 Schimmel

Fusarium oxysporum is een veelvoorkomende bodemschimmel. De soort kent vele speciale vormen die zich gespecialiseerd hebben op één of meerdere waardplanten. Zo bestaat er een vorm die uien kan aantasten (*Fusarium oxysporum f.sp. cepae*) en grote schade kan veroorzaken. De schimmel kan uien aantasten ongeacht het ontwikkelingsstadium van de plant.

2.3.3 Schadebeeld

Een vroege aantasting kan leiden tot plantuitval, terwijl late aantastingen hetzij bij de oogst hetzij later tijdens de bewaring resulteren in rotte bollen. Behalve een opbrengstderving kan een aantasting door de schimmel leiden tot een ernstige waardedaling van het product, doordat deze volledig of gedeeltelijk onbruikbaar wordt voor verkoop.



Foto 4.



Foto 5.



Foto 6.

Op foto 4 t/m 6 is het schadebeeld van Fusarium in uien zichtbaar.

2.3.4 Ontwikkeling schimmel

De schimmel groeit het best bij hoge temperaturen (25-30 °C). In warme gebieden is de schimmel dan ook schadelijker dan in gematigde streken. Dat neemt overigens niet weg dat ook bij lagere temperaturen (20 °C of minder) infecties kunnen plaatsvinden.

⁵ <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/fusarium-uien>

2.4 Verschillen tussen Fusarium en witrot

De verschillen tussen Fusarium en witrot zijn met het blote oog zeer moeilijk te onderscheiden. Hierdoor is het niet ondenkbaar dat in de praktijk deze twee regelmatig verwisseld worden. Dit komt doordat de uiterlijke kenmerken vrijwel gelijk zijn. Witrot heeft als uiterlijk kenmerk dat er wit schimmelpluis(mycelium) op de bol zichtbaar is met zwarte sclerotiën. Fusarium heeft ook als uiterlijk kenmerk dat er wit schimmelpluis(mycelium) op de bol zichtbaar is maar zonder zwarte sclerotiën. Het geval bij witrot is echter dat de zwarte sclerotiën niet altijd zichtbaar zijn. Hierdoor kunnen dus in beide gevallen de uiterlijke kenmerken het zelfde zijn. In zo een geval kan door middel van een Biotoets met DNA-technieken uitgewezen worden of er sprake is van witrot of Fusarium. Deze onderzoeksmethoden worden verder in hoofdstuk 5 beschreven.

3. Fusarium in de uienteelt⁶

3.1 Inleiding

Deze bodemziekte komt wereldwijd in alle regio's waar uien geteeld worden voor. Het heftigst in warmere gebieden. In ernstige gevallen kunnen 80% van de uien aangetast zijn. De zwaarte van de aantasting hangt af van het jaargetijde (temperatuur), omgevingsfactoren, rassenkeuze en de mate van besmetting. In Nederland ligt de aantasting meestal onder dit percentage. Maar in ons land zijn er ook percelen waarop uien vanwege deze ziekte niet meer te telen zijn. De ziekte wordt veroorzaakt door *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cepae* en is één van de meer dan honderd forma speciales (soorten) van *Fusarium oxysporum* die er bestaan. Van deze forma specialis cepae zijn verschillende isolaten bekend met een verschillende virulentie.

3.2 Fusarium soorten

Uit uien kunnen verschillende *Fusarium* soorten geïsoleerd worden zoals:

- *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cepae*
- *Fusarium proliferatum*
- *Fusarium avenaceum*
- *Fusarium culmorum*

Fusarium oxysporum wordt het frequentst aangetroffen op aangetaste uien. In het buitenland wordt op aangetaste uien ook wel *Fusarium proliferatum* gevonden. Het is niet bekend in hoeverre *F. culmorum* en *F. avenaceum* een rol spelen bij het veroorzaken van de ziekte. Het kan zijn dat ze de ui alleen gebruiken als een alternatieve gast.

3.3 Sporenvorming

De schimmel produceert chlamydosporen, macroconidia en microconidia. Chlamydosporen zijn ronde dikwandige sporen en worden in grote aantallen in de bodem geproduceerd. Onder veldomstandigheden vormen zij de primaire infectiebron. Zij zorgen ervoor dat de ziekte een groot aantal jaren persistent in de bodem aanwezig kan blijven. Macroconidia zijn kort tot middellang, sikkelvormig, dunwandig, enigszins taps eindigend, en meestal in drieën gedeelde sporen. Microconidia zijn gewoonlijk niet gedeeld, ovaal en overvloedig aanwezig.

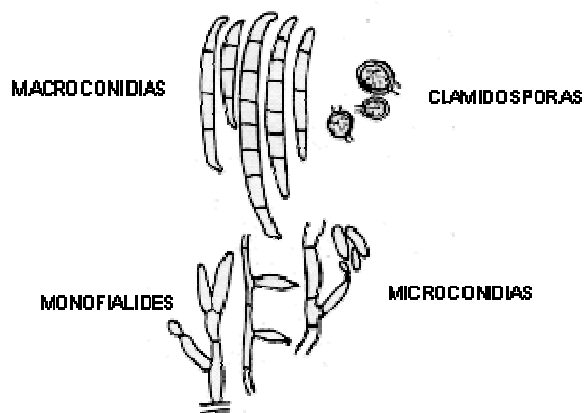


Foto 7.

Een schematisch overzicht van verschillende vegetatieve structuren van *F. oxysporum*.

⁶ http://www.monie.nl/telersinfo/fusarium_oxysporum.htm

3.4 Infectie

De schimmel kan de uienbol op verschillende manieren infecteren:

- de belangrijkste is directe indringing in de basale plaat
- aantasting via de wortels en doorgroeien naar de basale plaat
- via wonden veroorzaakt door andere organismen, of door mechanische schade kan de schimmel de plant binnendringen

3.5 Symptomen

Fusarium oxysporum f. sp. Cepae infecteert de plant door de wortels aan te tasten en vervolgens door te groeien naar de basale plaat of direct de basale plaat te infecteren. Infectie kan ook plaatsvinden via wonden aan wortels of bol.

Als milieu omstandigheden gunstig zijn voor de groei van *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae* dan zullen de jonge plantjes al sterven voordat visuele symptomen worden waargenomen. Daarnaast kan deze schimmel de opkomst vertragen, wegval en gedrongen groei veroorzaken van jonge plantjes. De eerste symptomen die op grotere planten worden waargenomen is chlorose aan de toppen van de bladeren gevolgd door uiteindelijk gehele bladnecrose en afsterven van de plant.



Foto 8.



Foto 9.

Op foto 8 en 9 is chlorose aan de toppen van de bladeren te zien samen met gehele bladnecrose en afsterven van de plant.

De infectie in de basale plaat veroorzaakt wortelafsterving. Een opmerkelijke symptoom is het breken van de wortels van de basale plaat tijdens het rooien. Binnenin de basale plaat veroorzaakt de schimmel een bruine verkleuring van de basale plaat. Ook basale delen van de bolrokken kunnen aangetast worden waarop witte mycelium kan worden waargenomen. Daarnaast zorgt de schimmel voor invalspoorten voor secundaire pathogenen die de bol verder aantasten.



Foto 10.



Foto 11.



Foto 12.

Op foto 10 t/m 12 is op de ui wit schimmelpuis (mycelium) op en rond de bolstoel te zien en de rood- tot donkerbruine kring rondom het mycelium.



Foto 13



Foto 14.

De foto's 13 en 14 zijn over de lengte doorgesneden uien waarin rondom de bolstoel duidelijk de bruine verkleuring (necrose) is waar te nemen.

3.6 Verspreiding

Fusarium oxysporum f. sp. Cepae kan worden verspreid via:

- geïnfecteerd afval
- geïnfecteerde grond
- irrigatie water en opspattende druppels
- besmette machines
- uienzaad
- plantuien, plantmateriaal

3.7 Gevoelige planten

Andere ui-achtigen zoals prei, bieslook, knoflook en sjalot zijn ook gevoelig. Daarnaast kan het zich handhaven op enkele onkruidplanten zoals klaverzuring (*Oxalis corniculata* L.) en melganzevoet (*Chenopodium album* L.) en gewassen zoals maïs (*Zea mays* L.), tarwe (*Triticum aestivum* L.), erwt (*Pisum sativum* L.) en postelein (*Portulaca oleracea*). Informatie over gevoelige planten is slechts zeer beperkt voorhanden.

3.8 Ontwikkeling

De optimale bodemtemperatuur voor de ontwikkeling van de schimmel ligt tussen de 15 – 32°C. Onder de 12°C vindt er geen of een geringe ontwikkeling van de ziekte plaats. De optimale pH is 6.6 maar groei vindt plaats tussen een pH van 2.2 tot 8.4.

3.9 Beheersing

Maatregelen om *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae* te beperken zijn:

- Telen van resistente of tolerante rassen. In Nederland worden lange dag rassen geteeld. Er zijn rassen die minder gevoelig zijn zoals Takmark en Takstar maar deze hebben iets minder goede bewaareigenschappen.
- Gewasrotatie. In literatuur wordt aangegeven dat een gewasrotatie van 1 op 4 met niet vatbare gewassen voldoende is. Onder Nederlandse omstandigheden is dit onvoldoende.
- Solarisatie. Hiervoor moet voldoende licht beschikbaar zijn. De vraag is of dit onder Nederlandse omstandigheden zal lukken.

- Biologische ziektebeheersing door gebruik te maken van antagonisten (schimmels of bacteriën). Dit is mogelijk doordat deze schimmel slecht in staat is om te concurreren met de andere natuurlijke microflora in de bodem. In literatuur wordt aangegeven dat de schimmels *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii* en de bacteriën *Pseudomonas fluorescens* en *Bacillus subtilis* effectief de schimmel kunnen beheersen. Een combinatie van *T. viride* en *P. fluorescens* waren het effectiefst in een potten- en veldproef. Er zijn nog vele andere voorbeelden te vinden maar in Nederland is er nog geen schimmel of bacterie toegelaten voor de beheersing van deze ziekte.
- Mycorrhiza. In een veldproef, die van nature is geïnfecteerd door *Fusarium*, bleken 4 mycorrhiza schimmels geen aantoonbaar effect te hebben. Eén van deze mycorrhiza schimmels gaf bij het ras Bravo een opbrengstverhoging van 11%. Bij het ras Wellington leidde het toedienen niet tot een opbrengstverhoging.
- Fungicide toepassingen die in het buitenland gebruikt worden zijn. Grondontsmetting met methyl bromide of metam natrium (kostbaar). Plantgoedbehandeling met benomyl. Zaaizaadbehandeling met benomyl, carbeddazim, carboxin hydroxyquinoline, iprodione, menab, methoxyethyl mercury chloride, prochloraz, tebuconazole en thiram. In Nederland zijn slechts een beperkt aantal middelen toegelaten. Alleen toegelaten middelen mogen gebruikt worden.

4. Effect op de uienteelt

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 zullen de effecten van Fusarium op de teelt van uien beschreven worden. Hier zal het geschatte economische verlies in vermeld worden. Dit zal gebeuren op schattingen en aannames wegens beperkt beschikbare informatie. Ook zal er een overzicht in zitten van het probleemgebied. Hier zal in staan of er ook een uitbreiding in waar te nemen over de jaren.

4.2 Overzicht en uitbreiding probleemgebieden

De schimmel Fusarium is een toenemend probleem en komt overal in de teeltgebieden van uien voor. Wij onderscheiden twee soorten, gemakshalve aangeduid als droge (gescheurde wortelkrans, verdrogend, geel vruchtvlees) en natte Fusarium (begint met bruine schimmelige wortelkrans waardoor uiteindelijk de hele ui verrot). De droge Fusarium vormt niet het grootste probleem, partijen waarin dit veel voorkomt kunnen gewoon bewaard worden omdat dit droog blijft. Aangetaste uien is wel tarra.

De natte variant komt dus ook overal wel voor, maar er zijn inderdaad een paar gebieden waar de besmetting veel zwaarder is dan elders. Vooral het gebied ten zuiden van Nagele (NOP) springt er uit. Ook de noordrand van de NOP (Luttelgeest- Rutten) is een gebied waar meer dan gemiddeld besmetting voorkomt. In het Zuid-Westen het gebied tussen Steenberg en Bergen op Zoom en richting Kruisland. Verder komt het, meer incidenteel, overal voor. Ook in Zuid-Limburg, op de lössgronden is het een serieus probleem.⁷

4.3 Geschat economisch verlies

Het geschatte economisch verlies is per jaar verschillend. Dit komt, doordat het economisch verlies grootte schommelingen vertoont door de grootte schommelingen in de prijs van uien. Het economisch verlies wordt namelijk bepaald door het aantal tonnen te vermenigvuldigen met de prijs die de uien in dat teeltjaar zijn. Exacte getallen over het economisch verlies in Nederland zijn moeilijk tot niet te vinden.

Het geschatte verlies is verschillend per ras. Het is daarnaast sterk afhankelijk van de graad van besmetting van de grond. Uit de VS zijn cijfers bekend van 23-51% verlies op individuele percelen via natuurlijke infectie. Het probleem is niet alleen individueel per perceel, maar wordt sterker omdat de schimmel zo lang in de bodem aanwezig kan blijven. Steeds minder percelen zijn dus geschikt voor productie van uien. Ook in Nederland. Wellicht hebben de klimatologische omstandigheden (sterkere plensbuien en hogere temperaturen) daar geen positieve invloed op. Per individueel geval kan je met de gegevens wel uitrekenen wat het verlies is. Ga bijv. uit van 0.20 cent/kg en reken terug. Denk ook aan extra kosten voor drogen (uit laten zien van de partij is erg belangrijk, of extreem snel verwerken na de oogst, afhankelijk van de besmetting), extra sorteerkosten, maar bijv transport etc. gaat weer over de bruto kilo's.⁸

Een uienverwerker uit de Noord-Oostpolder heeft in 2004 de volgende inschatting gemaakt. Van de telers die in de Noordoost polder uien aanvoeren heeft 50% na bewaring een lichte aantasting van Fusarium (1-3%). Daarnaast zijn er in dit gebied bedrijven die geen uien meer telen vanwege de zware Fusarium aantasting in de grond. Deze telers verbouwen ook geen Fusarium tolerante uienrassen meer. De situatie in

⁷ Piet Jansen, uienhandel Arjazon

⁸ Gijsbrecht Gunter, uienhandel Monie

de Flevopolder is op dit moment vergelijkbaar met de situatie in de Noordoostpolder 5-6 jaar geleden waarbij de problemen jaarlijks toenemen. Ook in Zeeland zijn veel uienpercelen waarin Fusarium gevonden wordt. Sommige telers geven aan dat er nauwelijks percelen te vinden zijn die helemaal vrij zijn van deze bodemschimmel. In het noorden van het land (Groningen en Friesland) worden deze problemen nog nauwelijks waargenomen. Geschat wordt dat wanneer in Nederland op 1% van de geoogste uien Fusarium zit, dat overgaat in rot dit al snel neerkomt op een totale schade van € 500.000,- door het verwijderen van aangetaste uien. In deze berekening zijn de percelen die wegens Fusarium niet geoogst worden of in het handelsverkeer komen niet meegenomen.

4.4 Gevolgen bij aanwezigheid in de bodem

Wanneer Fusarium aanwezig is in de bodem heeft dit grootte gevolgen voor de teelt van ui-achtige gewassen. Wanneer deze geteeld worden op een met Fusarium besmet perceel zullen naar alle waarschijnlijkheid grootte oogstverliezen optreden en er zal een ziek gewas ontstaan. Daarnaast neemt de Fusarium in de bodem sterk toe. Het is dus beter om geen ui-achtige gewassen op een besmet perceel te telen. Wanneer een perceel nog niet besmet is, is het verstandig om te voorkomen dat deze ook besmet wordt met Fusarium.

5. Voorkomen, beheersen en bestrijden

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal het voorkomen, beheersen en bestrijden van *Fusarium* worden beschreven. De literatuur wordt voornamelijk opgezocht via onderzoeken die op internet gepubliceerd zijn, daarnaast wordt ook andere informatie van internet gebruikt. In dit hoofdstuk zal eerst het voorkomen van de ziekte besproken worden, daarna pas de beheersing en bestrijding. 'Voorkomen is beter dan genezen', luidt een oud gezegde en dat geldt ook voor deze ziekte. De maatregelen worden ieder apart besproken. Bij het voorkomen van de ziekte wordt allereerst de voorkoming in de bodem besproken, daarna de voorkoming van invloed op het gewas. De beheers- en bestrijdingsmaatregelen worden ook op deze manier geordend. Als laatste wordt er geconcludeerd welke maatregelen het meest effectief, dus het beste genomen kunnen worden.

5.2 Preventieve maatregelen

Er zijn verschillende manieren om *Fusarium oxysporum* in de bodem te voorkomen. In de belangrijkste uienteelt gebieden in Nederland komt de ziekte voor, het is dus noodzakelijk gezond plantmateriaal te gebruiken, schone machines enz. Wanneer het niet zeker is of de bodem vrij is van de ziekte kan het onderzocht worden met behulp van een Biotoets.

5.2.1 Hygiëne maatregelen

Hygiëne maatregelen zijn van groot belang bij het voorkomen van de ziekte in de bodem. Hierbij valt te denken aan hygiëne maatregelen op het gebied van gebruik van machines. In de glastuinbouwsector is het toepassen van bedrijfshygiënische maatregelen eenvoudiger, omdat de gewassen onder beschermde omstandigheden groeien en mindert in aanraking komen met besmettingsbronnen. Ook de uitbreiding van de ziekte is eenvoudiger tegen te gaan, doordat de meest glastuinbouwgewassen niet in de volle grond staan. De besmette plant kan afzonderlijk afgevoerd worden, zonder dat de andere planten besmet worden. In deze sector is het al een lastig probleem om de ziekte te voorkomen, daarom is het in de akkerbouw sector nog lastiger. In de akkerbouw begint het voorkomen van de ziekte op bedrijfsniveau. Door middel van bedrijfshygiëne maatregelen is het besmetten van een perceel te voorkomen. Allereerst moet in kaart gebracht worden of de ziekte op bedrijfsniveau in de bodem aanwezig is. Dit kan doormiddel van verschillende bodemonderzoeksmethoden die hieronder beschreven worden. Wanneer de ziekte niet aanwezig is op het bedrijf, worden de bedrijfshygiëne maatregelen een stuk eenvoudiger. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met overdracht van de ziekte via machines die intern gebruikt worden. Zodra dit niet het geval is, moeten er andere maatregelen genomen worden. Machines die buiten het bedrijf gebruikt worden, zoals loonwerkers machines, moeten grondig schoongemaakt worden voor het gebruik. In overleg met de loonwerker kan bepaald worden hoe dit gedaan wordt. Het is noodzakelijk dat er geen gewasresten en grond van andere percelen meegenomen wordt. Met een minimale hoeveelheid aan besmet plantmateriaal en/of besmette grond kan het perceel al geïnfecteerd worden. Voor machines die in een samenwerking, of op een andere manier extern gebruikt wordt, gelden deze maatregelen natuurlijk ook. In de akkerbouw sector wordt aan bedrijfshygiëne vaak te weinig aandacht aan besteed, waardoor de besmettingskans erg hoog ligt. Het is al niet eenvoudig om besmetting te voorkomen, dus moet dit punt extra aandacht krijgen.

5.2.2 Onderzoeksmethoden

Door duurzame toepassing van gewasbescherming ontstaat er steeds meer de vraag naar diagnostische testen, die niet alleen plantenpathogenen kunnen detecteren en identificeren, maar ook de concentratie van

de ziekte moeten kunnen inschatten. In het verleden is voornamelijk identificatie verricht op basis van morfologische kenmerken. Dit vraagt specifieke taxonomische kennis en ervaring van een fytopatholoog, is tijdrovend en arbeidsintensief. Recent ontwikkelde methoden zijn gebaseerd op serologische en nucleïnezuurgebaseerde technieken. Deze methoden zijn geschikt voor routineanalyses: het resultaat wordt sneller verkregen, is nauwkeuriger en de technieken kunnen over het algemeen door minder gespecialiseerde personen gehanteerd en geïnterpreteerd worden. De serologische technieken zijn gebaseerd op herkenning van specifieke antigenen door antilichamen. Een vorm van deze testen zijn de 'Enzyme-Linked Immunosorbent Assays', de ELISA-testen. Naast deze methoden zijn er ook de nucleïnezuurgebaseerde technieken. Deze techniek wordt al jaren toegepast voor detectie en identificatie van tal van organismen een voorbeeld is de op DNA-gebaseerde technieken. Er zijn verschillende soorten 'Polymerase Chain Reaction', PCR-technieken. De belangrijkste die ook *Fusarium* kan detecteren en identificeren, is de kwantitatieve 'real-time PCR' de qrt-PCR techniek. (Bluhm et al., 2004) De snelle meervoudige DNA-testen, waarmee in één test meerdere pathogenen kunnen opgespoord worden, worden de testen van de toekomst. Deze testen zijn zeer kostenefficiënt en het is mogelijk een volledig beeld te krijgen van de gezondheidstoestand van de plant. (Grauwet et al., 2004) De technieken zijn nu vooral nog gericht op het aantonen van de ziekte in de plant. In de toekomst zullen deze verder verbeterd worden of in combinatie met andere maatregelen toegepast worden, zodat ze ook gebruikt kunnen worden om de ziekte in de bodem aan te tonen. Zo kunnen de hierboven genoemde testen ook gecombineerd worden met een Biotoets.

5.2.3 Biotoets

De Biotoets is ontwikkeld door Chris de Visser op het PPO in Lelystad in de periode 1995-1997. De Biotoets kan zowel als preventieve en beheersingsmaatregel genomen worden. Voor de Biotoets worden grondmonsters gestoken op het betreffende perceel, hiervoor wordt vaak het principe van het steken van grondmonsters voor de bepaling aangehouden (één monster per 0,33 ha). Per monster wordt er circa 5 kg grond gestoken met een gutsboor, tot 20 cm diepte. Om aan te tonen of de ziekte in de bodem aanwezig is, wordt het monster in het voorjaar na de uienteelt gestoken. De aanwezigheidskans van de ziekte is dan het hoogst. De grond wordt gedroogd, vervolgens wordt op ieder grondmonster een aantal uienzaden uitgezaaid. Doormiddel van tellingen wordt gekeken of alle zaden kiemen en doorgroeien. Uit onderzoeksresultaten uit het verleden blijkt dat de Biotoets inzicht kan geven in de kans op schade door *Fusarium*. Alleen blijkt wel dat de toets veel tijd kost en daarmee relatief duur is. Ook de mate van besmetting is niet goed aan te tonen, doordat alleen gronden met een zware besmetting aangetoond kunnen worden. Uit recente onderzoeken blijkt dat er in acht jaar tijd weinig uitzieking optreedt. (Kalkdijk et al., 2004) De resultaten van de Biotoets zijn niet altijd betrouwbaar genoeg. De uitval van kiemplanten kan veroorzaakt worden door *Fusarium* maar kan ook andere oorzaken hebben. Om dit te achterhalen kan de Biotoets gecombineerd worden met DNA-technieken die hierboven genoemd zijn. De oorzaak van het percentage afsterving van kiemplanten door *Fusarium* kan op deze manier achterhaald worden. Er zal dus gebruik gemaakt moeten worden van een combinatie tussen de Biotoets en DNA-technieken.

5.2.4 Vruchtwisseling

Vruchtwisseling is belangrijk om de bodem gezond te houden. Bedrijven en percelen die nog niet besmet zijn met bodemziekten, zoals witrot, *Fusarium* en stengelaaltjes, kan door een ruimte vruchtwisseling besmetting voorkomen worden, mits er voldoende hygiëne maatregelen genomen worden. Hierbij moet gedacht worden aan een teeltfrequentie met uingewassen (zoals zaaiuien, plantuien, picklers of zilveruien) van 1 op 5 of ruimer. Zolang er geen besmetting is opgetreden is de ui redelijk zelfverdraagzaam. De opbrengst in continueelt bleef in onderzoek 90% te zijn van de ui-opbrengst in rotatie. Op percelen waar, al is het maar sporadisch, witrot voorkomt moeten geen uien worden geteeld. Wanneer het perceel met *Fusarium* is aangetast kunnen er nog wel uien geteeld worden, omdat deze ziekte minder toeslaat onder goede teeltomstandigheden. De ziekte treedt voornamelijk op wanneer er omstandigheden zijn dat het gewas verzwakt is. Dit is wel afhankelijk van de besmetting in de bodem. Op gezonde percelen is de voorvrucht niet van groot belang voor de opbrengst. Witlof is een uitzondering, de opbrengst bleef 11% achter. Wel is de ui een gevoelig gewas voor structuurschade, het is daarom van belang om dit zoveel mogelijk te voorkomen in voorgaande teelten. Denk aan oogstomstandigheden van aardappelen, suikerbieten, knolselderij en witlof, slechte omstandigheden veroorzaken veel structuurschade in de bodem.

Gevolgen voor de uienteelt kunnen groot zijn, doordat het wortelstelsel van de ui zwak is. Opbrengstderving is het gevolg. De vruchtwisseling is dus zowel een preventieve als beheersingsmaatregel. Preventief omdat de besmetting van een perceel beperkt kan worden en beheersend omdat door een goede vruchtwisseling de aantasting op besmette percelen gereduceerd kan worden.

5.2.5 Uitgangsmateriaal

Het is van groot belang voor de telers dat uitgangsmateriaal vrij is van een Fusarium besmetting. Dit is voornamelijk voor telers van plantuien en zilveruien van belang, omdat zij plantmateriaal gebruiken als uitgangsmateriaal voor de teelt. In het verleden zijn al veel percelen besmet met Fusarium door besmet uitgangsmateriaal. Het is daarom van groot belang dat van te voren wordt vastgesteld dat het plantmateriaal vrij is van een Fusarium besmetting. In het verleden is er voornamelijk op uiterlijk duidelijk zichtbare kenmerken geselecteerd. Aangezien dit niet voldoende is wordt er gezocht naar andere manieren om het uitgangsmateriaal te detecteren op een besmetting. In 2006 zijn TNO en DLV Facet met een onderzoek gestart naar de beheersing van Fusarium in stek. In hun hypothese naar strategieën voor beheersing staat dat er gezocht moet worden in: sterilisatie en hygiëne, het gebruik van coatings en fungiciden, optimale teeltomstandigheden en Biocontrol (een systeem waarbij de Fusarium-infectie op biologische wijze wordt bestreden). Dit onderzoek loopt nog, dus zijn er nog geen eind conclusies beschikbaar.⁹ Dit onderzoek is gericht op Fusarium in stek, de verwachting is dat de uitkomsten gedeeltelijk ook meegenomen kunnen worden voor andere plantaardig uitgangsmateriaal zoals plantuien en zilveruien. Door PPO is onderzocht of ontwikkelingen van sorteertechnieken kan bijdragen aan een reductie van Fusarium op plantmateriaal. Door vroegtijdig ziekten in plantaardig uitgangsmateriaal te detecteren kan dit een bijdrage leveren aan een effectieve manier van het bestrijden van de ziekte. De ziekte kan in een beginstadium al gedetecteerd worden, ook als het nog niet aan de uiterlijke kenmerken te zien is. In 2003 en 2004 is onderzoek gedaan naar sorteerdors met UV-lasers die de besmetting kunnen detecteren.¹⁰ Met vervolg technieken en aanpassingen van de sorteerlijn is het dan mogelijk om gedetecteerd plantmateriaal uit te scheiden van schoon plantmateriaal. Dit is een oplossing om besmet plantmateriaal vrij te maken van Fusarium-besmetting. Mogelijk kan door verdere ontwikkelingen van de hierboven genoemde maatregelen in de toekomst een besmettingsvrije verklaring aan uitgangsmateriaal worden toegevoegd. Maatregelen op het gebied van uitgangsmateriaal zijn preventief, omdat besmetting wordt voorkomen.

5.3 Beheersing- en bestrijdingsmaatregelen

5.3.1 Resistente rassen

Er zijn rassen beschikbaar welke in meer of mindere mate tolerantie vertonen voor Fusarium. Het nadeel van deze rassen is dat ze in opbrengst achterblijven bij niet-tolerante rassen en dat de bewaarbaarheid geringer is. In 2002 en 2003 heeft PPO op verschillende locaties in Nederland proeven uitgezet op besmette percelen. De proeven zijn beoordeeld op aantasting tijdens het groeiseizoen en aantasting tijdens de bewaring. De rassen die in de proeven uitgezet zijn, zijn afkomstig van verschillende veredelaars: Summit (Bejo), Spirit (Bejo), Takmark (Takii), Exp. Takii, Mundial (Syngenta), Exp. Advanta, in 2003 is Recorra daar aan toegevoegd. De conclusie is dat duidelijk blijkt dat het ras Summit de minste tolerantie heeft. Gezien de uitval percentages in beide jaren, was het ras Takmark het meest tolerant en had de hoogste opbrengst in 2002. Dit onderzoek is nog maar over twee jaar genomen, toch is de bovenstaande conclusie representatief, omdat de groeiseizoenen veel verschil toonden en de verhouding tot het uitval percentage gelijk bleef.

⁹ <http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/nod/onderzoek/OND1330063/>

¹⁰ <http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/nod/onderzoek/OND1285047/>

5.3.2 Biologische grondontsmetting

Bodemgebonden ziekten en plagen kunnen met chemische grondontsmettingsmiddelen niet meer bestreden worden. Deze middelen zijn in Nederland niet meer toegelaten. Biologische grondontsmetting (BGO) is een methode, waarbij gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal verteert onder zuurstofloze omstandigheden. Vele moeilijk te bestrijden schimmels en aaltjes worden hierbij gedood. BGO heeft zich op proefveldschaal bewezen. Daarbij zijn items als grondsoort, ziektevering, onkruidbestrijding, plantpathogene combinaties, en effectiviteit van (afbreekbare) foliesoorten van groot belang. *Fusarium oxysporum*, belangrijk in o.a. de bloembollenteelt en –broei kan worden bestreden door BGO. Op een leliebroeibedrijf was in de kas het effect van BGO groter dan van chemische grondontsmetting. In het veld waren de effecten minder eenduidig. *Fusarium* kan in de aspergeteelt ook op deze manier bestreden worden (Meijer et al., 2002)¹¹. Omdat *Fusarium oxysporum* in bovenstaande gewassen bestreden kan worden met BGO, is de verwachting dat dit ook kan voor de uienteelt. BGO is echter een relatief dure methode die waarschijnlijk te kostbaar is voor de uienteelt. Door PPO is in 2004 een rapport geschreven over BGO. In dit rapport is een methode opgesteld welke belangrijke handelingen tijdens het hele proces plaatsvinden. Deze zijn te onderscheiden in zeven duidelijke stappen.

1. Vaststellen dat biologische grondontsmetting de beste methode is om te ontsmetten.
2. Telen van groenbemester (engels raaigras word veel gebruikt, ook andere raaigrassen of bijvoorbeeld *Tagetes* kunnen geschikt zijn, 40 ton/ha).
3. Onderwerken groenbemester; fijn verdelen door twee of drie werkgangen met freesmachine, eventueel afgewisseld met spitmachine. Er wordt in principe 20-30 cm diep ingewerkt, bij inwerken tot grotere diepte zal een grotere massa organische stof ingewerkt moeten worden. Als alternatief voor een geteelde groenbemester is het in theorie mogelijk om organisch materiaal aan te voeren; afvalmateriaal van veilingen, of elders geteelde groenbesters zijn dan opties. Er zal dan meer aandacht besteed moeten worden aan het verdelen van de massa in de bouwvoor, omdat materialen kunnen gaan "stropen". Met het aanvoeren is nog weinig ervaring opgedaan.
4. Aandrukken; het aandrukken van de toplaag na de grondbewerking zorgt voor een veel lagere hoeveelheid lucht, waardoor er zeer snel een zuurstofloze situatie ontstaat.
5. Beregenen; voldoende water is noodzakelijk om de verschillende processen in gang te zetten. 30-40 mm beregenen is maatstaf, op lemige gronden die droog zijn tijdens het onderwerken moet de bovengrens aangehouden worden.
6. Afdekken; de meeste proeven werden uitgevoerd met kuilfolie van Hermetix. In proeven met diverse folies in 2001 tot 2003 bleek Hytibarrier folie van Hyplast een evengoed tot beter resultaat te geven. Laatstgenoemde folie is dunner en kan met minder kosten worden opgebracht en afgevoerd. Het afdekken moet snel na het beregenen plaatsvinden, en bij grotere oppervlakten is het voorhanden zijn van voldoende personeel een voorwaarde. De teler moet er rekening mee houden dat de grensstrook van het afgedekte perceel (ongeveer 1 m breed) minder goed zal worden ontsmet. In veel gevallen zijn door gaten in de folie de resultaten van de ontsmetting minder goed. Er moet daarom op gelet worden dat bij het leggen geen gaten ontstaan, of dat de gaten direct worden gedicht. Ook gaten door vogels (kraaien en meeuwen) moeten worden gedicht.
7. Stoppen van de ontsmetting; door het afhalen van de folie wordt het proces stopgezet. Meestal wordt een periode van zes tot tien weken aangehouden. In een aantal gevallen bleek ook na drie weken voldoende ontsmettend effect. Hoe lager de temperatuur is geweest, hoe langer ontsmet moet worden. Ontsmetten in de periode tot eind september is goed mogelijk, ontsmetten in de winter is niet mogelijk vanwege de lagere temperaturen.

In de meeste gevallen is BGO tot nu toe uitgevoerd op zandgronden, leemhoudende zandgronden en kleigronden. De werking is hier over het algemeen goed. Zowel op zandgrond als op kleigrond zijn geen structuurproblemen waargenomen.

Er zijn verschillende methodes om het effect van de ontsmetting te meten. Allereerst kan worden gemeten hoe snel en hoe laag het zuurstofgehalte in de bouwvoor daalt. Ook kan het oxidatie en reductieproces (redoxpotentiaal) in de bodem worden gemeten. Deze methoden zijn voor telers minder geschikt. Het effect van een ontsmetting kan het best worden vastgesteld door bemonstering van het perceel na ontsmetten, en

¹¹ <http://library.wur.nl/artik/gewas/1638873.pdf>

de gegevens te vergelijken met een onbehandeld gedeelte of met de gegevens van voor de ontsmetting. De keuze voor de methode van grondontsmetting is afhankelijk van de problematiek. Een goede doding van *Fusarium* is over het algemeen wat moeilijker te bereiken dan bij sommige andere schimmels. Dit betekent dat de eisen aan de ontsmetting nog hoger zijn. In verschillende proeven werd 50-95% van de *Fusarium* schimmels gedood. Ziektekiemen die na de ontsmetting nog over zijn veroorzaken aantasting. Indien het gewas lang blijft staan, zoals bij asperges, dan kan de aantasting zich nog flink uitbreiden. Ook kan de *Fusarium* langs de wortels omhoog komen indien op grotere diepte onvoldoende ontsmet is. Er is nog geen onderzoek uitgevoerd naar hoe lang de lagere besmetting op het aspergegewas blijft voortbestaan. (Meijer en Lamers, 2004)¹²

5.3.3 Fysische grondontsmetting

De volgende fysische methodes voor het ontsmetten van de grond worden toegepast:

5.3.3.1 Stomen

Stomen kan relatief eenvoudig in bedekte teelten in de volle grond worden uitgevoerd. Buiten spelen weersomstandigheden een belangrijke rol. Verder kan op minder draagkrachtige gronden structuurbederf ontstaan bij gebruik van te zware machines. Op veengrond is de temperatuur moeilijk te realiseren door de grote hoeveelheid vocht in de grond, droge weersomstandigheden zijn extra belangrijk. Op zand- en kleigrond zijn al wel goede ervaringen opgedaan met het stomen. Buiten is het stomen onder droge omstandigheden bijna jaarrond toe te passen. Stomen heeft als voordeel ten opzichte van chemisch ontsmetten dat er geen wachttijd is na toepassing. Het is echter wel een dure methode. Door stomen kunnen alle pathogenen worden bestreden. Het effect van de bestrijding hangt sterk samen met de diepte waar de stoom goed kan doordringen. Die diepte hangt sterk af van de methode van stomen. Een goede werking wordt verkregen indien de grond minimaal één uur een temperatuur van 70°C heeft gehad. Er zijn vier methoden van stomen:

- stomen met onderdruk, hier wordt een goede ontsmetting verkregen tot grotere diepte (draindiepte);
- zeilstomen, een eenvoudige methode, werking tot 30 cm diep;
- injecteren, een geavanceerde methode waarbij de bewerkingdiepte en de rijsnelheid van de combinatie de ontsmettingsdiepte bepalen.

5.3.3.2 Verhitten

De afgelopen jaren zijn ervaringen opgedaan met een Engelse machine die de grond verhit. Op de voorzijde van de machine zit een freesmachine, die een grondlaag van 30 cm op een transportband gooit. Deze transportband voert de grond naar een lange trommel met schoepen. In deze trommel wordt de grond verhit, waarna het weer op de ondergrond teruggebracht wordt. Doordat de grond eerst op een zeefrek valt komen de grootste kluiten onderop en de fijne delen daar bovenop. De fijne delen zijn heter dan het binnenste van de grote kluiten. Voor één ha is 38 uur verhitting nodig.

5.3.3.3 Inundatie

In de bollenteelt is dit de belangrijkste methode van grondontsmetting. Inundatie is het onder water zetten van land met als resultaat bestrijding van bodemschimmels, aaltjes en enkele onkruiden zoals distel (*Cirsium*) en klein hoefblad (*Tussilago*). Als nadeel kan het uitspoelen van een deel van de nutriënten worden genoemd.

Voor zover bekend worden de volgende aaltjes bestreden; *Pratylenchus* soorten (wortelstompaaltjes), *Meloidogyne* soorten (wortelknobbelaaltjes), *Rotylenchus* (vrijlevende wortelaaltjes), *Ditylenchus* (o.a. stengelstompaaltjes), *Aphelenchoides* subtenus (krokusknolaaltjes) en *Globodera* (aardappelcysteaaltjes). Verschillende *Fusarium oxysporum* schimmels zijn ook met deze methode te beheersen (mondelinge mededeling J. Lamers).

¹² <http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1791126.pdf>

5.3.3.4 Solarisatie

Door gebruik van zonnewarmte en folie wordt in zuidelijke landen de temperatuur in de bouwvoor een aantal weken sterk opgevoerd. Temperaturen tot 50°C worden hierbij gerealiseerd. Verticillium is erg gevoelig voor deze temperatuurverhoging. In Nederland is de instraling onvoldoende om van deze methode gebruik te kunnen maken. (Meijer en Lamers, 2004)¹³

Het effect van deze verschillende fysische methodes op Fusarium is niet duidelijk, het is nog te weinig onderzocht en er is nog weinig over bekend. Wel staat in bovenstaande tekst dat door stomen alle pathogenen kunnen worden bestreden. Fusarium valt ook onder de pathogenen, omdat het een bodemschimmel is. De verwachting is dat deze methode ook zal werken op Fusarium. Ook inundatie bestrijdt bodemschimmels, hier is voornamelijk in de bollenteelt ervaring mee opgedaan. Op de ziekte Fusarium oxysporum zal deze maatregel ook effect hebben. Een groot nadeel van de hierboven genoemde methodes is dat de kosten erg hoog zijn. Zo zijn de kosten voor stomen €1,60 per m², dit is dus €16.000 per ha.

5.3.4 Ziektewerendheid van de bodem

De ziektewerendheid van de bodem hangt van verschillende factoren af. Zowel biotische als abiotische factoren spelen een rol bij de ziektewerendheid van de bodem. In het algemeen is hier weinig over bekend. Voor Fusarium is bekend dat het type klei in de bodem een rol kan spelen bij de ziektewerendheid (Höper et al., 1995). Hierbij speelde het ijzergehalte in de bodem ook een rol. Hoe minder ijzer er biologisch beschikbaar is, hoe beter de ziektewerendheid is. Dit komt doordat Fusarium oxysporum slecht om ijzer kan concurreren. Bodems die ziektewerend zijn tegen Fusarium hebben in het algemeen een hogere pH of Ca gehalte dan ziektegevoelige bodems. In onderzoeken kon niet direct aangetoond worden dat toediening van klei of kalk een betere ziektewerendheid gaf, pas na 6 maanden kon aangetoond worden dat een aantal biologische parameters positief gecorreleerd waren met de ziektewerendheid. Een hogere totale biomassa bacteriën zorgde voor een betere algemene ziektewerendheid. Daarnaast was in ziektewerende bodems de ademhaling van de microflora hoger na toevoeging van glucose aan de bodem. De microflora in ziektewerende bodems reageren sneller en sterker op toevoeging van glucose dan in ziektegevoelige bodems. Dit betekent dat competitie om glucose een grotere rol speelt in de ziektewerende bodems dan in de ziektegevoelige bodems. Door een tekort aan energie kunnen de sporen van de pathogene Fusarium niet tot kieming komen, waardoor de pathogene Fusarium beter in de bodem overleeft, maar niet schadelijk is voor het gewas. In de ziektegevoelige grond reageerde de microflora minder sterk op het toevoegen van glucose. Hoewel er weinig sporen van de pathogene Fusarium in de ziektegevoelige bodem overleven, kunnen ze door gebrek aan concurrentie met de rest van het bodemleven de planten sterk aantasten. (Amir en Alabouvette, 1993)¹⁴

5.3.5 Antagonisten

Op wikipedia wordt de definitie van een antagonist als volgt verwoordt: 'Een antagonist is een schimmel of bacterie, die ingezet kan worden bij de biologische bestrijding van plantenziekten. Deze organismen koloniseren de plant, waardoor er geen ziekteverwekkende organismen meer op de plant kunnen groeien.'¹⁵ In bodems die van nature ziektewerend zijn tegen Fusarium worden zowel niet-pathogene Fusarium soorten, als fluorescente Pseudomonas soorten waargenomen (Lemanceau et al., 1992). De niet-pathogene Fusarium oxysporum werkt antagonistisch tegen de pathogene vormen van Fusarium oxysporum, primair door middel van competitie om glucose. De fluorescente Pseudomonaden kunnen effectief werken om Fusarium te onderdrukken. De Pseudomonaden produceren eiwitten die ervoor zorgen dat ijzer uit de bodem makkelijker opgenomen kan worden door de plant. Op deze manier verliest Fusarium het in de competitie om ijzer. De niet-pathogene Fusarium oxysporum is minder gevoelig voor ijzercompetitie dan de pathogene Fusarium oxysporum soorten. Door de combinatie van Pseudomonaden met niet-pathogene Fusarium kan de ziektewerendheid van de bodem versterkt worden. (Lemanceau et al., 1993) Van deze

¹³ <http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1791126.pdf>

¹⁴ <http://orgprints.org/15035/01/2093.pdf>

¹⁵ [http://nl.wikipedia.org/wiki/Antagonist_\(landbouw\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Antagonist_(landbouw))

antagonisten zijn verschillende commerciële producten gemaakt. Larkin en Fravel (1998) hebben in een biotoets getest wat het effect is van het inoculeren van zaailingen van tomaat met verschillende antagonisten op het ziekteverloop, bij besmetting van een natuurlijke grond met *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*. Uit dit onderzoek bleek dat niet-pathogene vormen van *Fusarium oxysporum* en *Fusarium solani* de beste en meest betrouwbaar werkende antagonisten waren (tot 92% reductie van de ziekte). Andere antagonisten die gebruikt waren, zijn de isolaten *Gliocladium virens*, *Trichoderma hamatum*, *Pseudomonas fluorescens* en *Burkholderia cepacia*. Deze antagonisten zorgden voor een significante, maar minder consistente, ziekte onderdrukking (30-60%). Veel van deze isolaten zijn verkrijgbaar in commerciële producten. Hieronder worden deze in een tabel samengevat.

Tabel 1. Commerciële producten die worden gebruikt bij de beheersing van *Fusarium oxysporum* spp.

Commerciële naam	Antagonist	Bestrijding ziekte	Gewas	Ziekte onderdrukking	Literatuur verwijzing
SoilGard®	<i>Gliocladium virens</i> GI-21	<i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	Tomaat	62-68%	Larkin en Fravel, 1998
Trianium®	<i>Trichoderma harzianum</i> Rafai T-22	<i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	Tomaat	62-68%	Larkin en Fravel, 1998
Kodak®	Stammen van <i>Gliocladium virens</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> en <i>Meloidogyne incognita</i>	Katoen (coating van zaden)	Aantasting <i>Fusarium</i> sterk verminderen, hoeveel?	Zhang et al., 1996
Serenade®	<i>Bacillus subtilis</i> (QST 713)	<i>Fusarium oxysporum</i>	?	?	Cuijpers et al., 2008
SoilGard®	<i>Gliocladium virens</i> GL-21	<i>Fusarium oxysporum</i>	?	?	Cuijpers et al., 2008

5.3.6 Mycorrhiza

In 2008 is een proef uitgevoerd in de kas, in 2009 zal hier een vervolg aan gegeven worden. Vervolgens zal in 2010 en 2011 veldproeven gedaan worden. Tijdens dit onderzoek wordt gekeken naar het effect van mycorrhiza dat aan zaad of plantgoed is toegevoegd. Voor de kasproeven zal grond verzameld worden uit diverse regio's waar uien worden geteeld. Hierbij zal tevens het effect van de voorvrucht in de analyses worden meegenomen. Er zal gekozen worden voor twee uienrassen waaraan al dan niet extra mycorrhiza zal worden toegevoegd bij zaai of uitplanten. Ongeveer een maand na uitplanten zullen sporen van een *Fusarium*-isolaat aan de planten worden toegevoegd. Vervolgens zal bijgehouden worden hoeveel planten wegvallen tijdens het groeiseizoen en hoeveel rottende uienbollen er tijdens de oogst en na bewaring worden aangetroffen. Er is een no-go moment als na twee jaar kasonderzoek de hoeveelheid rottende bollen na bewaring niet significant lager is na toevoeging van mycorrhiza dan zonder deze schimmel. In dat geval zal geconcludeerd worden dat toevoegen van mycorrhiza aan de bodem geen perspectief heeft bij ui. Dit resultaat zal met de doelgroep worden gecommuniceerd. Als er significant minder rottende bollen gevonden worden na toevoeging van mycorrhiza zal het project in 2010 en 2011 in samenwerking met PPO-AGV meer richten op inoculatietechnieken voor grootschalige toepassing van mycorrhiza en op ziektevermindering van *Fusarium oxysporum* bolrot in ui. Hierbij zal ook rekening gehouden worden met de economische perspectieven van het gebruik van mycorrhiza.¹⁶

¹⁶

http://www.onderzoekinformatie.nl/en/oi/nod/nodinfo/muteren_gegevens/onderzoekmutatie/ondzform/inf orm?objectpath=/en/oi/nod/onderzoek/OND1331150

Conclusie

Op uien kunnen verschillende *Fusarium* soorten worden waargenomen. Algemeen wordt aangenomen dat *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* de belangrijkste veroorzaker van deze bodemziekte is. Het is een moeilijk te beheersen bodemschimmel. Of en in welke mate de schimmel aantasting veroorzaakt is erg seizoensafhankelijk. Allereerst is van belang dat in kaart gebracht wordt of *Fusarium* aanwezig is op het bedrijf. Dit is mogelijk met verschillende methoden, zoals DNA-technieken en de Biotests. Echter deze methoden moeten verder ontwikkeld worden voor praktijktoepassingen.

Als *Fusarium* niet aanwezig is, is het van groot belang dat besmetting voorkomen wordt. Dit kan door:

- Hygiëne maatregelen op bedrijfsniveau, denk aan de hygiëne van machines.
- Gebruik te maken van uitgangsmateriaal dat vrij is van *Fusarium*. Veel bedrijven en percelen zijn in het verleden al besmet door uitgangsmateriaal.
- Vruchtwisseling is ook van belang om de bodem gezond te houden. Bedrijven en uienpercelen die nog niet besmet zijn met bodemziekten, zoals witrot, *Fusarium* en stengelaaltjes, kunnen door een ruime vruchtwisseling besmetting voorkomen worden. Hierbij moet gedacht worden aan een teeltfrequentie met uien gewassen (zoals zaaiuien, plantuien, picklers of zilveruien) 1 op 5 of ruimer.

Wanneer *Fusarium* al wel aanwezig is op het bedrijf of op het perceel moet er gezocht worden naar mogelijkheden om het te beheersen. Ook dan is het van belang dat er eerst in kaart gebracht wordt hoe groot en op welke percelen de besmetting aanwezig is. Bij een besmet perceel kan gekozen worden om een resistent ras te zaaien. Van de onderzochte rassen had het ras Takmark de minste problemen met *Fusarium*. Het nadeel van dit resistente ras is echter dat de bewaarbaarheid geringer is. In het verleden waren er ook verschillende mogelijkheden om grondontsmetting als maatregel tegen *Fusarium* in te zetten. Door verscherpte wet- en regelgeving voor fungiciden is dit in Nederland niet meer mogelijk. Wel toegestaan is een biologische manier van grondontsmetting en verschillende manieren van fysische grondontsmetting.

Een goede beheersing van *Fusarium* is over het algemeen wat moeilijker te bereiken dan bij sommige andere schimmels. Dit betekent dat de eisen aan de ontsmetting nog hoger zijn. In verschillende proeven werd 50-95% van de *Fusarium* schimmels gedood. Naast deze maatregelen kan *Fusarium* ook bestreden worden door de ziekteverendheid van de bodem te verhogen, dit kan ook doormiddel van antagonist. In tabel 1 staan een aantal antagonist weergegeven die op de markt zijn als commercieel product met een werking tegen *Fusarium*. Of deze commerciële producten werken op *Fusarium oxysporum f.s. cepae* onder Nederlandse omstandigheden is nog niet onderzocht. Of de schimmel Mycorrhiza effect heeft op *Fusarium* in ui is nog niet bekend, door onderzoek wordt dit verder uitgezocht.

In Nederland kan *Fusarium* in uien dus niet bestreden worden. Hiervoor zijn geen middelen toegelaten. De enige mogelijkheid is om de ziekte te voorkomen. Dit kan door hygiëne maatregelen, gebruik maken van gezond uitgangsmateriaal, toepassing van ruime vruchtwisseling en verhoging van de ziekteverendheid van de bodem.