P13 T R
2001 1x
330618.10

Relatie bemesting en plantpathogene schimmels

Literatuurinventarisatie (stikstof)bemesting en schimmelinfecties in bloembollenteelt

J.A.A. van Zuilichem (auteur), J.E. van den Ende & A.M. van Dam
Intern verslag / Project 330618-10

PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

WAGENINGEN UR

PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

BIBLIOTHEEK
PPO sector Bloembollen
Postbus 85
2160 AB Lisse
0252 462121

Relatie bemesting en plantpathogene schimmels

Literatuurinventarisatie (stikstof)bemesting en schimmelinfecties in bloembollenteelt

J.A.A. van Zuilichem (auteur), J.E. van den Ende & A.M. van Dam
Intern verslag / Project 330618-10

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Bloembollen
November 2001

PPO .....

WAGENINGEN UR

2284792

© 2001 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 is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Ministerie van Landbouw, natuur en Visserij
Provincie Noord-Holland

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Bloembollen

Adres	:	Bornsesteeg 47, Wageningen
	:	Postbus 167, 6700 AD Wageningen
Tel.	:	0317 - 47 83 00
Fax	:	0317 - 47 83 01
E-mail	:	info@ppo.dlo.nl
Internet	:	www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting 3

1 Inleiding 5
1.1 Introductie 5
1.2 Probleemstelling 5
1.3 Opzet literatuurverkenning 6

2 Het begrip plantgevoeligheid 7
2.1 Resistentieniveau van de plant 7
2.2 Productie van afweerstoffen door planten 8
2.2.1 Theorieën met betrekking tot weerstand van planten 8
2.2.2 Productie van afweerstoffen 9
2.2.3 Rol van C/N-balans in de productie van 'afweerstoffen' 9
2.2.4 Trophobiose-theorie 12

3 De rol van bemesting in afweersysteem plant 13
3.1 Algemeen 13
3.2 Micro- en macro-elementen en resistentieniveau plant 13
3.2.1 Stikstof 14
3.2.2 Fosfaat 15
3.2.3 Kalium 15
3.2.4 Calcium 16
3.2.5 Chloride 17
3.2.6 Magnesium, mangaan en overige spoorelementen 17
3.3 Bemesting en pH-effect 17
3.4 Belang van evenwichtige balans nutriëntenaanbod 18

4 Beheersing van schimmelziekten met aangepaste bemesting 19
4.1 Achtergrond 19
4.2 Onderscheid obligate en facultatieve parasieten 19
4.3 Rol van nutriëntenaanbod en optreden bodemziekten 20
4.3.1 Fusarium oxysporum 20
4.3.2 Verticillium 22
4.3.3 Pythium 25
4.3.4 Botrytis spp. 25
4.4 Onderzoek aan granen 26
4.4.1 Bodemziekten 26
4.4.2 Bovengrondse aantastingen 28

5 Bemesting en schimmels in bloembolgewassen 31
5.1 Lelie 31
5.1.1 NBS versus conventionele bemesting 33
5.1.2 Discussie en conclusies 33
5.2 Narcis en hyacint 35

5.3 Gladiool 35
5.4 Tulp 38
5.5 Overige bloembolgewassen 38
5.5.1 Krokus 38
5.5.2 Zantedeschia 40
5.5.3 Anemone coronaria 40
5.5.4 Knolbegonia 41
5.5.5 Frittilaria imperialis 42

6 Samenvatting, discussie en conclusies 43
6.1 Algemene bevindingen 43
6.1.1 Algemeen 43
6.1.2 Fusarium 43
6.1.3 Verticillium 43
6.1.4 Pythium 43
6.1.5 Botrytis spp. 44
6.2 Relevantie voor bloembolgewassen 44
6.2.1 Lelie 44
6.2.2 Gladiool 44
6.2.3 Krokus 44
6.2.4 Knolbegonia 44

Literatuur 47

Bijlage 1: Effect van kalium op insecten en mijten 1

Bijlage 2a: Overzichtstabel effect stikstofbronnen op schimmelziekten 2

Bijlage 2b: Overzichtstabel effect stikstofbronnen op schimmelziekten (CAB) 3

Bijlage 3: Macro- en micro-elementen en weerstand 5

Bijlage 4: Verticillium CAB-abstracts 7

Bijlage 5: Pythium CAB-abstracts 9

Bijlage 6: Botrytis CAB-abstracts 11

Bijlage 7: Aanvulling literatuur bemesting – schimmelziekten 15

Samenvatting

Het primaire doel van het toedienen van meststoffen is om een hogere opbrengst en kwaliteit van het gewas te verkrijgen. Deze meststoffen kunnen echter onverwachte neveneffecten hebben op de groei, overleving en agressiviteit van ziekten en plagen en/of gastheertolerantie voor betreffende ziekte of plaag. Binnen het project 618-1 is een literatuurverkenning uitgevoerd waarbij getracht is een overzicht te geven van de mogelijke effecten van (stikstof)bemesting op de relatie plant-schimmel. Daarbij is breed gekeken naar andere teelten dan de bloembollenteelt, maar daarnaast is ook de relevantie voor de bloembollenteelt getrokken.

Uit de beschikbare informatie over het effect van de verschillende voedingselementen op schimmelziekten konden slechts enkele algemene conclusies getrokken worden. Het merendeel van de informatie is gevonden bij bodemgebonden pathogenen. In een aantal gevallen bleken de resultaten tegenstrijdig; in een aantal gevallen leek de beschikbare informatie echter vrij consistent te zijn. De uitspraken zijn zowel gebaseerd op grond van veld- en kasproeven als aan de hand van beredeneringen en theoriën.

Voor de gewassen lelie, gladiool, krokus, *Anemone coronaria* en knolbegonia is in het verleden een (zwakke) relatie gevonden tussen stikstofbemesting en aantasting door *Fusarium oxysporum*. Voor gladiool en knolbegonia is deze relatie meerdere opeenvolgende proefjaren teruggevonden. In de literatuur is enkele malen gesuggereerd dat een hoge stikstofgift een groter risico voor een aantasting door *Botrytis* geeft, maar dit is zelden specifiek onderzocht of teruggevonden bij bloembolgewassen als nevenverschijnsel in proeven met bemestingstrappen.

Omdat uit de literatuurverkenning is gebleken dat de relatie bemesting en ziekteverloop vaak erg gewas- en pathogeenspecifiek is, zou voor meer inzicht voor bloembolgewassen dit per gewas bestudeerd moeten worden. Het lijkt erop dat bij de meeste bloembolgewassen, binnen de in de praktijk toegepaste bemestingsmarges, de bemesting op zichzelf meestal niet de doorslaggevende factor is in de mate van aantasting door schimmels.

1 Inleiding

1.1 Introductie

Het primaire doel van het toedienen van meststoffen is om een hogere opbrengst en kwaliteit van het gewas te verkrijgen. Deze meststoffen kunnen echter onverwachte neveneffecten hebben op de groei, overleving en agressiviteit van ziekten en plagen en/of gastheertolerantie voor betreffende ziekte of plaag (Taisy, 1976, Bockman et al., 1974; Chaboussou, 1987; Engelhard, 1989). Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan bodemgebonden pathogenen, zoals bepaalde schimmels en bacteriën, maar ook aan stekende en zuigende insecten (luizen, tripsen), mijten, mineerders en schimmel- en bacterieziekten op bovengrondse plantendelen (Bijlage 1).

Over het algemeen geldt dat bij een toenemende stikstofgift het gehalte aan oplosbare stikstof en aminozuren in het plantensap toeneemt. Hoe hoger deze gehaltes zijn, des te beter kunnen pathogenen zich vermeerderen in en op de plant. Enkele voorbeelden van bacterieziekten waarbij een relatie is aangetoond tussen stikstofbemesting en een hogere gevoeligheid van de plant voor een infectie zijn *Erwinia*, *Pseudomonas* en *Rhizomonas*. Het effect van bemesting is soms afhankelijk van de vorm waarin stikstof aangeboden wordt. Bijvoorbeeld een aantasting door *Erwinia* in *Chrysanthemum* is zwaarder bij hoge giften aan $(NH_4)_2SO_4$ dan bij hoge giften aan $Ca(CO_3)_2$ en NH_4NO_3. Bij de bodembacterie *Rhizomonas suberifaciens* in sla blijkt er echter weer weinig verband te bestaan tussen stikstofgift en mate van aantasting, onafhankelijk van de vorm waarin het toegediend wordt (Van Bruggen et al., 1991). Voor stekende en zuigende insecten en mijten geldt hetzelfde; deze plaagorganismen zouden zich aangetrokken voelen tot planten, waarvan het sap een hoog gehalte aan makkelijk opneembare stikstof cq. aminozuren bevat (Chaboussou, 1987). Voorbeelden van enkele schimmelziekten, waarbij een hoge stikstofgift een zwaardere aantasting aan het gewas kan geven, zijn *Erysiphe graminis* (meeldauw) in tarwe (Bockman & Partsch, 1974) en *Verticillium dahliae* in tomaat (Engelhard, 1989).

Voorafgaande bevindingen worden nu wel erg algemeen gesteld. Vanwege de complexiteit in wisselwerkingen tussen plant, groeistadium plant, milieufactoren en pathogenen, bestaan er echter nog vele hiaten op het gebied van bemesting en het al dan niet voorkomen van ziekten en plagen. Vaak worden in onafhankelijke proeven met hetzelfde gewas en plaagorganisme tegenstrijdige resultaten gevonden, waardoor het veralgemeniseren van resultaten bemoeilijkt wordt (zie overzichtstabellen bijlage 2).

1.2 Probleemstelling

In de praktijk van de bloembollenteelt doet zich steeds vaker het gerucht de ronde dat een toenemende stikstofbemesting een schimmelaantasting in het gewas in de hand werkt. Zo zijn een aantal telers van mening dat ze door het Stikstof-Bjimest-Systeem (NBS) in een aantal gevallen niet minder, maar meer stikstof strooien dan voorheen. Meer stikstof geeft in hun ogen meer aantasting door zuur (*Fusarium oxysporum*).

In proeven bij het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (nu: PPO Sector Bloembollen) bleek dit echter moeilijk terug te vinden. Alleen bij extreem hoge giften is er wel eens meer aantasting op schimmelziekten als *Fusarium* waargenomen. Bij lelies blijkt er niet zozeer een verband te zijn tussen hoge stikstofgift en meer vuur, maar wel dat bij een lage stikstofgift een ander vuurbeeld verkregen zou worden vergeleken met een hogere stikstofgift.

In het kader van het project 618-1 is in 2001 een literatuurverkenning uitgevoerd, waarbij de relatie tussen bemesting en plantgevoeligheid voor schimmelziekten is onderzocht. Doel hiervan was om na te gaan wat er al bekend is omtrent de relatie bemesting-gewasgevoeligheid voor schimmels en in hoeverre dit relevant kan zijn voor de bloembollenteelt.

In de verkenning is gekeken naar schimmelgeslachten die in de bloembollenteelt belangrijk zijn. Literatuurgegevens over de relatie tussen stikstofbemesting en schimmelaantasting in (bloem)bolgewassen zijn schaars en veelal summier. Desalniettemin is in deze literatuurverkenning getracht om een overzicht te geven van de mogelijke effecten van (stikstof)bemesting op de relatie plant – schimmel in zijn algemeen en de relevantie voor de bloembollenteelt in het bijzonder.

1.3 Opzet literatuurverkenning

Allereerst zal enige achtergrondinformatie gegeven worden omtrent het resistentieniveau van de plant en welke factoren hierin een rol kunnen spelen (hoofdstuk 2), Daarna wordt uitgebreider ingegaan op de rol van bemesting op de gevoeligheid van de plant voor aantastingen (hoofdstuk 3), Voor een aantal belangrijke voedingselementen wordt besproken wat hun rol kan zijn in de beheersing van ziekten. In hoofdstuk 4 wordt voor enkele belangrijke schimmelziekten beschreven op welke wijze ze mogelijkerwijs te beheersen zijn. De nadruk ligt daarbij op de bodemgebonden pathogenen, omdat hier de meeste gegevens van beschikbaar zijn. In de bloembollenteelt is zeer weinig onderzoek gedaan naar de relatie bemesting en ziekten in het gewas. In hoofdstuk 5 volgt voor de belangrijkste gewasgroepen de stand van zaken. In het laatste hoofdstuk wordt de relevantie van gevonden literatuurgegevens besproken voor bloembolgewassen.

2 Het begrip plantgevoeligheid

2.1 Resistentieniveau van de plant

De weerstand van een plant tegen ziekten en plagen wordt door een aantal factoren beïnvloed, zoals:

- Ontwikkelingsstadium van de plant (planthabitus, bloeistadium etc.),
- Leeftijd van het plantenorgaan, zoals blad, stengel, knol etc.,
- Genetisch bepaalde eigenschappen (bladbeharing, vroege opkomst van gewas etc.),
- Klimaat (temperatuur, geografische breedteligging, daglengte),
- Bodem (microflora en -fauna, nutriëntenaanbod etc.).

Aan de hand van enkele voorbeelden worden een aantal van deze punten kort toegelicht.

Ontwikkelingsstadium plant
Rond de bloei van een plant vindt er transport van aminozuren en andere opbouwstoffen plaats naar de generatieve plantendelen. In de bladeren wordt onder meer eiwit afgebroken tot aminozuren, zodat ze via het plantensap door de plant vervoerd kunnen worden. Hierdoor verandert in de bladeren de verhouding eiwit/koolhydraten (N/C). Deze verandering in stofwisselingshuishouding kan een plant gevoeliger maken voor ziekten en plagen (Chaboussou, 1987).

Temperatuur en luchtvochtigheid
Bij wijnrank is onderzocht welke invloed de luchtvochtigheid speelt op het metabolisme van de plant. Het bleek dat in planten die bij een hoge luchtvochtigheid stonden een relatief hoog gehalte aan oplosbare koolhydraten bevatten. Tevens was dat het aandeel aan stikstof- en fosforverbindingen erg hoog. Dit is een situatie waarin sporen van bijvoorbeeld valse meeldauw worden begunstigd. Ook de temperatuur speelt hier een rol, zowel direct op de ontwikkeling van de schimmel als indirect op de stofwisseling van de bladeren. Wanneer een blad gedurende de nacht afkoelt, neemt de verhouding oplosbare suikers/zetmeel toe. Tevens wordt een verhoogd gehalte aan oplosbare stikstof- en fosforverbindingen gevonden. De schimmelsporen kiemen het beste bij een temperatuur tussen de 9 en 10°C. Dit verklaart waarom een infectie van meeldauw meestal in de vroege ochtend plaatsvindt; rond dit tijdstip is het gehalte aan oplosbare koolhydraten en stikstofverbindingen het hoogst en is de temperatuur en RV gunstig (Chaboussou, 1987).

Leeftijd van het blad
Omdat de samenstelling en verhoudingen aan oplosbare stoffen bij jonge en oude bladeren van elkaar verschillen, worden door bepaalde schimmels vooral de jonge bladeren geïnfecteerd, terwijl andere schimmels juist een voorkeur hebben voor oudere bladeren (Chaboussou, 1987).

Geografische breedteligging en daglengte
De invloed van de geografische breedteligging en de daglengte op de weerstand van cultuurplanten tegen ziekten is vrij vaak beschreven. Zo vertoonde een bepaalde maïscultivar een toenemende gevoeligheid voor *Diplodia zea* van het noorden naar het zuiden binnen Noord-Amerika. De oorzaak lag in de kortere daglengte in de zuidelijke regionen. Hetzelfde kwam naar voren bij de aardappelcultivar 'Sebago'. Bij kortere daglengte in Florida is deze aardappel zeer gevoelig voor *Phytopthora infestans*, terwijl dit gewas in Maine (noordelijker gelegen) zeer ongevoelig is voor deze schimmelziekte. De verklaring voor dit verschijnsel wordt gezocht in de biochemische toestand van de plant. Enkele onderzoekers hebben aangetoond dat het gehalte aan aminozuren in plantenweefsel van pepermunt (*Mentha piperita*) onder meer afhangt van de daglengte. Bij afnemende daglengte stijgt de eiwitafbraak en met name het gehalte aan asparginezuur neemt toe. Deze verbinding is een belangrijke voedingsstof voor veel (pathogene) schimmels. Bij toenemende daglengte stijgt de eiwitsynthese en neemt het gehalte aan oplosbare stikstofverbindingen af.

Het gehalte aan glutaminezuur neemt toe. Naast de daglengte bleek de verhouding K/Ca in het nutriëntenaanbod een belangrijke rol te spelen in de eiwitsynthese en –afbraak (Chaboussou, 1987).

Bodem
Bij de invloed van de bodem liggen zowel chemisch-fysische als biologische factoren ten grondslag. De zuurgraad van de bodem is bijvoorbeeld van invloed op de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Enkele onderzoekers ontdekten dat bij een hoge pH van de bodem een grotere aantasting door meeldauw opleverde in het gewas en bij lage pH de aantasting gering was. Tegelijkertijd vonden zij in het plantenweefsel hogere gehaltes aan mangaan bij een lagere pH van de bodem. Een ander voorbeeld leverde een onderzoek aan rijst op. Het bleek dat rijst een verhoogde weerstand tegen de schimmel *Piricularia oryzae* bezat, wanneer het gewas op vulkanische bodem werd geteeld. Dit hing naar alle waarschijnlijkheid samen met het verhoogde gehalte aan bepaalde spoorelementen in deze gronden, zoals koper en mangaan (Chaboussou, 1987). Daarnaast is de samenstelling van de microflora en –fauna belangrijk in verband met de aanwezigheid van voldoende antagonisten.

Bij onderzoek aan het gewas tomaat werd gekeken in welke mate grond afkomstig van biologische bedrijven een onderdrukkende werking had op de bodemschimmel *Pyrenochaeta lycopersici* (veroorzaker van zogenaamde kurkwortels). Daartoe werden grondmonsters genomen van een aantal biologische en gangbare kwekerijen. De verschillende monsters werden vervolgens besmet met verschillende dichtheden aan microsclerotia van *P. lycoperisici* en ingezaaid met tomatenzaad. Het bleek dat het toevoegen van hoge dichtheden inoculum aan *P. lycoperisici* bij grond van biologische bedrijven minder zware aantasting gaf bij de plantjes vergeleken met plantjes welke in grond van gangbare bedrijven stonden. Dit onderscheid was het sterkst te zien in de grondmonsters die in de herfst waren genomen en het kleinst in grondmonsters die in het voorjaar waren genomen. Deze resultaten gaven de indicatie dat deze biologische grond een natuurlijke onderdrukkende werking had op *P. lycopersici* door een actiever bodemleven (Workneh & Van Bruggen, 1994).

2.2 Productie van afweerstoffen door planten

2.2.1 Theorieën met betrekking tot weerstand van planten

Er zijn in het verleden verschillende theorieën naar voren gebracht omtrent het verband tussen nutriëntenaanbod en verdediging van de plant. Deze theorieën geven mogelijke verklaringen waardoor het resistentieniveau van de plant beïnvloed kan worden. Als belangrijkste worden genoemd:

- de synthese en beschikbaarheid van aminozuren en koolhydraten,
- de opbouw van fenolverbindigen.

Fenolverbindingen en een laag niveau aan aminozuren in het plantensap remmen de groei en vermeerdering van het pathogeen. Een ongebalanceerde voedselvoorziening voor de plant kan, daarentegen, tot een stijging van onbenutte oplosbare voedingsstoffen leiden. Dit zou weer gunstig zijn voor de ontwikkeling van pathogenen (Chaboussou, 1987).

In deze theorieën wordt vaak een mengeling van factoren aangedragen. Soms vullen ze elkaar aan en soms spreken ze elkaar tegen. Zo wordt door een aantal onderzoekers gesteld dat een plant in staat is om toxische stoffen te produceren wanneer een schimmel probeert binnen te dringen. Anderen beweren dat de productie van deze zogenaamde 'afweerstoffen' simpelweg het gevolgd is van een verandering in de stofwisseling van de plant, welke op zijn beurt weer het gevolg is van een ongebalanceerde bemesting. Vaak is uit onderzoeksresultaten niet te achterhalen of het verhoogde gehalte aan fenolen en andere verbindingen het gevolg is van een bepaald bemestingsregime of dat deze het directe gevolg is van een reactie van de plant op de aanwezigheid van een pathogene schimmel. Een laag stikstofniveau in de bodem en een schimmelinfectie zijn namelijk twee stress-factoren bij planten die kunnen leiden tot veranderingen in het metabolisme van de plant. In een onderzoek aan *Rumex obtusifolius* (zuring) werd gevonden dat een

stikstoftekort tot een lager gehalte aan fenolen in de plant leidde. Een aantasting door de roestschimmel *Uromyces rumicis* had een vergelijkbaar effect in de plant. Een combinatie van beide factoren versterkte het effect (Hatcher & Ayres, 1998).

2.2.2 Productie van afweerstoffen

Aangetaste planten zouden in staat zijn om toxische substanties, zogenaamde phytoalexinen, te produceren om de indringer af te weren. Een voorbeeld van een phytoalexine zijn fenolen (Chaboussou, 1987). De mogelijkheid van planten om stoffen te produceren die een antimicrobiële werking hebben, wordt waarschijnlijk sterk beïnvloed door milieufactoren. Fenolachtige verbindingen in planten zouden een rol kunnen spelen in het afweermechanisme van de plant tegen schadelijke micro-organismen. Er is echter nog weinig bekend over de rol die deze stoffen spelen in de interactie tussen plant en pathogeen. Enkele voorbeelden van een plantengeslachten waarbij werking van fenolachtige verbindingen is aangetoond of wordt verwacht, zijn wilg (*Salix*), berk (*Betula pendula* Roth) en populier (*Populus*) (Hakulinen, 1998).

Onrijpe druiven zijn ongevoelig voor een aantasting door *Botrytis cinerea*. De lage pH in onrijpe druiven (*Vitis vinifera* L.), veroorzaakt door organische zuren, zou er voor zorgen dat *B. cinerea* latent aanwezig is op onrijpe vruchten en pas in een later rijpingsstadium toeslaat. Ruw sap van onrijpe druiven blijkt een hoge mate van remming van schimmelactiviteit (anti-schimmelwerking) te hebben door het hoge gehalte aan glycolzuren en pterostilbene (Pezet, R. & V. Pont, 1989).

2.2.3 Rol van C/N-balans in de productie van 'afweerstoffen'

Wanneer er een tekort ontstaat aan een bepaald nutriënt, welke als limiterende factor gaat werken in de groei van de plant, dan kan er in het plantenweefsel een ophoping ontstaan aan koolhydraten. De combinatie van groeiremming en ophoping van koolhydraten zou er toe leiden dat de overvloedige koolhydraten in de plant omgezet worden in secundaire metabolieten, zoals fenolen en terpentine-achtige stoffen. Het macronutriënt welke een grote invloed zou hebben op de koolstof/nutriënten-balans in de plant, en als gevolg daarvan op het gehalte aan secundaire metabolieten, is stikstof. Bij *Betula pendula* en *Populus* is waargenomen dat bij een bemesting met stikstof de weerstand tegen schimmelinfecties afneemt. Er is echter niet vastgesteld of dit het gevolg was van veranderingen in gehaltes aan secundaire metabolieten geïnduceerd door de stikstofbemesting (Hakulinen, 1998).

Er wordt door verschillende plantpathologen getwijfeld aan de giftigheid van fenolen. Bij maïs is bekend dat de mate van resistentie tegen bladvlekkenziekte niet op de aan- of afwezigheid van bepaalde toxische stoffen is terug te voeren. Voor boon (*Phaseolus vulgaris*) geldt hetzelfde voor grauwe schimmel (*Botytis cinerea*) (Chaboussou, 1987). Volgens de zogenaamde trophobiose-theorie moet de verklaring voor de gevoeligheid van maïs tegenover bladvlekkenziekte vooral gezocht worden in de *verhouding* N/fenolen. Hoe meer oplosbare stikstofverbindingen (aminozuren) in de plant voor handen zijn, des te gevoeliger is deze voor belagers.

Andere onderzoekers beredeneren vanaf de andere kant. Volgens hen komt een ophoping van fenolen in combinatie voor met een verhoogd gehalte aan zetmeel- en eiwitverbindingen. Dit duidt weer op een verhoogde stofwisseling van de plant. Een verhoogde stofwisseling kenmerkt zich met een verhoogde eiwitsynthese en een minimum aan oplosbare voedingsstoffen. Deze reactie van de plant moet tot doel hebben om aan de pathogenen weerstand te bieden. De aanmaak van phytoalexinen speelt voor de ene plant een belangrijkere rol in het afweermechanisme dan bij de andere. Deze rol kan liggen in een antimicrobiële werking, een verandering in celwandstructuur van de plant of een bepaalde uitwerking van deze stoffen op het voedingsmechanisme van de pathogeen (Chaboussou, 1987).

Dat er wel degelijk een effect kan zijn van nutriënten en de productie van mogelijke afweerstoffen in de plant is gezien bij wilg. Zo hebben studies aan *Salix myrsinifolia* laten zien dat het gehalte aan fenolachtige verbindingen in de plant afhangt van het genotype en milieufactoren. Een belangrijke milieufactor in dit verband is de beschikbaarheid van stikstof. In een veldexperiment met deze wilgensoort werd tevens een verband aangetoond tussen het gehalte van enkele fenolachtige stoffen en de mate van infectie door de roestschimmel *Melampsora* sp. (Hakulinen, 1998).

Hakulinen (1998) heeft later in een kasproef bij verschillende klonen van wilg het effect bestudeerd van stikstofbemesting in combinatie met infectie door de roestschimmel *Melampsora* sp. op het fenolgehalte in de plant. In een experiment werd aan een groep planten een lage stikstofgift en een andere groep planten een optimale stikstofmestgift gegeven en vervolgens kunstmatig besmet met roestschimmel. Vervolgens is gekeken naar een mogelijke relatie tussen het fenolgehalte van de plant en de mate van schimmelaantasting. Het bleek dat in planten die een lage stikstofgift hadden gekregen, een significant hoger gehalte aan fenolachtige stoffen werd teruggevonden. Er werd echter geen verschil gevonden tussen de mate van schimmelinfectie bij de twee verschillende stikstofniveaus. In tegenstelling tot de veldexperimenten, kon in dit experiment geen verband aangetoond worden tussen gehaltes aan fenolen en de mate van gevoeligheid van de plant voor schimmelinfectie. Een mogelijke verklaring werd gezocht in het feit dat het een kasproef betrof. Mogelijk dat, naast de stikstofbemesting, de kasomstandigheden tijdens de opkweek van de planten een invloed hebben gehad op de fenolproductie.

Bij onderzoek aan tarwe bleek dat het toedienen van grote hoeveelheden stikstofbemesting een afname in fenolgehalte gaf in de bladeren van het gewas (tabel 1). Hetzelfde verschijnsel werd waargenomen bij rijst. Bij planten welke stikstofbemesting hadden gekregen, werden minder enzymen gevonden die verantwoordelijk zijn voor de synthese van fenolverbindingen. De stikstofbemesting zou niet alleen de hoeveelheid fenolen in de plant beïnvloeden, maar ook de toxiciteit ervan. In een *in-vitro*-test is aangetoond dat bij een toename van de verhouding oplosbare N/fenolverbindingen de polyfenolen minder toxisch zijn voor pathogene schimmels.

Tabel 1: Effect van hoge stikstofgift in de vorm van NH_4NO_3 op het gehalte aan fenolen in bladeren van verschillende cultivars van tarwe

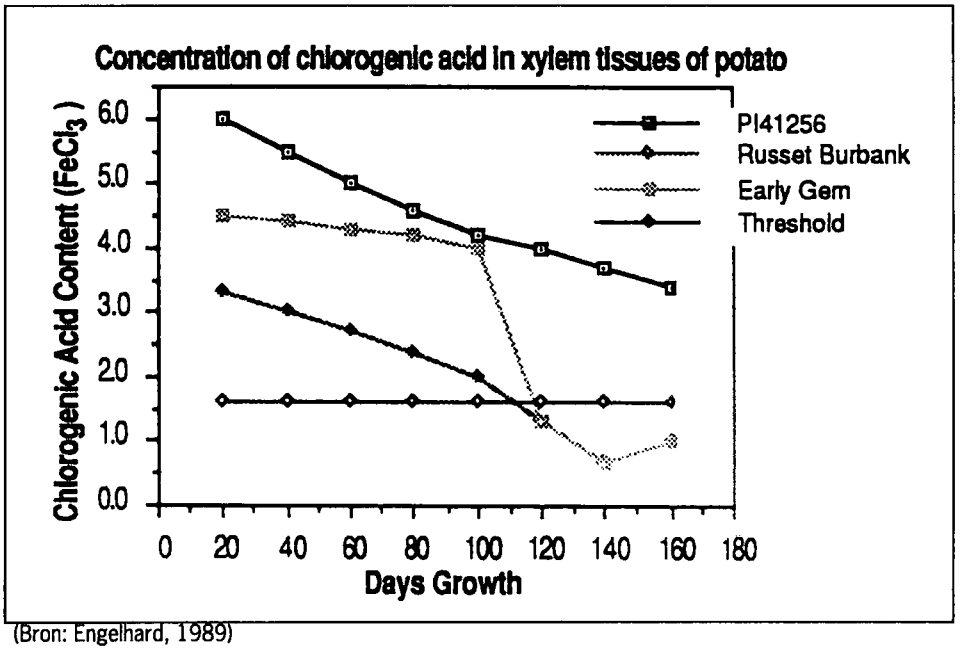
Cultivar van tarwe	**Totaalgehalte aan fenolen in mg/ 110 g droge stof**			
	Bij zaailing		**Bij maximum gewashoogte***	
	Controle	***N-bemesting***	***Controle***	***N-bemesting***
R23 Hungarian	114	85	180	105
Red Coat	-	-	165	93
Chinese P61-110.5b-4	-	-	186	114

(Bron: Taisy, 1976, origineel van Kirùly, 1964)

*): The flag leaf and the next leaf below the flagl eaf was used for determination of the phenolic content.

Bij tomaat is onderzocht wat de relatie is tussen C/N-ratio en vatbaarheid van het gewas voor *Botrytis cinerea* (Hoffland *et al*, 1999). Uit dit onderzoek bleek dat planten met een hoge C/N-ratio (lage N-bemesting) 2,5 keer meer gevoelig waren voor een aantasting door deze schimmel vergeleken met planten met een lage C/N-verhouding (hoge N-bemesting). Opvallend genoeg werd in bladeren met een hoge C/N-verhouding meer alfa-tomatine gevonden dan in bladeren met een lage C/N-verhoudin en was het gehalte aan oplosbare koolhydraten in het plantenweefsel hoger. Alfa-tomatine wordt gezien als een soort beschermstof welke de weerstand van tomaat verhoogd tegen schimmelinfecties. Het gehalte aan deze stof in het plantenweefsel zou sterk gerelateerd zijn aan het stikstofgehalte van de plant.

Mangaan heeft een belangrijke functie in het metabolisme van fenolen en ligninen. Stikstof kan een tegengestelde werking hebben ten opzichte van mangaan. Bij een onderzoek aan *Verticillium* in aardappel bleek een duidelijke invloed van de vorm waarin stikstof toegediend werd. Nitraat blokkeerde de synthese van fenolen en versnelde het ziekteverloop, terwijl ammonium de symptomen van de ziekte juist uitstelde. Een andere factor is de genetische samenstelling van een plant. Een voorbeeld van het effect van stikstofbemesting op het fenolgehalte en gevoeligheid voor *Verticillium* bij verschillende cultivars van aardappel is gegeven in figuur 1.

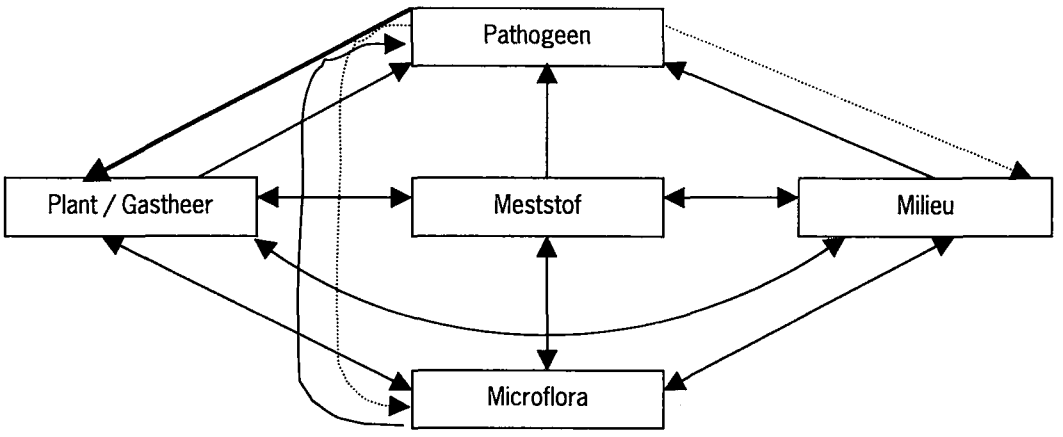


(Bron: Engelhard, 1989)

Fig.1: *Effect van cultivar, stikstofbemesting en groeistadium van de plant op het gehalte aan $FeCl_3$ (soort fenolverbinding) in het xyleem van aardappel en de mate van weerstand tegen Verticillium*
Bij 'treshold' is de drempelwaarde van het fenolgehalte aangegeven waarbij Verticillium nog geblokkeerd wordt.De sterke daling aan fenolgehalte bij Early Jem en Ruset Burbank komt overeen met het tijdstip waarop de eerste symptomen van Verticillium zijn gezien in het gewas. De resistente cultivar P141259 houdt het fenolgehalte gedurende het hele groeiseizoen boven de drempelwaarde (ongepubliceerd onderzoek van Watson en Huber).

2.2.4 Trophobiose-theorie

De trophobiose-theorie zegt dat parasieten afhankelijk zijn van de voedingsstoffen die door de plant aangeboden worden. Hierbij zouden planten(weefsels) met een verhoogd gehalte aan oplosbare koolhydraten en stikstofverbindingen gevoeliger zijn voor parasieten. Volgens deze theorie zou bemesting een belangrijke rol spelen in de mate waarin een plant weerstand kan bieden tegen belagers. De veronderstelling dat met bemesting ziekten in de hand gehouden kunnen worden, is niet zo verwonderlijk. Zoals al in het begin van dit hoofdstuk is aangegeven, ligt er een complex van interacties ten grondslag aan de mate waarin een ziekte zich kan manifesteren in een gewas. Het geheel is samengevat in figuur 2.



Figuur 2: Interactie tussen plant, pathogeen, bemesting, microflora in de bodem en milieu.
De relatie tussen pathogeen en plant is benadrukt; de relaties die een ondergeschikte rol spelen, zijn gestippeld (Bron: Taysi, 1976).

Het beheersen van ziekten door manipulatie van het nutriëntenaanbod aan de plant kan op verschillende manieren bereikt worden:

- Verhogen van de efficiëntie van de voedselopname door planten door het ontwikkelen van nieuwe cultivars,
- Beïnvloeden van de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem door middel van bemesting of door het veranderen van fysische (pH, vochthuishouding, bodemstructuur, zuurstofgehalte) en/of biologische bodemomstandigheden,

De volgende hoofdstukken zullen deze laatste zienswijze als uitgangspunt hebben.

3 De rol van bemesting in afweersysteem plant

3.1 Algemeen

Alhoewel het vaak niet erkend wordt, kan plantenvoeding een belangrijk onderdeel vormen binnen de beheersing van ziekten. Cultuurmaatregelen als vruchtwisseling, (organische) bemesting, bekalking ten behoeve van de juiste pH, grondbewerking en irrigatie kunnen door het effect ervan op de interacties van de verschillende nutriënten in de bodem het ziekteverloop beïnvloeden. De rol van bemesting is vaak moeilijk te herleiden uit de interacties met andere biotische en abiotische factoren, die op zichzelf ook weer een tekort of overschot van een bepaald voedingselement kunnen veroorzaken. Veel bodemgebonden pathogenen zijn in staat om voedingselementen te immobiliseren. Zo zijn de schimmels *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* en *Streptomyces scabies* in staat om Mn^{2+} te oxideren tot Mn^{4+}. Mn^{4+} is niet opneembaar voor de plant. Mn speelt voor een aantal gewassen een belangrijke rol in het afweermechanisme van de plant (Engelhard, 1989).

3.2 Micro- en macro-elementen en resistentieniveau plant

Er zijn verschillende overzichten en theorieën bekend, waarin een verband wordt gelegd tussen de aan- of afwezigheid van bepaalde (micro-)nutriënten en de gevoeligheid van het gewas voor ziekten en plagen. Het effect van voedingselementen op de ontwikkeling van bepaalde ziekten is op verschillende manieren te onderzoeken:

- Het waarnemen van het effect van een bepaalde bemesting en de mate van aantasting door ziekte in een gewas,
- Het vergelijken van de samenstelling van de plantensappen van resistente en gevoelige of zieke planten,
- Het verband onderzoeken tussen condities die de beschikbaarheid van mineralen beïnvloeden en het optreden van en de mate van schade door ziekten.

Hetzelfde element kan de ene ziekte onderdrukken, terwijl het een andere bevordert. Een voorbeeld van zo'n element is N bij het gewas aardappel. Ammoniumstikstof reduceert de schade door *Verticillium*, terwijl deze stikstofvorm een aantasting door *Rhizoctonia* kan verergeren. De beschikbaarheid van voedingsstoffen is erg afhankelijk van andere factoren, zoals voorvrucht, grondsoort, microbiële activiteit in de bodem en de verhouding van het betreffende element tot andere voedingsstoffen in de rhizosfeer. Ook het tijdstip van bemesten kan de sterkte van het effect op een ziekteverloop beïnvloeden. Zo maakt een bemesting vroeg in het voorjaar tarwe vatbaar voor *Rhizoctonia solani*, terwijl bij bemestingen op andere momenten gedurende het groeiseizoen geen effect wordt gezien op deze bodempathogeen (Engelhard, 1989).

In bijlage 3 is een overzichtstabel (tabel B3) gegeven van de invloed van een tekort of overschot van een aantal voedingselementen. De resultaten zouden gelden voor de belangrijkste cultuurgewassen. Voor een grote cultuurgewassen is proefondervindelijk vaak wel een redelijke indruk van het effect van tekorten en overschotten van bepaalde nutriënten op de ziektegevoeligheid. In de praktijksituatie blijkt de uitwerking van tekorten en overschotten vaak sterk beïnvloed cq. vertroebeld te worden door andere teeltomstandigheden. Bovendien speelt het ontwikkelingsstadium van de plant een belangrijke rol. Vandaar dat bepaalde effecten meestal pas bij extreme tekorten of overschotten in het veld terug te vinden zijn. Niet alleen hoeveelheid van een enkel voedingselement is van belang, maar met name zijn verhouding tot de andere aanwezige voedingsstoffen zou een grote rol spelen (Chaboussou, 1987).

In bijlage 3 staat tevens een voorbeeld gegeven van een onderzoek in het gewas rijst (tabel B4). Bij gezonde en aangetaste planten zijn bladeren geanalyseerd op gehaltes aan voedingsstoffen. In de tabel valt op dat zieke planten een tekort hebben aan Mg, K, Mn en Cu. Volgens de auteur ligt de oorzaak van vatbaarheid voor ziekten in de ongebalanceerde bemesting. Uit de literatuurgegevens is echter niet te herleiden of het verschil in gehaltes aan voedingsstoffen het gevolg is van een onevenwichtige bemesting of dat de schimmelinfectie de stofwisseling van de plant zodanig heeft beïnvloed.

In verschillende literatuurbronnen wordt het belang van een evenwichtige balans tussen N- en K-bemesting genoemd als belangrijke invloed op de gevoeligheid van het gewas. Eenduidige onderzoeksresultaten zijn hierover echter niet bekend, zie hiervoor ter illustratie bijlage 1 (Chaboussou, 1987; Engelhard, 1989).

3.2.1 Stikstof

3.2.1.1 Vormen van stikstofbemesting

Stikstof kan in verschillende vormen aan de plant aangeboden worden. Er zijn verschillende soorten meststoffen beschikbaar, die stikstof in de vorm van ammonium (NH_4^+) of nitraat (NO_3^-) bevatten. Ook zijn er meststoffen waarin zowel ammonium als nitraat zit (tabel 2). Deze meststoffen kunnen gestrooid en/of via de regenleiding meegegeven worden. Een meststof die ook wel wordt toegepast, is ureum. Dit product bevat organische stikstof en wordt in de grond onder invloed van het enzym urease en water langzaam omgezet in ammonium (Van Pol, 1995). Vanwege de verzurende werking van de grond wordt in Nederland niet veel gebruik gemaakt van ammoniakmeststoffen, maar gaat de voorkeur uit naar stikstof in de vorm van nitraat. De meest toegepaste meststof is KAS. Het verzurende effect van NH_4^+ in KAS wordt voor het grootste gedeelte ondervangen door de toevoeging van $CaCO_3$ (Findenegg & Janssen, 1984).

Tabel 2: Overzicht van een aantal belangrijke stikstofmeststoffen

Stikstofmeststof	Belangrijkste bestanddelen
Kalkammonsalpeter (KAS)	NH_4NO_3 en $CaCO_3$
Zwavelzure ammoniak	$(NH_4)_2SO_4$
Kalksalpeter	$Ca(NO_3)_2 . x H_2O$
Kalisalpeter	KNO_3
Chilisalpeter	$NaNO_3$
Magnesamon	NH_4NO_3
Ureum	$CO(NH_4)_2$

Ammoniummeststoffen reduceren over het algemeen bij planten de opname van positief geladen ionen, zoals K^+ en Ca^{2+}, terwijl nitraatmeststoffen kunnen leiden tot een lagere opname van negatief geladen ionen, zoals PO_4^{3-} en SO_4^{2-}. Vergeleken met nitraat stimuleert ammonium de bloei en de productie van koolhydraten en heeft een verzurend effect in de rhizosfeer. Dit zou mogelijk de activiteit van antagonistische bacteriën, bacteriën die in de omgeving van de wortels leven, negatief kunnen beïnvloeden (Elmer & Ferrandino, 1994; Workneh & Van Bruggen, 1994). Aan de andere kant wordt er ook melding gemaakt van situaties waarbij het verzurende effect van ammonium juist een positief neveneffect kan hebben. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de graanziekte 'Take All' (*Guaeumannomyces graminis*). (Huber, 1989). Voor een toelichting wordt verwezen naar paragraaf 4.4.1.

Beide stikstofvormen hebben elk ook een andere uitwerking op de stofwisseling en het gehalte aan oplosbare koolhydraten in de wortel. Omdat NH_4-N eigenlijk voor de plant toxisch is, wordt bij opname deze stof direct in de wortelcel ingebouwd in aminozuren en eiwitten. Dit proces kost een grote hoeveelheid aan koolhydraten, welke vanuit de bladeren richting wortels getransporteerd worden. Ammonium stimuleert op deze wijze indirect de fotosynthese van de plant. NO_3-N, daarentegen, wordt veelal door de plant getransporteerd en kan elders opgeslagen worden in celvacuoles, maar kan ook in de wortelcel afgebroken worden tot NH_3. Nitraat wordt dus pas later omgezet in bouwstoffen voor de plant (Huber, 1989).

3.2.1.2 Effect van stikstofbron op ziekte-ontwikkeling in het gewas

In hoeverre stikstof een bepaald effect heeft op de vatbaarheid van een gewas voor een bepaalde ziekte of plaag hangt onder meer af van de vorm waarin stikstof aangeboden wordt (tabel 3). Ammonium heeft bijvoorbeeld een stimulerend effect op voetrot (*Cercosporella herpotrichoides*) in tarwe en stengelrot (*Rhizoctonia solani*) in aardappel (Workneh & Van Bruggen, 1994), terwijl *Gaeumanomyces graminis* onderdrukt wordt (Henis, 1976). Aan de andere kant blijkt dat stikstof in de vorm van ammonium (NH_4^+) een direct schadelijk effect kan hebben op de bodemschimmel *Verticillium dahliae*. Het effect van ammonium- en nitraatstikstof is echter niet altijd even eenduidig van elkaar te onderscheiden. Dit effect op wortelziekten hangt niet alleen af van de vorm waarin het wordt aangeboden, maar ook van de schimmel- en plantensoort.

Tabel 3: Voorbeelden van effecten van enkele stikstofbronnen op bodemgebonden plantenziekten

Nutriënt / Meststof*	Pathogeen	Gastheer	Toename (+) of afname (-) van ziektebeeld
NO_3^-	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	Tomaat	+
NO_3^-	*Fusarium* f. sp. *lycopersici*	Tomaat	-
KNO_3	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*	Boon	-
NH_4^+	Ophiobolus graminis	Tarwe	-
NH_4^+	*Ophiobolus graminis*	Tarwe	+ -
NH_4^+	*Ophiobolus graminis*	Tarwe	-
NH_4^+	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	Tomaat	-
$(NH_4)_2SO_4$	*Sclerotium rolfsii*	Suikerbiet	-
$NaNO_3$	*Fusarium moniliforme*	Gierst (*Sorghum*)	+
$Ca(NO_3)_2$	*Fusarium moniliforme*	Gierst	+
Ureum	*Verticillium dahliae*	Aubergine	+

(Bron: Henis, 1976)

*: Dosering hoog of laag niet gegeven in betreffende bron

3.2.2 Fosfaat

Ondanks het feit dat fosfaat betrokken is bij de synthese van een groot aantal stofwisselingsprocessen (in de rol als co-enzym, fosfolipiden, nucïnezuur, productie van fosfolipiden in membranen etc.), is zijn rol in het afweermechanisme van de plant niet erg opzienbarend. Het effect van fosfaat bij een virusinfectie is vrij grondig onderzocht, omdat verwacht werd dat een virus als obligate parasiet sterk beïnvloed zou kunnen worden door hoge of lage gehaltes aan fosfaat in de plant. Het blijkt dat fosfaat in veel gevallen een virusinfectie bevordert. Het mechanisme wat hierachter zit blijft echter nog onbekend. De balans tussen stikstof en fosfaat wordt bij sommige gewassen als een belangrijk aandachtspunt gezien in de beheersing van ziekten (Király, 1976).

Bij Engels raaigras werd gevonden dat een bemesting met aan ureum gebonden fosfaat (P-ureum) minder schade in het gewas liet zien vergeleken met een $NaNO_3$-bemesting, ongeacht het gegeven stikstofniveau. De combinatie van P-ureum met een P- en K-gift gaf gemiddeld de minste schade door *Rhizoctonia* en de beste gewaskwaliteit. Bemesting met P-ureum gaf een lagere pH in de grond. Deze lagere pH was echter slechts zwak gecorreleerd met een lager besmettingsniveau door deze bodemschimmel. Vandaar dat het aannemelijker is dat de gelijkmatige manier van vrijkomen van N in combinatie met de positieve werking van P en K van grotere invloed zijn op de onderdrukking van deze schimmelziekte dan het verzurende effect (Fidanza & Dernoeden, 1996).

3.2.3 Kalium

Uit een onderzoek aan twee tarwecultivars, die in hoge mate vatbaar zijn voor de roest *Puccinia striiformis*, bleek dat bij hogere kaliumgiften de planten minder schade door roest ondervonden. In dit experiment werd aan groepen planten verschillende kalium-giften gegeven. Een paar dagen na uitstoeling van het gewas werden de planten geïnoculeerd met roest. Uit gewasanalyses bleek dat bij toenemende K-gift de opname van K door de plant ook steeg. Het bleek dat de planten bij een hogere K-gift minder leden onder de roestschimmel. Een mogelijke verklaring hiervoor werd gezocht in de vorming van dikkere celwanden door

de tarweplanten bij een hogere kaliumvoorziening. Dit zou de penetratie van de roestschimmel hinderen (Kovanci & Çolakoglu, 1976).

Bovenbeschreven onderzoek is slechts een voorbeeld. Er zijn meerdere soortgelijke resultaten bekend bij andere ziekten in andere gewassen, zoals *Alternaria solani* in tomaat en *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* in kool. Verschillende plantfysiologen geloven dat kalium-bemesting een reducerende werking heeft op de ontwikkeling van verschillende ziekten, zowel bij obligate als facultatieve parasieten (tabel 4). Kalium vervult verschillende functies in de stofwisseling van de plant, waaronder de fotosynthese. Zo is er een grote groep enzymen welke door K^+ geactiveerd worden. De synthese van eiwitten, suikers, cellulose en vitaminen wordt gestimuleerd door een overvloedige aanwezigheid van kalium. Het is bekend dat een tekort aan kalium in de plant leidt tot een verstoorde stikstof- en koolhydraatstofwisseling. Ten gevolge hiervan ontstaat er een ophoping van stikstofverbindingen en oplosbare koolhydraten. Bij lage K-gehaltes zou de afbraak van fenolen versterkt worden. Tevens zou kalium de wondheling bevorderen en sommige planten meer weerbaar tegen vorstschade maken (Király, 1976).

Tabel 4: Vergelijking effect van een hoge en lage kaliumgift op ziekten en vorstschade

Pathogeen	**Kaliumgift (K)**	
Puccinia graminis[1]	**Laag**	**Hoog**
Alternaria solani[1]	++++	+
Fusarium oxysporum[1]	++++	+
Xanthomonas oryzae[1]	++++	+
Tabaksmozaïkvirus[2]	++++	+
Vorstschade[1]	++++	+

(Bron: Király, 1976)

1: in welke mate het ziektebeeld zich voordoet
2: vatbaar voor infectie

3.2.4 Calcium

De rol van de celwand in het afweermechanisme van een plant vormt nog enkele vraagtekens. Eén van de functies van de celwand is om een mechanische barrière te vormen voor indringers. Bepaalde pathogenen beschikken echter over enzymen die in staat zijn om de celwand van de plant (gedeeltelijk) af te breken. Het element calcium wordt vaak in verband gebracht met de mate van resistentie van een plant tegen deze pathogenen (tabel 5). Het is bekend dat Ca^{2+} en Mg^{2+} belangrijke bestanddelen vormen in de pectine tussen celwanden om cellen aan elkaar te houden. Calcium vergroot in een aantal gastheer-pathogeen-relaties de weerstand van de plant, terwijl in andere gevallen het pathogeen juist agressiever wordt gemaakt. Gesuggereerd wordt dat Ca een dubbele rol kan spelen door aan de ene kant de celwand van de plant te verstevigen en aan de andere kant sommige afbraakenzymen, afkomstig van de pathogenen, kan stimuleren (Kiràly, 1976; Elad & Shtienberg, 1995).Bemesting met calcium kan gebeuren in de vorm van calciumnitraat of gips.

Tabel 5: Vergelijking effect van een hoge en lage calciumgift op ziekten veroorzaakt door bacteriën en schimmels

Pathogeen	**Calciumgift (Ca)***	
	Laag	**Hoog**
Erwinia phytophthora	++++	+
Rhizoctonia solani	++++	+
Sclerotium rolfsii	++++	+
Botrytis cinerea	++++	++
Fusarium oxysporum	++++	+

(Bron: Király, 1976)

*: Aantal + geeft aan in welke mate het ziektebeeld zich voordoet

Uit onderzoek in het gewas *Allium sepa* bleek een reducerende werking van calcium- en natriumnitraat uit te gaan op de mate van optreden van bolrot. Verondersteld werd dat calcium een resistentieverhogend effect

heeft op de plant tegen bolrot. Daarbij zou de balans tussen Ca en N-NO_3 een belangrijke rol spelen. Er is echter nog weinig bekend over de rol van Ca en Na in het afweermechanisme van de plant (Batal *et al.*, 1994).

3.2.5 Chloride

In proeven met biet (*Beta vulgaris*) bleek dat deze gevoeliger voor *Rhizoctonia solani* waren wanneer bemest werd met $(NH_4)_2SO_4$ in vergelijking met een bemesting met $Ca(NO_3)_2$. Biet is vrij tolerant voor (chloride-)zout. Wanneer een stikstofgift gecombineerd werd met een chloride-zout (NaCl, KCl, $CaCl_2$ of $MgCl_2$) dan bleken de planten minder gevoelig te zijn voor *Rhizoctonia* dan wanneer alleen een stikstofgift werd gegeven. Het positieve effect van chloride was groot bij een bemesting met ammoniumsulfaat en was kleiner bij een bemesting met calciumnitraat.

De toevoeging van een chloride-zout tijdens een stikstofgift leidde tot een hoger Cl- en Mn-gehalte in het plantenweefsel. Een combinatie van Cl-zout en ammoniumsulfaat geeft een hoger Mn-gehalte dan in combinatie met calciumnitraat. Mangaan wordt wel gezien als een mogelijk belangrijke factor in het afweersysteem in de plant. Mangaan is onder andere een activator (of co-enzym) voor enzymen welke voor de fenolproductie zorgen. Wortelcellen die een hoog gehalte aan mangaan bevatten zouden op deze wijze mogelijk in de vorm van ligninen barrières kunnen vormen voor schimmels. Het effect van chloride op andere schimmelziekten is niet bekend. Hoge zoutgehaltes zouden bepaalde schimmelziekten kunnen verergeren, zoals *Pythium ultimum* (wortelrot) (Elmer, 1997).

3.2.6 Magnesium, mangaan en overige spoorelementen

In de teelt van granen wordt de aanwezigheid van hoge gehalten aan mangaan en andere spoorelementen geassocieerd met onderdrukking van de bodemschimmel *Guaeumannomyces gramminis* ('Take-All') (Elmer & Ferrandino, 1994). Het optreden van wortelrot in boon (veroorzaakt door *Aphanomyces euteiches*) werd significant verminderd door Al^{3+}, Ca^{2+}, Cu^{2+} en Zn^{2+} in concentraties van 50-100 µg/g grond. Deze spoorelementen waren effectief in verschillende combinaties, zoals met chloride, nitraat, fosfaat of carbonaat. In de teelt van rijst blijken lage concentraties van het spoorelement Cu^{2+} de schimmelinfectie *Pyricularia oryzae* te onderdrukken. Bij een NPK-gift in combinatie met 3 kg $CuSO_4$/ha werd de beste opbrengst verkregen. Ook het spoorelement Mn^{2+} zou een gunstige invloed hebben (Henis, 1976).

3.3 Bemesting en pH-effect

Sulfaat kan een negatieve invloed hebben op de ontwikkeling van bodemschimmels, ondermeer vanwege het verzurende effect op de bodem. Dit verschijnsel is bij enkele schimmelziekten in tarwe aangetoond (Fidanza & Dernoeden, 1996).

De mate van effect van een stikstofbemesting op het ziekteverloop in het gewas wordt vaak mede bepaald door de vorm waarin het gegeven wordt; ammonium- of nitraat-stikstof. In 3.2..1.2 is daar nader op ingegaan. Volgens sommige onderzoekers ligt een deel van dit onderscheid in het tegengestelde pH-effect wat deze stoffen hebben ((Henis, 1976).

3.4 Belang van evenwichtige balans nutriëntenaanbod

Het effect van stikstofbemesting op schimmelziekten wordt mede beïnvloed door de combinatie met andere plantenvoedingsstoffen, in het bijzonder kalium (K) en fosfaat (P. De achtergrond van het positieve effect is veelal nog niet duidelijk. Verschillende onderzoeksresultaten laten een positief effect zien, terwijl dit bij andere gewassen en schimmelziekten niet aangetoond kon worden (El-Fouly, 1976). Kalium en stikstof hebben elk weer hun eigen effect op de groei en ontwikkeling van de plant, welke soms tegengesteld zijn. Kalium zorgt in graangewassen voor een grotere stengeldiameter en voor dikkere celwanden in het plantenweefsel en werkt stimulerend op de wortelgroei en compactheid van de wortelkluit. Stikstof stimuleert de groei en met name de celstrekking. Bij een te rijke stikstofbemesting kan dit voor dunnere celwanden zorgen. Een uitgebalanceerde combinatie van N en P is dan ook nodig voor een optimale groei en ontwikkeling van het gewas (El-Fouly, 1976).

Een voorbeeld hiervan zijn enkele schimmelziekten in graangewassen. Een gecombineerde gift van N, P en K gaf minder schade in het gewas tarwe door de schimmels *Sclerotinia homoeocarpa* (vlekkenziekte), *Gaeumannomyces graminis* ("Take-All") en *Ustilago striiformis* (streepziekte) vergeleken met een N-gift alleen. Bij grassen werd in een kasproef geen verschil in *Rhizoctonia*-aantasting gevonden bij hoge en lage giften van P en K, zonder N. Een hoge stikstofgift in combinatie met een normale P- en K-gift liet echter een snellere ontwikkeling in het ziekteverloop zien wanneer dit vergeleken werd met een hoge stikstofgift in combinatie met hoge P- en K-gift (Fidanza & Dernoeden, 1996).

Onderzoek in asperge en witlof heeft laten zien dat bepaalde nutriëntentekorten in de bodem aantastingen door *Fusarium*, *Pseudomonas* en *Verticillium* kunnen verergeren. De onderzoekers toonden aan dat planten die bij suboptimale bemestingstoestanden groeiden, meer vatbaar waren voor ziekten (Van Nerum & Scheys, 1976).

Bij ui (*Allium sepa* L.) is onderzocht in hoeverre een gesplitste gift aan stikstof, frequentie van bemesten en de stikstofbron van invloed zijn op verschillende aspecten in de teelt van ui, zoals onder meer op het optreden van bolrot (*Aspergilles*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Sclerotium* en *Fusarium*). Er werd namelijk gesuggereerd dat een frequente gift van N-bemesting nodig zou zijn om het gewas door het hele groeiseizoen actief te houden voor een optimale groei en daarmee minder gevoelig voor ziekten is. De volgende stikstofbronnen waren getest: NH_4NO_3, $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$, $NaKNO_3$ en KNO_3. Een gesplitste N-gift kon leiden tot een reductie in het optreden van bolrot. Dit was echter wel afhankelijk van de stikstofbron. Wanneer puur gekeken werd naar de stikstofbron dan werd het grootste percentage bolrot gevonden bij NH_4NO_3-bemesting, gevolgd door KNO_3. Het laagste percentage bolrot werd gevonden bij een N-gift in de vorm van $Ca(CO_3)_2$ en $NaNO_3$. Beide bevindingen waren onafhankelijk van de hoogte van de stikstofgift. Wanneer binnen de verschillende stikstofbronnen gekeken werd naar het effect van de frequentie (bemesting opsplitsen in 1, 2 of 3 giften) dan was er geen eenduidig verband te halen over het voordeel van een meermalige gift ten opzichte van een eenmalige gift. Over het algemeen trad er bij een tweemalige gift minder bolrot op ten opzichte van een eenmalige gift. Een frequentie van drie giften gaf over het algemeen meer bolrot ten opzichte van een eenmalige gift (Batal *et al.*, 1994).

Bij sojaboon werd gekeken wat het effect van verschillende bemestingsvormen was op het optreden van ziekten, waaronder wortelrot (*Phytophthora sp.*). In een veldexperiment werden de volgende behandelingen met elkaar vergeleken: N-P-K (20-20-20, NH_4NO_3 (34-0-0), superfosfaat (0-46-0) en kalium (0-0-60). De aanbevolen bemesting voor het gewas op deze locatie was 101 kg N/ha, 67 kg P/ha en 0 kg K/ha. Het bleek dat complete bemesting met NPK het beste resultaat gaf, zowel qua opbrengst als laagste percentage wortelrot. Een bemesting met NH_4NO_3 kwam vrijwel op gelijke voet uit. De eenzijdige bemesting met een kalium gaf de meeste problemen met wortelrot, gevolgd door een bemesting met fosfaat (Pacumbaba et al., 1997). Eerder zijn de positieve effecten van kalium beschreven. Uit dit voorbeeld blijkt weer dat het effect van een bepaald element sterk afhankelijk is van het overige nutriëntenaanbod aan de plant.

4 Beheersing van schimmelziekten met aangepaste bemesting

4.1 Achtergrond

De algemene indruk bestaat dat het al dan niet optreden van wortelziektes veroorzaakt door schimmels en de mate van aantasting beïnvloed wordt door stikstofbemesting. Stikstofbemesting kan een direct of een indirect effect hebben op de zwaarte van een schimmelaantasting. Indirect kan een meststof de microflora in de bodem zodanig beïnvloeden dat de antagonisten van de plantpathogenen benadeeld worden. Een andere mogelijkheid is dat de tolerantie van de gastheer beïnvloed wordt. Direct kan een meststof een effect hebben op de groei en agressiviteit van een schimmel. Ammoniak is bijvoorbeeld in hoge mate toxisch voor *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis* en *Fusarium solani*. Naast meldingen van toename van bepaalde schimmelziekten zijn er ook meldingen van afname van ziekten ten gevolge van stikstofbemesting. Een voorbeeld hiervan is een nitraatbemesting bij *Fusarium oxysporum* in tomaat en *F. solani* in boon (Henis, 1976).

4.2 Onderscheid obligate en facultatieve parasieten

Stikstof beïnvloedt ziekten veroorzaakt door obligate parasieten anders vergeleken met ziekten veroorzaakt door facultatieve parasieten (tabel 6). Voor een grote groep obligate parasieten (zoals roesten en meeldauwschimmels) geldt dat planten gevoeliger voor hen zijn bij hoge stikstofgiften, alhoewel de vorm waarin de stikstof wordt aangeboden de sterkte van het effect kan beïnvloeden. De facultatieve parasieten gedragen zich echter anders, met name degene die necrotische bladvlekken veroorzaken. Hoge gehaltes aan stikstof maken de weerstand van jonge bladeren van planten in de regel juist groter. Jonge tomatenbladeren blijken minder gevoelig te zijn voor *Alternaria solani* dan de volwassene en wat verouderde bladeren. Bij tabak bleek dat bladeren een hogere weerstand hadden tegen *Alternaria* bij een bespuiting met kinetine. Kinetine lijkt qua samenstelling op een hormoon wat op de planten een verjongende uitwerking heeft. In een experiment werd gevonden dat zowel het aantal vlekken, als de diameter van de vlekken afnam. Het lijkt erop dat een hoog gehalte aan stikstof dezelfde uitwerking kan hebben als het verjongingshormoon in planten. Bij *Fusarium*-ziekten is hetzelfde verschijnsel geconstateerd. De aantasting door *F. oxysporum* nam af wanneer de concentratie aan NO_3^- steeg (Király, 1989).

Tabel 6: Vergelijking effect van hoge en lage stikstofgift op ziekten veroorzaakt door obligate en facultatieve parasieten

Obligate parasieten	**Stikstofgift (N)**	
	Laag	**Hoog**
Puccinia graminis [1]	+	+++
Erisphe graminis [1]	+	+++
Plasmodiophora brassica [1]	+	+++
Tobacco mosaic virus [2]	+	+++
Facultatieve parasieten		
Xanthomonas vesicatoia [1]	+++	+
Alternaria solani [1]	+++	+
Fusarium oxysporum [1] f.sp. *lycopersic i*	+++	+
conglutinans	+++	+
vasinfectum	+++	+
pisi	+++	+

1: + = mate waarin het ziektebeeld zich in het gewas manifesteert
2: + = vermeerdering van virus

4.3 Rol van nutriëntenaanbod en optreden bodemziekten

Aan een aantal schimmelziekten is vrij uitgebreid onderzoek gedaan naar een mogelijke relatie tussen bemesting en ziekteontwikkeling. Het gaat hierbij meestal om ziekten die in wereldwijd belangrijke cultuurgewassen, zoals granen, bieten en tomaten, voor grote economische schade kunnen zorgen. Deze paragraaf geeft de resultaten van (bodem)ziekten, veroorzaakt door schimmelgeslachten die voor de bloembollenteelt relevant zijn.

4.3.1 Fusarium oxysporum

Er zijn verschillende onderzoeksresultaten bekend omtrent bemesting en *Fusarium*-aantasting. In Florida zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de beheersing van *Fusarium* met behulp van een bepaald bemestingsregime. De nadruk in deze onderzoeken lag op de gewassen tomaat en chrysant, vanwege de economische betekenis van deze gewassen. Vergelijkbare resultaten zijn echter ook gevonden in komkommer, watermeloen, anjer, katoen, radijs, vlas en aardbei (Jones, et al. 1976). In Ivoorkust en Nigeria is uitgebreid onderzoek gedaan naar de invloed van kalium op het resistentieniveau van de oliepalm (Ollanger & Renard, 1989). Er zijn zelfs enige onderzoeksresultaten in bloembolgewassen bekend (McClellan & Stuart, 1947; Magie *et al.*, 1976; Groen, 1990)

4.3.1.1 Stikstof

Bij tomaat is in het verleden N-bemesting in de vorm van nitraat en geen stikstofbemesting vergeleken in relatie tot het optreden van verwelkingsziekte. Er werden echter onvoldoende overtuigende resultaten gevonden. Onderzoek aan bemesting met stikstof is vaak gecombineerd met pH-studies. Bemesting met $Ca(NO_3)_2$ (geeft verhoging pH) zou minder schade door *Fusarium* geven in katoen. Bij tomaat geeft een bemesting met nitraat minder schade door *Fusarium* vergeleken met een bemesting met ammonium. Bovendien bleek dat de effecten van een nitraatbemesting en een hoge pH van de bodem elkaar versterkten, wanneer ze gecombineerd werden. Soortgelijke resultaten werden eveneens gevonden in de gewassen meloen, komkommer, radijs, selderij, chrysant en andere siergewassen (Jones *et al.*, 1989).

4.3.1.2 Kalium

Het blijkt dat het toedienen van KCl het optreden van verwelkingsziekte door *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* in de teelt van oliepalm sterk terugkan brengen. *Fusarium* dringt de plant via de wortels binnen en verspreidt zich tot op een bepaalde hoogte in de stam van de boom. Uit veldproeven bleek dat de hoge kaliumgiften niet verhinderden dat palmen aangetast werden, maar zorgden ervoor dat de verspreiding van de ziekte van de ene naar de andere boom vertraagd werd. Het leek erop dat kalium de groei van de *Fusarium*-schimmel remde. Bij gevoelige cultivars was het effect zeer sterk, maar bij de redelijk ongevoelige cultivars was hetzelfde remmende effect te zien (in minder sterke mate). Er komen nog twee andere *Fusarium*-ziekten voor bij palm; *F. bulbigenum* var. *Tracheiphilum* en *F. solani* var. *Minus*. De eerste schimmelziekte treedt op bij magnesiumgebrek. De tweede schimmelziekte komt voornamelijk voor bij jonge palmen. Er is bij deze laatst genoemde schimmel tot nu toe geen verband aangetoond tussen bemesting en het ziekteverloop (Ollagnier & Renard, 1976).

Bij vergelijking van verschillende combinaties nitraat- en kaliumbemesting in tomaat bleek dat de combinatie laag N/hoog K de planten minder vatbaar voor de ziekte maakten dan bij de combinatie hoog N/laag K. In een ander experiment, uitgevoerd door dezelfde onderzoekers, werd echter net het tegenovergestelde gevonden. Bij katoen zou een hogere kaliumgift minder schade door *Fusarium* geven (Jones *et al.*, 1989).

4.3.1.3 Calcium, bekalking en pH

Onderzoek in tomaat liet zien dat verwelkingsziekte in het gewas werd teruggedrongen, wanneer hogere gehaltes Ca in de voedingsoplossing werden aangehouden. Uit andere experimenten bleek dat bij een tekort aan calcium er meer verwelkingsziekte in het gewas werd gevonden. Als verklaring voor dit resultaat werd gegeven dat er te weinig Calcium aanwezig was om het enzym polygalacturonase te blokkeren. Dit enzym

wordt geproduceerd door *Fusarium* en helpt de schimmel bij het binnendringen van de plant. Dit resultaat suggereerde dat er een effect van Ca is.

In kas- en veldexperimenten waarbij bemest werd met $CaSO_4$ en ($Ca(OH)_2$) werd echter aangetoond dat er naast een hoog gehalte aan Ca in de plant nog een pH-effect meespeelde. Het bleek namelijk dat bij een toepassing van $CaSO_4$ geen stijging van de pH in de bodem veroorzaakte en geen reductie in verwelkingsziekte liet zien. Bij een bekalking met ($Ca(OH)_2$) werd echter wel een afname gezien in het optreden van verwelkingsziekte door *Fusarium*. Ook in andere gewassen werd een hoge pH in combinatie met hoog gehalte aan Ca in de plant geassocieerd met een onderdrukking van verwelkingsziekte door *Fusarium* (tabel 6) (Jones *et al.*, 1989).

Tabel 6: Aantal referenties met associaties van hoge pH of hoog Ca-gehalte met minder Fusarium-aantasting

Gewas	Aantal referenties
Tomaat	17
Chrysant	6
Anjer / anjelier	2
Katoen	1
Komkommer	1
Vlas	1
Gladiool	2
Aster (*Callistephus*)	2
Gewone meloen (*Cucumis*)	1
Radijs	2
Aardbei	1
Watermeloen (*Citrullus*)	3
Totaal	**39**

(Bron: Engelhard, 1989)

4.3.1.4 Fosfaat

De combinatie van hoge pH en lage fosfaatgift gaf een sterke daling in aantasting in tomaat. Tevens bleek dat hoge fosfaatbemesting en overbemesting met fosfaat leidde tot meer aantasting in gronden met een pH van 6,0. Bij een pH van 7,0-7,5 leidde (over)bemesting met P niet tot extra schade. Dit is te verklaren uit het feit dat bij een hoge pH fosfaat slechts in kleine hoeveelheden voor de plant beschikbaar komt. Bij meloen en katoen gaf een hoge P-gift eveneens meer schade door Fusarium (Jones et al., 1989).

4.3.1.5 Chloride

Bij tomaten- en selderijplanten is waargenomen dat Cl-zouten een *Fusarium*-aantasting kan stimuleren (Jones, *et al.*, 1989).

4.3.1.6 Spoorelementen

F. oxysporum f. sp. *lycopersici* heeft voor zijn groei en ontwikkeling vrij veel spoorelementen nodig. Zo is gebleken dat bij tekorten aan Cu, Fe, Mn, Mo en Zn de groei en sporulatie van de schimmel geremd werd. Wanneer deze schimmel in vloeibare voedingsmedia gekweekt werd in afwezigheid van Mo of Zn bleek deze minder agressief te zijn vergeleken met een schimmel die opgekweekt was onder optimale omstandigheden. Deze metaalionen komen onder natuurlijke omstandigheden in grotere hoeveelheden beschikbaar voor de plant bij een lagere pH. Gesuggereerd werd dat het positieve effect van bekalking, wat in veel gewassen is gevonden, te maken heeft met de beschikbaarheid van deze spoorelementen (Jones *et al.*, 1989).

4.3.1.7 Conclusies Fusarium en bemesting

Een hoge pH van de bodem zorgt ervoor dat de beschikbaarheid van bepaalde spoorelementen, met name de metaalionen, afneemt. Ook de beschikbaarheid van P neemt af. Dit belemmert de ontwikkeling van *Fusarium oxysporum.* Andere schimmels, zoals actinomyceten, en bepaalde bacteriepopulaties hebben de voorkeur voor een hogere pH. Een aantal van deze micro-organismen zijn antagonisten van *F. oxysporum*, doordat ze toxische stoffen afscheiden die de groei en ontwikkeling van de *Fusarium*-schimmel remmen. Het effect van stikstofbron kan afhankelijk zijn van de volgende factoren:

- pH-effect: NO_3^- verhoogt de pH van de bodem, terwijl NH_4^+ de pH doet dalen,
- Effect op pathogeniteit van de schimmel; *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* is agressiever bij bemesting met NH_4^+ ten opzichte van NO_3^-

Ondanks enkele tegenstrijdige waarnemingen, lijkt een goede beheersing van *Fusarium* voor veel gewassen mogelijk met bekalking, nitraatbemesting en een laag fosfaatniveau in de grond (Jones *et al.*, 1989).

4.3.2 Verticillium

De belangrijkste ziekteverwekkers binnen het geslacht *Verticillium* zijn *V. albo-atrum* en *V. dahliae*. Beide pathogenen hebben een brede waardplantenreeks. Het grootste verschil tussen beide schimmels zit hem in de ruststructuren die ze produceren. *V. albo-atrum* vormt rusthyfen, die ongeveer een jaar levenkrachtig kunnen blijven op gewasresten. *V. dahliae* produceert microsclerotia die tot 8 jaar kunnen overleven in de grond. De twee belangrijkste effecten van de bodemvruchtbaarheid op een *Verticillium*-aantasting zijn:

- Verandering van het besmettingsniveau in de bodem van *Verticillium*,
- Verandering van de weerstand van de plant.

Om het effect van bemesting op het resistentieniveau van de plant te kunnen onderzoeken, moet van tevoren de graad van grondbesmetting bepaald worden. Het is namelijk niet mogelijk om planten meer weerstand te geven met behulp van een bepaalde bemestingsvorm, wanneer de planten in een zwaar besmette grond staan (Pennypacker, 1989).

Sporen van *Verticillium* hebben een stimulans nodig om te kunnen kiemen. Deze stimulans wordt gevormd door stoffen die de gastheer(plant) uitscheidt. De samenstelling van deze stoffen (exudaten) wordt voor een deel beïnvloed door de voeding van de plant (Bell, 1989 ; Pennypacker, 1989). Het meeste onderzoek aan het effect van bemesting op de mate van weerstand van de plant is gedaan aan de macro-elementen N, P en K. De beschikbare gegevens in de literatuur spreken elkaar vaak tegen (zie onder meer tabel 8). In veel gevallen zijn zaken als bodemvruchtbaarheid in de uitgangssituatie, pH van de grond en vochttoestand niet gemeten of gegeven. Deze factoren zijn belangrijk in verband met de beschikbaarheid van verschillende ionen, waaronder P, Ca, Fe, B, Mn en Al. Dit maakt het moeilijk om verschillende onderzoeksresultaten met elkaar te vergelijken (Pennypacker, 1989).

Er zijn nog verscheidene onderzoeken bekend op het gebied van bemesting en *Verticilium*. In bijlage 4 is het resultaat weergegeven van een zoektocht in CAB-abstracts op de termen 'Nitrogen' AND 'bemesting' AND 'Verticillium'.

Tabel 8: Effect van N, P en K op de weerstand van de plant tegen Verticillium-verwelkingsziekte, met tussen haakjes het aantal referenties

Gewas	Voedingselement					
	N		P		K	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
Aardappel	+ (1)	- (1)				
Alfalfa	- (1)	+ (1)			- (1)	
Anthirrinium (leeuwebek)	+ (2) - (1)					
Aubergine	- (1)	+ (1)				
Hop	- (1)	+ (3)		+ (1)	+ (1)	
Katoen	+ (1) - (1)		- (1)	+ (1)	+ (2)	- (2)
Pistache					+ (2)	- (2)
Tomaat	+ (1) - (2)					- (1)

(Bron: Pennypacker, 1989)

+: Verhoogde weerstand van de plant tegen *Verticillium*
- : *Verlaagde weerstand van de plant tegen Verticillium*

4.3.2.1 Stikstof

Stikstof blijkt het grootste effect te hebben op de relatie plant - pathogeen. De meeste gegevens omtrent de relatie stikstofgift tot de mate van optreden van *Verticillium* zijn gebaseerd op visuele beoordeling van ziekteverloop bij verschillende stikstofgiften. Een samenvatting van deze bevindingen is gegeven in tabel 9. Het effect van een bepaalde stikstofvorm is mogelijk ook nog afhankelijk van het plantstadium.

Tabel 9: Effect van stikstofbron in de grond op de weerstand van de plant tegen Verticillium, met tussen haakjes het aantal referenties

Gewas	Stikstofbron			
	NH_4-N		NO_3-N	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag
Aardappel	+ (1)		+ (1)	
Alfalfa	+ (1)			
Anthirrinium	+ (2)		+ (1)	
Hop	- (1)	+ (1)		+ (1)
Katoen				+ (1)
Tomaat	+ (1)		+ (2)	

(Bron: Pennypacker, 1989)

+: Verhoogde weerstand van de plant tegen *Verticillium*
- : Verlaagde weerstand van de plant tegen *Verticillium*

In een experiment met het gewas aubergine werden planten in licht besmette en zwaar besmette grond met

V. dahliae geteeld. Per besmettingsniveau werd op twee verschillende manieren bemest met stikstof, namelijk met $(NH_4)_2SO_4$ en met $Ca(NO_3)_2$. Een laag besmettingsniveau kwam neer op gemiddeld minder dan 10 microsclerotia per gram grond en een hoog besmettingsniveau op meer dan 12 microsclerotia per gram grond. Bij een bemesting met ammoniumsulfaat gaven de planten bij het lage besmettingsniveau met *V. dahliae* een hogere opbrengst vergeleken met planten bij dezelfde besmettingsniveau met calciumnitraat. Het positieve effect van ammoniumsulfaat op de gewasopbrengst viel echter weg bij een hoger besmettingsniveau van de grond. Desalniettemin kon in de teelt van aubergine een bemesting met ammoniumsulfaat een hulpmiddel zijn bij het beheersbaar houden van een lage *Verticillium*-aantasting (Elmer & Ferrandino, 1994).

Bij planten die bemest waren met ammoniumsulfaat werd in het plantenweefsel hogere concentraties aan N, P en Mn waargenomen vergeleken bij planten bemest met calciumnitraat. Het hoge gehalte aan N is te verklaren, omdat NH_4^+-ionen in de plant veel sneller geassimileerd worden in vergelijking tot NO_3^--ionen. Het verhoogde gehalte aan PO_4^{3-}-ionen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de plant op deze wijze tijdens de opname van NH_4^+-ionen een evenwichtige ionenbalans probeert te handhaven. Er werd geen verklaring gegeven voor het hogere Mn-gehalte. Mogelijk dat het pH-effect van NH_4^+ een verbetering in Mn-opname teweeg heeft gebracht. Het hoge gehalte aan Mn zou mogelijk een onderdrukkende werking op ziekten kunnen hebben, vanwege zijn rol in enzymactiviteit bij de synthese van fenolen en ligninen (als antistoffen tegen schimmels) (Elmer & Ferrandino, 1994).

4.3.2.2 Kalium

Er is alleen een positief effect van kaliumbemesting te verwachten, wanneer er in de grond een gebrek is aan dit element. Dit verklaart het beperkte aantal onderzoeksresultaten die een verhoogde weerstand tegen *Verticillium* vinden bij een hogere kaliumgift. In een onderzoek bij pistache werd dit bijvoorbeeld aangetoond. De toename van de weerstand werd verklaard, doordat K de wortelgroei stimuleerde, waardoor de tijd waaraan de gevoelige wortelpuntjes bloot stonden aan de schimmel, verkort werd. Bij hoge besmettingsdruk had een extra bemesting met K echter geen effect. In een ander onderzoek werd waargenomen dat *Verticillium* minder agressief was wanneer er meer kalium in de grond aanwezig was. Hierdoor zou een gewas beter in staat zijn om het pathogeen te weerstaan (Pennypacker, 1989).

4.3.2.3 Fosfaat

De rol van fosfaat in de relatie *Verticillium* en plant blijft onduidelijk. Er zijn wel enkel onderzoeksgegevens, maar deze lijken alleen te gelden in bepaalde omstandigheden en gewassen (Pennypacker / Bell, 1989).

4.3.2.4 Calcium

Het effect van Ca is ook nog niet duidelijk. Dit komt vooral door het pH-effect wat Ca heeft. De zuurgraad van de bodem is bepalend voor de beschikbaarheid van bepaalde voedingselementen, wat op zijn beurt weer een effect op de plantweerstand en pathogeen kan hebben. Bij tomaat en aubergine blijkt dat er minder schade door *Verticillium dahliae* werd gevonden, wanneer er $CaCl_2$ aan de voedingsoplossing werd toegevoegd (Pennypacker, 1989). Bij andere gewassen is echter gevonden dat er minder last van *Verticillium* wordt ondervonden in zure gronden en meer in de neutrale tot basische gronden. Bij katoen en zonnebloem bleek het bekalken van de bodem juist een ergere aantasting door *Verticillium* te geven. Een verklaring werd gezocht in de daling in Mn- en Al-gehaltes in deze gewassen bij een stijgende pH (Bell, 1989)

Naast een pH-effect kan een positief effect van calcium ook gezocht worden in zijn rol in de productie van pectine voor de celwand (Pennypacker, 1989).

4.3.2.5 Conclusies Verticilium

Het is lastig om een algemene conclusie te trekken uit de vaak tegenstrijdige proefgegevens. Het lijkt erop dat nitraat het gewas gevoeliger maakt voor *Verticillium*. Een bemesting met ammonium geniet de voorkeur, maar de reactie is vaak erg gewasspecifiek.

4.3.3 Pythium

Schimmelziekten binnen het geslacht *Pythium* komen in allerlei gewassen over de wereld voor. Vele van hen zijn in staat om grote economische schade aan te richten. Er zijn relatief weinig meldingen in de literatuur bekend van een succesvol bemestingsregime in de onderdrukking van *Pythium*. Het blijkt bij een aantal gewassen mogelijk te zijn om een aantasting door *Pythium* te beheersen door het bekalken met (ongebluste) kalk (tabel 10). Het precieze mechanisme hierachter is ook hier nog onbekend. De verklaringen worden ook hier weer gezocht in verschillende effecten die Ca zou hebben:

- pH-effect op de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem,
- De rol van Ca in de omvorming van pectine in Ca-pectate. Ca-pectate is bestand tegen het enzym polygalacturonase. De pathogeen produceert dit enzym om de plant te kunnen binnendringen,
- Remming van de sporenkieming en hyfengroei van *Pythium*, door de grond,
- Stimulering van de groei van de plant, met name de wortelgroei, waardoor de plant meer weerstand kan bieden.

Tabel 10: Voorbeelden van gewassen waarbij beheersing van Pythium mogelijk is gebleken door toepassing van calcium (de samenvattende tabel is het resultaat van zeven onafhankelijke proeven)

Pathogeen	**Gewas**	**Ziekte**	**Jaar van publicatie**
P. arrhenomanes	Tarwe	Bruinrot	1940
P. tardicrescens	Tarwe	Bruinrot	1940
P. myriotylum	Pinda	Peulrot	1964 / 1968
P. ultimum	Papaver Sojaboon Peper Suikerbiet Boon	Zaailingziekte Smeul, verwelking (damping-off) " " "	1950 1984 " " "
P. splendens	Komkommer	Smeul, verwelking (damping-off)	1986
P. myriotylum / P. aphanidermatum	Ui *Violier (Matthiola incana)* *Viola tricolor* Leeuwebek (*Anthirrhinum*) *Dianthus barbatus* (Anjer) *Calendula officinalis*	Zaailingziekte " " " " "	1972 " " " " "

(Bron: Engelhard, 1989)

Er zijn nog verscheidene onderzoeken bekend op het gebied van bemesting en *Verticilium*. In bijlage 5 is het resultaat weergegeven van een zoektocht in CAB-abstracts en Biological Abstracts op de termen 'Nitrogen' AND 'bemesting' AND 'Pythium'.

4.3.4 Botrytis spp.

Onderzoek naar de relatie tussen bemesting en *Botrytis tulipae* of *B. elliptica* is voor zover bekend nog niet uitgevoerd. Wel zijn bevindingen op dit gebied bij *B. cinerea* (veroorzaker smet, smeul e.d.) in de glastuinbouw en in de fruitteelt (druiven, appels). Over het algemeen kan deze schimmel zich, net als *B. tulipae en B. elliptica*, goed ontwikkelen bij relatief lage temperaturen en vochtige omstandigheden. Een hoge relatieve luchtvochtigheid en een nat gewas zijn dan ook optimale omstandigheden voor deze schimmels om een plant te kunnen infecteren.

De fysiologische status van een plant is duidelijk van invloed op haar vatbaarheid voor pathogenen (Gianetti *et al.*, 1989). Planten die in kassen geteeld worden dicht tegen de limieten van hun productiecapaciteit zullen sneller in een stress-situatie terecht komen, wat ze bevattelijker maakt voor infecties. Uit verschillende onderzoeksbronnen is gebleken dat het aanbod aan voedingsstoffen van invloed kan zijn op

de gevoeligheid van de plant voor *Botrytis cinerea*. In de meeste gevallen speelt een stikstofbemesting de hoofdrol (Elad & Shtienberg, 1995).

Het effect van de stikstofbemesting hangt echter weer af van de stikstofbron, het soort gewas en de teeltomstandigheden waaronder de plant opgroeit. Zo bleken tomaten bij een hoog stikstofniveau minder gevoelig te zijn voor *B. cinerea*, terwijl bloemen van chrysant juist gevoeliger werden voor een aantasting. *Vicia faba* bemest met ammoniumstikstof bleken meer gevoelig te zijn voor smeul dan bonenplanten die bemest waren met nitraatstikstof. Bij paprika en aubergine bleek echter dat er geen relatie was tussen de stikstofbron en de mate van gevoeligheid voor *B. cinerea*. Bij komkommer werd, net als bij tomaat, juist een lagere vatbaarheid voor *B. cinerea* waargenomen bij een relatief hoog stikstofniveau (Elad & Shtienberg, 1995).

Naast stikstof lijkt calcium ook een rol te spelen in de gevoeligheid van een gewas voor *B. cinerea*. Dit effect van calcium is waarschijnlijk sterk gerelateerd aan de luchtvochtigheid. Een hoge luchtvochtigheid zorgt voor een afname van transport van ionen van de wortels naar de bladeren (via xyleem). Calcium is over het algemeen immobiel in phloeem en wordt bijna uitsluitend vervoerd via het xyleem. De hoeveelheid calcium die een bepaald plantenorgaan (bijv. vrucht) kan bereiken is daarom sterk bepaald door het volume aan water dat door het xyleem stroomt. Een hoge relatieve luchtvochtigheid beïnvloedt direct de transpiratie van de plant, waardoor er minder vocht door het xyleem stroomt. Zo kan een lagere transpiratie leiden tot een tekort aan calcium in plantenweefsels. In de teelt van komkommer, paprika, tomaat en aubergine geeft een hoge luchtvochtigheid meer aantasting door *B. cinerea*. Dit zou weer terug te voeren zijn op calciumtekorten in de plant. Rozenplanten die een bijbemesting met calcium ontvingen bleken minder door smeul aangetaste bloemen te hebben (Elad, Y., 1989). Ook bij framboos (Williamson & McNiton, 1989), tomaat, paprika en aubergine werd een positief effect van calciumbemesting waargenomen. Bij komkommer werd echter weer geen duidelijk effect van calcium gevonden (Elad & Shtienberg, 1995).

In bijlage 6 is het resultaat weergegeven van een zoektocht in CAB-abstracts en Biological Abstracts op de termen 'Nitrogen' AND 'bemesting' AND 'Botrytis'.

4.4 Onderzoek aan granen

Er wordt wereldwijd veel onderzoek gedaan aan belangrijke voedingsgewassen, zoals onder meer granen. Ook op het gebied van relaties tussen mestgift, opbrengsten en schimmelziekten is er vrij veel bekend bij dit gewas. In de literatuur worden echter veel tegenstrijdige resultaten gevonden. Volgende tekst geeft een kort overzicht van de conclusies uit verschillende onderzoeken. Bockmann en Partsch (1974) hebben veel onderzoeksgegevens verzameld en tevens zelf onderzoek uitgevoerd naar de samenhang tussen de toenemende stikstofbemesting intensieve graanteelt en het optreden van bodem- en bovengrondse (schimmel-)ziekten. Een selecte greep aan onderzoekers die zich in het (recente) verleden op dit onderzoeksgebied hebben begeven, zijn: El-Fouly (1976), Krüger (1976), Huber (1989), Brennan (1992), Conner *et al.* (1992), Bockus (1993), Donli (1997) en Colbach & Bauer (1998).

4.4.1 Bodemziekten

Bockmann en Parscht concludeerden uit hun literatuurstudie en aan de hand van hun veldproeven in tarwe dat er geen duidelijk verband bestond tussen een hogere N-gift en meer schade door de wortelziekten *Fusarium culmorum*, *Ophiobolus graminis* (syn. *Gaeumannomyces graminis*), en *Cercosporella herpotrichoides*. In een aantal gevallen werd wel een zeer lichte stijging van ziektesymptomen gezien, maar dit was niet terug te vinden in een lagere opbrengst van het gewas. Enkele onderzoeksresultaten lieten zien dat een stikstofgift een positief effect kan hebben, met name in situaties met ongunstige vruchtwisselingen. De groeistimulans, welke het gevolg is van de stikstofdosering, zou de planten helpen om het negatieve effect van een schimmelinfectie te compenseren in bijvoorbeeld extra wortelgroei. Het gaat hierbij wel om situaties van lichte besmetting met bodemschimmels. Indirect zou een hoge stikstofgift een aantasting van

Fusarium kunnen stimuleren, wanneer een hogere stikstofgift leidt tot het legeren van het gewas (Bockmann & Parscht, 1974).

In het literatuur- en onderzoeksoverzicht van Bockmann en Parscht is nergens aangegeven in welke vorm stikstof aan de gewassen is toegediend. Bij proeven die uitgevoerd zijn door de onderzoekers zelf zal het naar alle waarschijnlijkheid gaan om de meststof Nitrophoska (van Bayer!). De doseringsreeks van stikstofbemesting liep van 0 tot en met 220 kg N per ha, waarbij hogere stikstofgiften in de regel opgesplitst werden in twee of drie giften. De gemiddelde stikstofgift in de praktijk voor granen zag er, in de periode waarin de proeven zijn uitgevoerd, als volgt uit: voor wintertarwe 75-80 kg, zomertarwe 70 kg, wintergerst 65-70 kg, zomergerst 45-50 kg, haver 50-55 kg en rogge 65 kg N per ha en is mede afhankelijk van de cultivar, grondsoort en vruchtbaarheidstoestand van de bodem. In de praktijk gold een gift van 220 kg als het maximum en werd slechts zelden toegepast.

In tegenstelling tot wat Bockmann en Pratsch concludeerden, stelt Huber (1989) dat er maar weinig ziekten zo sterk op bemesting reageren als *G. graminis* ("Take-All"). Maar liefst tien voedingselementen zijn in het verleden door onderzoekers genoemd in verband met een relatie met deze graanziekte. Negen elementen (N, P, K, Ca, Cl, Cu, S, Fe en Mg) zouden een remmende uitwerking hebben, terwijl zes elementen (N, P, K, Ca, Mg en Mo) (ook) in verband zijn gebracht met een verergering van het ziektebeeld (zie tabel 11).

Tabel 11: Minerale elementen met invloed op de schimmelziekte Gaeumannomyces graminis ("Take All") in granen

Stimulering ziekte	**Onderdrukking ziekte**
KNO_3	KCl
Overmaat P	Voldoende P
$CaCO_3$	S
$MgCO_3$	$MgCl_2$
$MgSO_4$	$CaCl_2$
Mo	Mn
	Fe
	Zn
	$CuCl_2$

(Bron: Huber, 1989)

Volgens Lemaire en Jouan (1976) is het lastig om onderzoeksgegevens te veralgemeniseren, ondanks het feit dat deze binnen dezelfde gewassen zijn gevonden. Volgens deze onderzoekers kon globaal gezegd worden dat K geen effect heeft de ontwikkeling van bodemziekten en dat P een licht positief effect had op de weerbaarheid van de plant. Het effect van N is lastiger te benoemen. Dit effect blijkt sterk afhankelijk van proeflocatie, klimaat, cultuurmaatregelen en cultivar. Bij onderzoek aan bodemgebonden ziekten gaat het met name om de *interacties* tussen gastheer(plant) en parasiet. Het is zelden het geval dat één factor het hele systeem in een bepaalde richting ombuigt.

Het effect van het betreffende element hangt nauw samen met factoren als vruchtbaarheidstoestand van de grond, grondsoort, pH, bemestingsvorm, hoeveelheid, tijdstip van de gift en dergelijke. Een mooi voorbeeld hiervan is te zien in tabel 12. Daar is het ziekteverloop van *G. graminis* in verband gebracht met nitrificatie en de beschikbaarheid van mangaan. Hier werd de beschikbaarheid van Mn in verband gebracht met de populatie aan Mn-oxiderende bacteriën. Deze bacteriën leven in de omgeving van de wortels en zetten Mn^{2+} om in Mn^{4+}, waardoor het niet meer opneembaar is voor de plant. Bekalken en nitraatbemesting doen de populatie van deze bacterie stijgen, waardoor meer Mn wordt geoxideerd en het gewas gevoeliger wordt voor *G. graminis*. Daarnaast worden er nog andere factoren in verband gebracht met deze ziekte. Organische meststoffen, zoals dierlijke mest, bloedmeel en groenbemesters, stimuleren het nitrificatieproces in de bodem, en zouden tot een toename van het ziekteverloop kunnen leiden (Huber, 1989).

Tabel 12: Correlatie tussen teeltomstandigheden en het effect op nitrificatie, beschikbaarheid van Mn en de mate van ziekteontwikkeling van "Take All" in granen

Factor	Effect* op :		
	Nitrificatie	**Beschikbaarheid van mangaan**	**Ziekteverloop**
NO_3-N	n.v.t.	-	+
NH_4-N	n.v.t.	+	-
Bekalken	+	-	+
Zure bodem	-	+	-
Organische mest	+	-	+
Chloride	-	+	-
Alfalfa voorvrucht	+	-	+
Lupine voorvrucht	-	?	-
Stress bij plant	n.v.t.	-	+

(Bron: Huber, 1989)

*): n.v.t. = niet van toepassing
? = onbekend
\+ = toename of stimulering,
\- = afname of remming

Bij 'Take All' is de vorm waarin stikstof wordt aangeboden van veel groter belang dan de hoeveelheid. Alhoewel een hoog stikstofaanbod ook weer kan leiden tot tekorten aan micro-elementen die bij lagere stikstofniveaus niet tot uiting komen. Voorbeelden hiervan zijn Cu, B en Mn. Deze micro-elementen zijn nodig in het stikstofmetabolisme van de plant. Ammoniumstikstof (NH_4-N) lijkt over het algemeen een gunstigere uitwerking te hebben op de plant vergeleken met NO_3N. NH_4-N stimuleert indirect de fotosynthese (zie fig. 3 en paragraaf 4.4.2) en heeft een licht verzurend effect op de rhizosfeer. Dit laatste verhoogt de opname van Fe, Mn, P en Zn, onder meer door de verandering in de microbiële activiteit rond de wortels (Huber, 1989).

Onderzoek van Colbach *et al.* (1996 en 1998) liet zien dat een hoge stikstofgift meer schade gaf door *Guaeumannomyces graminis* ("Take-All" syn. *Ophiobolus graminis*) en *Pseudocercosporella herpotrichoides* ("eyespot") in tarwe. In dit tweejarige veldexperiment werd het effect van een hoog en een laag stikstofniveau in de grond met elkaar vergeleken. Een hoog stikstofniveau kwam overeen met een hoeveelheid beschikbare stikstof variërend van 290 tot 380 kg N/ha en een laag stikstofniveau met 200 tot 300 kg N/ha, afhankelijk van de tarwecultivar. Het verschil tussen het hoog en laag stikstofniveau lag gemiddeld op 90 kg N/ha. Uit het onderzoek was niet direct te herleiden om welke stikstofgiften het ging. Men ging uit van een van tevoren gestelde hoeveelheid beschikbare stikstof in de bodem. Op grond van stikstofmetingen in de bodem en een inschatting van de hoeveelheid N, welke vrij komt via mineralisatie, werd de stikstofgift aangepast aan de situatie. Een bemesting met ammoniumnitraat gaf over het algemeen meer schade door genoemde bodemschimmels ten opzichte van ammoniumsulfaat. Lucas *et al.* (1997) vond eveneens een licht onderdrukkend effect van een stikstoftoepassing in de vorm van ammonium, met name wanneer dit vroeg in het seizoen werd gegeven. In een ander onderzoek van Colbach *et al.* (1997) bleek dat een bemesting met ammonium-stikstofbemesting weer een lichte toename in aantasting gaf door de bodemschimmel *Rhizoctonia cerealis.*

4.4.2 Bovengrondse aantastingen

Enkele belangrijke bovengrondse belagers in de graanteelt zijn: *Puccinia* spp. (roest), *Erysiphe graminis* (meeldauw) en *Septoria nodorum* (aantasting in de aren). Er zijn vrij weinig onderzoeksgegevens over *Puccinia*- en *Septoria*-schimmels. De gevonden resultaten gaven echter geen verband aan tussen een stikstofgift en de mate aantasting van betreffende schimmels. Aan de meeldauwschimmel *Erysiphe graminis* is echter vrij veel onderzoek gedaan. Het bleek dat een verhoogde stikstofgift bevorderend werkt op een aantasting in het veld, met name bij zeer hoge N-giften. De toename van meeldauwaantasting is echter

onder praktijkomstandigheden van ondergeschikt belang ten opzichte van andere teeltfactoren, zoals zaaidatum en cultivargevoeligheid (Bockmann & Parscht, 1974). Naast de grootte van de stikstofgift, zouden de hoeveelheid P en K en het tijdstip van de stikstofbemesting belangrijk zijn (Jenkyn, 1976). Temiz (1976) vond bij een toenemende stikstofgift een hoger percentage aantasting door de bladvlekkenziekte *Septoria tritici*. Er bleek geen effect van P en K te zijn op het ziekteverloop.

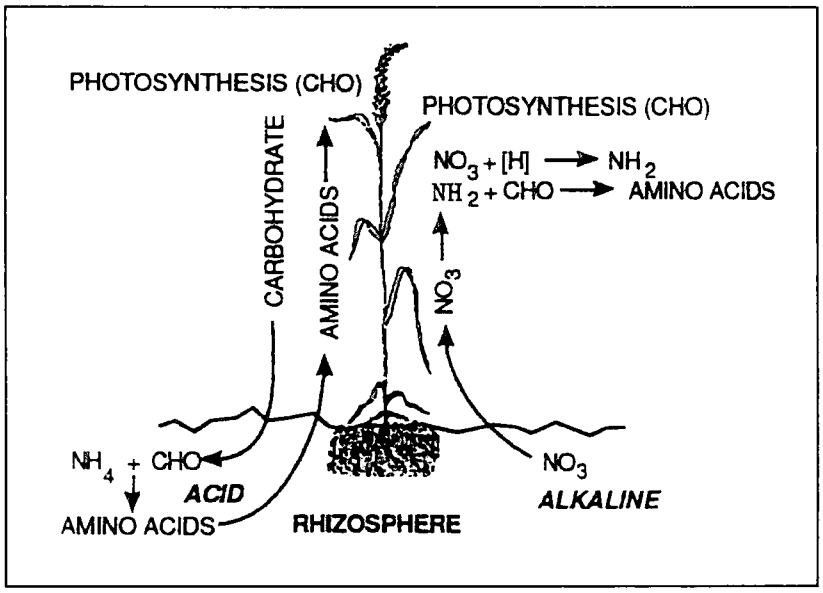


Fig. 3: Schematische weergave van de opname van verschillende stikstofvormen en de bijbehorende stofwisselingsstromen (Bron: Huber, 1989)

Uit bovenstaande bevindingen valt op te maken dat het wereldwijd verbreide beeld, dat een hoge dosering stikstof een aantasting door schimmels vaak in de hand werkt, in granen niet consequent terug gevonden blijkt te worden in proeven.

5 Bemesting en schimmels in bloembolgewassen

5.1 Lelie

Er zijn de afgelopen jaren bij het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Sector Bloembollen (voorheen Laboratorium voor Bloembollenonderzoek) verschillende reeksen aan bemestingsproeven uitgevoerd. Deze hadden echter nooit het doel om enig verband met schimmelaantastingen of andere ziekten te onderzoeken. Zo nu en dan is er zijdelings wel naar gekeken en een opmerking gemaakt wat betreft de aantasting door *Fusarium oxysporum* en/of *Cylindrocarpon destructans* (beide bodemschimmels). De volgende tekst geeft een kort overzicht van bemestingsproeven die zijn uitgevoerd vanaf 1976 tot 2001 en eventuele nevenwerking op aantastingen in het gewas.

In gewasverslagen van 1976 tot en met 1979 is melding gemaakt van een lopend onderzoek naar de invloed van stalmest op de bodemstructuur, bodemleven, de opbrengst en het optreden van ziekten. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Plantenziektenkundige Dienst, Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Tuinbouw en de Afdeling Phytopathologie van het LBO. In deze proef zijn drie verschillende stalmesttrappen toegepast (0, 75 en 150 ton/ha) en 4 stikstoftrappen (0, 95, 190 en 285 N/ha) in de vorm van geprilde kalksalpeter. Uit de resultaten werd onder andere geconcludeerd dat een bemesting met stalmest en stikstof een aantasting door *Cylindrocarpon destructans* in de hand werkte. Dit werd tijdens de teelt zichtbaar door een geleidelijke geelverkleuring en later afsterving van het gewas. Het uitte zich ook in een lagere opbrengst. Het stalmesteffect werd in de loop van de jaren sterker en bleek uiteindelijk funest. Niet alles kon worden verklaard uit de stikstofwerking van de stalmest. De wortelkwaliteit werd zeer nadelig beïnvloed door *Cylindrocarpon*: hoe meer bemesting des te meer *Cylindrocarpon* en des te slechter de wortelkwaliteit. Wortelrot door *Pythium* kwam wel voor, maar er was geen duidelijk verband met de behandelingen (Anonymus, 1976 - 1981).

In een meerjarig onderzoek in de periode 1978 tot 1983 zijn in Breezand (zeezandgrond) en Wieringerwerf (zavelgrond) veldproeven uitgevoerd, waarbij verschillende stikstoftrappen in basisbemesting werden toegepast in combinatie met verschillende trappen van overbemesting. Als basisbemesting (in voorjaar) werden de volgende hoeveelheden gegeven: 0, 50, 100 en 150 N/ha in de vorm van KAS. De overbemesting werd gegeven in de vorm van geprilde kalksalpeter of KAS in de hoeveelheden 0, 75, 150 en 225 kg N / ha. Deze overbemesting werd in gesplitste giften gegeven gedurende het groeiseizoen. In geen van de proefjaren is er melding gemaakt van een invloed van de verschillende bemestingsniveaus op het optreden van ziekten (Anonymus, 1978-1983). In soortgelijke bemestingsproeven op de locaties Breezand en Zwaagdijk in de periode 1984-1990 werd er eveneens geen melding gemaakt van een mogelijke relatie tussen ziekten en stikstofbemesting.

Na een jarenlang bemestingsonderzoek naar de stikstofbehoefte in Aziaten in Breezand, werd in 1989 een onderzoek gestart naar de stikstofbehoefte van Oriëntals. De indruk bestond dat deze een grotere stikstofbehoefte hadden ten opzichte van de Aziaten. In een tweejarig onderzoek in de periode 1989-1990 is het effect bekeken van stikstofbemesting bij Oriëntals (cultivar 'Stargazer') op de opbrengst en de broeikwaliteit. In het proefjaar 1989 werd een toenemende aantasting door *Fusarium* waargenomen bij een toenemende stikstofgift (KAS en Osmocote). De aantasting varieerde van licht tot zwaar (zie tabel 13). Er was geen verschil tussen de bemestingsbronnen KAS, Osmocote en de combinatie van beide.

Tabel 13: Relatief bolgewicht (100 = 44,2 g) en percentage Fusarium onder invloed van de bemestingsobjecten in het gewas lelie cv. 'Stargazer'*

Bemesting (N in kg/ha)	Relatief bolgewicht	Percentage *Fusarium* (%)
0	85	6
50	93	15
100	98	35
150	100*	35
200	92	53
150, waarvan 100 kg als Osmocote	96	27
150, in de vorm van osmocote	97	35

(Bron: Gewasverslag Lelie, 1989)

In het proefjaar 1990 werd weer een soortgelijke conclusie getrokken. Bij de bemestingstrappen 0, 50, 100, 150 en 200 kg N/ha in de vorm van KAS en kalksalpeter (KS) werd bij toenemende stikstofgift vanaf 3e week september een duidelijk verschil gezien in aantal gele planten. Dit was waarschijnlijk het gevolg van een aantasting door *Fusarium*. Geconcludeerd werd dat een hogere stikstofgift resulteerde in een hoger percentage *Fusarium* (tabel 14). Er was geen betrouwbaar verschil in resultaat tussen stikstof in de vorm van KAS/KS en in de vorm van Agroblen (Agroblen-rood: 18+5+12+3 MgO).

Tabel 14: Gemiddeld bolgewicht en percentage Fusarium onder invloed van de bemestingsobjecten in het gewas lelie cv. 'Stargazer'

Bemesting (N in kg/ha)	Gemiddeld bolgewicht (g)	Percentage *Fusarium* (%)
0	33,5	13
50	36,2	12
100	34,1	19
150	31,3	36
200	30,0	47
150, in de vorm van Agroblen	33,5	35
150 + extra kaliumsulfaat, kieseriet en tripelsuperfosfaat	32,5	25

(Bron: Gewasverslag Lelie, 1990)

In 1991 werd een soortgelijke proef uitgevoerd, nu alleen met stikstofbemesting in de vorm van KAS (basisgift) en kalksalpeter (gedurende het groeiseizoen) in de reeks van 0 – 200 kg N/ha in trappen van 50 kg. Na de oogst werd, naast de opbrengstbepaling, ook gekeken naar aantasting *Fusarium/Cylindrocarpon*. Dit jaar kwam er echter geen aantasting van deze schimmelziektes voor (Anonymus, 1991).

In het proefseizoen van 1992 vond een herhaling plaats van de proef in 1991. De basisgift gebeurde in de vorm van KAS; de rest werd gedurende het seizoen gegeven in de vorm van KS (kalksalpeter). Na de oogst werd onder meer het percentage bollen bepaald welke een aantasting door *Fusarium/Cylindrocarpon* hadden. Bij alle bemestingsobjecten was het percentage aantasting door deze schimmels erg laag. Er was wel een lichte toename te zien bij een hogere stikstofgift (tabel 15).

Tabel 15: Gemiddeld bolgewicht en percentage Fusarium onder invloed van de bemestingsobjecten in het gewas lelie cv. 'Stargazer'

Bemesting (N in kg/ha)	Gemiddeld bolgewicht (g)	Percentage *Fusarium* (%)
0	30,7	0,0
50	35,3	0,3
100	38,6	0,8
150	36,8	1,8
200	36,2	2,0

Bron: Gewasverslag Lelie, 1992)

5.1.1 NBS versus conventionele bemesting

In een serie proeven in Breezand, ROC 'De Waag' en Zwaagdijk in de periode 1991-1993 is het stikstofbijmestsysteem (NBS) vergeleken met conventionele stikstofbemesting. Er is bij de beoordeling ook gekeken naar de mate van aantasting door *Fusarium* en *Cylindrocarpon*. Er werden in het proefjaar 1991 kwam er geen aantasting in de proef voor (cultivars 'Enchantment', 'Stargazer' en 'Aristo'). In 1992 werd geen verschil in uitval en aantasting tussen de beide bemestingsstrategieën gevonden. Bij de cultivars 'Enchantment' en 'Aristo' was het percentage *Fusarium/Cylindrocarpon* bij alle objecten lager dan 1%. Bij de cultivar 'Stargazer' kwam in de veldjes met stikstofbemesting gemiddeld iets meer *Fusarium/Cylindrocarpon* voor dan in veldjes zonder stikstofbemesting (zie ook tabel 16) In 1993 werd NBS vergeleken met conventionele stikstofbemesting in de cultivars 'Stargazer' (Orëntal), 'Pollyanna' (Aziaat) en 'Snow Queen' (Longiflorum). Bij de cultivar 'Stargazer' kwam het minste percentage bollen met *Fusarium* voor wanneer geen stikstof werd gegeven. Tussen de beide bemestingsmethoden was er geen verschil in percentage *Fusarium*. Bij de andere cultivars kwam vrijwel geen *Fusarium* voor (Anonymus, 1991/1993).

Tabel 16: Percentage bollen met Fusarium onder invloed van stikstofbemesting bij 'Stargazer'

Stikstofbemesting	**% *Fusarium* proefjaar 1992**	**% *Fusarium* proefjaar 1993**
Geen	0,3	1,4
Conventioneel	4,3	7,5
NBS	4,3	6,6

Zoals uit voorgaande tekst volgt zijn er geen duidelijke aanwijzingen te halen voor een eventueel verhoogd risico op ziekten (met name *Fusarium* en *Cylindrocarpon*) in de teelt van lelie. Het huidige bemestingsadvies volgens NBS is weergegeven in tabel 17. Het stikstofbijmestsysteem in lelie geldt voor Aziatische hybriden en Oriëntals. Het advies geldt niet voor de teelt van schubben, materiaal uit de weefselkweek of een tweejarige teelt. Bij lelie wordt geen startgift gegeven. Tot 15 juni wordt een buffer aangehouden van 50 kg N/ha en daarna 25 kg N/ha (Anonymus, 1998[a]).

Tabel 17: Stikstofbijmestsysteem (NBS) in kg N/ha voor lelie

Tijdstip	**Verwachte N-opname komende periode**	**Buffer**	**Streefgetal* (N-opname + buffer)**
Half mei	20	50	70
Eind juni	45	25	70
Half augustus	35	25	60

*: N-gift = streefgetal – N-voorraad in de bodem

5.1.2 Discussie en conclusies

Jarenlang bemestingsonderzoek in lelie heeft geen duidelijke indicatie opgeleverd of stikstofbemesting een schimmelziekte in de hand werkt. In enkele onderzoeksjaren wordt er een lichte relatie gevonden tussen een toenemende stikstofgift en een toename in aantasting door de bodemschimmels *Cylindrocarpon* en *Fusarium*. In proefjaren waarin geen schade door *Fusarium* voorkwam, werd er in geen enkele behandeling schade teruggevonden aan de bollen. In gevallen waarin schade door de hele proef werd gezien, dan werd bij een toenemende stikstofgift een toename in aantasting door *Fusarium/Cylindrocarpon*-aantasting gevonden. Het lijk erop dat bemesting een aantasting van beide schimmels in lichte mate kan bevorderen in situaties waarin de grond en/of het plantgoed al besmet is. Op grond van de resultaten zou geconcludeerd kunnen worden dat een verhoogde N-gift bij gezonde lelieplanten de planten niet gevoeliger maakt voor aantasting door beide bodemschimmels. Extreem hoge giften (> 200 kg N/ha) zou mogelijk meer risico op *Fusarium* geven, maar dit wordt onder praktijksituaties in principe niet gehaald.

Er dient nogmaals opgemerkt te worden dat het hoofddoel van deze bemestingsproeven was om tot een optimaal bemestingsadvies te komen en niet om een mogelijke relatie vast te kunnen stellen tussen de hoogte van het stikstofniveau en een aantasting door bodemschimmels. De weergegeven resultaten zijn 'spontaan' in de proeven tot uiting gekomen.

Veldproeven naar een mogelijke relatie tussen bemesting en de mate van gevoeligheid van lelie voor vuur (*Botrytis elliptica*) zijn nog niet eerder uitgevoerd. Er zijn proefplannen voor het seizoen 2001. Er zijn wel kleinschalige proeven in klimaatkasten uitgevoerd. Het doel van dit onderzoek was om te bepalen in hoeverre stikstofresten op het blad van vinassekali of bloedmeel een aantasting door vuur in de hand werkt. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van biologische teelt van lelie. De mogelijkheden van stikstofbemesting zijn vrij beperkt. De twee meest gebruikte stikstofmeststoffen zijn bloedmeel en vinassekali. Vinassekali is een vloeibare meststof en is een bijproduct uit de bietenverwerking. Het is eigenlijk een kalimeststof, maar bevat ook een klein percentage stikstof. Beide producten worden alleen toegepast vlak voor opkomst van het gewas, vanwege een mogelijk risico op een verhoogde gevoeligheid van het gewas voor vuur. Bij een toepasing na opkomst blijven er namelijk resten van de meststof op het gewas achter, die mogellijk als voedingsbron voor de vuurschimmel *Botrytis* spp. kan dienen.

In de experimenten werden steeds de volgende behandelingen met elkaar vergeleken; bespuiten met water, bespuiten met een oplossing van vinassekali en planten bestrooid met bloedmeel. Na de behandelingen werden de planten kunstmatig besmet met inoculum van *B. elliptica*. Na ongeveer 5 dagen werden de planten beoordeeld op schade. Het bleek dat bloedmeel en vinassekali geen verhoogd risico gaven op een vuuraantasting (tabel 18). Bij bespuiting met vinassekali in de dubbele concentratie (B) dan die in de praktijk gebruikt werd, bleek er wel meer risico te zijn. Bij het ene experiment werd minder schade in de planten teruggevonden te opzichte van de controle met water; bij het tweede experiment werd echter meer schade gevonden (Van Zuilichem, 2000 en 2001).

Tabel 18: Effect van bloedmeel, en vinasse op vuurgevoeligheid van lelie 'Mont Blanc'

Behandeling	**Bloedm.- Vin. A**	**Vin. A – Vin. B**	**Bloedm. – Vin. B**
	28 aug. 2000	**12 dec. 2000**	**12 febr. 2001**
Water	4,6	1,6 a	16,1 a
Bloedmeel	5,8		15,2 a
Vinasse A (75 ml/l water)*	3,0	1,3 a	
Vinasse B (150 ml/l water)		2,5 b	10,9 b
Significant	*Nee*	*Ja*	*Ja*
L.s.d.		*0,522*	*2,876*
F pr.		*<0,001*	*<0,001*

*Concentratie A is te vergelijken met de praktijk; 900 liter vinasse/1200 liter water per ha

5.2 Narcis en hyacint

In het verleden zijn bij het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek in Lisse (nu: PPO Sector Bloembollen) vele bemestingsproeven met stikstoftrappen uitgevoerd om te komen tot een goede bemestingsstrategie. Er is echter nooit enig verband gezien tussen bemestingsniveau en een toename in aantasting door schimmelziekten, zoals *Fusarium* en *Pythium*. In het advies naar de telers toe wordt echter wel aanbevolen om voorzichtig met stikstofbemesting om te gaan (zie het handboek 'Ziekten en plagen bij bolgewassen', 1995). Dit is meer gebeurd op grond van geruchten uit de praktijk dan op grond van proefresultaten. De redenering die hierachter zit is dat stikstof de groei van het gewas bevordert en daarmee waarschijnlijk ook de bolrot. Vooral op geïnjecteerde grond moet men stikstof beperken. Mogelijk dat een zwakkere uitgangspartij gevoeliger is voor schade door *Fusarium* bij een hoge stikstofgift. Een aantasting door *Fusarium* wordt echter door verschillende factoren beïnvloed, waarbij juist een ongunstige combinatie van die factoren tot een negatief effect kan leiden. De belangrijkste factoren zijn: hoeveelheid beschikbare stikstof, grondsoort, vochttoestand, temperatuur, plantdichtheid en besmettingsdruk in de grond (Mondelinge mededeling P. Vreeburg, maart 2001). De wortelinfectie en de ontwikkeling van het ziektebeeld van *Fusarium* wordt bijvoorbeeld sterk beïnvloed door de bodemtemperatuur. Er vindt pas een infectie van de wortels plaats bij bodemtemperaturen hoger dan 12°C (Moore, 1979).
In de literatuur zijn zeer weinig gegevens te vinden omtrent stikstofbemesting en aantasting door schimmelziekten. Snazelle (1979) noemt in zijn artikel een aantal preventieve maatregelen die telers kunnen nemen tegen bolrot veroorzaakt door *Fusarium oxysporum* f. sp. *narcissi*. Eén van deze maatregelen bestond uit het vermijden van een bemesting met hoge giften aan stikstof. In een reactie op dit artikel werd een aanvulling gegeven op dit punt. Zo zou, naast bemesting met hoge gehaltes aan stikstof, ook voorzichtig omgegaan moeten worden met organische stikstofmestbronnen, zoals verse stalmest en nog niet voldoende gecomposteerd vers materiaal van bijvoorbeeld bladeren, gras en ander fijn snoeimateriaal. In Amerika is er in het verleden specifiek onderzoek gedaan naar de invloed van bemesting op bolrot veroorzaakt door *Fusarium oxysporum* in narcis. Uit deze proef bleek dat proefveldjes die bemest waren met een stikstofmeststof de meeste bolrot vertoonde. De minste bolrot werd gevonden bij planten die een bemesting met kaliummeststof hadden ontvangen (McClellan & Stuart, 1947).

5.3 Gladiool

Bij gladiolen zijn er wel enkele aanwijzingen dat bemesting een aantasting van de bodemschimmel *Fusarium oxysporum* en *Botrytis* kan bevorderen. In Noord-Amerika zijn in het verleden enkele onderzoeksresultaten bekend op dit gebied. Bemesting met ammoniumsulfaat, ammoniumnitraat of ammoniumfosfaat stimuleren deze schimmel en verergeren het ziektebeeld. De schimmel groeit sneller en is meer pathogeen wanneer bemesting in de vorm van ammoniumstikstof wordt toegediend. Dit stimulerende effect geldt zowel voor de *Fusarium* die aanwezig is op de knol als in de grond. *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* wordt mogelijk nog meer gestimuleerd door bepaalde organische mestbronnen, zoals verse dierlijke mest en bloedmeel. Deze stikstofbronnen zijn extra gevaarlijk, omdat ze naast ammoniakverbindingen, tevens meer complexere verbindingen bevatten, zoals purines. Wanneer deze meststoffen vlak bij of onder de knollen wordt toegediend rondom het planttijdstip, dan kunnen vrijwel zeker problemen met *Fusarium* verwacht worden. Organische meststoffen zijn pas veilig, wanneer de ammoniumbestanddelen en eiwitten door de microflora in de bodem zijn omgezet in nitraat. De microflora heeft hiervoor een warme, goed beluchte, zuurstofrijke bodem nodig (Moore, 1979, Anonymus, 1979 ; Anonymus, 1983).

Een ander belangrijk punt in de natuurlijke beheersing van *Fusarium* is de zuurgraad van de bodem. Geadviseerd werd om een pH te handhaven tussen 6,5 – 7,0. *Fusarium* blijkt namelijk een aantal spoorelementen, zoals zink en mangaan, nodig te hebben om goed te kunnen groeien en om hem in hoge mate pathogeen maakt. Gladiolen kunnen goed groeien op deze neutrale gronden bij een bemesting met nitraatstikstofbronnen. Onder deze condities wordt de beschikbaarheid van zware metalen (als Zn en Mn) sterk gereduceerd (Anonymus, 1979 ; Anonymus, 1983).

Niet alleen de stikstofbron speelt een belangrijke rol, maar ook de totale hoeveelheid stikstof. Te veel stikstofbemesting, in welke vorm dan ook, werkt een aantasting door *Fusarium* in de hand. Verondersteld werd dat een bemesting met meststoffen, waarbij de stikstof geleidelijk vrijkomt (zoals Osmocote), het stimulerende effect van de meststof op de schimmel zou afvlakken. Als advies werd gegeven om gladiolenknollen ook na de bloei te bemesten met stikstof en niet de totale bemesting voor de bloei te geven. Dit zou de vatbaarheid van de plant voor ziekten verlagen. Gladiolen met een licht stikstofgebrek blijken in hoge mate tolerant voor *Fusarium* te zijn. Extra stikstofbemesting in de vorm van ammoniumnitraat en ureum maken gladiolenplanten tevens meer vatbaar voor *Botrytis*. Aangeraden werd om niet teveel te bemesten met sulfaat- of ammoniummeststoffen, vooral niet wanneer de grond koud, nat en/of zuur is. De veiligste bron voor stikstofbemesting is bemesting in de vorm van calcium- of kaliumnitraat en goed gecomposteerd organisch materiaal (Anonymus, 1979 ; Anonymus, 1983).

Bij een onderzoek in Egypte werd een sterke relatie gevonden tussen een *Fusarium*-aantasting van de knollen en de verhouding N/K. Tevens bleken fosfaatmeststoffen een licht reducerende werking te hebben op het optreden van schade door *Fusarium* (Moore, 1979). In Amerika zoekt men de relatie van bemesting en de mate van aantasting vooral in de stikstofbron, nitraat- versus ammoniakmeststoffen (Magie et al., 1976).
In 1987 en 1988 is er op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek bemestingsonderzoek uitgevoerd ten behoeve van het ontwikkelen van een bijmestsysteem voor gladiool. Het bleek dat een teveel aan beschikbare stikstof in de grond een nadelig effect heeft op *Fusarium*-aantasting. Het onderzoek is uitgevoerd met de cultivars 'Hunting Song', 'Traderhorn' en 'Nicole'. De plantgoedpartij van de cultivar 'Nicole' was besmet met *Fusarium oxysporum*. De bemesting werd gegeven in de vorm van KAS (basisbemesting) en KS (bijbemesting). De verschillende behandelingen in basisbemesting waren: 0, 37,5 en 75 kg N/ha. Voor de bijbemesting golden de volgende behandelingen: 0, 75, 150 en 225 kg N/ha. Naast opbrengst, is er ook gekeken naar het optreden van *Fusarium*-aantasting in de geoogste knollen. Bij giften van meer dan 150 kg N/ha werd er bij de cultivar 'Nicole' een ernstigere aantasting door *Fusarium* waargenomen. Bij een toenemende N-gift nam het percentage knollen met *Fusarium*-aantasting toe (Anonymus, 1988). Na de oogst werd het percentage aangetaste knollen vastgesteld. Op het oog gezonde knollen werden nageteeld om te onderzoeken of de wijze van bemesten ook nog effect in de nateelt had. Deze knollen zijn in een kas opgeplant bij 23°C. Vlak voor planten zijn de knollen ontsmet in 0,4% prochloraz. Na tien weken waren de knollen beoordeeld op symptomen van *Fusarium* (zie tabel 19) (Groen, 1990).

Tabel 19: Invloed van bemesting met stikstof op de aantasting door Fusarium van gladiolenknollen cultivar 'Nicole' na het rooien en in de nateelt

Basisbemesting (kg N/ha)	**Totale bijbemesting (kg N/ha)**	**% knollen aangetaste door *Fusarium***	
		Na rooien	**In nateelt**
75	0	7	30
75	75	6	36
75	150	12	45
75	225	17	40

De resultaten laten zien dat hoe meer stikstof tijdens het groeiseizoen werd gegeven, des te ernstiger de aantasting door *Fusarium* bij het rooien en in de nateelt van (op het oog) gezonde knollen. Er bleek dus niet alleen een direct effect te zijn van een teveel aan stikstof op de geoogste knollen, maar ook een effect in de nateelt. Het is dus belangrijk om de grond regelmatig te bemonsteren voor stikstof mede in relatie tot *Fusarium*.

In de periode 1991-1993 is er onderzoek gedaan naar een stikstofbijmestsysteem voor gladiolenkralen. Om de optimale stikstofopname te kunnen bepalen zijn ieder jaar stikstoftrappen aangelegd bij twee cultivars 'Traderhorn' en Hunting Song'. De geoogste pitten zijn daarna na-geteeld om eventuele na-effecten te bekijken.In 1993 bleek er veel uitval van pitten. Dit werd gedeeltelijk veroorzaakt door *Fusarium*. Er was gemiddeld 4% aantasting door *Fusarium*, maar er was geen duidelijk effect van de stikstofgiften. In de na-

teelt van de pitten leek de stikstofbemesting in 1993 een invloed te hebben gehad op het percentage *Fusarium* in 1994. Dit kwam door een besmetting vanuit de grond in 1993, wat ook al resulteerde in uitval door *Fusarium* na het rooien in 1993 (tabel 20). Bij een stikstofbemesting van 100 kg N/ha werd in 'Hunting Song' 3,2% *Fusarium* gevonden. Bij 'Traderhorn' werd bij een bemesting van 150 kg N/ha 1,7% *Fusarium*-aantasting gevonden. Gemiddeld over de objecten was het percentage uitval door *Fusarium* 0,5%. Het leek er dus op dat er wat meer *Fusarium* in de nateelt optrad bij de hogere stikstofgiften (Anonymus 1998[b]).

Tabel 20: Opbrengstgegevens en aantasting dor Fusarium in proefseizoen 1993 in het gewas gladiool cultivars 'Hunting Song' en 'Traderhorn'

Stikstofgift (kg/ha)	**Totaal oogstgewicht (ton/ha)**	**Aantal geoogste pitten (milj. st./ha)**	***Fusarium* tijdens bewaring (%)**
Hunting Song			
0	22.9	4,5	0,9
50	24,5	5,1	1,2
100	24,1	5,0	1,9
150	25,7	5,7	2,5
Traderhorn			
0	13,1	3,7	3,4
50	16,3	4,1	3,8
100	15,1	3,4	5,6
150	16,6	3,8	3,7
LSD	***1,9***	***0,7***	***1,5***

Het stikstofbijmestsysteem is gebaseerd op het bemesten aan de hand van bodembemonstering. In het bemestingsadvies voor gladiolen is een onderscheid gemaakt in de teelt van pitten en kralen (tabel 21). Bij het huidige stikstofbijmestsysteem wordt er geen startgift gegeven. Tot half juli wordt een buffer van 50 kg N/ha aangehouden. Na half juli komt deze op 25 kg N/ha. In het huidige advies komt de maximale gift niet boven de 150 kg N uit, waardoor het risico van een hogere aantasting door *Fusarium* ten gevolge van de bemesting niet te verwachten valt.

Tabel 21: Stikstofbijmestsysteem (NBS) in kg N/ha voor gladiool, waarbij een onderscheid gemaakt is in de teelt van pitten en kralen

Tijdstip	**Verwachte N-opname komende periode**		**Buffer**		**Streefgetal* (N-opname + buffer)**	
	Pitten	*Kralen*	Pitten	*Kralen*	Pitten	*Kralen*
Half mei	50	*20*	50	*50*	100	*70*
Eind juni	75	*35*	50	*50*	125	*85*
Eind juli	60	*45*	25	*25*	85	*70*
Eind augustus	60	*75*	25	*25*	85	*100*

*: N-gift = streefgetal – N-voorraad in de bodem

5.4 Tulp

Tulp is het belangrijkste bolgewas in ons land. Aan dit gewas is dan ook veel en uitgebreid onderzoek gedaan aan uiteenlopende onderwerpen. Een kleine greep uit de onderwerpen op het gebied van bemesting: effect van verschillende combinatie N-P-K-bemesting, NO_3-N versus NH_4-N bemesting, nutriëntenverdeling in de plant, NBS tulp, bladbemesting en veel onderzoek aan gebreksziekten. Er zijn echter geen onderzoeksresultaten bekend omtrent een relatie tussen bemesting en ziekteverloop in het gewas. Bij PPO Sector Bloembollen (voorheen: het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek) zijn uitgebreide onderzoeksreeksen uitgevoerd, waarbij een breed gebied van bemesting en overbemesting is beproefd. In geen van deze proeven is ooit gemeld dat er een hoger percentage uitval door ziekten was. Bij sommige proeven is er bij de beoordeling zijdelings wel gekeken naar een aantasting door *Fusarium*, omdat een overmaat aan stikstof het optreden daarvan zou kunnen bevorderen. In het driejarige onderzoek naar NBS voor tulp is echter in geen van de onderzoeksjaren een aantasting door *Fusarium* van enige betekenis aangetroffen (Anonymus, 1998[b]).

In de literatuur is vrijwel niets te vinden over invloed van bemesting op ziekten in tulp. Er zijn wel enkele onderzoekers die melding maken dat een overmatige bemesting met stikstof de kans op ziekten vergroot, met name op *Botrytis* (vuur) (Struijs, 1949; Tsutsui, 1975). In Japan is bijvoorbeeld een veldexperiment uitgevoerd naar de optimale gift van kunstmeststikstof. Bij verschillende cultivars van tulp werden de behandelingen 0, 40, 80 en 120 kg N/ha onderling vergeleken. Gedurende deze experimenten viel op dat de gevoeligheid voor *Botrytis* en andere ziekten hoger was bij planten die een hoge stikstofgift hadden gekregen (> 80 kg N/ha) (Tsutsui, 1975).

Een hoge stikstofgift kan leiden tot een tekort aan andere voedingselementen in de plant. Zo werd in een kasproef met tulp 'Golden Harvest' bij hogere stikstofgiften gebrekverschijnselen van fosfaat gevonden. Bij tulp 'Elmus' bleek bij hoge stikstofgift symptomen van kaliumtekort op te treden. Een ongebalanceerde bemesting kan wel indirect meer ziekte geven. In potproeven is waargenomen dat bij 'zweters' *Botrytis tulipae* groeit op exudaten op het blad van tulp (Cheal & Hewitt, 1963). Bij planten met een magnesiumgebrek viel op dat de aanhechtingsplaats van de stengel aan de bol zachter en vochtiger was ten opzichte van optimaal bemeste planten. Op grond van deze waarneming leek het de betreffende onderzoekers belangrijk om het effect van bemesting op de vatbaarheid voor *Botrytis* te onderzoeken (Cheal & Hewitt, 1962).

Het lijkt erop dat bij tulp, binnen het in de praktijk toegepaste bemestingsbereik, stikstofbemesting van ondergeschikt belang is in relatie met ziekten in het gewas. Tulp blijkt bij een onevenwichtige bemesting eerder gevoelig te zijn voor fysiologische afwijkingen dan voor ziekten.

5.5 Overige bloembolgewassen

Op het gebied van overige bol- en knolgewassen is er gericht bemestingsonderzoek uitgevoerd in de gewassen *Iris*, *Dahlia*, C*rocus*, *Zantedeschia*, *Anemone coronaria* , *Begonia tuberosa grandiflora* en *Frittilaria imperialis*. Het doel van dit onderzoek was om tot een optimale bemestingsadvies te komen (Anonymus, 1998[b]). Bij *Iris* en *Dahlia* is er geen verband gevonden tussen bemestingsniveau en aantasting door ziekten, zoals bruin- en bewaarrot.

5.5.1 Krokus

5.5.1.1 Onderzoek

Knolrot in krokus wordt veroorzaakt door *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli*. De ziekte komt vooral in de zwaarst gegroeide bollen voor. Geadviseerd wordt om niet te zwaar te bemesten met stikstof in verband met een aantasting door *F. oxysporum*. Hetzelfde advies geldt voor pseudo-roest (*F. oxysporum*). Deze

schimmel is nauw verwant, maar niet identiek aan de veroorzaker van knolrot (Anonymus, 1995). Bij krokus lijkt er een tendens te zijn naar meer aantasting door *Fusarium* bij hogere stikstofgift, alhoewel dit tot nu toe in proeven niet consequent aangetoond kon worden (Mondelinge mededeling P. van Leeuwen, maart 2001).

In de periode 1980 tot en met 1985 is de stikstof in relatie tot de opbrengst en de aantasting door *Fusarium* onderzocht. Daarbij is gekeken of een hoge stikstofgift de kans op aantasting door *Fusarium* vergroot. In een tweejarig onderzoek (1980-'81) werd uitgegaan van een basisbemesting van 0, 75 of 150 kg N/ha. Vervolgens zijn verschillende trappen van overbemesting toegepast: 0, 75, 150 en 225 kg N/ha. Dit onderzoek vond plaats in Wieringerwerf op lichte zavelgrond met de cultivar 'Grote Gele'. In het eerste onderzoeksjaar bleek er een relatie te zijn tussen stikstofgift en *Fusarium*-aantasting. Naarmate de stikstofgift bij de overbemesting hoger werd, nam het percentage *Fusarium* toe (tabel 22). De basisbemesting had, vermoedelijk mede door uitspoelingsverliezen in de winter, geen invloed op het percentage *Fusarium*-aantasting. In het tweede onderzoeksjaar (1981-'82) kwam er geen *Fusarium* in het gewas voor, zodat er geen uitspraak gedaan kon worden over de invloed van bemesting.

Omdat verwacht werd dat de grondsoort en cultivargevoeligheid een belangrijke rol spelen, is in het proefseizoen 1982-1983 een soortgelijke proef uitgevoerd met de cultivar 'Remembrance' op zandgrond. De bemesting had geen invloed op het optreden van *Fusarium*, ook niet bij de hoogste gift.

Tabel 22: Invloed van overbemesting met stikstof op de opbrengst, het N-gehalte van de knol en het percentage Fusarium bij krokus 'Grote Gele' op lichte zavelgrond in proefseizoen 1980-1981

Overbemesting in kg N/ha	**Opbrengst in kg per 100 gr geoogste clusters**	**N-gehalte knol (%)**	***Fusarium*-aantasting (%)**
0	0,89	1,1	1,9
75	0,96	1,5	3,1
150	0,99	1,7	4,1
225	1,00	1,8	4,3

In het proefseizoen 1983-1984 zijn nogmaals dezelfde bemestingsgiften vergeleken en vond plaats op drie locaties met verschillende grondsoorten en cultivars: "Grote Gele' op lichte en zware zavelgrond, 'Remembrance' en 'Blue Pearl' op zandgrond. Alleen op de lichte zavelgrond bij de cultivar 'Grote Gele' kon een verband aangetoond worden tussen bemesting en *Fusarium*, zowel bij de basisbemesting als bij de overbemesting (Tabel 23). Bij de overbemesting bleek een gift van 225 kg N/ha de grootste aantasting te geven. Daarbij gaf de combinatie 75 kg N basisbemesting en 225 kg N kg overbemesting het hoogste aantastingpercentage: 3,9% ten opzichte van 0,8% bij geen bemesting. De bevindingen bleken overeen te komen met de hoeveelheid stikstofonttrekking door de knol: hoe hoger de stikstofonttrekking, des te meer *Fusarium*.

Op de zware zavel ('Grote Gele') kwam wel *Fusarium* in het gewas voor, maar was er geen verschil tussen de behandelingen. De gemiddelde *Fusarium*-aantasting bedroeg 2,2%. Op de proeflocatie met zandgrond trad in beide cultivars ('Remembrance' en 'Blue Pearl') geen *Fusarium* op. In het laatste onderzoeksjaar 1984-1885 trad geen *Fusarium* op in het gewas.

Tabel 23: Invloed van basisbemesting met stikstof op het percentage Fusarium bij Krokus 'Grote Gele' op lichte Zavelgrond in proefseizoen 1983-1984

Basisbemesting in kg N/ha	***Fusarium*-aantasting (%)**
0	1,8
75	2,3
150	1,3

5.5.1.2 Conclusies krokusonderzoek

In een vijfjarig onderzoek naar de invloed van stikstofbemesting op de opbrengst en het optreden van *Fusarium* in krokus kon geen eenduidige conclusie getrokken worden omtrent de *Fusarium*. Alleen bij de cultivar 'Grote Gele' kon in twee van de vier proefjaren aangetoond worden dat een hoge stikstofgift op lichte zavelgrond de kans op *Fusarium* vergrootte. Het geheel aan bevindingen is samengevat in tabel 24.

Tabel 24: Overzicht proefresultaten in de periode 1980-1984 omtrent verband stikstof en Fusarium bij verschillende krokuscultivars en grondsoorten (Ja = wel verband, Nee = geen verband)

Cultivar	**Grondsoort**		
	Zand	**Lichte zavel**	**Zware zavel**
Grote Gele		Ja (1980-'81) Nee* (1981-'82) Ja (1983-'84) Nee* (1984-'85)	Nee (1983-'84) Nee* (1984-'85)
Remembrance	Nee (1982-'83) Nee* (1983-'84) Nee* (1984-'85)		
Blue Pearl	Nee* (1983-'84)		

*: In dit proefjaar kwam geen *Fusarium* voor

5.5.2 Zantedeschia

In de periode van 1995 tot en met 2000 zijn bemestingsproeven uitgevoerd bij Zantedeschia bij Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (voorheen Laboratorium voor Bloembollenonderzoek) om te komen tot een stikstofbijmestsysteem. Daarnaast is gekeken naar de relatie tussen stikstofgift en uitval door *Erwinia* (bacterierot). Er kwamen namelijk geluiden uit de praktijk dat te veel stikstof tot een weelderig gewas leidt en meer uitval door bacterierot zou geven. Een stikstofgift van 150 kg N/ha (=N-gift – $N_{voorraad}$) bleek optimaal te zijn voor de teelt van Zantedeschia. De maximale knolgroei werd weliswaar bereikt bij een gift van 200 kg N/ha, maar dit ging regelmatig gepaard met meer uitval in de nateelt en afbroei door bacterierot en versteende bollen (Van Leeuwen *et al.*, 2001). Over mogelijke relaties tussen bemesting en schimmelinfecties is niets bekend. In elk geval bleek binnen de bovenstaande bemestingsreeks geen schade op te treden door schimmelziekten.

5.5.3 Anemone coronaria

In de periode van 1993 tot en met 1995 liep er onderzoek naar een optimale stikstofbemesting in *Anemone coronaria*. Na de oogst is onder meer het uitvalpercentage van het aantal geplante bollen bepaald (tabel 25). In 1993 en 1995 nam het uitvalspercentage iets toe als er stikstof werd gegeven. In 1994 was er geen verband tussen de stikstofgift en het uitvalpercentage. Waardoor deze uitval precies veroorzaakt werd, is niet vermeld. Wel werd opgemerkt dat een te grote stikstofgift meer 'gevleugelde knollen' gaf. Deze knollen zijn door de handel minder gewenst (Anonymus, 1998[b]).

Tabel 25: Uitvalspercentage onder invloed van de stikstofgift in de proefjaren 1993 t/m 1995 bij Anemone coronaria

Stikstofgift (kg N/ha)	**Uitvalpercentage**		
	1993	**1994**	**1995**
0	15	7	4
50	19	5	12
100	21	6	7
150	17	8	12
200	26	8	12
LSD	*6*	*n.s.*	*5*

5.5.4 Knolbegonia

Bij knolbegonia (*Begonia tuberosa grandiflora*) is er een verband tussen stikstofbemesting en het optreden van bolrot tijdens de bewaring. In de periode 1980-1984 is er bemestingsonderzoek uitgevoerd op zware en lichte zavelgrond met de cultivars 'Scharlaken', 'Geel' en 'Orange'.

In de onderzoeksperiode van 1980-1982 werd er in de basisbemesting geen stikstof meegegeven, maar bestond uit verschillende giften aan kaliummeststoffen. De overbemesting met stikstof (KS) bestond uit 0, 100, 200, 300 of 400 kg N/ha en werd verdeeld over 8 gelijke de giften. In beide jaren bleek een hogere stikstofgift te leiden tot meer uitval tijdens de teelt en meer knolrot tijdens de bewaring (tabel 25). Met uitval wordt het verschil bedoeld tussen aantal geplante en geoogste knollen. Er bleek geen verschil tussen de cultivars te zijn. Bij een stijgende stikstofgift tot en met 200 kg N/ha nam zowel de gewasomvang als het stikstofgehalte van de knol toe. Verdere verhoging van de stikstofgift veroorzaakte groeiremming en het stikstofgehalte van de knol bleef op hetzelfde niveau ten opzichte van 200 kg N/ha.

Tabel 25: Invloed van bemesting met kalksalpeter op percentage uitval en percentage knolrot bij knolbegonia 'Scharlaken' (1980-1981) en 'Scharlaken' en 'Geel' (1981-1982)

Stikstofgift (kg N/ha)	Seizoen 1980-1981		Seizoen 1981-1982	
	% uitval	% knolrot	% uitval	% knolrot
0	5,9	2,2	6,6	8,3
100	10,4	6,9	6,9	11,5
200	10,3	10,6	13,5	28,8
400	19,4	10,8	21,4	35,4

In de onderzoeksperiode van 1982-1983 is puur gericht op stikstofbemesting, omdat uit voorgaande onderzoek was gebleken dat hogere giften aan stikstof meer uitval tijdens het groeiseizoen en knolrot tijdens de bewaring kon geven. Het accent lag nu op het toedienen van de basisbemesting van KAS en het tijdstip van toediening van de overbemesting met kalksalpeter. De basisbemesting zag er als volt uit: 0, 50, 100 kg N/ha. De overbemesting bestond uit een gift van 0, 50, 100 of 200 kg N/ha, welke in 2, 4 of 6 gespreide giften werd toegediend aan het gewas. Ook hier werd in beide jaren een hoger percentage uitval en knolrot gevonden bij stijgende stikstofgiften. In het seizoen 1982-'83 werd echter geen natte bewaarrot gevonden, maar bestond de schade uit versteende knollen. De verschillen ten aanzien van het percentage uitval tijdens het groeiseizoen waren gering. Het percentage knolrot werd alleen beïnvloed door de basisgift stikstof en de tijdstippen van overbemesten. Verhoging van de basisgift met stikstof gaf een hoger percentage knolrot (zie tabel 26). Er was een lichte tendens aanwezig dat een overbemestingsgift die in 2 of 4 keer was gestrooid meer uitval tijdens het groeiseizoen gaf ten opzichte van 6 keer strooien. Ook het percentage knolrot in de bewaring nam af als de bemesting over meerdere tijdstippen was verdeeld.

Tabel 26: Invloed van basisbemesting met KAS op het optreden van knolrot in de bewaring bij knolbegonia 'Scharlaken' in seizoen 1982-1983

Basisbemesting (kg N/ha)	% knolrot (verkalkte knollen)
0	10,4
50	12,1
100	16,8

In het seizoen 1983-"84 is de proef op dezelfde wijze opgezet als voorafgaand seizoen, alleen werd de overbemesting nu in 2 of 4 keer toegediend. Tijdens het groeiseizoen was er een hoger percentage uitval bij een hogere overbemesting (tabel 27). Deze werd deels veroorzaakt door bladverbranding, ondanks dat na elke bemesting was beregend.

Tabel 27: Invloed van overbemesting met KS op het percentage uitval tijdens het groeiseizoen bij knolbegonia 'Orange' in seizoen 1983-1984

Overbemesting (kg N/ha)	% uitval
0	18,0
50	20,1
100	27,5
200	36,0

Bij de beoordeling op knolrot zijn de knollen verdeeld in gezonde, licht (inwendige bruine spikkels) en zwaar (geheel of gedeeltelijk verrot of verkalkt) aangetaste knollen. Er bleek alleen verband te zijn tussen bemesting en licht aangetaste knollen. Verhoging van de basisbemesting met stikstof gaf een hoger aantal knollen met lichte knolrotsymptomen (tabel 28). Er kon geen verband aangetoond worden tussen de hoogte van de overbemestingsgift en de knolrotaantasting. Gemiddeld was 21,5% van de knollen zwaar aangetast. Wanneer de overbemesting in 4 keer werd gegeven, was het percentage licht aangetaste knollen kleiner vergeleken bij een gift in 2 keer, namelijk 12,0% ten opzichte van 7,9%.

Tabel 28: Invloed van basisbemesting met KAS op het percentage knolrot tijdens de bewaring bij knolbegonia 'Orange' in seizoen 1983-1984

Basisbemesting (kg N/ha)	% knolrot (lichte aantasting)
0	6,9
50	10,9
100	12,0

5.5.5 Frittilaria imperialis

Een bolgewas waarvan, zowel in de praktijk als bij het onderzoek verwacht wordt dat er een relatie is tussen stikstofgift en aantasting door *Fusarium*, is *Frittilaria imperialis*. Ook hier geldt weer dat tot heden nog geen verband aangetoond kon worden. Door PPO, Sector bloembollen St. Maartensbrug (voorheen Proefbedrijf De Noord) is een driejarig onderzoek uitgevoerd (periode 1998-2000) naar de stikstofbehoefte van *Fritillaria imperialis* (keizerskroon). Op grond van de gegevens is een stikstofbijmestsysteem opgesteld. In dit onderzoek is geen relatie met een aantasting door *Fusarium* aangetoond, zelfs niet bij de redelijk gevoelige cultivar 'Premier'. Als mogelijke verklaring werd gegeven dat de gekozen stikstoftrappen te laag waren om een *Fusarium*-aantasting te veroorzaken. Het onderzoek wordt voortgezet met hogere stikstofgiften om te kijken of dit een aantasting door *Fusarium* bevordert (Vlaming-Kroon & Van Dam, 2000)

6 Samenvatting, discussie en conclusies

6.1 Algemene bevindingen

Uit de beschikbare informatie over het effect van de verschillende voedingselementen op bodemgebonden schimmelziekten kunnen slechts enkele algemene conclusies getrokken worden. Het merendeel van de informatie is gevonden bij bodemgebonden pathogenen. Een nutriënt kan op de ene bodempathogeen een gunstige en op de andere weer een ongunstige uitwerking hebben. Calcium en nitraat verhogen bijvoorbeeld de pH en doen de agressiviteit van *Fusarium oxysporum* dalen, terwijl een aantasting door *Verticillium* hierdoor juist gestimuleerd kan worden. Bij *Fusarium* in oliepalm lijkt KCl een onderdrukkende werking op *Fusarium* te hebben en dit werd toegeschreven aan K. Bij andere gewassen bleek een bemesting met Cl juist *Fusarium* en *Pythium* te kunnen stimuleren (onder meer bij tomaat en selderij)

In een aantal gevallen lijkt de beschikbare informatie vrij consistent te zijn, zoals:

6.1.1 Algemeen

- De weerstand van de plant wordt door een aantal factoren beïnvloed. Eén van deze factoren is het nutriëntenaanbod,
- Het nutriëntenaanbod staat in nauw verband met andere (bodem)factoren, zoals pH, microbiële activiteit, bodemstructuur en vochttoestand,
- Een uitgebalanceerde bemesting doet een ziektebeeld minder sterk manifesteren,
- Obligate parasieten reageren anders op een bepaalde bemestingsvorm als facultatieve parasieten,
- Het belangrijkste element welke het ziekteverloop kan beïnvloeden is N, gevolgd door K en Ca,
- Niet alleen de grootte van de stikstofgift is van belang, maar ook de vorm en met name zijn verhouding tot de andere aanwezige voedingselementen in de bodem,

6.1.2 Fusarium

- Een overvloedig stikstofgebruik stimuleert *Fusarium*-ziekten,
- Hoge stikstofgiften in de vorm van NH_4-N stimuleren het ziekteverloop,
- Nitraatbemesting maakt een *Fusarium*-schimmel minder agressief ten opzichte van een ammoniumbemesting,
- Een hoge pH van de bodem onderdrukt *Fusarium*, voornamelijk door de verandering van de beschikbaarheid van bepaalde metaalionen,
- Een laag P-niveau heeft waarschijnlijk een onderdrukkende werking op *Fusarium*,
- Beheersing van *Fusarium* lijkt goed mogelijk door nitraatbemesting te geven en een laag fosfaatniveau handhaven bij een hoge pH.

6.1.3 Verticillium

- Het lijkt erop dat nitraat het gewas gevoeliger maakt voor *Verticillium*, bemesting met ammonium geniet de voorkeur bij een grondbesmetting met *Verticillium*,
- Een lage pH onderdrukt het ziekteverloop,
- Een hoog kaliumniveau in de bodem lijkt voor sommige gewassen een positieve uitwerking te hebben.

6.1.4 Pythium

- Een hoge pH van de bodem heeft een onderdrukkend effect op *Pythium*,
- Een bemesting met $CaNO_3$ lijkt positief te werken op de weerstand van het gewas tegen *Pythium*.

6.1.5 Botrytis spp.

- Een hoge stikstofgift maakt veel gewassen gevoeliger voor *Botrytis cinerea*, maar er zijn ook gewassen waar een tegengesteld of geen verband wordt gevonden tussen stikstofbemesting en gewasgevoeligheid voor deze schimmel.
- In gevallen waarbij een hoge N-gift het ziekteverloop verterkt, lijkt NH_4-N daarbij meer stimulerend te werken dan NO_3-N.
- Extra bijmesten met calcium zou planten steker maken tegen *B. cinerea*.

6.2 Relevantie voor bloembolgewassen

Voor de gewassen lelie, gladiool, krokus, *Anemone coronaria* en knolbegonia is in het verleden een (zwakke) relatie gevonden tussen stikstofbemesting en aantasting door *Fusarium oxysporum*. Voor gladiool en knolbegonia is deze relatie meerdere opeenvolgende proefjaren teruggevonden. Wat betreft andere pathogene schimmels zijn er geen gegevens bekend. In de literatuur is een enkele malen gesuggereerd dat een hoge stikstofgift een groter risico voor een aantasting door *Botrytis* geeft, maar dit is zelden specifiek onderzocht of teruggevonden als nevenverschijnsel in andere proeven, zoals bemestingsproeven. In de praktijk van de biologische bloembollenteelten wordt minder last van ziekten als *Botrytis* en *Fusarium* ondervonden, terwijl het stikstofniveau van de bodem veelal aan de lage kant is. Een direct verband is nog niet proefondervindelijk aangetoond.

Voor bloembolgewassen kunnen de volgende uitspraken gedaan worden:

6.2.1 Lelie

- Alleen bij de oriental 'Stargazer' is een lichte relatie gevonden tussen stikstofgift en aantasting door *Fusarium/ Cylindrocarpon*,
- Hoge stikstofgiften in de vorm van kalksalpeter hebben een stimulerende werking op het ziekteverloop van *Fusarium oxysporum* en *Cylindrocarpon*. Dit verband is alleen aangetoond in gevallen waarin er bij aanvang van de proef al een lichte besmetting aanwezig was,
- Bij het huidige NBS-advies is het niet erg waarschijnlijk dat de stikstofbemesting een doorslaggevende rol zal spelen in het ziekteverloop binnen het gewas.

6.2.2 Gladiool

- Hoge stikstofgiften (> 150 kg N/ha) en verse stalmest hebben een stimulerende werking op de ontwikkeling van *F. oxysporum*, met name wanneer het toegediend wordt in de vorm van NH_4-N,
- Beheersing van *F. oxysporum* kan gebeuren door een hoge pH te handhaven en te bemesten met nitraatstikstof,
- Ook hier geld weer dat bij het huidige NBS geen verhoogd risico is op *Fusarium*, omdat hier bij de totstandkoming van dit bemestingsadvies rekening mee is gehouden.

6.2.3 Krokus

- Alleen bij de cultivar 'Grote Gele' is er in 2 van de 4 proefjaren een lichte relatie gevonden tussen stikstofgift en aantasting door *Fusarium* bij teelt op lichte zavelgrond.

6.2.4 Knolbegonia

- Een basisbemesting van meer dan 50 kg N/ha geeft meer knolrot.
- Een totale stikstofgift hoger dan 200 kg N/ ha geeft een groter percentage uitval door knolrot (*Fusarium*),

Het lijkt erop dat bij de belangrijkste bloembolgewassen (tulp, lelie, hyacint en narcis), binnen de in de praktijk toegepaste bemestingsmarge, de bemesting op zichzelf meestal niet de doorslaggevende factor is. Omdat uit de literatuurverkenning is gebleken dat de relatie bemesting en ziekteverloop vaak erg gewas- en pathogeenspecifiek is, zou voor meer inzicht voor bloembolgewassen dit per gewas bestudeerd moeten worden.

Literatuur

Anonymus, 1979. A safe way to fertilize glads, North American Gladiolus Council Bulletin nr. 138, p. 19;

Anonymus, 1983. Does Nutrition Have An Effect On Gladiolus Diseases?, North American Gladiolus Council Bulletin nr. 153, p. 39;

Anonymus, 1976-1979, Invloed van stalmest en injekteren op de structuur van de grond en de groei en opbrengst van L. speciosum, Gewasverslagen Lelie 1976/1977, 1977/1978 en 1978/1979, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, resp. p. 10, 17 en 34;

Anonymus, 1979, Stikstofbemesting en opbrengst bij 'Echantment', Gewasverslag Lelie 1978/1979, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, p. 32-33;

Anonymus, 1980-1981. Stikstofbemesting bij krokus in verband met de opbrengst en Fusarium-aantasting / Stikstof- en kalibemesting bij knolbegonia's in verband met de opbrengst en het optreden van knolrot tijdens de bewaring, Gewasverslag Teelt en Broeierij van Bijgoed, publicatie G 8209, resp. p. 20-21 en p. 50-51;

Anonymus, 1981-1982. Stikstofbemesting bij krokus in verband met de opbrengst en Fusarium-aantasting / Stikstof- en kalibemesting bij knolbegonia's in verband met de opbrengst en het optreden van knolrot tijdens de bewaring, Gewasverslag Teelt en Broeierij van Bijgoed, publicatie G 8309, resp. p. 56-57 en p. 62-64;

Anonymus, 1982-1983. Stikstofbemesting bij krokus op zandgronden / Stikstofbemesting bij knolbegonia's in verband met de opbrengst en het optreden van knolrot tijdens de bewaring, Gewasverslag Teelt en Broeierij van Bijgoed, publicatie G 8409, resp. p. 69-70 en p. 75-78;

Anonymus, 1983-1984. Stikstofbemesting bij knolbegonia's in verband met de opbrengst en het optreden van knolrot tijdens de bewaring / Stikstofbemesting bij krokus in verband met de opbrengst en Fusarium-aantasting, Gewasverslag Teelt en Broeierij van Bijgoed, publicatie G 8509, resp. p. 7-10 en p. 50-54;

Anonymus, 1984-1985. Stikstofbemesting bij krokus in verband met de opbrengst en Fusarium-aantasting, Gewasverslag Teelt en Broeierij van Bijgoed, publicatie G 8609, resp. p. 7-10 en p. 68-70;

Anonymus, 1981, De rol van stalmest- en stikstofbemesting bij het optreden van stengel- en schubrot bij L. speciosum 'Uchida', Gewasverslag Lelie 1980/1981, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, p. 95;

Anonymus, 1998[a]. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen, uitgave van Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse;

Anonymus, 1998[b]. Stikstofbemesting en Nutriëntenondezoek bij diverse gewassen, Rapport Laboratorium voor Bloembollenonderzoek nr. 101, Lisse;

Anonymus, 1988. Stikstofbemesting bij pitten, proefnummer 688814, Gewasverslag Gladiool 1988, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, p. 35-37, (zie ook in LBO-rapport 74 p. 30);

Anonymus, 1989. Invloed van stikstofbemesting bij Oriëntals op de opbrengst en de broeikwaliteit, proefnummer 3018920, Gewasverslag Lelie 1989, p. 37-38;

Anonymus, 1990. Invloed van stikstofbemesting bij Oriëntals op de opbrengst en de broeikwaliteit, proefnummer 3019034, Gewasverslag Lelie 1990, p. 56-57;

Anonymus, 1991. Invloed van stikstofbemesting bij Oriëntals op de opbrengst en de broeikwaliteit, proefnummer 3019133, Gewasverslag Lelie 1991, p. 68-69;

Anonymus, 1991-1992-1993. Vergelijking stikstofbijmestsysteem met conventionele bemesting, proefnummers resp. 3019199, 3019232, 3039231, 3009349 en 3019335, Gewasverslagen Lelie 1991, 1992 en 1993, Lisse, resp. p. 73-74, p. 58-59, p. 61-62, p. 128-129 en p. 130-131;

Anonymus, 1992. Invloed van stikstofbemesting bij Oriëntals op de opbrengst en de broeikwaliteit, proefnummer 3019231, Gewasverslag Lelie 1992, p. 64-65;

Anonymus, 1995. Ziekten en afwijkingen bij bolgewassen Deel 2, 2e druk, uitgave van het Informatie en Kennis Centrum Landbouw en het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse;

Batal, K.M., K. Bondari, D.M. Granberry & B.G. Mullinix, 1994. Effects of source, rate, frequency of N application on yield, marketable grades and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L., cv. Granex-33), Journal of Horticultural Science Vol. 69, No. 6, p. 1043-1051;

Bell, A.A., 1989. Role of Nutrition in Disease of Cotton, In: Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, p. 167-204;

Bockmann, H. & G. Partsch, 1975. Zusammenhänge zwischen Stickstoffdüngung und Pflanzenkrankheiten im intensiven Getreidebau, Mitteilungen für den Landbau, Landwirtschaftliche Beratungensstelle der BASF, Ludwigshafen, no. 2/75, Landwirtschaftliche Versuchsstation, Limburgerhof, Gießen/Lahn;

Bruggen van, A.H.C., P.R. Brown & A. Greathead, 1990. Distiction Between Infectious and Noninfectious Corky Root of Lettuce in Relation to Nitrogen Fertilizer, Journal of the American Society of Horticultural Science 115 (5), p. 762-770;

Chaboussou, F., 1987. Pflanzengesundheit und ihre Beeinträchtigung; Die Schädigung durch synthetische Dünge- und Pflanzenbehandlungsmittel, Alternative Konzepte 60, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe;

Cheal, W.F. & E.J. Hewitt, 1962. Effects of major nutrients oon two varieties of tulip grown in sand culture, Journal of Horticultural Science Vol. 37, p. 134-140;

Cheal, W.F. & E.J. Hewitt, 1963. The effects of rates of supply of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on leaf and stem growth, flowering and 'tople' of Golden Harvest and Elmus tulip, Ann. Appl. Biol. Vol. 53, p. 477-484;

Colbach, N., P. Lucas & J.M. Meynard, 1997. Influence of Crop Management on Take-All Development and Disease Cycles on Winter Wheat, Phytopathology Vol. 87, No. 1, p. 26-32;

Colbach, N. & L. Saur, 1998. Influence of crop management on eyespot development and infection cycles of winter wheat, European Journal of Plant Pathology 104, p. 37-48;

Elad, Y., 1989. Role of calcium and ethylene in the grey mould disease, In: IX th Botrytis-symposium: Abstracts and List of Participants, Neustadt/Weinstrasse, 4th to 7th Sept. 1989.

Elad, Y. and D. Shtienberg, 1995. *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables: chemical, cultural, physiologica en biological controls and their integration, Integrated Pest Management Reviews 1, p. 15 - 29.

El-Fouly, 1976. The effcet of Nitrogen Fertilizers on Growth of Cereals and the Impact on Diseases, In:

Fertlizer Use and Plant Health, Proceedings of the12th Colloquium of the International Potash Institute, Izmir, p. 69-76;

Elmer, W.H., 1997. Influence of Chloride and Nitrogen Form on Rhizoctonia Root and Crown Rot of Table Beets, Plant Disease Vol. 81, No. 6, p. 635-640;

Elmer, W.H. & F.J. Ferrandino, 1994. Comparison of Ammonium Sulfate and Calcium Nitrate Fertilization Effects on Verticillium Wilt of Eggplant, Plant Disease Vol. 78, No. 8, p. 811-816;

Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota;

Fidanza, M.A. & P.H. Dernoeden, 1996. Brown Pach Severity in Perennial Ryegrass as Influenced by Irrigation, Fungicide, and Fertilizers, Crop Science Vol. 36, p. 1631-1638;

Findenegg, G.R. & B.H. Janssen, 1984. Plantevoeding en bemesting, Onderwijsdictaat van de Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouwhogeschool, Wageningen;

Gianetti, G., A. Cotroneo, G. Mancini & I. Scapin, 1989. Control trials against *Botrytis cinerea* on *Actinidia delciosa*, In: IX th Botrytis-symposium: Abstracts and List of Participants, Neustadt/Weinstrasse, 4th to 7th Sept. 1989.

Groen, N.P.A., 1990. Stikstof bevordert fusariumaantasting bij gladiolen; Meten voor strooien van belang, Bloembollencultuur (101), nr. 4, p. 35;

Hakulinen, J., 1998. Nitrogen-induced reduction in leaf phenolic level is not accompanied by increased rust frequency in a compatible willow (*Salix myrsinifolia*) - *Melampsora* rust interaction, Physiologia Plantarum 102, p. 101-110;

Hatcher, P.E. & P.G. Ayres, 1998. The effect of fungal infection and nitrogen fertilization on the carbohydrate composition of *Rumex obtusifolius* leaves, European Journal of Plant Pathology 104, p. 553-559;

Henis, Y., 1976. Effect of Mineral Nutrients on Soil-Borne Pathogens and Host Resistance, In: Taysi, V. (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p. 101-112;

Hoffland, E., M.L.. van Beusichem and M. J. Jeger, 1999. Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*, Plant and Soil 210, p. 263 - 272.

Huber, D.M., 1989. The Role of Nutrition in the Take-All disease of Wheat and other small Grains, In: Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, p. 46-74;

Jenkyn, J.FR., 1976. Nitrogen and Leaf Diseases of Spring Barley, In: Taysi, V. (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland;, p. 119-128;

Jones, J.P., A.W. Engelhard & S.S. Woltz, 19889. Management of Fusarium Wilt of Vegetables and Ornamentals by Macro- and Microelement Nutrition, In: Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, p. 18-32;

Király, Z., 1976. Plant Disease Resistance as influenced bij Biochemical Effects of Nutrients in Fertilizers, In:

Taysi, V. (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p. 33-46;

Ko, W-H & C-W Kao, 1989. Evidence for the Role of Calcium in Reducing Root Disease incited by Pythium spp., In: Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, p. 205-217;

Kovanci, I. & H. Çolakoglu, 1976. The Effect of Varying K Level on Yield Components and Susceptibility of Young Wheat Plants to Attack by *Puccinia striiformis* West, In: Taysi, V. (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland;, p. 177-181;

Leeuwen, P.J. van, J. Trompert & A.M. van Dam, 2001. Stikstofbijmestsysteem Zantedeschia; Veel kilo's maar ongewenste uitval bij hoge stikstofgift, Vakwerk nr. 10 (75e jaargang), p. 14-15;

Lemaire, J.M. & B. Jouan, 1976. Fertilizers and Root Diseases of Cereals, In: Taysi,, V (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p. `113-118;

Long, D.H., F.N. Lee & D.O. TeBeest, 2000. Effect of Nitrogen Fertilization on Disease Progress of Rize Blast on Susceptible and Resistant cultivars, Plant Disease Vol. 84 no. 4, p. 403-409;

Magie, R.O., G.J. Wilfret, D.J. Schuster, S.S. Wolte, F.J. Marousky et al., 1976. Review Of Research And Publications On Gladiolus In Florida – 1975; Disease Control, North American Gladiolus Council Bulletin nr. 127, p. 56-57;

McClellan, W.D. & N.W. Stuart, 1947. The influence of nutrition on Fusarium basal rot of Narcissus and *Fusarium* Yellows of gladiolus, American Journal of Botany Vol. 34, p. 88-93;

Moore, W.C., 1979. Diseases of Bulbs, 1979, London;

Nerum, K. van, & G. Scheys, 1976. The Nutrient Status of the Soil and the Appearance of Symptomen of Microbial Disease, In: Taysi,, V (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p 133-140;

Ollagnier, M. & J.L. Renard, 1976. The Influence of Potassium on the Resistance of Oil Palms to Fusarium, In: Taysi, V. (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p. 157-166;

Pacumbaba, R.P., G.F. Brown & R.O. Pacumbaba Jr., 1997. Effect of Fertilizer and Rates of Application on Incidence of Soybean Diseases in Northern Alabama, Plant Disease Vol. 81, No. 12, p.1459-1460;

Pennypacker, B.W., 1989. The Role of Mineral Nutrition in the Control of Verticillium Wilt, In: Engelhard, W. (Ed.), 1989. Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, p. 33-45;

Pezet, R. & V Pont, 1989. Antifungal activity in the berries of *Vitis vinifera:* effects of organic acids and pterostilbene, In: IX th Botrytis-symposium: Abstracts and List of Participants, Neustadt/Weinstrasse, 4th to 7th Sept. 1989.

Pol, H.W. van, 1995. Bemestingsleer in de tuinbouw, Tweede druk, Educatieve Partners Nederland BV, Houten;

Snazelle, T.E., 1979. Daffodil Diseases and Pests: II – Fungi and Fungal Diseases – Basal Rot, The Daffodil Journal, American Daffodil Society Inc., p. 35-43;

Struijs, L.C., 1949. Bemestingsresultaten en –problemen bij de voornaamste bolgewassen, Mededeling an de Vereniging Proefstation voor de Bloembollencultuur, No. 13, Lisse, p. 616-632;

Taysi, V, (Chairman of the colloquium), 1976. Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland;

Temiz, K., 1976. Interaction of Fertilizers with Septoria Leaf Blotch of Wheat, In: Taysi, V, (ed.), Fertilizer Use and Plant Health, Proceedings of the 12th Colloquium of the International Potash Institute held in Izmir/Turkey, Bern/Switserland, p. 129- 132;

Tsutsui, K., 1975. Nitrogen fertilization in tulip bulb production in Japan, Acta Horticulturae no. 47, p. 347-352;

Vlaming, E.A.C. & A.M. van Dam, 2001. Stikstofonderzoek leidt tot bijmestsysteem Frittillaria imperialis; Relatie stikstofgift met fusariumaantasting niet aangetoond, Vakwerk (75e jaargang) nr. 5, p. 12-13;

Williamson, B. & R.J. McNitol, 1989. Histological studies of latent infection of soft fruit crops by *Botrytis cinerea*, In: IX th Botrytis-symposium: Abstracts and List of Participants, Neustadt/Weinstrasse, 4th to 7th Sept. 1989.

Workneh, F. & A.H.C. van Bruggen, 1994. Suppression of Corky Root of Tomatoes in Soils from Organic Farms Associated with Soil Microbial Activity and Nitrogen Status of Soil and Tomato Tissue, Phytopathology (The American Phytopathological Society) Vol. 84, No. 7, p. 688-694;

Zuilichem et al., 2001. Relatie vuurgevoeligheid en stikstofbemesting, In; Jansma *et al.*, Voortgang project 618-1; Ontwikkeling van biologische bloembollenteelt, interne rapportage, 10 januari 2001, Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, p.16-18.

Alleen CAB-abstract of Biological Abstract beschikbaar:

Anonymous, 1986. Peas, Agronomy Research Report, Union Nationale Interprofessionnelle des legumes de Conserve, France.

Alderman, S.C. & S.M. Griffith, 1994. Influence of form of nitrogen fertiliser on infection of annual ryegrass by conidia of Gloeotinia temulenta, Jouranal of appliad Seed Production, Vol. 12, p. 5-8;

Bettin, A., 1990. Excess N application inhibits rooting. The influence of nutrient supply to azalea mother plants on the rooting of cuttings, Gartnerborse und Gartenwelt, Vol. 90, No. 6, p. 252-255;

Bhargava, A.K. & R.D. Singh, 1992. Effect of nitrogenous fertilizers and trace elements on the severity of Alternaria blight of bottle gourd, Annals of Arid Zone, Vol. 31, No. 1, p. 63-64;

Bierman, P, J. Dole & H. Wilkins, 1989. Calcium deficiency on poinsettia stock plants, Minnesota State Florists Bulletin, Vol. 38, no. 2, p. 1-4;

Bockus, W.W. & M.A. Davis, 1993. Effect of nitrogen fertilizers on severity of tan spot in winter wheat, Plant Disease, Vol. 77, No. 5, p. 508-510;

Bohec, J. Le, S. Le Quillec, C. Fleurance, J. Le Bohec & S. Le Quillec, 1987. Early carrots. Improving quality, Infos, Technique interproffesionnel des Fruits et Legumes, France, No. 29, p. 41-45 ;

Brennan, R.F., 1992. The role of manganese and nitrogen nutrition uin the susceptibility of wheat plants to take-all in Western Australia, Fertilizer Research, Vol. 31, No. 1, p. 35-41;

Chambers, B., G.G. van der Merwe, J.F. Fourie en C. Ferrandi, 1995. Nitrogen nutrition and post-harvest susceptebility to Botrytis in table grapes, Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricultora, Vol. 57, No. 5, p. 47-50;

Chernyayeva, Il, F. Sh. Hasanova, G.S. Muromtsev & J. Szegi (ed.), 1984. Effect of various notrogen forms upon Verticillium dahliae and the metabolism of some soil bacteria, Soil Biology and Conservation of the Biosphere, Vol. 2, p. 703-710;

Civaprakasam, K. & C.K.S. Rajagopalan, 1974. Effect of nitrogen on the incidence of Verticillium wilt disease of eggplant caused by Verticillium dahliae Kleb., Plant and Soil, Vol. 40, no. 1, p. 217-220;

Colbach, N., P. Lucas, N. Cavelier & A. Cavelier, 1997. Influence of cropping system on sharp eyespot in winter wheat, Crop Protection, Vol. 16, No. 5, p. 415-422;

Conner, R.L., J.M. Carefoot, J.B. bole & G.C. Kozub, 1992. The effect of nitrogen fertilizer and irrigation of black point incidence in soft white spring wheat, Plant and Soil, Vol. 140, No. 1, p. 41-47;

Costache, M., V. Lacatus , F. Lacatus & E. Donoiu, 1980. Research on the effect of nitrogen nutrition on yellowing of tomato produced by Verticillium dahiae Kleb., Bulletin de l'Academie des Sciences Agricoles et Forestieres, No. 10, p. 129-134;

Davis, J.R., R.E. McDole & A. Walther-Andrews, 1977. Influence of nitrogen rate on cultivar resistance to Verticillium dahliae, American Potato Journal, Vol. 54, no. 10, p. 478-479;

Deskova A. *et al.*, 1977. Effect of nitrogen nutrition sources on the growrth and morphological-cultural features of Verticillium species, Mikologiya i Fitopatologiya, Vol. 11, no. 2, p. 122-127;

Develash, R.K. & S.K. Sugha, 1997. Factors affecting development of downy mildew (Peronospora

destructor) of onion (Allium cepa), Indian Journal of Agricultural Science, Vol. 67, No. 2, p. 71-74;

Dissanayake, N. & J.W. Hoy, 1999. Organic material soil amendn=ent effects on root rot and sugarcane growth and characterization of the materials, Plant Disease, Vol. 83, no. 11, p. 1039-1046;

Dixon, G.R., L.V. Page, G. Thomas (ed.) & A.A. Monteiro, 1998. Calcium and nitrogen eliciting alterations to grwoth and reproduction of Plasmodiophora brassica (clubroot), Acta Horticulturae No. 459, p. 343-349;

Donaldson, S.P. & J.W. Deacon, 1993. Differential encystment of zoospores of *Pythium* species by saccharides in relation to establishment on roots, Physiological and molecular plant Pathology, Vol. 42, No. 3,p. 177-184;

Donli, P.O., 1997. Effect of NPK fertiliser combinations on the incidence and severity of eyespot, Cereal Research Communications, Vol. 25, No. 2, p. 211-218;

Dutta, B.K. & I. Isaac, 1979. Effcets of inorganic amendments (N, P and K) to soil on the rhizosphere microflora of antirrhinum plants infected with Verticillium dahliae Kleb., Plant and Soil, Vol. 52, no. 4, p. 561-569;

Elad, Y. & B. Kirshner, 1992. Calcium reduces Botrytis cinerea damage to plants of Ruscus hypoglossum, Phytoparasitica, Vol. 20, No. 4, p. 285-291;

Eynard, G.G., A. Morando, C. Lovisolo *et al.,* 2000. Nitrogen effects on yield and canopy of 'White Muscat' grapevine, Proceedings of the XXV International Horticultural Congress, Part 2, Mineral nutrition and grape and wine quality; Nutrition management to optimize fuit quality, Brusels, begium, 2-7 August, 1998. Acta Horticulturae 2000, No. 512, p. 46-54;

Eysinga, J.P.N.L.R. van & J.P.N.L. Roorda van Eysinga, 1971. Fertilization of tomatoes with nitrogen, Publikatie van het Proefstation voor de groenten en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk, no. 156;

Frossard, R. & J.J. Oertli, 1982. Growth and germination of fungal spores in guttation fluids of barley grown with diferent nitrogen sources, Transactions of the British Mycological Society, Vol. 78, no. 2, p. 239-245;

Hartmann, H.D. & A. Wuchner, 1980. Effect of slow release fertilizer on asparagus, Gemüse, Vol. 16, no. 5, p. 181-183;

Hartrath, H., 1986. Nitrogen should be released slowly, Gemüse, Vol. 22, No. 8, p. 332-334;

Hassouna, M.G., M.A.M. El Saedy & H.M.A. Saleh, 1998. Biocontrol of soil-borne plant pathogens attacking cucumber (Cucumis sativus) by rhizobacteria in a semiarid enviroment, Arid Soil Research and Rehabilitation, Vol. 12, no. 4, p. 345-357;

Kochenko, Zi. & M.I. Markin, 1974. The effect of fertilizers on grapevine susceptibility to sieases, Vinodelie i Vinogradarstvo SSSR, No. 2, p. 33-35;

Kolbe, W., 1977. Studies on the influence of mineral and organic fertilizer dressings on disease incidence in orachards given uniform crop protection treatment (1961-1976), Pflanzenschutz Nachrichten Bayer, Vol. 30, no. 2, p. 138-152;

Komosa, A., 1978. Effect of different rates of nitrogen and phosphoros fertilizers on the growth and flowering of chrysanthemums, Prace Komis Nauk Rol. I Komis Nauk Les. PTPN, Vol. 45, no. 45, p. 145-155;

Kudela, V. & J. Pirkl, 1981. Changes in the content of nitrogen in the roots of lucerne depending upon soil pH and liming, RostlinnaVyroba, Vol. 27, no. 6, p. 653-660;

Kulygina, V.A., 1975. The effect of type and rate of mineral fertilizer on the yield of head cabbage mother plants, their storability, seed yield and seed quality, Nauchnye Trudy NII Ovoshch. Kh va., No. 3, p. 140-142;

Lemanczyk, G. *et al.*, 1997. Effect of differential nitrogen fertilization and cessation of pest control on the health status of winter rape, Rosliny Oleiste, Vol. 18, No. 2, p. 371-379;

Lucas, P., M.H. Jeuffroy, A. Schoeny & A. Sarniguet, 1997. Basis for nitrogen fertilisation management of winter wheat crops infected with take-all, Optimising cereal inputs: its scientific basis, Part 2, Crop protection and systems, p. 15-17;

Marahrens, E. & E. Toop, 1986. The effect of substrate on the rooting of Begonia x lucerna cuttings, Acta horticulturae, No. 178, p. 231-236;

Marocke, R., A. Trouvelot & R. Trendel, 1977. Comparative effects of three forms of nitrogen on wilt development in hops, Comptes Rendus des Seances de l'Agriculture de France, Vol. 63, no. 16, p. 1082-1094;

Matocha J.E. & S.G. Vacek, 1997. Efficacy of fungicidal and nutricional treatments on cotton root rot suppression, National Cotton Council, Memphis, USA;

Mirpulatova, N.S., S. Akbarov & N.A. Shadmanova, 1978. The development of Verticillium dahlia Kleb. In the soil and infection of cotton by wilt with different sources of nitrogen nutrition, Mikologiya i Fitopatologiya, Vol. 12, no. 4, p. 341-343;

Molenaar, N., 1986. Osmocote bij aardbeien wel of niet toepassen?, Groenten en Fruit, jaargang 41, No. 27, p. 60-61;

Nedelcu, L., 1993. Influence of carbon and nitrogen sources on growth of the pytopathogenic fungus Pythium debaryanum Hesse, Studia Universitatis Babes Bolyai, Biologia, Vol. 38, no. 1-2, p. 119-123;

Newton, A.C., W.T.B. Thomas, D.C. Guy & R.E. Gaunt, 1998. The interaction of fertiliser treatment with tolerance to powdery mildew in spring barley, Field Crops Research, Vol. 55, No. 1-2, p. 45-56;

Perret, P., 1986. Nitrogen optimization in vineyards, Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau, Vol. 122, No. 24, p. 694-698;

Perret, P., W. Koblet, P. Weissenbach & H. Schwager, 1994. Influence of phased notrogen supply on yield and quality as well as Botrytis and stem necrosis in grapevines, Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und fruchteverwertung, Vol. 44, No. 4, p. 127-135;

Perov *et al.*, 1973. The role of potassium in grapevine nutrition and fertilization, Doklady Vsesoyuznoi Ordena Lenina Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk imeni V.I. Lenina, No. 4, p. 20-22;

Prasad, M. *et al.*, 1992. The effect of nutrition on the storage quality of kiwifruit (a review), Second international symposium on kiwifruit, Vol. II, Palmerston North, New Zealand, 18-20 feb., 1991, Acta Horticulturae, 1992, no. 297, p. 579-585;

Prasad, K.V., B.R.D. Jadav & S.B. Sullia, 1997. Influence of nitrogen fertilizer dosage on severity of rust disease in mulberry, Bulgarian Journal of Agricultural Science Vol. 3, No. 2, p. 135-141;

Rajan, K.M. & R.S. Singh, 1974. Effect of organic amendments of soil on plant growth, yield and infection of soft rot of ginger, Journal of Plantation Crops, Vol. 1, Supplement, p. 102-106;

R'Houma, A., M. Cherif & A. Boubaker, 1998. Effect of nitrogen fertilization, green pruning and fungicide treatments on Botrytis bunch rot of grapes, Journal of Plant Pathology Vol. 80, nr. 2, p. 115-124.

Roorda van Eysinga, J.P.N.L. van, M.Q. van der Meijs & J.P.N.L.R. van Eysinga, 1981. Bemesting van chnese kool, geteeld onder glas, Groenten en Fruit, 37:2, p. 42-43;

Rossbauer, G. & F. Zwack, 1982. Chopped hop bines – waste or valuable ferilizer?, Hopfen Rundschau, Vol. 33, no. 22, p. 464-467;

Schrandt, J.K., R.M. Davis & J.J. Nunez, 1994. Host range and influnce of nutrition, temperature, and pH on growth of Pythium violoa from carrot, Plant Disease, ol. 78, no. 4, p. 335-338;

Scudellari, D., G. Spada, M. Tagliavini, C. Zavalloni, B. Marangoni & I. Ponti, 1997. Effects of nitrogen and calcium fertilizers on the production and quality of kiwifruits, Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, Vol. 59, no. 5, p. 61-65;

Servaraj, J.C., 1975a. Growth response of the isolates of Verticillium to nitrogen nutrition, Indian Phytopathology, Vol. 27, no. 3, p. 434-437;

Servaraj, J.C., Alteration of the production and activity of pectinases of Verticillium dahliae by calcium chloride and sodium chloride, Indian Phytpathology, Vol. 27, no. 3, p. 437- 441;

Srihuttagum, M. & K. Sivasithamparam, 1991. The influence of fertilizers on root rot of field peas caused by Fusarium oxysporum, Pythium vexans and Rhizoctonia solani inoculated singly or in combination, Plant and Soil, Vol. 132, no. 1, p. 21-27;

Talbot, N.J., H.R.K. McCafferty, M. Mall, K. Moore & J.E. Hameril, 1997. Nitrogen starvation of the rice blast fungus Magnaporthe grisea may act as an environmental cue for disease symptom expression,Physiological and Molecular Plant Pathology, Vol. 50, no. 3 march, p. 179-195;

Tripathi, N.N. & R.K. Grover, 1975. Nutritioned virulence of Phytium butleri and susceptibility of tomato in causing dampinf-off, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Vol. 82, no. 7-8, p. 531-539;

Wijsmuller, J., 1989. Strawberries not grateful for nitrogen?, Fruitteelt, jargang 79, nr. 10, p. 24-25;

Bijlage 1: Effect van kalium op insecten en mijten

(S. Perrenoud, Int. Agr. International Potash Institute, Bern/Switserland)

Tabel B1: Aantal literatuurreferenties in relatie tot het effect van K op de ontwikkeling van en de schade door insecten en mijten bij akkerbouwgewassen en bosbouw

Effect	Omvang avn kaliumgift:		
	Geen of laag	Gemiddeld	Hoog
Stimulans	36	0	17
Geen effect	19	8	18
Remming	8	17	21

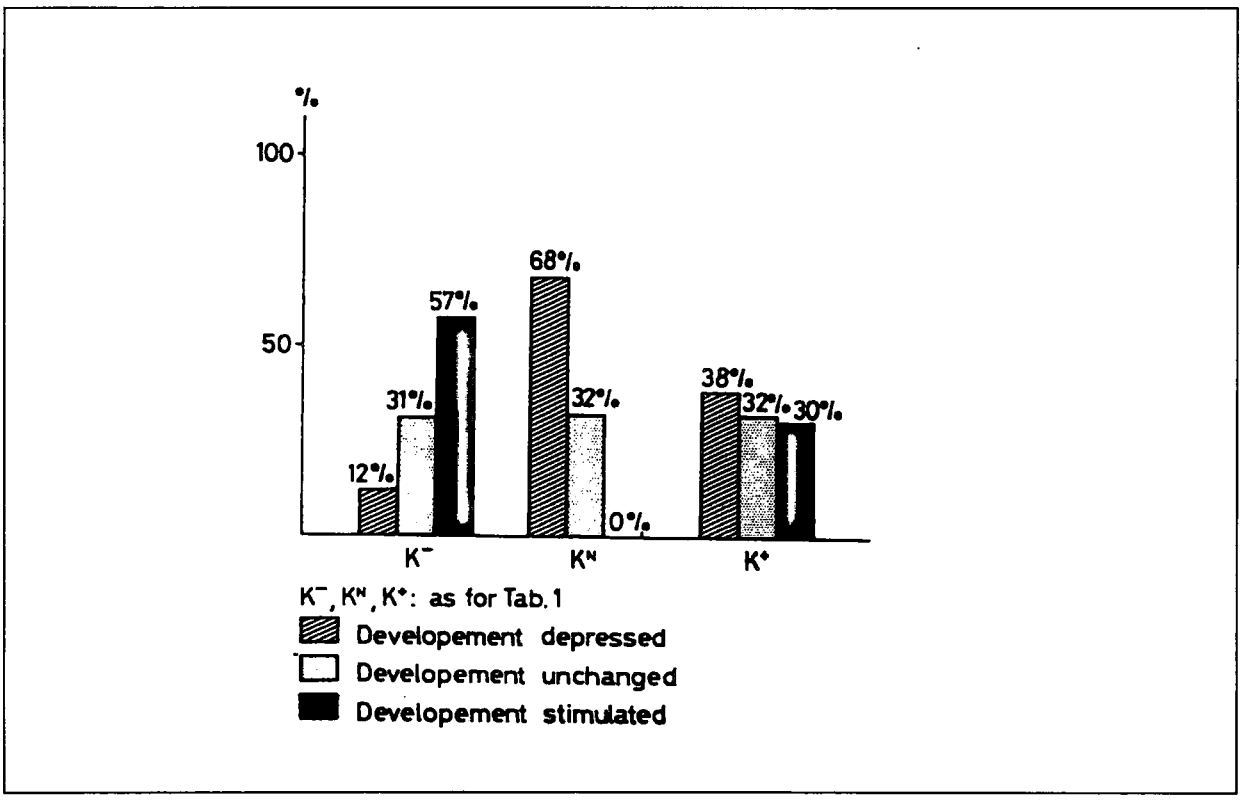


Fig. 1: Effect van kalium (K) op de ontwikkeling van insecten en mijten (K^- = geen of laag K-gehalte, K^n = gemiddeld / geadviseerd K-gehalte en K^+ = hoog K-gehalte)

Het lijkt erop dat een laag gehalte aan kalium de ontwikkeling van insecten en mijten stimuleert, terwijl toerijkende en hoge kaliumgiften een onderdrukkend effect hebben. Een hoge N/K-ratio stimuleert insecten en mijten in de ontwikkeling. Hieruit kan afgeleid worden dat een hoge N-gift gepaard moet gaan met een hogere K-gift.

(Bron: Taysi, 1976)

Bijlage 2a: Overzichtstabel effect stikstofbronnen op schimmelziekten

Tabel B2a: Overzicht van onderzoeksresultaten effect van bemesting op mate van schimmelaantasting

Schimmel	**Benaming ziektebeeld**	**Gewas**	**Soort N-bemesting en effect op schimmel bij oplopende N-gift** (stimulering = +, remming = -, geen effect = 0)								**Onderdrukking (-) of stimulering (+)**				**Bron**
			NH_4NO_3	**$Ca(NO_3)_2$**	**$NaNO_3$**	**$NaKNO_3$**	**KNO_3**	**$(NH_4)_2SO_4$**	**KAS**	**Ureum**	**P**	**K**	***Ca***	***Cl***	
Aspergilles, Botrytis, Penicillium, Sclerotium, Fusarium	Bolrot	*Allium cepa* (Concumptie-ui)	++	0	0	+	+								Batal et al., 1994
Pseudocercosporella herpotrichoides	Eyespot	Wintertarwe	++					+							Colbach & Bauer, 1998
Gaeumannomyces graminis	Take-All	Wintertarwe	++					+							Colbach et al., 1996
Cercosporella herpotrichoides	Eyespot	Tarwe		+											El-Fouly,1976
Rhizoctonia solani	Vlekkenziekte	Engels raaigras			++					+/-	-	-			Fidanze & Der-noeden, 1996
Phytophthora sp.	Wortelrot	Soja	0								0	+			Pacumbaba et al., 1997
Pyricularia grisea	Bruinrot	Rijst								+/-					Long *et al*,, 2000
Pyrenochaeta lycopersici	Kurkwortels	Tomaat	+												Workneh & Van Bruggen, 1994
Verticillium dahliae	Verwelkings-ziekte	Aubergine		+				+/-							Elmer & Ferran-dino, 1994
Verticillium dahliae	Verwelkings-ziekte	Pistache												-	Elmer & Ferran-dino, 1994
Rhizoctonia solani	Wortelrot	Beta vulgaris	+					+/-						-	Elmer, 1997
Fusarium oxysprorum f. sp. gladioli	Zuur	Gladiool							+*						Groen, 1988 / 1990
Fusarium oxysporum f. sp. gladioli	Zuur	Gladiool	+										-		Anonymus, 1976
Fusarium oxysporum f. sp. gladioli	Zuur	Gladiool	+					+							Anonymus, 1979 / 1983
Fusarium oxysporum	Zuur	*Fritillaria imperialis*							0						Vlaming & Van Dam, 2001
Fusarium oxysporum	Zuur	Lilllium speciosum					0								Kruyer, 1980-1981

*: Stimulering bij een overbemesting van meer dan 150 kg N/ha

Bijlage 2b: Overzichtstabel effect stikstofbronnen op schimmelziekten (CAB)

*Tabel B2b: Overzicht van onderzoeksresultaten effect van bemesting op mate van schimmelaantasting *)*

Schimmel	**Benaming ziektebeeld**	**Gewas**	**Soort N-bemesting en effect op schimmel** (stimulering = +, remming = -, geen effect = 0)								**Onderdrukking (-) of stimulering (+)**						**Bron ***
			NH_4NO_3	**$Ca(NO_3)_2$**	**$NaNO_3$**	**$NaKNO_3$**	**KNO_3**	**$(NH_4)_2SO_4$**	NH_4Cl	**Ureum**	P	K	Ca	*Cl*	*B*	Mn	
Botrytis cinerea	Vruchtrot	Vitis ***(Druif)***	+														R'Houma et al., 1998
Plasmodiophora brasicca	Wortelrot	*Brassica* sp.		0	+								-		-		Dixon et al., 1998
Phymatotrichopsis omnivora	Wortelrot	Gossypium (Katoen)	-	+	+			-									Matocha & Vacek, 1997
Peridiopsora mori	Roest	Morus alba Moerbei	+		+												Prasad et al., 1997
Gaeumannomyces graminis var. *tritici*	Take-All	Wintertarwe	-		+												Lucas et al., 1997
Pseudocercosporella herpotrichoides	Eyespot	Tarwe								+	+	-					Donli, 1997
Rhizoctonia cerealis	Sharp eyespot	Tarwe	+														Colbach et al., 1997
Peronospora destructor	Valse meeldauw	***Allium cepa***	+		+						+	-					Develash & Sugha, 1997
Alternaria cucumerina	Meeldauw	*Lagenaria sice-raria* (pompoen)		+				+		++							Bhargava & Singh, 1992
Alternaria alternata	Vlekkenziekte	Zomertarwe			+												Conner et al., 1992
Gaeumannomyces graminis	Take-All	Tarwe	-		0	-		-						-		-	Brennan, 1992
Gaeumannomyces graminis var. *tritici*	Take-All	Tarwe								-	-						Brennan, 1992
Pyrenophora tritici-repentis	Vlekkenziekte	Wintertarwe		0 +/-				0 +/-									Bockus & Davis, 1993
Gloeotinia tmulenta		*Lolium multi-florum* (Engels raaigras)	0 / -	0 / +				0 / -	0 / -	0 / +							Alderman & Griffith, 1994
Magnaporthe grisea	Vlekkenziekte	Rijst	Tekort aan stikstofbemesting kan een schimmelinfectie induceren														Talbot *et al.*, 1997

*): Alleen gegevens uit CAB-abstracts besschikbaar

Bijlage 3: Macro- en micro-elementen en weerstand

Tabel B3: Effect van verschillende nutriëntentoestanden op de gevoeligheid van de plant

Nutrëntentoestand	**Gevoeligheid tegenover parasitaire en niet-parasitaire ziekten**		
	Gevoelig	**Verhoogde weerstand**	**Niet gevoelig**
Gebrek aan:			
Kalium (K)	++		
Stikstof (N)		++	
Fosfaat)P)			+
Kalk (Ca)	(+)		
Overschot aan:			
Kalium (K)		++	
Stikstof (N)	++		
Fosfaat (P)		+	
Kalk (Ca)		(+)	
Chloride (Cl)	+		
Sulfaat (SO_4^{2-})	(+)		

(Bron: Bockmann & Parscht, 1974, origineel van Böning, 1973)

Toelichting gebruikte symbolen: + = sterke reactie,
+ = zwakke reactie,
(+) = zeer zwakke reactie

Tabel B4: De verhouding tussen verschillende nutriënten in bladeren van gezonde rijstplanten en planten aangetast met de schimmel Piricularia oryzae (veroorzaker van bruinrot in korrels)

Nutriëntenverhouding	**Gezonde rijstplant**	**Zieke rijstplant**
K/Ca	7,6	2,0
Ca/Mg	1,5	4,0
Ca/Na	2,1	2,2
K/Na	19,1	6,4
P/S	6,4	2,2
N/Cu	35,0	54,7
P/Mn	35,6	118,4
Basen/Zuren	3,6	2,3
Macro-nutriënten/Mn	231	656

(Bron: Chaboussou, 1987, origineel Primavesi et al., 1972)

Bijlage 4: Verticillium CAB-abstracts

Resultaten uit onderzoek (bron CAB-abstracts)
Bij onderzoek naar het effect van stikstofbemesting op verwelkingsziekte (*Verticillium*) in aubergine werden verschillend doseringen aan stikstof vergeleken en het effect op het optreden van *Verticillium*. Planten die een bemesting van 200 of 400 kg N/ha hadden ontvangen, vertoonden 6 dagen na inoculatie met *Verticillium* de eerste symptomen van verwelkingsziekte. Bij planten die 0 of 100 kg N/ha hadden ontvangen, werd 8 dagen na inoculatie de eerste symptomen waargenomen. De symptomen waren bij 0 en 100 kg N/ha minder ernstig dan bij een bemesting van 200 of 400 kg N/ha (Sivaprakasam & Rajagopalan, 1974).

In het gewas hop zijn drie verschillende stikstofvormen onderling vergeleken naar het effect op het ziekteverloop veroorzaakt door *Verticillium albo-atrum*. De volgende bemestingsvormen werden vergeleken: 175 kg N/ha in de vorm van $Ca(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$ of ureum. De toepassing van $Ca(NO_3)_2$ had een stimulerend effect op het ziekteverloop en bij bemesting met ureum werd de minste aantasting door *V. albo-atrum* gevonden (Marocke *et al.*, 1977).

Milokologiya et al. (1977) hebben het effect onderzocht van de stikstofbron op de groei en morfologische ontwikkeling van drie *Verticillium*-soorten. *V. dahliae* en *V. nigrescens* groeide het best op een medium wat $NaNO_3$, aspargine of ureum bevatte. Hetzelfde gold voor *V. albo-atrum*, uitgezonderd de ureum. NH_4NO_3 had een negatieve invloed op de groei van de schimmels. Selvaraj (1975[a]) had al eerder soortgelijk onderzoek uitgevoerd, maar kwam tot de conclusie dat alle *Verticillium*-soorten op vergelijkbare manier reageerden op de verschillende stikstofbronnen. Andere testen met isolaten van *V. dahliae* (*in-vitro*) lieten zien dat $CaCl_2$ en NaCl een effect hadden op de productie en activiteit van pectinases. Pectinases zijn enzymen die door de schimmel geproduceerd worden, om de celwand van planten af te breken. In deze proef ging het om de enzymen endo-polygalactironase en pectine-methyl-trans-eliminase. NaCl stimuleerde bovendien het overvloedig vrijkomen van endo-polygalacturonase uit de conidia van de schimmel (Selvaraj, 1975[b]).

In-vitro-tests van Dutta en Isaac (1979) lieten zien dat ammoniumsulfaat de enige stikstofvorm was die *Verticillium dahliae* significant remde. Onder veldomstandigheden bleek een bemesting met ammoniumsulfaat, calciumnitraat en een gecombineerde NPK-bemesting een vermindering in ziektesymptomen bij *Antirrhinium* (leeuwenbek) te zien. Dit resultaat werd verklaard uit: 1. de fungitoxiciteit van ammoniumsulfaat, 2. het effect van calciumnitraat op de stofwisseling van de plant, waardoor de samenstelling van de wortel-exudaten verandert en 3. de stimulering van antagonistische actinomyceten door de bemesting met NPK.

Mirpulatova *et al.* (1978) vonden in een veldproef met het gewas katoen dat velden met ammoniumntraat en carbamide de meeste schade ondervonden en velden met ammoniumsulfaat en calciumcyanamide de minste schade van *V. dahliae*.

Davis *et al.* (1977) hebben drie verschillende doseringen stikstofbemesting getest in drie cultivars van tarwe. Gekeken werd of de stikstofgift van invloed was op de cultivarresistentie tegen *V. dahliae*. Er bleek geen duidelijk verband te bestaan. Wel werd opgemerkt dat in een proef waarbij verschillende cultivars met elkaar vergeleken werden op resistentie tegen *V. dahliae* lage stikstofgiften aangehouden moeten worden.

In Duitsland is gekeken naar de bemestingswaarde van gehakselde hopstengels en –bladeren in de teelt van hop. In een vierjarig onderzoek werden de volgende behandelingen met elkaar vergeleken: 1. kunstmest, 2. hopstengels plus extra minerale stikstof en 3. Organische mest plus extra minerale stikstof. Er bleken geen opbrengstverschillen tussen de behandelingen te zijn. De velden welke met de gewasresten van hop bemest waren bleken echter een stijging van 17% in aantasting door *V. albo-atrum* te geven ten opzichte van velden

met kunstmest. Bemesting met organische mest gaf een reductie in aantasting door *V. dahliae* van 12% ten opzichte van de kunstmest (Rossbauer & Zwack, 1982).

Bij laboratoriumexperimenten is met een lysiometer gekeken naar het effect van verschillende stikstofbronnen op *V. dahliae* en het metabolisme van bepaalde bodembacteriën. Wortles van katoenplanten zijn hierbij geïnfecteerd met *V. dahliae*. Het bleek dat ureum en ammoniummeststoffen minder wortelinfecties gaven, terwijl nitraatmeststoffen een lichte stijging in wortelaantasting lieten zien. Gesuggereerd werd dat het effect van nitraat op *Verticillium* teweeg werd gebracht door bacteriën welke facultatieve anaerobie vertoonden. In de aanwezigheid van nitraat zouden zij hun antagonistische werking verliezen tegen plantpathogene schimmels (Cheryayeva *et al.*, 1984).

Costache *et al.* (1980) hebben het effect onderzocht van stikstofbemesting op het optreden van vergeling in tomaat door *V. dahliae*. Uit de pottenproef bleek dat een overmatige stikstofgift waterstress veroorzaakte bij de planten, er tevens meer schade door *V. dahliae* optrad en een lagere opbrengst werd verkregen.

In een pottenproef met vijf verschillende cultivars werden planten bij een zure (pH 5,8) of bekalkte (pH 6,9) grond gekweekt. Planten werden 9 weken in de zure grond gehouden en vervolgens voor 14 tot 15 weken in de bekalkte grond of eerste in bekalkte grond en daarna in zure grond of de gehele proefperiode in bekalkte grond. Verschillende plots werden geïnoculeerd met *Corynebacterium insidiosum* of met *Verticillium albo-atrum*. Stengels en wortels van planten uit de verschillende behandelingen werden beoordeeld op gehaltes aan N, P, K, Na, Ca en Mg. Vergeleken met de bekalkte grond bevatten de wortels van planten op zure grond significant minder N en meer K en de topscheuten hadden een hogere gehalte aan K en lagere gehalte aan Ca. De chemische samenstelling van planten die van zure grond overgeplant waren op bekalkte grond was vergelijkbaar met die van planten die continue in bekalkte grond hadden gestaan. De infecties met de verschillende pathogenen verhoogden de concentraties van de eerdergenoemde elementen (Zmeny *et al.*, 1981).

Conclusies

Veldomstandigheden
- Hoge stikstofbemesting verergert de aantasting door *V. dahliae*
- Nitraat bevordert *V. albo-atrum*
- Ureum remt ziekteverloop door *V. albo-atrum*
- Ammoniumnitraat geeft meer schade door *V. dahliae* vergeleken met ammoniumsulfaat (katoen)
- Organische mest geeft reductie in ziektesymptomen door *V. albo-atrum*
- *V. albo-atrum* beïnvloedt de stofwisseling van planten

Laboratoriumomstandigheden
- *V. dahliae* groeit het beste op medium met nitraat, aspargine of ureum
- *V. albo-atrum* groeit het beste op medium met nitraat of aspargine
- Ammoniumnitraat heeft op beide schimmelsoorten een negatieve invloed op de groei
- Calciumchloride en natriumchloride hebben een positief effect op de productie en activiteit van pectinases geproduceerd door de *Verticillium*-schimmels
- Nitraat bevordert wortelinfectie van *V. dahliae* in katoen, terwijl ureum en ammoniumnitraat minder infecties lieten zien

Bijlage 5: Pythium CAB-abstracts

Hassouna *et al.* (1998), hebben de relatie onderzocht van enkele plantengroeistimulerende micro-organismen, waaronder N_2-fixerende rhizobacteriën, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* en *Klebsiella pneumoniae*. Deze organismen zorgen voor vastlegging van vrije stikstof (N_2) uit de lucht, zodat het beschikbaar kan komen voor de plant. Tevens werd de werking van deze organismen tegen *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici, Rhizoctonia solani* en *Pythium* sp. onderzocht in het gewas komkommer. *In vitro* veroorzaakten de verschillende bacteriën een afname in de droge stofproductie van het mycelium van *Fusarium. Rhizoctonia*, *Pythium* en *Sclerotinia sclerotiorum*, waarbij de reductie kon variëren van 71 tot 100%. Tevens was er een effect te zien op de gewasgroei en –ontwikkeling van komkommer en mate van aantasting door verwelkingsziekte.

Donaldson en Deacon (1993) vonden dat bepaalde saccharidehoudende residuen, die uitgescheiden werden door wortels van tarweplanten, een rol speelden bij het vermogen van de plant om zoosporen van *Pythium* in te kapselen. Bemesting zou van invloed kunnen zijn op de samenstelling van het slijm wat zich op het oppervlak van de wortels bevindt en daarmee de weerstand tegen bodempathogenen kunnen beïnvloeden.

In kasproeven is het effect van verschillende organische materialen/composten onderzocht op de groei van suikerriet en het effect van deze stoffen op wortelrot (*Pythium arrhenomanes*). Daarbij werd zowel gekeken naar een toepassing in steriele (gestoomde) als 'normale standaard' (ongestoomde) grond. De organische materialen bestonden uit composten gebaseerd op afval uit de katoenteelt of bast, gemixte hardhoutschors en groenafval uit gemeenteplantsoenen.
De resultaten uit de proeven lieten zien dat er een ziekteonderdrukkende werking uitging van sommige organische materialen. De microbiologische activiteit werd daarbij als maatstaf gezien voor de potentie tot ziekteonderdrukking (Dissanayaka & Hoy, 1999).

In vitro experimenten met *Pythium debaryanum* Hesse lieten zien dat deze schimmel onder andere ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat gebruikte als stikstofbron voor de groei van mycelium. Natrium- en kaliumnitraat hadden geen effect op de groei van mycelium. Calciumnitraat had een remmend effect op de groei van deze schimmel *in vitro* (Nedelcu, 1993).

In een veldexperiment met erwt bleken bepaalde verhoudingen in de bemestingscombinatie van N+P, P+K of NPK effectief het optreden van wortelrot konden verminderen veroorzaakt door *Fusarium oxysporum*. De bemestingscombinaties hadden echter geen effect op *Pythium. vexans* of wanneer er een combinatie van *Pythium vexans*, *Fusarium oxysporum* en *Rhizoctonia solani* in de grond voorkwam (Srihuttagum & Sivasithamparam, 1991).

Pythium violae veroorzaakt hagelschot (cavity spot) in wortel, luzerne en tarwe. In laboratoriumexperimenten was in diverse vloeibare media de optimale voedingsbodem voor deze schimmel onderzocht. Het bleek dat de schimmel het beste groeide wanneer arginine, serine of glutamine en bepaalde polysacchariden uit aardappelzetmeel of tarwekiemolie aanwezig waren (Schrandt *et al.*, 19994).
In een meerjarige veldproef werd aangetoond dat *Pythium violae* in de hand gehouden kon worden door een lagere stikstofgift en in combinatie met organische meststoffen (Le Bohec *et al.*, 1987).

In een veldexperiment werd een bemestingsproef aangelegd op een stuk grond welke van nature geïnfecteerd was met *Pythium aphanidermatum* om te onderzoeken in hoeverre de ziektedruk in de hand te houden was met een bepaalde bemestingscombinatie. Uit de proef bleek dat een NPK-bemesting in combinatie met kokosolie of zaagsel met ureum een betere opkomst van het gewas liet zien. Tevens kwam er minder wortelrot voor (Rajan & Singh, 1974).

Tripathi en Grover (1975) vonden dat de mate van pathogeniteit van *Pythium butleri* (veroorzaker van verwelkingsziekte in tomaat) werd beïnvloedt door het voedingsniveau in het groeisubstraat van de plant. Zowel glucose als amoniumnitraat of aspargine en kool- en stikstofbronnen deden de agressiviteit van de

schimmel toenemen. Ook media met P, Cu, B en Fe hadden een stimulerend effect. Het achterwege laten van Zn, C of N verlaagden de agressiviteit van de schimmel. Wanneer tomatenplanten werden geteeld bij een bemestingsbalans welke driemaal zo hoog geconcentreerd was als gangbaar bleken er meer planten te sterven. Bij een naar verhouding hoger gehalte aan N of P in de voedingsoplossing bleken de planten gevoeliger te zijn voor *Pythium*. Wanneer er echter meer K werd toegevoegd, werden de planten juist minder vatbaar. Een tekort aan P, K, Ca, Mg of Mn in de voedingsoplossing leidde tot een verhoogde vatbaarheid van de planten voor deze schimmel.

Conclusies

- Op grond van de gevonden literatuurbronnen kon geen eenduidig effect van stikstofbemesting op ziektegevoeigheid van het gewas gevonden worden.
- Sporenelementen als Ca, Mg og Mn kunnen de weerstand van een plant tegen *Pythium* verhogen.

Bijlage 6: Botrytis CAB-abstracts

Botytis spp. is een schimmelgeslacht met een zeer brede waardplantenreeks en kan in bijna alle tuin- en akkerbouwgewassen problemen geven. De relatie bemesting en gevoeligheid van het gewas voor deze schimmel is relatief weinig bekeken. Er is echter het meest onderzocht van de schimmel *Botytis cinerea*. Onderstaande tekst geeft per gewas of gewasgroep een opsomming van de conclusies.

Aardbei
In een bemestingsproef met aarbei cv. 'Elsanta' werd geen effect gevonden van stikstofbemesting op het optreden van vruchtrot (hoofdzakelijk veroorzaakt door *B. cinerea*). In de proef werden zowel nitraat- als ammoniumstikstofmeststoffen toegediend in een oplopende reeks van 0, 15, 30, 60 of 90 kg N/ha (Wijsmuller, 1989). Uit een proef met verschillende formuleringen van de langzaam vrijkomende stikstofmeststof Osmocote bleek dat bij een hogere gift aan osmocote het optreden van vruchtrot (*B. cinerea*) bij aarbei cv. 'Rapella' toenam (Molenaar, 1986).

Asperge (*Asparagus*)
Een hoge stikstofbemesting gaf meer schade door *Botrytis sp.* in asperge (Hartmann & Wuchner, 1980).

Azalea (*Rhododendron simsii*)
Een hogere stikstofgift van moederplanten van *Rhododendron simsii* leidde tot een onregelmatigere beworteling en meer aantatsing door *B. cinerea* bij de stekken. Dit toonde Bettin (1990) aan in een proef, waarbij hij aan moederplanten van *R. simsii* cv. 'F. Scherrer' in een oplopende reeks van stikstofgift toediende (50, 100, 150, 200 en 250 mg NH_4NO_3 / liter).

Begonia
Marahrens & Toop (1986) onderzochten in een kasproef met stekken van *Begonia* x *lucerna* naar het effect van het substraat en voeding op de beworteling en opkweek van de stekken. In totaal werden 7 verschillende bewortelingsmedia getest met verschillende meststoffen. Het bleek dat alleen bij de combinatie van peat-vermiculiet en Osmocote (14:14:14) de stekken bij elke herhaling zwaar aangetast waren door *B. cinerea*.

Chrysant (*Chrysanthemum*)
Overmatige bemesting met stikstof maakte planten van Chrysant meer vatbaar voor grijze schimmel *B. cinerea* (Komosa, 1978).

Druif (*Vitis vinifera*)
In een 6-jarige veldproef met diverse cultivars van *Vitis vinifera* bleek dat er beduidend minder last van grijze schimmel (*Botrytis cinerea*) werd ondervonden wanneer er bemest was met kalium (met name KCl) vergeleken met alleen N-bemesting en de controlebehandeling (Perov *et al.*, 1973). Kochenko & Markin (1974) vonden in een meerjarige proef in wijn eveneens een verband tussen een bepaalde combinatie van bemesting met een soort turf en mate van aantasting door *Plasmopara viticola*, *Charrinia diplodiela* en *Botrytis cinerea*.

Chambers et al. (1995) onderzochten het effect van verschillende stikstofbemestingsniveaus (60, 120 en 180 kg/ha) op de gevoeligheid van druif cv. Barlinka voor *B. cinerea*. De hoeveelheid stikstofbemesting had geen visueel effect op de mate van besmetting van de druivenstruiken. Echter, na de oogst bleken druiven die bemest waren met 180 kg N/ha meer last te hebben van *B. cinerea* dan druiven die bemest waren met 60 of 120 kg N/ha.

Perret *et al.* (1994) vonden in een veldproef met druif cv. Riesling x Sylvaner dat een toenemende stikstofgift het optreden van *B. cinerea* stimuleerde. Perret (1986) had al enkele jaren eerder aangetoond dat hoge NO_3-gehaltes in de bodem in de herfst druivenstruiken gevoeliger maakt voor *B. cinerea*.

Ook Eynard *et al.* (2000) vonden in een 3-jarige proef in Italië dat de druivenstruiken bij een stikstofgift (ammoniumsulfaat) van 160 kg N/ha meer last ondervonden van *B. cinerea* dan planten bemest met 40 kg N/ha.

Erwt
Uit een veldproef met erwt bleek dat een hogere stikstofbemesting het gewas gevoeliger maakte voor Botrytis (Anonymous, 1986).

Fruit (algemeen)
Kolbe (1980) heeft in verschillende vruchtdragende gewasssen de relatie onderzocht tussen bemesting en het optreden van *B. cinerea*, *Gloeosporium*, *Penicillium* en *Venturia inaequalis*.Er trad minder aantasting door *B. cinerea* op in appel wanneer er geen Mg werd bijbemest en het toevoegen van extra Ca in de grond in februari en juni zorgde voor minder aantasting door *Botrytis*. Bij aardbei leidde een hogere N-gift tot meer vruchtrot (*B. cinerea*).

Gerst
In een veldproef is gerst bij verschillende bemstingsniveaus van stikstof geteeld. Vervolgens is gekeken in hoeverre schimmels konden kiemen op gutatievloeistof op de bladeren van de planten en op guttatievloeistof dat *in vitro* was gebracht. Stikstofbemesting had geen eenduidig effect op de kieming van conidiën van *Botrytis cinerea* in guttatievloeistof *in vitro* of op bladeren van gerst. Dit suggereert dat er belangrijkere factoren als bemesting zijn die doorslaggevend zijn voor het al dan niet kiemen van schimmels in guttatievloeistof (Frossard & Oertli, 1982).

Kerstster (*Poinsettia*)
Bierman *et al.* (1989) vonden dat moerplanten voor stekproductie van Pointsettia gevoeliger waren voor *Botrytis* wanneer bemest met met NH_4-N vergeleken met NO_3-N. Bladeren die aangetast waren, hadden een een lager calciumgehalte dan gezonde bladeren. Bladbespuitingen met calcium of calcium toegevoegd aan het groeimedium zorgden voor een sterke reductie van aantasting door *Botytis* (50 tot 90%).

Kiwi
Prasad *et al.*(1992) onderzochten de invloed van plantenvoeding op de bewaarkwaliteit van kiwi. Het stikstofgehalte van het fruit bleek significant gerelateerd te zijn aan het zacht worden van de vruchten. Andere voedingselementen die hiermee verband hielden waren B en Cl. Het optreden van *Botrytis* tijdens de bewaring was gerelateerd aan de verhouding N : Ca in de vruchten.
In twee onafhankelijke veldproeven in de Po-vallei in Italië werd de invloed van bemesting op de opbrengst en vruchtkwalitaeit van kiwi cv. 'Hayward' onderzocht. De grond waarop de planten groeiden, waren erg kalkrijk. Uit de proeven bleek dat de toegepaste stikstofdoseringen geen effect hadden op vruchtrot (*B. cinerea*), evenals blad- of grondbemesting met Ca. Geconcludeerd kon worden dat het geen zin heeft om op kalkrijke gronden extra kalk te geven voor een betere vruchtkwaliteit (Scudellari, D. *et al.*, 1997).

Kool
Een tekort aan stikstof maakte chinese kool meer vatbaar voor *Botrytis*-infectie (Roorda van Eysinga *et al.*, 1981). Dit werd geconcludeerd uit een kasproef , waarbij een oplopende concentratiereeks van N-NO_3 werd gegeven aan de koolplanten.
Kulygina (1975) vond een aantal jaren daarvoor een tegengesteld verband bij de bewaring van koolplanten. Tijdens de bewaring bleken kolen, die op het veld een hoge stikstofgift (180 kg/ha) hadden gekregen, sneller door *B. cinerea* aangetast te worden.

Koolzaad
In de periode 1993-1995 is in veldproeven het effect van diverse bemestingsniveaus van stikstof onderzocht op het optreden van de schimmelziekten *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phoma lingam*, *Alternaria* spp. en *Botrytis cinerea*. In deze proeven met koolzaad cv. 'Mar' en 'Ceres' werden de bemestingsniveaus 40, 80, 120, 160 en 200 kg N/ha toegepast met of zonder chemische bestrijdingsmiddelen. De verschillende stikstofniveaus hadden alleen een effect op de schimmel *B. cinerea*; bij toenemende stikstofgift was er meer aantasting door *B. cinerea* (Lemanczyk *et al.*, 1997).

***Ruscus hypoglossum* (snijheester)**
Planten van *R. hypoglossum* werden geteeld in potten met perlite of potgrond onder vergelijkbare omstandigheden als in de praktijk. Daarbij werden verschillende bemestingscombinaties getest op het optreden van *B. cinerea*. De proef is drie winters herhaald. Planten die een NPK-bemesting haden gehad met daaraan toegevoegd $Ca(NO_3)_2$ bleken tot 78% minder last te hebben van *B. cinerea*. Dit gold overigens alleen voor planten die in potgrond groeiden; bij planten die in perlite groeiden was het verschil niet significant. Wanneer $Ca(NO_3)_2$, $CaCl_2$ of $CaSO_4$ toegevoegd werd aan water waarin de geoogste takken werden bewaard, waren deze takken minder gevoelig voor bewaarrot veroorzaakt door *B. cinerea* (Elad, Y. & B. Kirshner, 1992).

Sla
In 1984 en 1985 heeft Hartrath (1986) het effect van 5 langzaam werkende stikstofmeststoffen onderzocht in het gewas sla. De totale N-gift was in elke behandeling 100 kg/ha. Er werden geen belanglijke verschillen te zien tussen de behandelingen. Daarnaast werd ook calciumnitraat gegeven. Met deze bemesting kon een aantasting van *Botrytis* in de hand gehouden worden.

Tomaat (*Lycopersicum*)
In een kasproef met bemesting van tomaat bleek dat het percentage vruchtval veroorzaakt door *Botrytis cinerea* over het algemeen afnam, naarmate de N en K bemesting steeg (Van Eysinga *et al.*, 1971). Hoffland *et al.* (2000) vonden eveneens het verband van een afnemende plantgevoeligheid voor *B. cinerea* bij toenemende stikstofgehaltes in het voedingsmedium (en in de plant). Zij vonden daarnaast ook dat een hoger stikstofgehalte van het plantenweefsel geen effect had op het optreden van *Fusarium oxysporum*, maar dat bij een hoger N-gehalte de plant wel gevoeliger was voor *Pseudomonas syringa* en *Oidium lycopersicum*.

Conclusie

Van de 16 besproken gewassen bleken 9 daarvan gevoeliger voor een aantasting van *Botrytis cinerea* te zijn bij een toenemende stikstofgift. Bij kool en kiwi bleek dit verband er alleen te zijn wanneer naar de bewaring van de geoogst producten werd gekeken. In onderstaand overzicht (tabel B5) wordt een en ander nog eens in beeld gebracht. Daarbij vertegenwoordigd elk teken (+, -, 0) één literatuurbron. In de gevallen dat het anders is, staat dit als opmerking onder de tabel.

Tabel B5: Overzicht effect N-bemesting op Botrytis cinerea, waarbij+ = meer Botrytis, - = minder Botrytis en 0 = geen effect

Gewas	**Stikstofgift**		**Osmocote**	**KCl**	**Ca**
	Hoog	**Laag**			
Aardbei	0	0	+		
Appel					-
Asperge	+				
Azalea	+				
Begonia	0	0	+		
Chrysant	+				
Druif	+[1]			-	
Erwt	+				
Gerst	0	0			
Kerstster	+[2]				
Kiwi	+			-	-
Kool	+[3]	+			
Koolzaad	+				
Ruscus hypoglossum					-
Sla	0	0	0		-
Tomaat	-[4]				

1 : 4 onafhankelijke proeven / bronnen
2 : Bemesting met NH_4-N gaf meer schade door *B. cinerea* vergelkee met NO_3-N
3 : Bij bewaring van kolen die te velde een hoge stikstofgift hadden gehad; tijdens de veldperiode was er geen effect
4 : 2 onafhanleijke proeven / bronnen

Bijlage 7: Aanvulling literatuur bemesting – schimmelziekten

Anonymus, 2001. Bladmeststof remt sporenkieming, De Boomkwekerij, nr. 42, 19 oktober 2001, p. 13.

Britse onderzoekers kwamen tot de conclusie dat schimmelsporen hun kiemkracht verliezen als het zoutgehalte op het blad voor hen te hoog is. Bladmeststoffen zijn vaak zouten. Ze onttrekken vocht aan schimmelsporen en daardoor falen veel infectiepogingen. De Britse onderzoekers gebruikten KCl om het zoutgehalte op het blad te verhogen in de gewassen tarwe en gerst. Bladbemesting werkt vooral preventief. Als de ziekteverwekker heeft al heeft toegeslagen heeft een hoog zoutgehalte op het blad geen effect meer.

Sommige bladmeststoffen zorgen er bij de plant voor dat de afweer tegen schimmels op scherp staat. Ze gedragen zich dan als een zogenaamde plantversterker. Dit verschijnsel is ontdekt bij enkele kaliumfosfaatmeststoffen, waaronder K_2HPO_4. Zo is uit een Israëlisch onderzoek aangetoond dat roos meer weerstand tegen meeldauw had na bladbemesting met kaliumfosfaten. KCl heeft volgens de Britse onderzoekers geen plantversterkende werking.

grafische vormgeving Daniel Loos • prepress & druk ProPress BV