

Biotoets voetziekten in erwten

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond
Postbus 430
8200 AK Lelystad

ir. P. J. Oyarzun (NGC)

verslag nr. 120
maart 1991

515085

JSN serie: 57053

Samenvatting

Deel I. KARAKTERISTIEKEN VAN VOETZIEKTEVERWEKKERS BIJ DROOG TE OOGSTEN

ERWTEN	6
1. Inleiding	6
2. Voetziekteverwekkers in de erwt	7
3. Voetziekteonderzoek in Nederland	8
4. Ziektebeeld	10
5. Epidemiologische aspecten	12
5.1 Opbouw en verspreiding van voetziekte	12
5.1.1 Teeltfrequentie van erwten en andere peulvruchten	12
5.1.2 Kwaliteit en gezondheid van het zaaizaad	12
5.1.3 Fytosanitaire maatregelen	13
5.1.4 Rassen	13
5.1.5 Fysische, chemische en biologische factoren	14
5.2 Pathogeen-plant relatie: Fysiologische specialisatie	14
5.3 Overleving	17
5.4 Ruimtelijke rangschikking van pathogenen en ziekten	20
5.4.1 Verdeling op het horizontale vlak	20
5.4.2 Verdeling in de diepte	21
5.4.3 Vaststellen van de verdeling van een schimmelpopulatie in de bodem	21
5.5 Relatie tussen de hoeveelheid pathogeen en de ziekte	24
5.6 Betekenis van voetziekte voor de produktie van het gewas	25
6. Bestrijdingsmethoden	26
6.1 Veredeling	26
6.2 Chemische bestrijding	26
6.3 Biologische bestrijding	28
6.4 Teeltmaatregelen	28
7. Actuele erwte-teelt in Nederland	29

Deel II. BEPALING VAN DE MATE VAN BESMETTING EN DE ZIEKTEDRUK (SMETSTOF- POTENTIEEL) VAN DE GROND.	
PERSPECTIEVEN VAN EEN BODEMTOETS OP VOETZIEKTE IN ERWTEN	30
8. Inleiding	30
9. Ontwikkeling van de biotoets	32
10. Materiaal en methode	34
10.1 Grondbemonstering	34
10.2 Verwerking van de grondmonsters	35
10.2.1 Potklaar maken van gronden van verschillende aard	35
10.2.2 Vochtgehalte en dichtheid van de toetsgrond	35
10.3 Toetsplant	36
10.4 Uitvoering van de toets	36
10.5 Beoordeling van voetziekte	37
11. Verificatie biotoetsuitkomsten	38
11.1 Criteria bij de selectie van proefpercelen	38
11.2 Inventarisatie perceel -en teeltgegevens	39
11.2.1 Grondtype	39
11.2.2 Zaaizaad en gewastype	39
11.2.3 Zaaïen en opkomst	42
11.3 Resultaten. Relaties tussen de aantasting van toetsplanten en de aantasting van planten in het veld	43
11.3.1 Ziektebeelden in toetsplanten en in het gewas	43
11.3.2 Kwantitatieve relaties tussen toets -en veldaantasting	44
11.3.3 Invloed van abiotische factoren op voetziekte	45
11.3.3.1 Grondsoort en grondstructuur	46
11.3.3.2 Gehalte aan organische stof in de grond	50
11.3.3.3 Chemische vruchtbaarheid van de grond	52
11.3.3.4 Hydrologische eigenschappen	55
11.3.4 Invloed van planteigenschappen op het verloop van de ziekte- aantasting	57
11.3.4.1 Zaadkwaliteit	57
11.3.4.2 Rassen	57
11.3.5 Teeltfrequentie	57
11.3.6 Produktie	58
12. Inventarisatie van voetziekteschimmels	61

13. Biotoets in voorjaar of najaar	63
14. Biotoets in de praktijk in 1988	64
15. Interpretatie van biotoetsuitkomsten	65
16. Discussie en conclusies	67
Literatuur	73
 Deel III. BIJLAGEN	 85
Bijlage 1. Tabellen. Gegevens toetspercelen 1986-1987	85
Bijlage 2. Uitkomsten van proeven	98
Bijlage 3. Beoordelingscriteria voor voetziekte. Voetziekte-schaal . .	118
Bijlage 4. Aphanomyces euteiches Drechsler, een component van het voetziekte complex bij erwten in Nederland	126
Bijlage 5. Bestrijding van voetziekte in groene erwten. Effect van grond- en zaadontsmetting 1988	131
Bijlage 6. Invloed van de teeltfrequentie van erwt en verwante gewassen op optreden van voetziekte bij erwten	138

SAMENVATTING

Het optreden van voetziekte kan een belangrijke schadepost bij de teelt van erwten vormen. Aantastingen door voetziekteverwekkende schimmels veroorzaken, met name vanaf de bloei, een sterke vermindering in de groei en activiteit van het wortelstelsel. Mogelijkheden om iets tegen voetziekte te doen zijn er nauwelijks. De gangbare erwterassen zijn vatbaar voor deze ziekte, en de mogelijkheden van chemische bestrijding zijn zeer beperkt.

In 1985 werd met steun van het Nederlands Graancentrum een onderzoek gestart, gericht op het ontwikkelen van een bodemtoets waarmee de kans op en de mate van het optreden van voetziekte per perceel vooraf ingeschat zou kunnen worden. Tussen 1986 en 1987 werden ca. 100 praktijkpercelen bemonsterd en getoetst. De ontwikkeling van voetziekte in het veldgewas werd geregistreerd. Daarnaast werden onder geconditioneerde omstandigheden toetsplanten opgekweekt op grond afkomstig van deze percelen. Dit onderzoek toonde aan dat met behulp van een biotoets de mate van optreden van voetziekte in een erwtegewas goed te voorspellen valt. Hoewel in 1986 de aantastingen in het veld lager uitvielen dan in de toets, en in 1987 juist hoger, bleken de toetsuitkomsten en de gewasaantastingen een goede correlatie te vertonen ($r = 0.94$ in 1986; $r = 0.87$ in 1987; beide voor aantastingen tijdens de afrijpingsfase).

Mycologische analyse van plantmateriaal en symptomen heeft aangetoond dat de belangrijkste pathogenen die het voetziektecomplex elders in de wereld vormen, ook in Nederland aanwezig zijn.

Analyse van de aantasting in het gewas en van de opbrengst geeft aan dat bij zwaar besmette percelen een opbrengstreductie van meer dan 50% kan optreden. Wanneer de voetziekteaantasting door een cijfer op een schaal van 0 t/m 5 wordt weergegeven, (met een 0 voor een gezond gewas en een 5 voor een zeer ernstig ziek gewas), blijkt een verschil van een punt op deze schaal overeen te komen met een opbrengstverschil van 0,8 - 1,0 ton/ha ($r = 0,6$).

Door het uitvoeren van een biotoets is de kans op het optreden van voetziekte in een erwtegewas goed te voorspellen. In samenwerking met andere instellingen en doelgroep-organisaties zal nagegaan moeten worden hoe deze methode voor de praktijk geschikt gemaakt kan worden.

Deel I. KARAKTERISTIEKEN VAN VOETZIETEVERWEKKERS BIJ DROOG TE OOGSTEN ERWTEN

1. Inleiding

Tot de eerste helft van deze eeuw schommelde het beteelde erwte-areaal in Nederland rond de 40.000 ha. Een achterblijvend saldo en het beschikbaar komen van goedkope stikstof uit kunstmest, leidde midden jaren '70 tot het praktisch verdwijnen van de teelt van droge erwten. Een dieptepunt werd in 1976 bereikt met een totale oppervlakte van 1650 ha (CBS statistiek).

In Nederland wordt jaarlijks ca. 15 miljoen ton mengvoeder aan het vee gevoerd (Jansen, 1986). De grondstoffen hiervoor worden grotendeels ingevoerd. Het betreft vnl. sojaproducten uit de USA.

Na het verdrievoudigen van de sojaprijzen in 1973 besloot de EG een politiek te volgen om de Lidstaten minder afhankelijk te maken van deze importen. De productie van eiwitrijke gewassen (waaronder de rijp te oogsten peulvruchten) werd gestimuleerd door prijsondersteunende maatregelen.

Door de instelling van een EG-garantieprijs in 1978 heeft de teelt van de droge erwt zich ook in Nederland weer uitgebreid, en met 35.000 ha in 1987 lijkt de teelt weer volledig teruggekeerd op de Nederlandse akkers.

Om in de eigen eiwitbehoefte te kunnen voorzien zou in Nederland een oppervlakte beteeld moeten worden die veel groter is dan de totale beschikbare oppervlakte akkerbouw grond. Rekening houdend met de beperkingen ten aanzien van het bouwplan schat men dat de teelt van groene erwten tot maximaal 60.000 ha uitgebreid zou kunnen worden (Knelpunten 1985).

De moderne teelt van erwten kent echter nog vele problemen. De opbrengsten nemen slechts langzaam toe, en lopen sterk achter bij die van de granen (Heath & Hebblethwaite 1984). Voorts blijken de opbrengsten van jaar tot jaar en van plaats tot plaats sterk te variëren.

De erwt is vanouds bekend als een opbrengstonzeker en zelfonverdraagzaam gewas. Deze eigenschappen worden in belangrijke mate bepaald door de vatbaarheid van het gewas voor verschillende schimmelziekten. Met name de ondergrondse delen van de plant zijn erg vatbaar voor pathogene bodemschimmels. Opbrengstverliezen van 10% tot totale misoogsten zijn gerapporteerd (Flores et al., 1983; Raghavan et al., 1982; Riepma, 1952).

Ziekten die vanuit de grond het gewas aantasten veroorzaken meestal het verrotten van de ondergrondse delen. Dit verschijnsel wordt o.a. zichtbaar door een (tot boven de grond uitstreckende) rotting van de stengelbasis. Vandaar dat men deze ziekte "voetziekte" noemt. Voetziekte is dus een verzamelnaam voor de door

pathogene schimmels veroorzaakte verrotting van de wortels, het epicotyl, de zaadlobben en de vaatbundels. Een betere benaming van de ziekte zou zijn voet, vaat- en wortelrot. Voor het gemak wordt in dit verslag de naam "voetziekte" aangehouden.

Een vervelend aspect van voetziekte is dat hij niet of nauwelijks te bestrijden is. Het hanteren van een zeer ruime teeltfrequentie is een preventieve maatregel, maar is teeltkundig noch economisch aantrekkelijk. Het niet uitvoeren van een erwte-teelt op matig tot zwaar besmette percelen is de enige manier om te-leurstellende opbrengsten door voetziekte te voorkomen en het gewas economisch interessant te houden.

In het eerste deel van dit verslag wordt de rol dat pathogene bodemschimmels spelen in het optreden van voetziekte bij erwten nader toegelicht. Onder erwten wordt in dit verslag verstaan: groene erwten die rijp worden geoogst (ook wel: groene, droog te oogsten erwten).

2. Voetziekteverwekkers in erwt

Uit de literatuur blijkt dat achter de aanduiding voetziekte een groot complex van schimmelsoorten schuil gaat. Het betreft o.a. schimmels behorende tot:

- *Fusarium* spp.:

in het bijzonder: *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Fusarium oxysporum* ras 2 en *Fusarium avenaceum*. Voorts komen voor: *Fusarium culmorum* en *Fusarium graminearum*;

- het "Ascochyta-complex":

gevormd door *Phoma medicaginis* var. *pinodella*, *Mycosphaerella pinodes* en *Ascochyta pisi*, waarvan de eerste twee genoemde schimmels het meest voorkomen;

- *Phycomycetes*:

Aphanomyces euteiches, *Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*, *Pythium irregulare*, en *Phytophthora* spp.;

- *Thielaviopsis basicola*.

Deze verzameling kan nog worden uitgebreid met de schimmels *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cylindrocarpon destructans*, *Verticillium dahliae*, *Sclerotium rolfsii*. Maar behalve de al genoemde zijn er nog tientallen andere schimmelsoorten aan het voetziektecomplex verbonden.

Meer algemene informatie over de belangrijkste pathogenen bij de erwt is te vinden in o.a. Harter et al. (1945), Schuster M.L (1948) , en Hagedorn (1986).

3. Voetziekteonderzoek in Nederland

Voetziekte is in Nederland een bekend en al oud begrip in de erwteteelt. In 1927 onderzocht Buisman de rol van *Phycomycetes* als verwekker van wortelrot in erwten en andere gewassen. Zij vond dat *Pythium irregulare* en *Pythium debaryanum* erwten kunnen infecteren. De aanwezigheid van *Aphanomyces euteiches* kon hier niet worden aangetoond. Went e.a. (1934) rapporteerden de aanwezigheid van *Fusarium solani* als voetziekteverwekker in erwten. De rol van *Mycosphaerella pinodes* werd onderzocht door Kerling (1949); Boerema et al (1964) lichtten de specialisatie van *Phoma medicaginis* als voetziekteverwekker in de erwt en andere vlinderbloemigen toe.

Ondanks dit onderzoek bleven zowel omtrent het ziektebeeld als de verwekkers van de voetziekte veel onduidelijkheden bestaan. Begin jaren '50 onderscheidde Riepma een *Fusarium solani*-, een *Ascochyta*- en een *Botrytis*-voetziekte.

De *Fusarium solani*-voetziekte werd nog weer onderverdeeld: Zeeuwse voetziekte en Groningse voetziekte. Labruyère en Riepma (1954) beschreven de symptomen van de "Zeeuwse voetziekte" als volgt: "vroeg in het seizoen, meestal in de laatste week van mei, treden in de vatbare rassen verspreid enkele planten op met geelgroene koppen. Het wortelstelsel kan aanvankelijk uitwendig nog gezond van kleur zijn, inwendig treedt er een oranje verkleuring van de zeefvaten op, die zich in de plant zelf voortzet". En de symptomen van de "Groningse voetziekte": "Het gewas vertoont een spillige groei, vaak met zeer vroege vergeling van onder naar boven, terwijl de kleur van het gewas lichtgroen is. Het wortelstelsel blijkt in dit geval sterk verrot".

Aan dit ziektebeeld voegde men nadien een verbruining van de worteltopjes en het wortelstelsel, veroorzaakt door *Phycomyceten* toe (IPO 1961). Nog later werd de naam van de ziekte veranderd in voet -en wortelrot (IPO 1965).

Isolaten uit zieke veldplanten leverden *Ascochyta* (*Phoma*) *pinodella* op. *Fusarium solani* en *Fusarium avenaceum* kwamen veelvuldig voor, terwijl *Fusarium oxysporum* maar zelden voorkwam.

De Zeeuwse voetziekte, die eerder aan *Fusarium solani* werd toegeschreven, bleek veroorzaakt te worden door het topvergelingsvirus (Hubbeling 1954). De Groningse voetziekte werd in de eerste plaats gezien als een gevolg van een slechte structuur van de grond. "In het algemeen vindt men deze voetziekte dan ook in gebieden met oude, kalkarme, slempige zavel- en kleigronden. Dat is ook de reden dat de ziekte vooral optreedt na weersomstandigheden waarbij de grond dichtslaat en de groei stagneert. Het verzwakte wortelstelsel wordt een prooi van de verschillende schimmels" (Verhoeve, op citaat: v.d. Spek, PSC vergadering 1966).

Schimmels als *Ascochyta pinodella* zouden de onder stress staande plant infecteren. Door invalspoorten gemaakt door o.a. de larven van de bladrandkever zouden schimmels als *Fusarium solani*, *Fusarium avenaceum* en andere hun weg de plant in vinden (Labruyère en Riepma 1954).

Deze opvatting werd in de loop van de jaren enigszins aangepast. Men stelde dat "de mate van aantasting der wortels wordt bepaald door het infectiepotentiaal waarbij een complex van uitwendige omstandigheden een belangrijke rol vervult, onder andere de structuur en het watergehalte van de grond, de voorvrucht en de temperatuur" (IPO 1963).

In 1961 werd een onderzoek gestart naar de oorzaak van de opbrengstverschillen tussen het noorden en het zuiden van het land, genoemd het "streekonderzoek". Aan dit onderzoek namen verschillende instellingen deel. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat voetziekten niet altijd voorkwamen op voor akkerbouw minder geschikte bodemtypen, en anderzijds dat ze ook voorkwamen op voor akkerbouw uitstekende bodemtypen (IPO 1965, Riepma 1967).

Over de in het zuiden van het land voorkomende voetziekte is, behalve de vermelding van de betrokkenheid van het topvergelingsvirus en schimmels in het complex, geen literatuur beschikbaar.

Onderzoek van Kerling (1952) met *Botrytis cinerea*, en o.a. *F. avenaceum* en *Sclerotinia* toonde aan dat genoemde pathogenen infecties konden veroorzaken die tot het wegvallen van planten konden leiden. Invalspoort voor deze schimmels was schorsweefsel dat was beschadigd door o.a. vorst of stuivend zand. De virulentie van deze parasieten, in het bijzonder *Botrytis cinerea*, die afstervend of zeer verzwakt weefsel infecteert, past echter niet in de rij van andere genoemde bodemschimmels wanneer rekening gehouden wordt met buitenlands onderzoek. Het pathogeen behoort ongetwijfeld thuis bij de loofpathogenen (Pea diseases, 1986; Grain legume crops, 1985 enz.).

In tegenstelling tot de enorme belangstelling in het buitenland is er in Nederland geen onderzoek geweest naar het voorkomen van fysiologische specialisatie van *Fusarium solani* bij de erwt. De aantasting van *Fusarium solani* wordt nog steeds niet zozeer als het produkt van een verhoogde virulentie van de schimmel voor de erwt gezien, maar vooral als het resultaat van stressfactoren, die de plant extra vatbaar maken.

Het vermeende gebrek aan specialisatie van de voetziekteverwekkers in Nederland rijmt niet met het feit dat de ziekte, zoals uit het "streekonderzoek" blijkt, ook in gronden met uitstekende landbouwkundige eigenschappen voorkomt (Riepma 1967).

Het onderzoek over de rol van Phycomyceten in het complex van voetziekten bij het "streekonderzoek" bracht, de aanwezigheid van *Phytophthora megasperma*, maar

verschafft geen informatie over de identiteit van de *Pythium* spp. verbonden aan het voetziekte complex. Ook bekende pathogenen zoals *Thielaviopsis basicola* of *Aphanomyces euteiches* konden bij dit onderzoek niet in het voetziektecomplex worden aangetoond.

Met het afsluiten van het streekonderzoek in 1967 is min of meer een einde gekomen aan het onderzoek naar voetziekte in erwten in Nederland. Thans hanteert de Plantenziektenkundige Dienst (PD) voor voetziekte de criteria die gelden voor een *Fusarium*-, *Botrytis*- en een *Phoma*-voetziekte. Deze criteria zijn in feite dezelfde die Riepma in 1951 gebruikte. Een kritische beoordeling hiervan moet worden overwogen.

4. Ziektebeeld

De symptomen van voetziekte zijn grofweg in drie klassen in te delen:

1. Droogrot: bruine, donkerbruine tot zwarte rotting.
2. Zachtrots: vochtig, doorzichtig goud tot lichtbruine rotting.
3. Zwart wortelrot: zwarte aantasting, uitsluitend beperkt tot de wortels.

Droogrot

Bij dit type rotting behoudt het aangetaste schorsweefsel zijn textuur en vorm. Ondanks dat de aantasting gepaard gaat met een extensieve afbraak van de cellen ziet het weefsel er droog en stevig uit. *Fusarium solani* en veel andere *Fusarium* spp. geven een donkerbruine verkleuring van het epicotyl. Typisch bij *Fusarium*-aantasting is dat de rotting gepaard gaat met een rode verkleuring van de vaatbundels. In tegenstelling tot de vaatziekte veroorzaakt door *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, blijft de verkleuring veroorzaakt door *Fusarium solani* beperkt tot hoogstens de eerste knoop. De aantasting door *Mycosphaerella pinodes* en *Phoma medicaginis* var. *pinodella* geeft een paars tot zwarte verkleuring. Veel andere schimmels zijn in staat droogrot te veroorzaken zoals *Pythium* spp., *Cylindrocarpum destructans* en *Rhizoctonia solani*.

De aantasting door *Pythium* spp. wordt gekenmerkt door de destructie van de zijwortels. Dit "snoeieffect" is het gevolg van de aantasting van het meristematische weefsel in de worteltop.

Zachtrot

Onder dit type verrotting vinden we de zogenaamde "gewone voetziekte" (common root-rot) veroorzaakt door *Aphanomyces euteiches*. Deze schimmelziekte wordt over het algemeen als de meest destructieve voetziekte beschouwd.

De ontwikkeling van de aantasting in het weefsel wordt voltrokken door celwand-afbrekende enzymen. Het aangetaste weefsel verliest zijn structuur, wordt zacht en ziet er nat uit. Typerend beeld van de ziekte is een goudachtige, lichtbruine verkleuring. Bij wrijving tussen de vingers of bij het uit de grond trekken van de plant verliezen de ondergrondse delen gemakkelijk het schorsweefsel. De wortels zien er draderig uit, omdat slechts de vaatbundels overblijven.

Betrokken bij dit type rotting zijn ook verschillende *Pythium*-soorten, zoals *Pythium debaryanum* en *Pythium ultimum*. Alconero en Hagedorn (1967) konden echter geen wortelrot oproepen door inoculatie met de genoemde *Pythium* spp. In andere vlinderbloemigen, zoals veldbonen, kunnen naast de al genoemde schimmels ook *Phytophthora megasperma* en *Sclerotinia* (Salt, 1983) worden aangetroffen.

Zwartwortelrot

Deze ziekte wordt veroorzaakt door *Thielaviopsis basicola*. Het ziektebeeld is eigenlijk een soort droogrot, maar dit pathogeen beperkt zijn activiteit tot uitsluitend de wortels; epicotyl, cotylen en stikstofknollen worden niet of nauwelijks aangetast. De wortels worden roetzwart van kleur. In combinatie met *Fusarium solani* verkleurt het hele wortelstelsel zwart.

Thielaviopsis basicola is een veel voorkomend pathogeen bij de erwt en de Phaseolus-boon, maar kan ook op andere gewassen voorkomen, zoals vlas.

Normaliter komen in een erwtegewas verschillende pathogenen voor. Zelfs op een enkele plant treft men verschillende ziekteverwekkers aan. Door de aanwezigheid van meerdere pathogenen in het weefsel wordt het ziektebeeld vaag, en het vaststellen van de verwekkers een moeilijke zaak.

Wood (1967) stelt dat de ontwikkeling van een droog- of een zachtrot vooral afhangt van de duur en snelheid waarmee celwandafbrekende enzymen worden uitgescheiden. De dynamiek van het uitscheidingsproces is weer afhankelijk van de omstandigheden waaronder de infectie plaatsvindt, en het ontwikkelingsstadium van de plant.

Pogingen om met zuivere isolaten van pathogenen de symptomen op te wekken zoals die zich in het veld voordoen zijn daarom moeilijk te realiseren.

5. Epidemiologische aspecten

5.1 Opbouw en verspreiding van de voetziekte

5.1.1 Teeltfrequentie van erwten en andere peulvruchten

Het telen van erwten in een nauwe rotatie wordt als de belangrijkste factor beschouwd bij de opbouw van voetziekte in de grond. Om de opbrengstderving veroorzaakt door voetziekte zo veel mogelijk te beperken wordt in Nederland geadviseerd om niet vaker dan eenmaal in de zes jaar erwten te telen op hetzelfde perceel. In Engeland en Frankrijk is het advies eenmaal in de vijf jaar (Knot 1988), (PGRO pea handbook).

Andere peulvruchten dan erwten verschillen van erwten in zowel de vatbaarheid als de tolerantie voor voetziekteverwekkende pathogenen. De rol van deze gewassen moet, voor zover niet opbouwend, toch minstens als instandhoudend worden beschouwd. Hierdoor wordt de natuurlijke afname van de pathogeenpopulatie door de vruchtwisseling verminderd of geheel teniet gedaan. In Nederland worden echter in dit verband veldbonen en erwten wel, maar *Phaseolus*-bonen niet als hetzelfde gewas beschouwd (Dekker et al. 1985).

5.1.2 Kwaliteit en gezondheid van het zaaizaad

Een aantal bekende voetziektepathogenen gaan met het zaad over. Het betreft met name *Mycosphaerella pinodes* en *Phoma medicaginis* var. *pinodella*, maar eigenlijk kunnen een tiental schimmelsoorten met het zaad overgaan.

Het mogelijke effect van een zaadinfectie op het verzieken van de grond wordt in bijlage 4 van dit verslag besproken (Van Loon en Oyarzun 1988).

De handelsnorm voor zaaizaad laat na behandeling met fungiciden een infectiepercentage toe van maximaal 10%. In de praktijk betekent dit dat per vierkante meter vijf tot zeven planten een mogelijke bron van infectie vormen.

De omvangrijke lekkage van stoffen uit het zaad via scheuren of wonden in de huid is een stimulans om de kiemrust van (rust)sporen van schimmels te doorbreken, en de infectie te bevorderen (Kerr 1964). Zo bleek het percentage gekiemde sporen van *Fusarium solani* f.sp. *pisi* recht evenredig met de mate van uitscheiding van stoffen uit het erwtezaad (Cook en Flentje 1967). Zelfs verzwakte pathogenen kunnen in aanwezigheid van exudaten uit het zaad hun virulentie herstellen (Toussoun et al, 1960).

Uitscheidingsprodukten van zaad en groeiende wortels zorgen echter niet alleen voor het doorbreken van de kiemrust van sporen en voor de energie nodig voor de infectie, ze vormen tevens de herkenning voor de pathogenen van hun waardplant. De zaadexudaten bestaan hoofdzakelijk uit koolstof en stikstofhoudende verbindingen zoals suikers, aminozuren en vitaminen. De invloed die dergelijke stoffen hebben op schimmels zoals *Phycomyces* (Chang_ ho en Hickman, 1970), en *Fusarium* is goed gedocumenteerd (o.a.: Cook en Snijder, 1965; Cook en Schroot, 1965; Lewis en Papavizas, 1977; Toussoun et al., 1960; Toussoun 1970).

5.1.3 Fytosanitaire maatregelen

Het onvolledig inwerken of verwijderen van besmette gewasresten alsmede opslag vormen een ernstige bron van infectie, en zijn verantwoordelijk voor de verspreiding van de schimmel *Mycosphaerella pinodes*. In de afgestorven gewasresten ontwikkelen zich asci, waarin zowel in het najaar als in het voorjaar na de teelt ascosporen worden gevormd. Deze ascosporen worden door de wind verspreid. In het najaar raken ook de opslagplanten geïnfecteerd.

In het volgende teeltjaar kan dit materiaal samen met de zieke stoppel er voor zorgen dat erwtegewassen, zowel op als buiten het bedrijf, besmet raken. De meeste ruststructuren van voetziekteverwekkers zijn verbonden met organische deeltjes in de grond (Mitchel 1979). Door het inwerken van de besmette stoppel kunnen de overlevingsmogelijkheden voor *Mycosphaerella pinodes* weliswaar verkleind worden, maar dit is epidemiologische gezien van veel minder grote betekenis dan het afvoeren van het loof van het veld. Inwerken van loof van niet waardplanten kan een variërend effect hebben, afhankelijk van de chemische (C/N) samenstelling van het materiaal.

5.1.4. Rassen

Rassen verschillen in hun vatbaarheid voor voetziekte. Vermoedelijk heeft dit ook gevolgen voor de mate waarin de grond besmet kan worden. Men neemt aan dat het effect van voetziekte in doperwtten, die relatief kort op het veld staan, van minder grote betekenis is. Deze hypothese wordt echter noch door de literatuur noch door eigen praktijkwaarnemingen (zie deel II) ondersteund.

Gewasresten van doperwtten bevatten veel lagere C/N-quotiënten dan die van (afgerijpte) droge erwten. Deze energierijke residuen hebben een duidelijk effect op de opbouw en het handhaven van de smetstofpotentieel in de grond (Lewis and Papavizas, 1977).

Het rassensortiment droog te oogsten groene erwten is in tegenstelling tot dat van de doperwten zeer beperkt. Binnen het sortiment doperwtenrassen komen grote verschillen in vatbaarheid voor voetziekte voor. De relatie tussen het telen van droge erwten en doperwten ten opzichte van bodempathogenen is niet onderzocht.

5.1.5 Fysische, chemische en biologische factoren

Voorts spelen bij de opbouw van de ziekte en de verdeling van de pathogenen in de grond factoren van chemische, fysische en biologische aard een belangrijke rol. Al deze factoren kunnen een effect hebben op toe- of afname van een stress-situatie van de plant, en daarmee op toe- of afname van zijn vatbaarheid voor de ziekte.

Een snelle opbouw van voetziekte wordt in de hand gewerkt door o.a. slemp, slechte drainage, verdichtingen in en onder de bouwvoor, zure gronden of verzuurend werkende afbraakprodukten van een voorvrucht, gebrek aan een voldoende actieve antagonistisch werkende microflora of het voorkomen van synergistisch werkende parasieten.

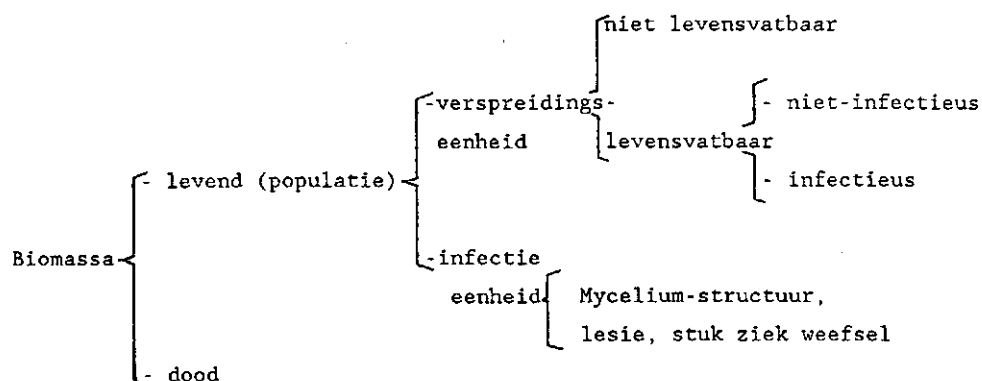
5.2 Pathogeen-plant relatie: Fysiologische specialisatie

Gespecialiseerde pathogenen zijn in staat om primaire infecties te veroorzaken. Ze worden hoofdpathogenen genoemd (Lockwood, 1986). Zwakte-pathogene schimmels, die gebruik maken van de energie en afbraakprodukten van stervende cellen, komen het weefsel binnen via de invalspoorten gemaakt door primaire kolonisatoren, schimmels of andere organismen. Ze infecteren planten in een zeer jong stadium, of planten die verzwakt zijn. Deze worden secundaire pathogenen genoemd.

Een groot deel van de schimmelsoorten welke behoren tot het voetziektecomplex, zoals *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* en *Pythium* spp., kunnen in elke grond op zowel gezonde als op zieke planten worden aangetroffen. Hierdoor worden ze in het algemeen beschouwd als zwakte-organismen, die slechts een door stressfactoren verzwakte plant kunnen infecteren. Nochtans blijkt dit een controversiële zaak.

De populatie van een schimmelsoort is zelden homogeen. *Fusarium* kan bijvoorbeeld als parasiet, symbiont of antagonist in planten worden aangetroffen. Ook bleek een isolaat van *Rhizoctonia solani* (AG-4) het optreden van "damping-off", veroorzaakt door pathogene stammen van *Rhizoctonia* spp. in o.a. tarwe en radijs, bijna volledig te verhinderen (Ichielevich-Auster et al., 1985).

Gilligan (1987) deelt de totale biomassa van een pathogeenpopulatie in een bepaald volume grond als volgt in:



Verspreidingseenheid wordt gebruikt als synoniem voor propagel; dit is een structuur die voor de overleving en verspreiding van het pathogeen dient. De fractie van de "dispersal units" die viable en infectieus is, wordt "effectief inoculum" genoemd. Omdat een deel van de populatie zelfs onder gunstige omstandigheden toch geen infectie veroorzaakt, stelt men dat bij het betrekken van de totale populatie beter over de "relative inoculum density" gesproken kan worden. Maar de fractie "viable en infectieus" is zelden of nooit in virulentie homogeen. Dit kan geïllustreerd worden met de waarnemingen van Reinliik (in: Davies & Shettha, 1985. The pea crop), die in zieke veldplanten vond dat 26.6%, 28.1% en 50% van de isolaten van respectievelijk *Pythium ultimum*, *Fusarium solani* en *Rhizoctonia solani* niet pathogeen waren. Ook zijn er verschillen in virulentie van pathogene isolaten van *Thielaviopsis basicola* vastgesteld (Blume en Harman, 1979).

Er is voldoende bewijs dat bij de belangrijkste pathogenen van het voetziekte-complex, zoals *Fusarium solani* (Kraft en Burke, 1974; Messian, 1968), *Aphanomyces euteiches* (Pfender en Hagedoorn, 1982; Sundheim, 1972; Beute en Lockwoods, 1967) en *Thielaviopsis basicola* (Kobriger en Hagedoorn, 1983; Lloyd en Lochwood, 1963) fysiologische specialisatie kan optreden (zie tabel 1). Ook in het geval van *Rhizoctonia solani* is men er in geslaagd om het bestaan van fysiologische specialisatie aan te tonen (Mounir en Stino, 1965).

Delaney (1981) (in: The faba bean) vond isolaten van *Aphanomyces euteiches*, verkregen uit zieke erwten die sterk pathogeen in erwten waren, maar niet in veldbonen. Isolaten uit veldbonen daarentegen die sterk pathogeen in veldbonen waren, gaven een matige reactie in Phaseolusbonen, en geen infectie bij erwten. Pfender en Hagedorn (1982) stellen de aanwezigheid van twee formae speciales van *Aphanomyces euteiches* vast, namelijk forma specialis "Phaseoli", die bonen wel

maar niet erwten infecteert, en forma specialis "Pisi", die zich zowel bij erwten als bij bonen virulent gedraagt.

Aphanomyces euteiches is in staat, wanneer de omstandigheden dat toestaan, in elke ontwikkelingsfase van het gewas de planten aan te tasten. *Phoma medicaginis* var. *pinodella* en *Mycosphaella pinodes*, met een geringe agressiviteit, kunnen als gespecialiseerde pathogenen in erwten worden beschouwd.

Fusarium oxysporum is in de eerste plaats een typische vaatparasiet. Kenmerkend hiervoor is dat de schimmel de vaatbundels van de plant bereikt zonder dat, ogenschijnlijk, schade aan het schorsweefsel optreedt. *Fusarium oxysporum* f. sp. *Pisi* ras 2 blijkt echter ook voetziekte te verwekken. In Nederland zijn er verschillende fysiologische rassen van bekend (IPO jaarverslagen 1950-70). Fysiologische specialisatie van voetziekteverwekkende pathogenen bij erwten wordt in Nederland niet onderzocht. Waar deze fysiologisch gespecialiseerde firma's thuis horen (minors of majors) is ook uit de literatuur niet duidelijk op te maken. In ieder geval lijkt het logischer de onderscheiding tussen minor en major te laten afhangen van de gewassoort, dan van het feit of het pathogeen een wortel of een grondbewoner is.

Tabel 1. Overzicht van het voorkomen van een aantal voetziekteverwekkende pathogenen op verschillende waardplanten.

	:	voetziekteverwekker							
	:	-----							
waardplant	:	Aph	Fs	Fo	Tb	Phm	Myp	Ps	Rs
	:	-----							
erwten	:	*	*	*/+	*	+	+	+	*
vicia-faba	:	*	*	*	+	+	-	+	*
boon	:	*	*	*	*		-	+	*
andere VB	:	+	*	+	+	+	-	+	*
monocotylen	:	+	+	+	-	-	-	+	+
	:	-----							
overleving	:	1	2	2	2	2,3	2	1	3
(structuur)	:	-----							

Bron: Compendium of pea diseases; The faba bean ; Beans production problems.

Verklaring gebruikte codes:

* = er bestaat een forma specialis,
rassen of anastomose groep

+ = geen fysiologische specialisatie

- = geen waardplant

Meest voorkomende overlevingsstructuur

per soort:

1 = oöspore

2 = chlamydospore

3 = sclerotia

Aph = Aphanomyces euteiches

Fs = Fusarium solani

Fo = Fusarium oxysporum

Tb = Thielaviopsis basicola

Phm = Phoma medicaginis

Myp = Mycosphaerella pinodes

Ps = Pythium spp.

Rs = Rhizoctonia solani

5.3 Overleving

Alle voetziekteverwekkende schimmels hebben het vermogen om ten dele of volledig in de grond over te blijven, en kunnen zo perioden zonder erwteenteelt overbruggen. Het in de grond overblijven kan passief gebeuren in de vorm van sporangia, chlamydosporen, oösporen en sclerotia, of actief als mycelium in gewasresten of in de wortels van andere gewassen of op en in onkruiden.

De grootte die de populatie in de grond bereikt na het telen van een vatbaar gewas, het saprofytisch vermogen, de voedingsstatus van de overlevende structu-

ren en het bestand zijn tegen ongunstige factoren, zoals antibiose of antagonisme, bepalen in hoge mate de grootte van de fractie die de waardplantvrije periode kan overleven. Deze aspecten zijn o.a door Menzies, 1970, en Mitchell, 1979 in een review weergegeven.

Schimmels behorende tot de "Ascochyta"-groep kunnen een periode van vier tot vijf jaar in de grond overleven. Echter, Wallen et al., 1967 konden isolaten van *Mycosphaerella pinodes* verkrijgen uit een grond die in de voorafgaande 20 jaar niet met erwten was beteeld. Pfender en Hagedorn (1983) constateerden een jaarlijkse afname van 50% in de populatie van *Aphanomyces euteiches* in de grond. Rush en Kraf (1986) vonden in een periode van drie tot vijf jaar een flinke afname van de populatie van *Fusarium solani* in de bouwvoor, maar weinig afname onder de bouwvoor. Over het algemeen lijkt deze schimmel door de vorming van chlamydosporen voor onbepaalde tijd in de grond te kunnen overleven (Kraft et al., 1981).

Chlamydosporen spelen een belangrijke rol in het overleven van schimmels (Schipper en van Eck, 1986). Wallen en Jeun 1968 hebben het onvermogen van *Ascochyta pisi* om chlamydosporen te vormen als de belangrijkste oorzaak aangewezen waarom dit pathogeen zich in de grond niet kan handhaven.

Chlamydosporen zijn bij uitstek de overlevingsstructuur van *Fusarium* spp. Aspecten van de vorming van en de overleving via chlamydosporen zijn door Schippers & van Eck, 1981 uitvoerig toegelicht (zie *Fusarium*. Nelson & Tousson Eds.). Oösporenvormende schimmels zoals *Pythium*, *Aphanomyces* en *Peronospora pisi* zijn in staat erg lange perioden in de grond te overleven (Mitchel, 1979).

Aphanomyces euteiches kan hiermee een periode langer dan 10 jaar in de grond overleven (Pfender, in: *Compendium of Pea diseases*, 1986).

Oösporen zijn normaliter verbonden aan organische deeltjes in de grond. Voor *Phycomycetes* is het vochtregime in de grond bepalend voor hun overleving. Uitdroging van de grond induceert de kiemrust bij *Pythium*. Hoppe (1966) heeft luchtdroge grondmonsters gedurende 12 jaar op kamertemperatuur bewaard. Na zes jaar kon hij hoge populatiedichtheden aantonen nadat de grond gedurende 15 dagen nat werd gehouden. Wanneer de grond gedurende drie maanden nat werd gehouden lukte het hem zelfs na 12 jaar nog hoge niveaus van *Pythium* in de grond aan te tonen.

Behalve water speelt de aanwezigheid van voedingsstoffen in de grond een belangrijke rol in het doorbreken van de kiemrust (Schmitthenner, 1970) en in de veranderingen in populatiedichtheid in de grond.

Mitchel, 1979 analyseerde de mogelijke dynamiek van de populatie van pathogenen in de grond. Afhankelijk van het mechanisme waarmee de schimmel in de grond in biomassa verandert, onderscheidt hij drie groepen:

1. De pathogenen kunnen hun biomassa via saprofytisme of parasitisme doen toenemen, en kunnen deze toename al dan niet handhaven. *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. en *Sclerotium rolfsii* worden tot deze groep gerekend. *Pythium* soorten hebben een goed saprofitisch vermogen, en kunnen voor onbepaalde tijd efficiënt het "inoculum-potentiaal" zonder de aanwezigheid van een waardplant handhaven.
2. De pathogenen kunnen slechts een beperkte toename in biomassa bereiken via saprofytisme. Voorbeelden hiervan zijn *Fusarium* en *Thielaviopsis basicola*. *Fusarium* geeft op de aanwezigheid van substraat (energie) snel een reactie. Hoewel de groei van het mycelium niet extensief is, treedt er zelfs binnen de kolonisatiefase een zeer rijke sporulering op. *Fusarium* maakt dus een efficiënt gebruik van zijn energiebronnen.
3. De pathogenen kunnen slechts via parasitisme in biomassa toenemen, maar ze zijn wel in staat om op een zeer efficiënte wijze hun biomassa te handhaven. Een belangrijke eigenschap van deze groep is dat zij wortels van niet-waardplanten koloniseren zonder dat deze ziek worden, en zonder dat de schimmels hierbij hun biomassa significant vergroten. Tot deze groep kunnen volgens Mitchell *Verticillium dahliae* en *Gaumannomyces graminis*, worden gerekend, maar waarschijnlijk kan men ook fysiologisch gespecialiseerde vormen van pathogenen tot deze groep rekenen. *Formae speciales* van *Fusarium solani* handhaven zich in de rhizosfeer van niet-waardplanten (Kraft & Burke, 1974).

Op het overleven van pathogenen hebben vatbare planten, die als gewas of onkruid groeien, een grote invloed. Wallen & Jeun (1968) vonden dat zowel de hoeveelheid van *Mycosphaerella pinodes* als die van *Phoma medicaginis* var. *pinodella* na het telen van mais, veel lager was dan na telen van erwten, bonen of stoppelknol. Schroth and Hendrix (1962) vonden dat de populatie van *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* toenam in de rhizosfeer van gewassen als sla of tomaten, maar niet in die van uien. Nash and Snijder (1962) vonden juist een toename van de populatie van *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* na het telen van tomaten, terwijl die even groot bleef na het telen van gerst of bonen. *Aphanomyces euteiches*, welke een notoire fysiologische specialisatie kan ontwikkelen, overleeft niet alleen in de peulvruchten maar ook in gewassen als vlas of spinazie.

Pegg en Perry (1983) constateerden geen negatieve invloeden van *Fusarium* spp. infecties op de gezondheid van luzerne. Ze concludeerden dat deze infecties wel ecologische gevolgen hebben. Luzerne treedt op als een symptoomloos reservoir van *Fusarium*.

Behalve genoemde factoren spelen ook abiotische factoren zoals temperatuur, afwisseling van droge en vochtige toestand van de grond (Lifshitz en Hancock,

1984), cultuurmaatregelen zoals de vorm van de bemesting, het al of niet inwerken van planteresten en de ouderdom daarvan (Lewis and Papavizas, 1977), een belangrijke rol bij het overleven van pathogenen. Deze factoren kunnen effect hebben op het pathogeen zelf, of op zijn belagers.

Onderploegen van besmette stoppels vermindert de overlevingskansen van *Mycosphaerella pinodes* (Sheridan, 1973). Inwerken van chitine (garnalenpantser) in de grond voorkomt de ontwikkeling van voetziekte mogelijk via een verhoogde activiteit van actinomyceten (IPO 1968).

Bovengeschetste situatie geeft aan waarom een voorspelling over de omvang en de op- en afbouw van een populatie tijdens de rotatiecyclus vaak zeer moeilijk is.

5.4 Ruimtelijke rangschikking van pathogenen en ziekten

Studies over de ruimtelijke rangschikking van de populatie van bodempathogenen zijn in de afgelopen jaren steeds meer in de belangstelling gekomen. Ze vormen een belangrijk onderdeel bij ecologische en epidemiologische studies. Kennis van het verdelingspatroon van populaties is daarbij vereist, niet alleen om de waargenomen ziektepatronen beter te kunnen interpreteren en voorspellen, maar ook om het effect van ingrepen beter te begrijpen.

Hoewel de ruimtelijke rangschikking van pathogenen in de diepte relatief veel aandacht heeft gekregen, zijn er weinig studies verricht naar de vorm van de verdeling in het horizontale vlak. Ook voor voetziekte in erwten zijn over dit laatste aspect geen specifieke studies bekend. Het volgende heeft dus een min of meer algemeen karakter.

5.4.1 Verdeling in het horizontale vlak

Bodempathogenen zijn in het algemeen weinig mobiele organismen. Ze komen praktisch nooit homogeen verdeeld in de grond voor. De propagulen of kolonies vindt men meestal gebonden aan klei, humus of deeltjes van planteresten. De uitbreiding van de ziekte in het gewas vanuit een "focus" gebeurt langzaam, door infectie van plant naar plant (bijv. *Aphanomyces* of *Fusarium*). Op grond hiervan verwacht men dat de populatie van een pathogeen geclusterd over het veld moet voorkomen. Dit betekent dat de dichtheid van de populatie sterk varieert van plaats tot plaats in het veld (Mihail & Alcorn, 1987; Olayana & Campbell, 1988). In veel gevallen heeft men een dergelijke verdeling vastgesteld (Campbell en Noe, 1985). Het betreft hier echter veelal populaties van (micro)sclerotiën in de grond. Er zijn zelfs waarnemingen van aanzienlijke verschillen in populaties

van micro-organismen tussen monsters genomen op enkele centimeters afstand in een veld (Johnson en Curl, 1972).

5.4.2 Verdeling in de diepte

Volgens Kreutzer 1960 (op citaat Shipton, 1984) bevindt 60% van alle bodempathogenen, (o.a. *Pythium* spp., *Fusarium* spp.) zich in de top van de bouwvoor (tot 7.5 cm diep), 30% in de laag 7.6-30 cm (o.a. *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* en *Verticillium dahliae*), en slechts 10% in de laag beneden de 30 cm. De populatie van *Aphanomyces euteiches* is omvangrijk in de bovenste 5 cm van de bouwvoor. In kleigronden en andere zware gronden komt de schimmel niet dieper voor dan tot 15 cm (Domsch et al., 1980). Burke et al., (1969) vonden dat de populatie van zowel *Aphanomyces euteiches* als van *Fusarium solani* zich voornamelijk in de bovenste 20 cm van de bouwvoor bevond. Er zijn echter in percelen met erwten ook wel propagulen van *Fusarium solani* gevonden tot op een diepte van 60 cm (Rush & Kraft, 1986).

Ook de propagulen van *Rhizoctonia solani* vindt men grotendeels geconcentreerd in de bovenste 7.5 cm toplaag van de bouwvoor; hyfen komen echter zelfs tot een diepte van 37 cm voor (Macnish & Dodman, 1987). Maar in een gewas als luzerne, dat zeer diep in de grond kan doordringen, komen op diepten beneden de 20 cm nagenoeg geen infecties voor (Hancock, 1982).

5.4.3 Vaststellen van de verdeling van een schimmelpopulatie in de bodem

Het karakteriseren van de ruimtelijke patronen baseert zich op tellingen van het aantal propagulen in monsters genomen uit een groot aantal kleine vierkanten waarin een veld kan worden opgedeeld. Infecties of zieke planten zijn hierbij soms als indicatiemethode gebruikt.

Uit elk vierkantje wordt een monster (wel/niet samengesteld) genomen, en vervolgens wordt het aantal propagulen in het monster vastgesteld. Met deze aantallen kan men een frequentietabel samenstellen voor het aantal propagulen per monster. Gebruikmakend van de goodness-of-fit methode worden de resultaten getoetst (nulhypothese: de populatie is "random" verdeeld) op verschillende modellen van discrete kansverdelingen. De mate van afwijking van de random-verdeling wordt vaak weergegeven door het quotiënt " $S^2/\text{gemiddelde}$ ", of door de "morisita-index".

Campbell, 1985 onderscheidt drie ruimtelijke verdelingspatronen:

Random	$S^{*2} = X$	Fitted	door een Poisson-verdeling
Regular	$S^{*2} < X$	"	door een binomiale positieve verdeling
aggregated	$S^{*2} > X$	"	door een binomiale negatieve verdeling, Neyman type A, enz.

Het is echter gebleken dat deze modellen meer geschikt zijn voor het beschrijven van een variabele, dan voor het karakteriseren van de ruimtelijke rangschikking van een pathogeen in de grond. Dit omdat de genoemde verdelingen geen rekening houden met de plaats van het veld waaruit het monster werd genomen. Dit feit werd in 1984 door Nicot et al. onder de aandacht gebracht.

Ze demonstreerden dat een frequentieverdeling voor het aantal propagulen per monster verschillende ruimtelijke patronen zou kunnen voorstellen.

In de afgelopen jaren heeft men steeds meer gebruik gemaakt van analyse technieken zoals "analysis of spatial autocorrelation", "lag analysis", geostatistiek, enz. waarin met de plaats van het monster in het veld wel rekening wordt gehouden (Mihail & Alcorn, 1987; Olayana & Campbell, 1988; Chellini et al, 1988). Recentelijk bespraken Reynold en Maden, 1988 een model waarmee, gebruik makend van "space-temporal" autocorrelaties en partiële autocorrelaties, de ontwikkeling van populaties, of epidemieën in de tijd en in de ruimte kunnen worden beschreven.

Studies naar populaties van bodempathogenen zijn ook verricht door de bepaling van de fractie zieke planten (ziekte-incidentie) al of niet in combinatie met de intensiteit van de aantasting in het gewas (Lin et al., 1979; Strandberg, 1973; Madden et al., 1982]. Het aantal infecties per plant wordt omgezet in dichtheden van pathogenen. Bakker, (1972) heeft de achtergronden van deze benadering toegelicht, en op de voorwaarden voor een correct gebruik van deze methode is door o.a. Gilligan (1983) ingegaan.

Wanneer men voor praktische doeleinden geïnteresseerd is in een schatting van de gemiddelde ziektedruk in de grond dan heeft de bovengeschetste aanpak een beperkte waarde. Op de eerste plaats omdat het verdelen van praktijkvelden in dergelijke hoeveelheden vierkantjes en het verwerken van de monsters niet te verwezenlijken is. Ten tweede omdat zowel de dichtheid van de populatie als de ruimtelijke rangschikking ervan niet noodzakelijkerwijs overeenkomen met de intensiteit en ruimtelijke rangschikking van de ziekte op het perceel. En ten derde omdat de verdeling zowel in het horizontale vlak als in de diepte geen statische eigenschap is. Deze verandert in de loop van het groeiseizoen en de jaren.

Ter illustratie van het bovenstaande kan het onderzoek van o.a. Mihail & Alcorn (1985) aangehaald worden, waarbij een veld van 230 m^2 verdeeld werd in 750

vierkantjes en dat van Reynold et al., 1988 die werkten met vierkantjes van 20 cm² als bemestingseenheid.

Chellini et al. (1988) namen waar dat ondanks dat zowel het pathogeen (in dit geval *Macrophomina phaseolina*) als de ziektesymptomen (charcoal rot) in het veld geclusterd voorkwamen, beiden verschilden in clustervorm. Ook werd vastgesteld dat uit willekeurig verspreide propagulen een geclusterd patroon van zieke planten kan voortkomen. Discrepanties tussen ruimtelijke verdelingen van pathogenen en ziekten zijn door o.a. Shew et al (1984) vastgesteld. Campbell en Noe (1985) hebben deze afwijking met andere voorbeelden geïllustreerd.

Afwijkingen tussen de verdelingspatronen van propagels in de grond en de patronen van de ziekte in het gewas kunnen echter ontstaan door het effect van andere fysische, chemische of biologische factoren die invloed hebben op de expressie van de ziekte.

Voetziekteverwekkende pathogenen komen grotendeels geconcentreerd in de bouwvoor voor. Daar zijn ze periodiek blootgesteld aan vermengingen en verplaatsingen als gevolg van grondbewerkingen, zoals ploegen, eggen, schoffelen, nivellering enz., of door vectoren zoals wormen, larven, regen of stromend water. Olanaya en Campbell (1988) stelden een duidelijke vermindering in de aggregatie van de propagulen van *Macrophomina phaseolina* vast na de uitvoering van een grondbewerking. De herverdeling van de propagulen was groot bij hoge dichtheid en/of een hoge mate van clustervorming.

In de praktijk werkt de teeltfrequentie van het gewas, en de daaraan verbonden werkzaamheden, een min of meer homogene verspreiding van ziekten in de hand (Ralph Bakker, 1972). Het is ook gebleken dat macroconidiën van *Fusarium solani*, gevormd in het aangetaste weefsel aan het grondoppervlak, door de wind worden meegevoerd en elders aantasting kunnen veroorzaken (Bywater, 1959).

In alle 24 percelen onderzocht door Burke en Hagedorn (1969) kwamen *Fusarium solani* f.sp. *pisi* en *Aphanomyces euteiches* uniform verdeeld in de bouwvoor voor. Riepma (1952) rapporteert dat de "Groningse voetziekte" vaak over het hele veld voorkwam. Dit in tegenstelling met de "Zeeuwse voetziekte", later topvergeling, welke hier en daar in clusters voorkwam.

In veel gevallen is men voor praktische doeleinden geïnteresseerd in het verkrijgen van een schatting van het gemiddelde van de populatiedichtheid, en van het inoculumpotentieel van een pathogeen in de grond. Voor dit doeleinde wordt op systematische wijze het veld doorkruist en op gelijke afstand van elkaar grondmonsters genomen (Mihail en Alcorn, 1987).

5.5 Relatie tussen de hoeveelheid pathogeen en de ziekte

De relatie tussen aantallen propagulen in de grond en ziekte-expressie in het gewas is onderwerp geweest van vele studies. De vorm van de relatie tussen dichtheid en aantal infecties kan volgens Bouhot (1979) in principe door de volgende modellen worden beschreven:

1. n propagulen -----> 0 infecties (bijv. suppressieve gronden)
2. 1 propagule -----> 1 infectie
3. n propagulen -----> aantal infecties $< n$
4. n propagulen -----> aantal infecties $> n$

De relaties 2 t/m 4 worden teruggevonden in de curve die wordt verkregen wanneer de infectie wordt uitgezet tegen een toenemende hoeveelheid inoculum (zie figuur 1). In deze modellen wordt verondersteld dat behalve de dichtheid van het pathogeen de overige factoren onveranderd blijven.

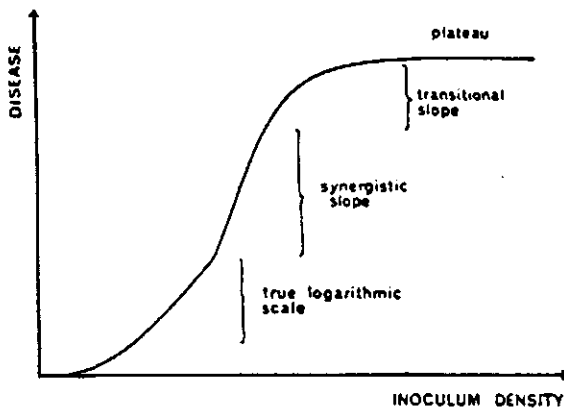


Fig. 1. Theoretisch verband tussen de inoculumdichtheid en ziekte. Uit Bouhot 1979.

In veldonderzoek vonden Pfender en Hagedorn (1983) dat het percentage infecties veroorzaakt door *Aphanomyces* logaritmisch afhankelijk was van de dichtheid van de propagulen. Maar meestal is in de praktijk de relatie tussen aantallen propagulen en ziekte veel ingewikkelder. Zo rapporteerde Nash (1970) dat na het telen van bonen en na het telen van gerst even hoge populaties van *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* werden gevonden. Vervolgens werden op de velden bonen geteeld. De

ontwikkeling van voetziekte bleek significant kleiner in het veld met gerst als voorvrucht.

Burke et al. (1969) vonden vergelijkbare populaties van *Fusarium solani* in gronden met zowel een hoog als een laag voetziektepotentieel. Het is vanzelfsprekend dat de expressie van de ziekte afhankelijk is van veel factoren.

Nadat infectie heeft plaatsgevonden duurt het nog een bepaalde periode (de incubatieperiode) voordat ziektesymptomen waargenomen kunnen worden. Rush en Kraft (1986) stelden vast dat een belangrijk deel van het effect dat grondeigenschappen en andere groeifactoren hebben op de ziekte, tot uitdrukking komt in de lengte van de incubatieperiode.

De grilligheid in de relatie tussen aantallen propagulen en ziekte-expressie geeft aanleiding tot het zoeken naar andere technieken waarmee de ziektedruk of inoculumpotentieel geschat kan worden (Bouhot, 1979).

5.6 Betekenis van voetziekte voor de produktie van het gewas

Om het effect van voetziekte op de produktie van erwten beter te begrijpen is het nodig om een beeld van het produktiepatroon van de plant voor ogen te hebben. In de periode tot aan de bloei hebben erwten ongeveer 10% van de totale drogestof geproduceerd. De bijdrage van deze hoeveelheid drogestof aan het vullen van korrels is nihil. De korrelvulling vindt grotendeels plaats door aanvoer van assimilaten die worden geproduceerd in het naast de peul(en) geplaatste samengestelde blad. De groene peul zelf lijkt alleen in een vroeg ontwikkelingsstadium een bijdrage tot vulling van de korrels te leveren; later assimileert de peul slechts bij of onder het compensatiepunt (The pea book). De verdeling van assimilaten tussen wortels en loof volgt grotendeels het patroon van granen. De wortel groeit en functioneert optimaal tijdens de periode tot aan de bloei. Vanaf de bloei verandert de richting van de assimilatenstroom in het voordeel van de groeiende vrucht. De groei van de wortel vermindert, en het vermogen om zijwortels te vormen gaat sterk achteruit.

Over het algemeen is de bewortelingsintensiteit en de diepte van de beworteling van de erwt minder dan bij granen. De betrekkelijk lichte beworteling maakt de erwt gevoelig voor stress (Heath en Hebbethwaite 1984).

In vergelijking met de Phaseolus-boon, die in staat is om een enorme hoeveelheid bijwortels te vormen is het compenserend vermogen van de erwt in wortelvorming zeer gering.

Voetziekte bereikt een hoge intensiteit tijdens en na de bloei, juist wanneer het gewas volop bezig is met de korrelproduktie. Als gevolg van voetziekte treedt in het gewas een verstoring van de assimilatenstroom naar de wortels op

waardoor het functioneren ervan sterk vermindert. Een dergelijk wortelstelsel is dus niet in staat om voldoende water en mineralen op te nemen. Het gewas vergeelt en wordt noodrijp.

Hoewel voetziekteverwekkende pathogenen in het algemeen minder spectaculaire symptomen op het gewas veroorzaken dan loofpathogenen kunnen zij een desastreus effect op de produktie van het gewas hebben. Zie fig. 2a en 2b. Het telen van erwten op hoog besmette percelen leidt vaak tot forse opbrengstverliezen en zelfs volledige misoogsten.

6. Bestrijdingsmethoden

6.1 Veredeling

Alle tegenwoordig geteelde erwterassen zijn zeer vatbaar voor voetziekte. De perspectieven in het veredelingswerk zijn, gezien de schaarse mogelijkheden van geschikt germoplasma, niet rooskleurig (Heath en Hebbethwaite, 1984). Het streven naar ideotypen met een niet te lange strolengte lijkt in strijd met de behoefte aan een type erwt met een diep en intensief wortelstel (Gerlagh, 1985).

6.2 Chemische bestrijding

De chemische bestrijding blijft veelal beperkt tot het gebruik van zaadbehandeling met fungiciden. Hiervoor worden in Nederland bij erwten het meest gebruikt: thiram, carbendazim, benomyl, fosetyl-aluminium en metalaxyl. De laatste twee werkzame stoffen worden vooral ter voorkoming van een primaire (systemische) aantasting van valse meeldauw (*Peronospora pisi*) toegepast.

Thiram is een al oud en bekend produkt dat het zaad tegen aantastingen van *Pythium* en *Ascochyta* beschermt. Carbendazim en benomyl zijn de enige systemisch werkende fungiciden die toegestaan zijn in erwten. Deze middelen gaan infectie van de plant vanuit het zaad tegen, en geven een goede bescherming gedurende de vroege ontwikkelingsstadia. Vooral onder droge omstandigheden werken de fungiciden, door de geringe uitspoeling, effectief en lang.

Van verschillende grondontsmettingsmiddelen is een zeker fungicide-effect aangetoond (zie bijlage 4). Grondontsmetting is echter uit economisch oogpunt in erwten niet aan te raden.

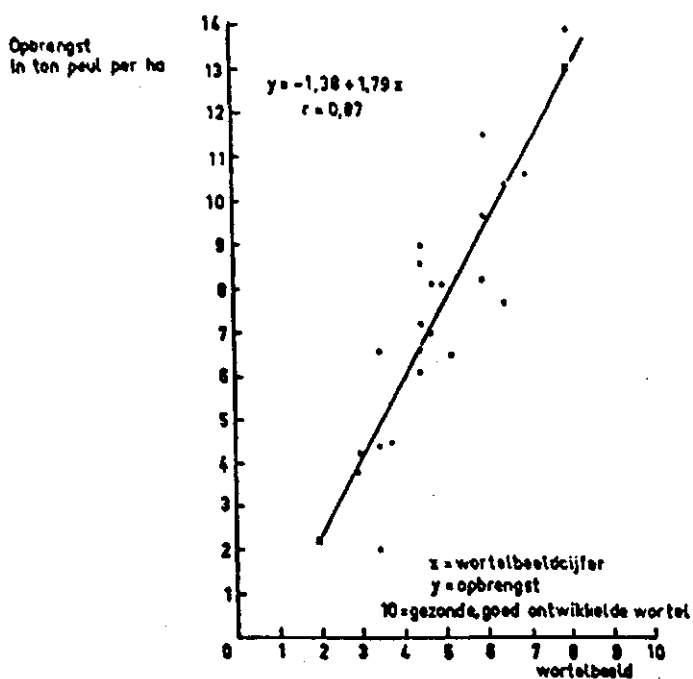


Fig. 2a. Verband tussen de gezondheidstoestand van de ondergrondse delen en de opbrengst van de erwten.

Uit Riepma 1967.

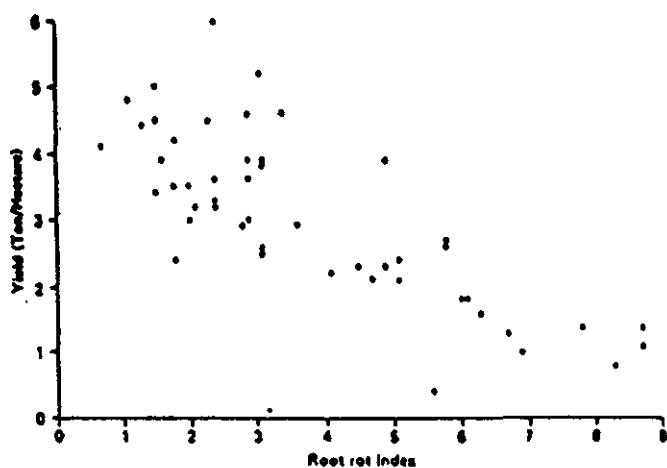


Fig. 2b. Verband tussen het optreden van voetziekte en de korrelopbrengst. Root rot index: 0 = gezond, 9 = verrot of zeer slecht.

Uit Tu, 1986.

Het effect van herbiciden op het optreden van bodempathogenen is vaak onderwerp van onderzoek geweest (Altman en Campbell, 1977), (Papavizas en Lewis, 1979). Het is gebleken dat het gebruik van DMPA een aantasting door *Pythium debaryanum* in erwten kan verminderen (Fields en Hemphill, 1967). Een vergelijkbaar effect is geconstateerd bij het anilinehoudende herbicide Trifluralin (aaa-trifluor-2,6 di-nitro-N, N-dipropyl-p-toluidine) dat het optreden van wortelrot veroorzaakt door *Aphanomyces* (Harvey et al. 1975) en voetziekte veroorzaakt door *M. phaseolina* in soya (Canaday, 1986) bestrijdt. Trifluralin voorkomt de ontwikkeling van de flagellen in de zoösporen (Taesdale et al., 1979).

6.3 Biologische bestrijding

Uit buitenlands onderzoek blijkt dat er voldoende mogelijkheden zijn om micro-organismen te gebruiken tegen voetziekte. Het betreft organismen die als mycoparasieten, predatoren of concurrenten de pathogenen tegenwerken.

Zo is het bekend dat *Penicillium oxalycum* "kiemplantomval", veroorzaakt door *Aphanomyces*, *Fusarium* en *Pythium* spp. in erwten kan verhinderen. *Trichoderma hamatum* heeft een vergelijkbaar effect op *Rhizoctonia solani* en *Pythium* in erwten.

De perspectieven en beperkingen in de biologische bestrijding van bodempathogenen zijn in een recentelijk verschenen boek besproken (Mukerijk en Gare, 1988).

Behalve de al genoemde soorten zijn ook *Pseudomonas fluorescens*, *Pythium oligandrum*, *Gliocladium virens*, *Laetisaria arvelis*, *Trichoderma virida*, *Trichoderma harzianum* en *Mycophagus amoebae* interessant door hun effect op bodemziekten.

In Nederland zijn de mogelijkheden om voetziekte in erwten te bestrijden door bioagentia tot nu toe weinig onderzocht. Ook heeft biologische bestrijding geen ingang in de praktijk gevonden in het buitenland.

6.4 Teeltmaatregelen

Door teeltmaatregelen (zoals zaaitijdstip, plantdichtheid, bemesting, soort meststof, zaaidiepte, type grondbewerking enz.) en vruchtwisseling kan men de ziekteopbouw tegengaan (Tu, 1987), maar ze zijn veelal niet toereikend voor de bestrijding van voetziekte. Wanneer de grond besmet is geraakt blijkt het curatieve effect van een lange gewaspauze van erwten zeer onzeker (Zerlik, 1979; Temp en Hagedorn, 1967). De enige effectieve maatregel die men kan treffen om opbrengstverliezen door voetziektepathogenen te voorkomen is om de teelt niet te

laten plaatsvinden op percelen waarvan men weet dat er een matige of zware ziektedruk in de grond bestaat.

7. Actuele erwte-teelt in Nederland

De huidige situatie van de erwte-teelt in Nederland is door de introductie van nieuwe rassen, de beschikbaarheid van systemisch werkende fungiciden en de zeer lange afwezigheid van de erwt in het bouwplan, gunstig te noemen.

Droge peulvruchten, in het bijzonder de droge erwten, worden gezien als vervanger van granen in het bouwplan. Gezien de gemiddelde opbrengsten van tarwe en de prijsverhouding tarwe-droge erwt, wordt de teelt van droge erwten interessant als een gemiddelde opbrengst van 4.5 ton/ha of meer kan worden verkregen. De huidige gemiddelde opbrengsten hebben dit niveau al bereikt.

In vergelijking tot de opbrengsten in de jaren '60 is dit een toename van ruim 1000 kg/ha.

In gunstige jaren (zoals 1986) zijn zelfs gewassen met een produktie boven de 8 ton/ha mogelijk (Cebeco bulletin januari 1987). Dit niveau ligt duidelijk hoger dan de tot voor kort geldende potentiële opbrengst van droge erwten in Nederland (Grasshoff et al., 1986). De vrees bestaat echter dat door het intensiveren van de teelt voetziekte opnieuw voor problemen zal gaan zorgen.

Deel II. Bepaling van de mate van besmetting en de ziektedruk (smetstofpotentieel) van de grond. Perspectieven van een bodemtoets op voetziekte in erwten.

8. Inleiding

Voor de omvang en intensiteit van het optreden van planteziekten veroorzaakt door bodemschimmels, zijn een aantal factoren van belang. De meest relevante zijn onder andere:

- De hoeveelheid pathogenen per eenheid grond en de virulentie of het parasitaire vermogen van de pathogenen.
- De verdeling van de pathogenenpopulatie in het horizontale en het verticale vlak.

De twee eerste factoren vormen samen het smetstofpotentieel, of wat in de Engelse taal het "inoculum potential" (IPS) van de ziekte in de grond wordt genoemd. Kennis omtrent de grootte van dit potentieel stelt ons in staat de risico's van het optreden van de ziekte te kunnen inschatten.

Vele technieken zijn beschikbaar om de hoeveelheid schimmels in de grond te bepalen (Menzies, 1970). Ook is het mogelijk met behulp van selectieve groeimedia schimmelsoorten afzonderlijk uit de grond te isoleren. Het pathogene karakter van de verkregen isolaten moet dan echter nog getoetst worden. Selectieve media laten een onderscheid van dit aspect niet toe.

Het werken met stukjes weefsel van een bepaalde plant, "baits", maakt het mogelijk om zeer selectief een bepaald bodempathogeen soort te isoleren en zelfs te kwantificeren. Enkele voorbeelden hiervan zijn appels voor *Phytophthora* (Duncan et al., 1987), schijven peen voor *Thielaviopsis basicola* (Yarwood, 1946), stukjes aardappel voor *Pythium aphanidermatum* (Stanghellini & Kronland, 1985) en halve aardappelknollen voor *Fusarium solani* var. *coeruleum*, *F. roseum* var. *sambicinum* en *Phoma exigua* var. *foveata* (Tivoli, 1987).

Het is vanzelfsprekend dat deze benadering in het geval van voetziekte, waarbij meerdere schimmelsoorten betrokken zijn, weinig perspectieven biedt. Een techniek om dit probleem te omzeilen is het blootstellen van groeiende planten (als selectief substraat) aan een bodem, waarin de pathogene schimmels aanwezig zijn. Deze techniek waarin levende plantenweefsels worden gebruikt om het IPS van de grond te bepalen staan bekend onder de naam biotoets.

In een biotoets wordt de plant in de van besmetting verdachte grond uitgezet (b.v. in potten) en de mate van aantasting wordt na een bepaalde periode vastgesteld. De resulterende aantasting wordt veroorzaakt door:

- de mate virulentie en de hoeveelheid pathogenen;
- het concurrerend vermogen van de pathogenen ten opzichte van de microflora in de grond;
- de eigenschappen van de grond;
- de vatbaarheid van de toetsplant;
- de invloeden van de uitwendige omstandigheden op het hele systeem.

Door de omstandigheden waarin het infectie proces plaatsvindt te standaardiseren is het mogelijk de uitkomsten reproduceerbaar te maken.

Met biotoetsen bij doperwten heeft men in het buitenland al langere tijd geëxperimenteerd. In 1957 toonde Johnson aan dat door middel van een toets, uitgevoerd met een mengmonster grond waarop erwten in de kas werden geteeld, een goede indruk van de mate van besmetting van die grond verkregen kon worden.

Een jaar later rapporteerden Sherwood en Hagedorn over een methode om de risico's van voetziekte, veroorzaakt door *Aphanomyces euteiches*, in doperwten op te kunnen sporen. Deze methode wordt nog steeds in Amerika toegepast.

Uitstekende resultaten met deze techniek zijn ook behaald in Zweden (Olofson, 1967) en in Engeland (Bidle, 1982, 1984). De engelse Processors and Growers Research Organisation (PGRO) biedt de telers de mogelijkheid op commerciële basis hun percelen te laten toetsen. Ook in Canada volgt men een variant van de biotoets: de zogenaamde "venstermethode" te velde. Deze methode wordt door de industrie zelf uitgevoerd en gefinancierd [Tu, pers. mededeling].

Biotoetsen zijn ontwikkeld voor specifieke pathogenen zoals *Thielaviopsis basicola* in bonen [Kobriger & Hagedorn 1983] en soya [Maduewesi & Lockwood 1976]. Maar ook bij andere bodemorganismen zoals aaltjes [Mcsorley & Parrado 1983] kan deze benadering met succes worden toegepast.

In 1987 werd in Orleans, Frankrijk, het eerste laboratorium voor diagnostiek van bodemziekten in Europa, gesticht. Bij dit laboratorium wordt ten behoeve van de praktijk of het onderzoek door middel van biotoetsen het IPS gemeten. Het laboratorium beschikt over vele toetsmethoden waaronder Fusarioses in onder andere: Asperges, tomaten en vlas, *Phytophthora fragaria* in aardbeien, *Plasmodiophora brassicae* in koolsoorten, *Polymyxa betae* in suikerbiet, voetziekte in phaseolus-boon en bewaringsziekte in aardappelen.

De mate waarin, door middel van een biotoets, het optreden van voetziekte in een perceel droog te oogsten erwten voorspeld kan worden, vormde de belangrijkste doelstelling van het onderzoek dat de in de jaren 1986 tot en met 1988 op het PAGV is gedaan. Tevens is aandacht besteed aan factoren die het optreden van

voetziekte bevorderen. In het bijzonder de mogelijke interactie tussen het optreden van voetziekte in erwten en de teelt van andere peulvruchten. Dit laatste aspect wordt apart behandeld. Zie bijlage 6 Deel III. Evaluatie en begeleiding van dit project werd geboden vanuit een commissie waarin onderzoekers van het Instituut voor Planteziektekundig Onderzoek (IPO), het Nederlands Graancentrum (NGC), de Stichting Voor Planteveredeling (SVP) en het PAGV, zitting hadden.

9. Ontwikkeling van de biotoets

Om aan deze ingewikkelde kwestie in korte tijd voldoende aandacht te kunnen besteden werd het hele project zeer strak gestructureerd. In het drie jaar durende onderzoek moesten vier fasen doorlopen worden, namelijk:

- screening van voetziekteverwekkende gronden;
- methodologie aangaande de ontwikkeling van de biotoets;
- verificatie van de toetsuitkomsten;
- formulering van teeltrisico's en de adviseren.

Screening van voetziekteverwekkende gronden

Van mei tot december 1985 werden op praktijkpercelen de ziektebeelden geïnventariseerd. Gedurende deze fase vonden de volgende activiteiten plaats:

- gronden met een bekend besmettingsniveau, waarvan de aard van de pathogenen zo mogelijk bekend waren, werden onderzocht;
- het optreden van voetziekte in de praktijk werd geïnventariseerd. Het doel van deze activiteit was het kennismaken met de symptomen en het effect van voetziekte op het gewas. Hiertoe werden een vijftigtal praktijkpercelen in 1985, tijdens de bloei, op voetziekte beoordeeld. Dit onderzoek vond plaats in gebieden waar de erwte teelt van oudsher voorkomt: Zeeland en Groningen.

Methodologie ontwikkeling

De ontwikkeling van methoden vond vooral in 1985 en 1986 plaats. Aanvullend onderzoek werd over de hele projectduur gedaan. Bij het samenstellen van een bruikbare toetsmethode bleek het nuttig de volgende stappen te volgen [Bouhot 1979]:

1. Selecteren van voor de pathogenen vatbare planten.

Aangezien erwten zelf zeer gevoelig zijn voor voetziekte en (dop)erwten al eerder met succes als toetsplanten werden gebruikt [Sherwood en Hagedorn 1958], zijn de mogelijkheden van het gebruik van gangbare rassen als toetsplant nagegaan.

2. Bepaling van de meest gevoelige stadia van de plant.

Het meest gevoelige plantedeel wordt in contact gebracht met de besmette grond.

Gezien de enorme invloed van zaadexudaten op het activeren van bodempathogenen werd er zaad gebruikt in plaats van voorgekiemde plant. Uit de literatuur is bekend dat het voorweken van erwtezaad tot een vermindering van de infectie leidt [Short and lacy 1967].

3. Toetsomstandigheden.

De groeiomstandigheden moeten zodanig zijn dat voor elk niveau van besmetting in de grond, de ziekte zich maximaal kan manifesteren.

Hiertoe zijn de omstandigheden bepaald welke tot een optimale snelheid, selectiviteit en gevoeligheid van de test bijdragen. Vervolgens is de procedure gestandaardiseerd. De behandeling van de grondmonsters en het plantmateriaal, bepalingen van optimale temperatuurtrajecten, belichting en vochtregime zijn vastgesteld. Maar ook aspecten als vorm en grootte van de potten, behoefte aan herhalingen en controles, tijdsduur van de toets, zijn nagegaan. Tenslotte zijn de criteria voor de beoordeling van de ziekte gespecificeerd.

4. Kwantitatieve analyse.

Door gebruik te maken van verdunningsreeksen van de besmette grond is de toets ook kwantitatief te maken. Als kwantitatieve biotoets kan de methode ter bepaling van het "most probable number" worden genoemd (Maloy & Alexander, 1957).

Deze stap is niet altijd noodzakelijk en is in het kader van dit project ook niet gevolgd.

Verificatie van de toetsuitkomsten (1986-1988)

Voor de verificatie van de uitkomsten van de toets was een vergelijking met een aantal praktijkpercelen nodig. De selectie van telers met geschikte percelen werd door de voorlichtingsdienst gedaan. De ernst van de symptomen in toetsplanten is vergeleken met de symptomen die in het gewas in verschillende ontwikkelingsstadia optreden. Daarnaast is per perceel een aantal agronomische parameters vastgesteld.

De aard van de pathogene microflora die bij het voetziektecomplex betrokken is kreeg opnieuw aandacht. Isolatie en identificatie van schimmels vond plaats

onder de begeleiding van Dr. Gerlagh van het IPO. Isolaten verkregen uit de toets- en veldplanten werden op hun pathogeniciteit beoordeeld en gebruikt voor veredelingswerk op het SVP in Wageningen.

Advisering met betrekking tot de risico's voor voetziekte

De tijdens het onderzoek verzamelde gegevens (fase 3) zijn in deze fase van het onderzoek geanalyseerd en de relaties tussen voetziekte, opbrengst en andere factoren zijn bepaald.

De uitkomsten van proeven gedaan in het kader van het onderzoek beschreven bij de punten 2.1. en 2.2. zijn in de bijlage 1 opgenomen. Het betreft een samenvatting van de resultaten. De methodologie die uiteindelijk is gekozen is een synthese van de kennis verkregen uit eigen onderzoek en de kennis verworven uit de literatuur.

10. Materialen en methode

10.1 Grondbemonstering

Bij de bemonstering dient men met de volgende punten rekening te houden:

- als perceel wordt beschouwd elke oppervlakte grond met gelijkwaardige fysische, chemische en biologische eigenschappen, waarop dezelfde vruchtwisseling heeft plaatsgevonden. Wanneer er sprake is van een gradiënt of van een afwijkende vruchtwisseling op een deel van het perceel, wordt dit deel apart bemonsterd en getoetst;
- bij homogene percelen kleiner dan drie hectare is het niet nodig meer dan een ha te bemonsteren;
- het is raadzaam om zeer grote percelen, groter dan zes hectare, in tweeën te splitsen en apart te toetsen;
- om een representatief mengmonster bij zeer heterogene percelen te verkrijgen is het raadzaam het perceel op te delen naar de voorkomende verschillen zoals bijvoorbeeld: drainage, grondtype of hoogte. Het aantal steken per eenheid binnen het perceel moet in verhouding staan tot de oppervlakte van de betreffende eenheid;
- de bemonsteringsdiepte bedraagt 20 cm, de bouwvoor. Per hectare worden 50 prikken genomen volgens een W-patroon en hiervan wordt een mengmonster ge-

maakt. Het monster kan dan in een schone plastic zak bij 5 graden Celsius worden bewaard, tot het moment van verwerking;

- bemonsteringstijdstip. De bemonstering vindt bij voorkeur plaats in het najaar voorafgaande aan de erwte-teelt na het ploegen. Het ideale vochtgehalte bij de bemonstering is veldcapaciteit. Zijn er vijf of meer jaren verstreken sinds de laatste erwte-teelt dan kan de bemonstering en toetsing eerder in het jaar plaats vinden.

10.2 Verwerking van de grondmonsters

10.2.1 Potklaar maken van gronden van verschillende aard

De monsters moeten zodanig bewerkt worden dat structuur verschillen geen invloed op het resultaat van de toets zullen hebben. Om dit te bereiken wordt de volgende werkwijze gevolgd:

Het monster wordt eerst verkruiemeld en dan gezeefd (zeefmaaswijdte: 0,8 cm). Het verkruiemelen en zeven zorgen voor een goede menging van de grond. In verband met het optreden van verkneding en samenklonten van de aggregaten moeten deze werkzaamheden niet met een te natte grond worden verricht. Te droge grond leidt tijdens het verkruiemelen tot onwenselijke verpoedering.

Een te fijn gemalen grond vergroot de kans op verslemping in de pot.

Bij zware gronden van meer dan 45% afslibbaar, moet rekening worden gehouden met het zwellen van de grond waardoor de grond gemakkelijk boven de rand van de pot kan uitkomen.

Indien het monster te nat is voor het verkruiemelen en het zeven kan deze enige tijd in een oven bij maximaal 25 graden Celsius worden gedroogd.

10.2.2 Vochtgehalte en dichtheid van de toetsgrond

Van elk monster wordt het actuele vochtgehalte en het vochtgehalte bij veldcapaciteit ($pF = 2$) bepaald. Een submonster wordt hiertoe in 100 cc cilindertjes in laagjes aangebracht, licht aangedrukt en voor het inbrengen van een nieuwe laag oppervlakkig losgemaakt. De rest van de bepalingen gebeurt volgens de gebruikelijke wijze [zie Handleiding fysische bepalingen] (LU Wageningen).

De op grond van deze bepalingen gevonden grond-dichtheid wordt gebruikt om de hoeveelheid grond per pot te berekenen. In het algemeen varieert de dichtheid tussen 0,9 en 1,2 g/cm³, afhankelijk van de grondsoort.

Experimenteel verzamelde gegevens toonden aan dat er een goede correlatie bestaat tussen het percentage afslibbaar (Afsl%), het percentage organische stof

(OS%) en het percentage gravimetrische watergehalte, Y(g) (g/g), van monsters bij pF 2 in gestoorde toestand:

$$Y(g) = 10.97 + 0.318 * \text{Afs1\%} + 1.99 * \text{O.S\%} \quad r = 0.92 \quad n = 48$$

Dit geldt ook voor de relatie tussen de optimale grond dichtheid in de pot (Dg) en de zwaarte van de grond (Afs1%):

$$Dg = 1.45 - 0.01360 * x + 0.0001 * x^2 \quad r = 0.80 \quad n = 49$$

met $x = \text{Afs1\%}$

Om het storende effect van zwellen en krimpen van de grond te minimaliseren worden de zware kleigronden minder fijn gemaakt en minder verdicht.

Berekeningen voor het vullen van de potten en de hoeveelheid water die nodig is om de grond op veldcapaciteit te brengen kunnen aan de hand van de bovenstaande vergelijkingen worden gemaakt. Deze vergelijkingen zijn niet van toepassing op veengronden.

Voor het bepalen van de dichtheid en het vochtgehalte bij veldcapaciteit kunnen de standaardvochtkarakteristieken of de relaties tussen de pF-waarden, organische-stofgehalte en dichtheid bij verschillende grondsoorten vastgesteld door Huinink (1986) eventueel worden gebruikt.

10.3 Toetsplant

Voor de toets is het ras Finale gebruikt. Het zaaizaad moet van de hoogste kwaliteitsklasse zijn en extra op vlekken, scheuren en grootte (fractie 7 -7.5 mm) geselecteerd worden. Het zaad wordt dan met de agartoets op ziekte gecontroleerd. Alleen zaadpartijen met 0% infectie kunnen als toetsmateriaal worden gebruikt. Voor het inzaaien wordt het zaad door een behandeling met TMTD ontsmet. In plaats van een behandeling met TMTD kan het zaad worden ontsmet door het 10 minuten in een 1% NaClO oplossing te dompelen waarna het twee keer met kraanwater moet worden gespoeld. Na deze behandeling zijn kleine scheurtjes in de huid ook beter waarneembaar.

10.4 Uitvoering van de toets

Het vullen van potten gebeurt op een algemeen gangbare wijze (handleiding bodemvruchtbaarheid VI. LU Wageningen). Onder in de pot wordt een laag van 1 cm vochtig rivierzand aangebracht. Om verslemping en verspoeling van de bovengrond

bij de watertoediening te voorkomen en de evaporatie te beperken wordt op de grond een laag van 0,5 cm perlite aangebracht.

Er worden per grondmonster twee tot potten met een inhoud van ca. 2,5 liter gebruikt.

Strikt gesproken zijn er geen herhalingen nodig. Het zaad, 12 -14 zaden per pot, wordt in een cirkel op 4 cm diepte gezaaid.

De grond wordt dan geleidelijk op veldcapaciteit gebracht en in de kas gezet. Het kasklimaat gedurende de toets dient binnen de volgende grenzen te blijven:

Temperatuur : 17-20 graden Celsius.

Belichting : in de periode van oktober tot maart wordt er 12 uur per dag belicht als de lichtintensiteit lager is dan 100 W/m². Er moet beschaduwd worden als de buitenstraling meer dan de 400 W/m² bedraagt.

Luchtvochtigheid : de relatieve luchtvochtigheid moet 80-90% bedragen.

Om het vochtgehalte tijdens de kieming constant te houden wordt de pot bedekt.

Als de planten het vijf bladstadium bereiken hebben wordt het aantal planten tot 10 planten/pot terug gebracht.

Na de opkomst wordt het water gehalte drie tot vier keer per week op veldcapaciteit gebracht. De hoeveelheid toe te dienen water wordt door weging van de potten bepaalt, water wordt dan van boven in de pot toegediend. Indien nodig wordt er water op de schotel gegeven als de grond dreigt uit te drogen voordat er gewogen wordt. De potten worden periodiek verplaatst.

10.5 Beoordeling van voetziekte

Als de planten het 12e-13e bladstadium (groene bloemknop aanwezig) hebben bereikt, worden de planten geoogst, de ondergrondse delen worden schoongespoeld en op voetziekte beoordeeld. De criteria en ziektediagrammen staan respectievelijk in bijlage 3.2.2 en 3.2.2.1 en in fig. 1, in de bijlage 3 weergegeven.

De voetziekte-index (ZI) per monster wordt op grond van de aantasting bij epicotyl, cotylen, vaatbundels en wortels, als volgt berekend:

$$ZI(pl) = (epicotyl \cdot 0.35 + cotyl \cdot 0.20 + Vaatbundel \cdot 0.1 + Wortel \cdot 0.35)$$

a b

$$ZI(monster) = [E(\sum ZI(pl)) / b] / a$$

a = aantal potten/monster

b = aantal planten/pot

ZI(pl) is een gewogen gemiddelde waarin bij benadering de aantasting van wortels en voet elk de helft van de waarde van de ziekte-index vertegenwoordigen. Onder cotylen worden de zaadlobben en ongeveer 1 cm epicotyl/hypocotyl-wortel gerekend.

11. Verificatie biotoetsuitkomsten

Om de waarde van de biotoets in de praktijk te verifiëren zijn in 1986 en 1987 op een vijftigtal praktijkpercelen in het noorden (Groningen) en in het zuid-westen van het land waarnemingen gedaan.

In beide jaren werd de voetziekteaantasting tijdens de kiemplantfase (7-8 bladeren), tijdens vollebloeï (meer dan 50% bloeiende planten) en bij het begin van de afrijping (het gewas is uitgebloeid, de peulen in de eerste etage zijn uitgegroeid, maar nog groen), geregistreerd.

Van deze percelen waren een aantal eigenschappen bekend, zoals de fysische en chemische grondanalyse, toestand van de ontwatering, drainage. Andere eigenschappen werden ter plekken beoordeeld.

De percelen werden door de consultants in de verschillende regio's geselecteerd. Ook erwtstudieclubs deden aan de selectie mee.

Daarnaast werden ook percelen beoordeeld waaraan geen biotoets werd uitgevoerd. In het totaal werden er in de jaren 1985 tot 1988 ongeveer 200 percelen met erwten op voetziekte beoordeeld. Dit verslag beperkt zich tot de waarnemingen van respectievelijk 1986 en 1987.

Bij elke waarnemingsronde werden per hectare vijf opeenvolgende planten, op tien plekken op het perceel in een W-patroon uitgegraven, schoongespoeld en op voetziekte beoordeeld.

11.1 Criteria bij de selectie van proefpercelen

De volgende aspecten zijn in acht genomen bij de perceelskeuze voor het onderzoek:

1. op het perceel moeten in het toetsjaar erwten worden geteeld;
2. op het perceel vond op z'n minst een keer in de afgelopen tien jaar erwten, bonen of een andere teelt van vlinderbloemen plaats;
3. bij de perceelskeuze wordt gestreefd naar een zo groot mogelijke diversiteit van grondsoorten en bodemeigenschappen;

4. per perceel werd een homogeen stuk van 1 ha voor het onderzoek gebruikt. De teler wees deze oppervlakte binnen zijn perceel aan;
5. de teler leverde de beschikbare gegevens van het perceel en verschaftte faciliteiten bij de bemonstering tijdens het groeiseizoen. De resultaten van het onderzoek werden pas aan het einde van de teelt met de teler besproken.

De gegevens van de geselecteerde percelen staan uitgebreid vermeld in de bijlagen 1.1 t/m 1.8.

11.2 Inventarisatie perceel- en teeltgegevens

11.2.1 Grondtype

Over het algemeen blijkt in beide jaren dat de gekozen verzameling praktijkpercelen geschikt was voor het telen van erwten. De verdeling van de percelen in grondsoorten en bodemtypen kwam in beide jaren vrijwel overeen (tabel 1).

De door de telers verstrekte informatie over de percelen en een aantal eigen beoordelingen zijn samengevat in tabel 2. Hieruit valt af te leiden dat er over het algemeen geen grote beperkingen voor de teelt van erwten verwacht kunnen worden.

11.2.2 Zaaizaad en gewastype

In 1986 waren 75% van de zaaizaad partijen behandeld met een fungicide en hiervan ruim 50% met een mengsel van TMTD en een carbendazimhoudend middel (zie tabel 3). In 1987 was alle zaaizaad behandeld. In 40% van de zaaipartijen werd aan het mengsel de fungicide apron of Aliëtte toegevoegd.

Tabel 1. Procentuele verdeling van de percelen naar zwaarte van de grond in het onderzoek in 1986 en 1987.

textuurklasse	%afslibbaar	1986	1987
zand- lichte zavel	0 - 25	19	12
zavel-lichte klei	25 - 35	29	31
klei	35 - 45	14	14
zware klei	> 45	38	37

Opmerkingen bij tabel 1:

In 1986 werd een en in 1987 werden twee veenpercelen getoetst.

In 1986 kwamen er twee percelen voor in de categorie zware klei met structuurproblemen, in 1987 geen.

Tabel 2. Enkele bodemeigenschappen van de getoetste percelen in 1986 en 1987 (gemiddelde van meerdere percelen).

	drain- age*	ont- water*	slemp- gev*.	struc- tuur*	pold.- peil(cm)	kalk %	slib. %	org. stof%
1986 noord	1.2	1.2	1.3	2.2	159	3.4	58	3.2
zuid	1.4	1.0	2.5	1.6	148	7.6	35	3.0
1987 noord	2.1	2.0	1.2	1.9	137	3.1	58	4.7
zuid	2.4	2.3	1.5	1.4	135	7.5	34	2.7

De met "*" aangemerkte eigenschappen zijn beoordeeld volgens een schaal van 0 t/m 5, waarbij 0 de score was voor een optimale toestand en 5 voor een zeer ongunstige situatie.

Tabel 3. Gegevens van het op de proefpercelen gebruikte zaaizaad in 1986 en 1987.

	fungiciden			waardering			gemiddeld	
	1	2	3	1	2	3	KK %	DKG
1986	19	53	4	13	23	49	93	320
1987	18	45	37	46	52	2	94	321

KK = kiemkracht; DKG= duizendkorrelgewicht

Fungiciden : Het percentage zaadpartijen behandeld met een of een combinatie van twee of drie fungiciden (fungiciden 1, 2, 3).

Gebruikte middelen: TMTD, carbendazim, Aliëtte, Apron.

Waardering : Het percentage zaadpartijen met maximaal 5% piksel (1), maximaal 10% piksel (2) en maximaal 20% piksel (3).

Het zaaizaad was in 1986 van slechte kwaliteit. Ongeveer 50% van de gecertificeerde partijen viel in de N.A.K. kwaliteitsklasse 3. De kwaliteit van het zaaizaad in 1987 was beduidend beter. De enige zaaizaadpartij in 1987 die in de waarderingsklasse 3 viel, was een partij uit eigen produktie van de teler. Zowel het kiemkrachtpercentage als het duizendkorrelgewicht verschilde in beide jaren niet veel van elkaar en waren goed te noemen.

In 1986 was Finale het meest geteelde erwteras op de proefpercelen. In 1987 was het semi-bladloze ras Solara favoriet (zie tabel 4). De bestemming van de erwten op de percelen in het noorden was voor menselijke consumptie en de mengvoeder industrie. De erwte teelt op de percelen in het zuidwesten was voornamelijk ten behoeve van de zaaizaadproduktie. De grote verscheidenheid aan rassen in het zuidwesten kwam doordat daar veel zaaizaad voor export wordt geteeld. De gemiddelde lengte van de erwte vrije periode was in beide jaren langer dan de voor een gezonde teelt geadviseerde rotatieduur van een op zes. Ook was het totale aandeel peulvruchten/vlinderbloemen in het bouwplan beslist niet hoog.

Tabel 4. Verdeling van de geteelde rassen over de percelen die in 1986 en 1987 zijn getoetst, de gemiddelde rotatieduur en de teeltfrequentie van erwten en vlinderbloemingen in 18 jaar in het Noorden en Zuidwesten van het land.

		% rassen			pauze	teelten	teelten
					erwt in	erwt in	peulvr.
		Finale Solara	andere	jaren	18jaar	in 18jaar	
1986 noord	73	7	20	7.6	1.5	1.9	
zuidw	33	21	46	7.9	1.4	2.3	
1987 noord	68	21	11	6.6	1.2	1.4	
zuidw	25	47	28	7.8	1.2	1.9	

11.2.3 Zaaïen en opkomst

De grond werd in de regel in oktober voorafgaande aan het teeltjaar bewerkt. De ploegdiepte bedroeg 22 - 25 cm. Het zaaibed werd in maart na het eggen klaarge-maakt en er werd gezaaid op een diepte van 4-5 cm.

Verdere gegevens betreffende zaai en opkomst staan in tabel 5.

Opmerkelijk is het grote verschil tussen de theoretisch opkomst en de werkelijke opkomst in 1987 in het noorden (tabel 5). Deze lagere veldopkomst is veroorzaakt door de natte weersomstandigheden tijdens het voorjaar.

Tabel 5. Gegevens over zaaien en opkomst. Zaaizaadhoeveelheden, aantal zaden per m², zaaidiepte, de theoretische veldopkomst en de werkelijke opkomst.

		veldopkomst						
	zaad kg/ha	rijenaf- st.(cm)	[korrel /m ²]	diepte(cm)		theor.		werkelijk opkomst
				gew.	werk.	pl/m ²	pl/m ²	
1986 noord	201	22	62	4.3	3.8	56	49	80
zuid	191	21	57	4.2	4.7	54	50	87
1987 noord	210	21	59	4.6	3.8	54	44	76
zuid	190	21	57	4.6	4.7	54	50	87

Opm.: De theoretische veldopkomst is berekend door het aantal zaden/m² te corrigeren van met het kiemkrachtpercentage. In de kolom "diepte" is de door de teler ingestelde zaaidiepte en de gemeten diepte van het zaad, weergegeven.

11.3 Resultaten. Relatie tussen de aantasting van toetsplanten en de aantasting van planten op het veld

11.3.1 Ziektebeelden in toetsplanten en in het gewas

De toetsplanten vertoonden een breed scala van ziektesymptomen op de getoetste gronden. Zware aantastingen van voeten wortels kwamen ook voor in planten waarvan het loof gezond was.

Belemmering van de groei en necrose ging meestal gepaard met zware rotting van het schorsweefsel en verkleuring van vaatbundels. In 1986 bleken op enkele grondmonsters, toetsplanten een uitgesproken beeld van "zwarte wortelrot" te vertonen. Deze ziekte wordt veroorzaakt door *Thielaviopsis basicola*.

De genoemde beelden kwamen ook in latere toetsen weer voor. In 1986 werd tijdens de opkomst van het gewas in het veld het ziektebeeld in het gewas nogal vertoebeld door de aanwezigheid van planten uit aangetast zaaizaad en door het feit dat de zaai in twee verschillende perioden plaats vond. In 1987 was het gebruikte zaaizaad van uitstekende kwaliteit. In de regel werd het zaaizaad met systemische fungiciden behandeld. In een aantal gevallen trad echter, door de

ongunstige weersomstandigheden in het voorjaar, bevroering en/of rotting van de kiemplanten op.

Tijdens de bloei kon men in veel gevallen de voetziekteaantastingen door vergelijking en een schrale groei van het loof herkennen. Bij schrale gewassen, waar tevens een ondervrucht werd geteeld overgroeide deze het erwtegewas. Op zwaar besmette percelen waren de onkruiden moeilijk in toom te houden en overgroeiden het gewas.

Typerend in 1986 waren het voorkomen van planten met verwelkingssymptomen zonder een duidelijk verspreidingspatroon en zonder voetziekte aantasting. In 1987 trad de donkerevlekkenziekte, Botrytis en valse meeldauw, massaal op. In de afrijpingsfase was er sprake van een ware epidemie.

11.3.2 Kwantitatieve relaties tussen toets- en veldaantasting

In tabel 6 zijn de percelen naar gezondheidsklasse ingedeeld. Bij de vergelijking van ziektedruk in het veld met het toetsresultaat blijkt dat er in 1986 en 1987 verschillen zijn opgetreden. In 1986 werd tijdens de veldbeoordeling aan het begin van de afrijping een ziekteaantasting waargenomen, die overeenkwam met de in de biotoets gevonden waarden. Alleen de zwaar aangetaste gronden gaven dat jaar een lichtere veldaantasting te zien. In 1987 verdubbelde het aantal zwaar zieke gewassen ten opzichte van, wat naar aanleiding van de biotoets kon worden verwacht. Door de aanhoudend natte weersomstandigheden in 1987 raakten gewassen op relatief licht besmette percelen zwaarder aangetast. In de bijlagen 1.9 en 1.10 zijn de veldgegevens van 1986 en 1987 uitgebreid vermeld.

Tabel 6. Procentuele verdeling van de getoetste percelen in ziekteklassen in de biotoets (1986, 1987) en in het gewas tijdens de bloei en afrijping (afr.), en de veldwaarnemingen uit 1985 (n=47).

gezond- heids- klasse	ziekte index (ZI)	1985		1986		1987		
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		bloei	test	bloei	afr.	test	bloei	afr.
gezond	0 - 1	66	33	50	36	24	39	20
licht	1 - 2	28	31	23	29	42	28	34
matig	2 - 3	2	13	15	24	22	25	22
zwaar	>3	4	23	12	11	12	8	24

In 1985 werden de percelen willekeurig gekozen en op voetziekte beoordeeld. In dat jaar was er sprake van een klein aantal voetzieke gewassen (zie tabel 6). Slechts in 6% van de gewassen kwam een matige tot zware aantasting voor.

De berekende ziekte-indices in de toets- en veldplanten zijn vergeleken met behulp van regressie analyse. Matrixcorrelaties voor meerdere variabelen zijn met behulp van Genstat (versie 4 en 5) berekend.

De correlatie tussen de ziekte index in de toets en de aantasting in het veld bij het kiemplantstadium, was in 1986 laag [$r=0.50$] maar statistisch significant. In 1987 was er geen verband.

Ondanks het feit dat in 1986 en 1987 zich zeer verschillende weersomstandigheden voordeden was het verband tussen de toetsuitkomsten en de gewasaantastingen in het veld tijdens de bloei en bij het begin van de afrijping, zeer goed. De relatie tussen de ziekte-indices is door een lineaire vergelijking het best beschreven. In figuur 3 a t/m d staat dit verband weergegeven.

In 1986 bleken de toets-indices ongeveer 25% hoger uit te vallen dan de indices van de veldplanten. In 1987 was de aantasting in het gewas echter hoger dan de waarden in de toets. In 1986 werd de beoordeling tijdens het begin van de afrijping bemoeilijkt door het optreden van veroudering van het gewas op sommige percelen. De diepte van de voetinfectie werd hierdoor zwaarder gewaardeerd dan de omvang van het geïnfecteerde weefsel.

In 1987 waren de gewassen bij de laatste waarneming (eerste helft van juli) nog vrij groen.

Voor het berekenen van de voetziekte-index bij de afrijpingsfase zijn de zaadlobbeninfecties buiten beschouwing gelaten.

11.3.3 Invloed van abiotische factoren op voetziekte

In deze paragraaf wordt de relatie tussen verschillende bodemeigenschappen en het voorkomen van voetziekte behandeld.

De gewas beoordeling heeft steeds in de eerste helft van juli plaatsgevonden. De bodemeigenschappen zijn in klassen ingedeeld. Bij deze indeling is uitgegaan van algemeen gehanteerde normen [Bodemvruchtbaarheid IV].

Eigenschappen die exact kunnen worden gemeten zoals onder andere textuur en kalkgehalte zijn in klassen ingedeeld. Eigenschappen die in het veld beoordeeld moesten worden zoals onder andere structuur en ontwatering zijn in een schaal 0-5 beoordeeld, waarbij 0 een optimale situatie betekent en 5 bijzonder slecht of afwezig.

In het geval er in een bepaalde klasse te weinig waarnemingen zijn gedaan, worden twee of meer klassen samengevoegd.

Bij het lezen van de tabellen moet men zich steeds bedenken dat de teelt en cultuurgeschiedenis van de percelen sterk kunnen verschillen. De gemiddelde voetziekte-index die per klasse is berekend is dus niet alleen afhankelijk van de factoren in de tabel.

Het is niet de bedoeling van de tabellen om een bepaald effect te bevestigen maar alleen om tendensen op te sporen. Als er sprake is van een significant verband tussen een eigenschap, en het optreden van voetziekte is dit vermeld. Voor een meer gedetailleerde inzicht in de relaties van bodemkenmerken en de besmettingsgraad van de grond wordt verwezen naar bijlagen 1.11 t/m 1.18.

11.3.3.1 Grondsoort en grondstructuur

In de tabellen 7 en 8 zijn de grondsoorten ingedeeld naar afslibbaarheid en een beoordeling van de structuur. Het aantal waarnemingen en de gemiddelde waarde van de gescoorde voetziekteaantasting in het gewas in de eerste helft van juli zijn weergegeven.

Voor de beoordeling van de structuur is zoveel mogelijk rekening gehouden met de criteria die door Boekel (1969) zijn ontwikkeld.

Uit de cijfers kan worden afgeleid, dat zwaardere gronden en slechtere bodemstructuren tenderen naar hogere infecties in het gewas.

Het aantal punten per klasse is echter zeer ongelijk en de correlaties zijn laag (zie tabellen 7, 8 en 10).

Tabel 7. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekte-index (ZI) bij erwten in juli 1986. De percelen zijn ingedeeld naar de kwaliteit van de structuur, en de zwaarte van de grond.

structuurklasse: 0-1 1-2 2-3 3-5										
										totaal
		n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n ZI

afslibst										
0-25	2	1.5	4	1.8	3	1.5	0	*	9	1.6
25-35	3	1.2	9	1.2	0	*	0	*	12	1.2
35-45	1	0.5	4	1.7	1	1.1	0	*	6	1.4
>45	1	0.1	10	1.9	4	3.0	2	2.4	17	2.1

totaal	7	1.0	27	1.6	8	2.2	2	2.4	44	1.7

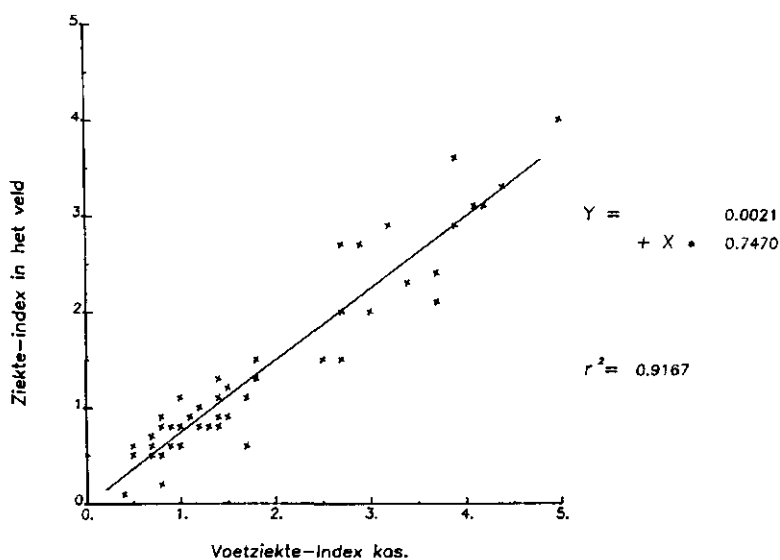


Fig. 3a. Verband tussen het optreden van voetziekte in toetsplanten en de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens de bloei. 1981.

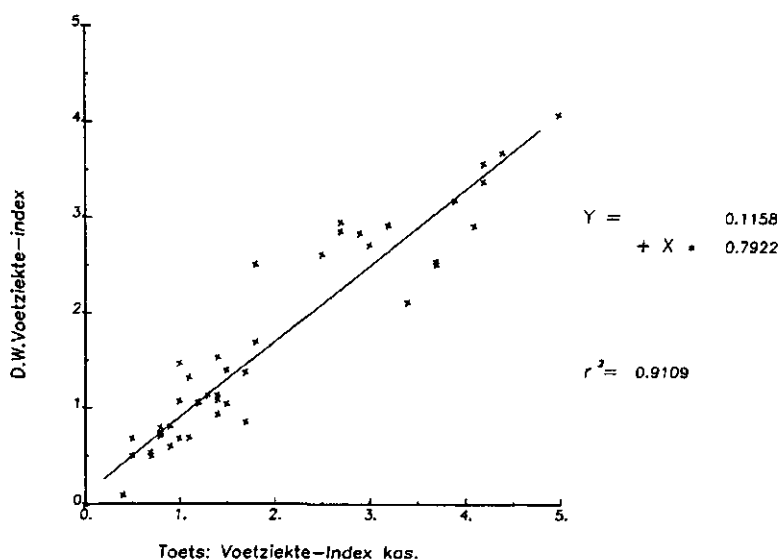


Fig. 3b. Verband tussen het optreden van voetziekte in toetsplanten en de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens de afrijping. 1986.

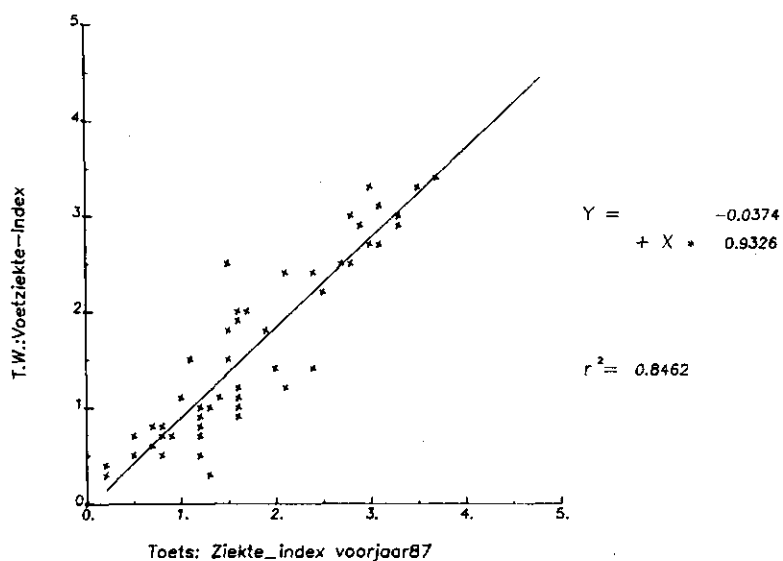


Fig. 3c. Verband tussen het optreden van voetziekte in toetsplanten en de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens de bloei, 1987.

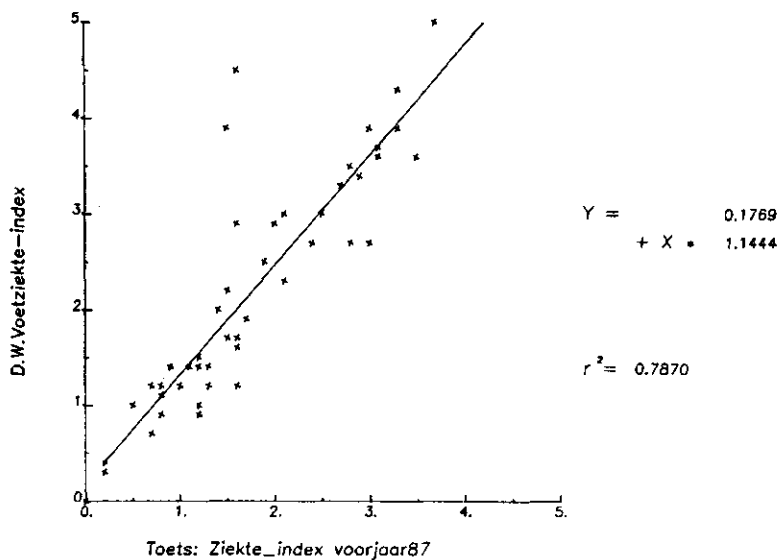


Fig. 3d. Verband tussen het optreden van voetziekte in toetsplanten en de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens de afrijping, 1987.

Tabel 8. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekte-index (ZI) bij erwten in juli 1987. De percelen zijn ingedeeld naar de kwaliteit van de structuur en de zwaarte van de grond.

structuur:	0-1		1-2		2-3		>3		totaal	
	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n		n	ZI

% afslibbaar										
0-25	5	1.7	1	2.3	0	*	0		6	1.8
25-35	5	2.0	10	2.1	1	2.9	0		16	2.1
35-45	1	1.9	4	2.3	1	3.9	0		6	2.5
>45	1	2.0	12	2.8	6	1.7	0		19	2.4

totaal	12	1.9	27	2.5	8	2.1	0		47	2.2

11.3.3.2 Gehalte aan organische stof in de grond

De meeste percelen hadden een organische stof gehalte tussen drie en vijf procent (zie tabel 9). Op geen enkel perceel lag het organische-stofgehalte lager dan een procent. In zowel 1986 als in 1987 had slechts een perceel een gehalte boven de vijf procent.

Zowel in 1986 als in 1987 deed zich het merkwaardige geval voor dat de mate van aantasting bij de klasse 3-5% organische stof hoger was dan bij de klasse 0-3%. Deze tendens komt tot uitdrukking in een zwakke positieve correlatie met de ZI (zie tabel 10).

Tabel 9. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekte-index (ZI) bij erwten juli (begin afrijping) in 1986 en 1987.
De percelen zijn ingedeeld naar organische-stofgehalte, en de zwaarte van de grond.

1986								1987						
-----								-----						
% org.stof: 0-3				3-5		Totaal		1-3		3-5		totaal		
n		ZI	n		ZI	n		ZI	n		ZI	n		ZI
-----								-----						
afslib%														
0-25	9	1.6	0	*	9	1.6	3	1.4	2	2.1	5	1.7		
25-35	10	1.0	1	3.4	11	1.2	12	1.9	4	2.9	16	2.1		
35-45	5	1.1	1	2.8	6	1.4	6	2.5	0	*	6	2.5		
>45	5	1.4	12	2.4	17	2.1	4	1.6	16	2.6	20	2.4		
-----								-----						
totaal	29	1.3	14	2.5	43	1.7	25	1.9	20	2.7	47	2.3		

Tabel 10. Het verband tussen de voetziekte-index in het gewas tijdens bloei en afrijping en bodemfysische parameters in 1986 en 1987. Veenpercelen (n=2) zijn niet meegerekend.

	1986				1987			
	ZI_BLOEI		ZI_AFRIJPING		ZI_BLOEI		ZI_AFRIJPING	
	r	n	r	n	r	n	r	n
O.STOF%	0.12	46	0.25	43	0.20	49	0.21	48
AFSLIB%	0.27	45	0.42	42	0.25	47	0.21	46
STRUCT.	0.32	46	0.41	43	-	48	-	47

(P 0.05 voor n=43, r=0.24)

11.3.3.3 Chemische vruchtbaarheid van de grond

Tabel 11. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekte aantasting [ZI] in het gewas in juli 1986. De percelen zijn ingedeeld naar het percentage kalk, en de zwaarte van de grond.

kalk%	0-2		2-4		4-7		>7		totaal	
	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	gem
afslib%										
0-25	2	2.5	3	1.7	3	1.4	1	0.5	9	1.6
25-35	0	*	4	1.7	1	1.5	6	0.8	11	1.2
35-45	2	1.7	0	*	1	1.1	3	1.3	6	1.4
>45	7	2.2	1	2.9	2	3.3	7	1.6	17	2.1
totaal	11	2.2	8	1.9	7	1.9	17	1.2	43	1.7

Tabel 12. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekteaantasting [ZI] in het gewas in juli 1987. De percelen zijn ingedeeld naar het percentage kalk, horizontaal en de zwaarte van de grond (excl. 2 percelen).

kalk%	0-2		2-4		4-7		>7		totaal	
	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	gem

afslib%										
0-25	2	2.1	0	*	2	1.6	2	1.7	6	1.8
25-35	2	2.6	1	1.0	4	2.1	9	2.1	16	2.1
35-45	2	3.4	0	*	2	2.7	2	1.5	6	2.5
>45	8	2.1	2	3.2	4	2.9	6	2.3	20	2.4

totaal	14	2.3	3	2.5	12	2.4	19	2.1	48	2.3

Op percelen met een hoog kalkgehalte deed zich in 1986 de tendens naar een minder hevige optreden van de voetziekte voor. De relatie tussen beide factoren is zwak maar wel significant (zie tabel 11). Dit verband werd in 1987 tijdens de afrijping niet teruggevonden (zie tabel 12).

De pH van de grond varieert bij de meeste percelen tussen 7,0 en 7,5. Binnen dit pH-traject was er geen tendens in het optreden van voetziekte op te sporen. Op de veenpercelen, die een lage pH hadden, werd geen voetziekte geconstateerd. Deze gegevens zijn er bij het zoeken naar correlaties uitgehaald.

Tabel 13 . De correlatie tussen de gescoorde voetziekte-index tijdens de bloei en de afrijping van de erwten en de chemische bodemvruchtbaarheid. Gegevens van 1986 en 1987.
n = het aantal waargenomen punten.

	1986				1987			
	ZI_BLOEI		ZI_AFRIJPING		ZI_BLOEI		ZI_AFRIJPING	
	r	n	r	n	r	n	r	n
KALK	-0.21	46	-0.29	43	-0.11	49	-(-)	48
pH	-(-)	46	-(-)	43	(-)	49	0.15	48
PW_GETAL	(-)	46	-(-)	43	-0.16	47	-0.16	46
K_GETAL	0.25	46	0.34	43	-(-)	47	0.11	46
N Kg/Ha	-(-)	46	-(-)	43	(-)	48	-(-)	47
P Kg/Ha	-0.15	46	-0.12	43	-0.11	48	-(-)	47
K Kg/Ha	-0.19	46	-0.12	43	-0.13	48	-0.15	47

(-)= $r < 0.10$.

Over het algemeen worden de erwten wel met fosfaat en kali maar niet met stikstof bemest. Bemesting met fosfaat en kali heeft geen duidelijk negatieve invloed op de ontwikkeling van voetziekte.

Het effect van de bemesting met P en K op voetziekte lijkt een consequenter effect te hebben op het onderdrukken van voetziekte dan het aanwezige niveau van deze elementen in de grond voorafgaande de teelt. Uit tabel 13 blijkt dat in 1986 zelf een zwakke positieve correlatie bestond tussen het K-getal en de voetziekteaantasting ($P = 0,05$).

De relatie tussen de korrelproduktie en bodemchemische factoren, met uitzondering van het kalkgehalte van de grond en in 1987 de fosfaat en kali bemesting is zeer onduidelijk. Zie tabel 14.

Tabel 14. Correlatie tussen het aantal korrels per vierkante meter en enkele chemische parameters van de grond in 1986 en 1987.
 "n" is het minimum aantal punten waarmee de correlatie (r) werd berekend.

	1986	1987
	zaden	zaden
	per m ²	per m ²
	(n=39)	(n=43)

pH-KCl	-0.17	0.28
percentage kalk	0.25	0.35
organische stof gehalte	-	-0.27
Pw-getal	-	-
K -getal	-0.28	-
N gift kg/ha	-0.28	-
P gift kg/ha	-	0.21
K gift kg/ha	-	0.35

11.3.3.4 Hydrologische eigenschappen

In 1986 hadden praktisch alle percelen, volgens de telers, een goede tot uitstekende ontwatering en drainage (zie tabel 15). Het enige perceel in de ontwateringsklasse 1-2, waarvan de ZI, 0.7 bedroeg, werd in de drainageklasse 2-3 ingedeeld. Het is merkwaardig dat er in dat jaar een zwakke tendens bleek van ziekere erwtegewassen op percelen met een gunstige drainage of ontwatering. In 1987 kwamen beide eigenschappen iets beter gespreid over de percelen voor. In dat jaar was er echter geen sprake van enig verband tussen deze eigenschappen en het optreden van ziekte, zie tabel 16. In jaren met een groot neerslagoverschot treedt zelfs bij percelen met een uitstekende drainage plasvorming op. Zowel in 1985 als in 1987 was het geen uitzondering dat in juli de sloten vol water stonden. Er kon ook geen verband worden gevonden tussen voetziekteaantasting en droogte- en slempgevoeligheid van de grond. Deze gegevens worden dan ook niet in dit rapport weergegeven.

Tabel 15. Het aantal percelen (n) en de gemiddelde voetziekte aantasting [ZI] in het erwtegewas in 1986 en 1987. De percelen zijn ingedeeld naar de kwaliteit van de ontwatering en van de drainage.

	1986				1987							
	0-2		0-1		1-2		2-3		3-5		totaal	
	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	ZI	n	gem
drainage												
0-1	42	1.7	1	3.0	6	2.0	0	*	0	*	7	2.2
1-2	1	0.6	2	2.1	25	2.2	1	3.6	2	1.1	30	2.2
2-3	2	1.2	1	1.0	3	2.2	3	3.0	0	*	7	2.4
3-5	0	*	0	*	4	1.4	1	1.7	1	3.9	6	1.9
totaal	45	1.7	4	2.1	38	2.1	5	2.9	3	2.1	50	2.2

Tabel 16. Het verband tussen de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens bloei en afrijping en de drainage en ontwatering van het perceel waarop de teelt plaatsvond. Gegevens uit 1986 en 1987. (-) = $r < 0.10$

	1986				1987			
	ZI-BLOEI		ZI-AFRIJPING		ZI-BLOEI		ZI-AFRIJPING	
	r	n	r	n	r	n	r	n
Drainage	-0.25	43	-0.18	40	-0.15	49	(-)	48
Ontwatering	-0.24	43	-0.23	40	(-)	49	(-)	48

11.3.4 Invloed van planteigenschappen op het verloop van de ziekteaantasting

11.3.4.1 Zaadkwaliteit

De relatie zaadkwaliteit en de ontwikkeling van voetziekte is elders beschreven [Van Loon & Oyarzun 1988].

De aanwezigheid van zaadinfecties zijn vooral duidelijk bij de eerste waarneming. In het droge jaar 1986 bleef de infectie in de zaadlobben beperkt van omvang. Zaadlobben waren bij de afrijping van het gewas gemakkelijk terug te vinden. Zaadontsmetting maar vooral ook de droge omstandigheden kunnen hiervan de oorzaak zijn. In natte jaren, bijvoorbeeld in 1985 en 1987, verdwijnen de cotylen al tijdens de bloei en zijn in de eerste helft van juli al niet meer te vinden.

11.3.4.2 Rassen

Er was geen analyse mogelijk van de aantasting per ras. Dit komt omdat het merendeel van de geteelde rassen bestond uit Finale en Solara.

Voetziekteaantastingen werden in alle rassen, erwten, doperwten en capucijners gevonden. De intensiteit van de ziekte bij de rassen in het veld verschilde niet wezenlijk met die van het in de toets gebruikte ras Finale.

11.3.5 Teeltfrequentie

Bij de opbouw van voetziekte in de grond speelt de teeltfrequentie een rol. Uit het onderzoek blijkt slechts in 1986 een redelijk verband tussen de twee factoren te bestaan. Analyse van de gegevens over 1985-1987 laat zien dat er een zeer zwak verband bestaat tussen de mate van optreden van voetziekte en het aantal pauzejaren tussen twee teelten (zie bijlage 6).

Wanneer in plaats van het aantal pauzejaren, het effect van het aantal keren telen van peulvruchten in 18 jaar wordt onderzocht bleek een duidelijke verschuiving op te treden in de verdeling van het aantal percelen met een hoge besmettingsgraad. Maar ook wanneer erwten volgens de norm [1 op de 6 jaar] werden geteeld was de kans van het optreden van zieke en gezonde percelen bijna gelijk. Hoge ziekte indices kwamen soms ook voor bij zeer lange rotaties terwijl "gezonde" gewassen bij relatief hoge frequenties geen uitzondering zijn.

11.3.6 Produktie

Aan de hand van de voor de ziektebeoordeling verzamelde gewasmonsters, werden een aantal opbrengstbepalingen verricht. In 1986 en 1987 werd als produktieparameter het aantal korrels per vierkante meter berekend, zie fig. 4a en b. In 1987 werd bij de oogst de telers gevraagd om een zaadmonster te nemen. Van de vijftig telers zonden er 33 een monster op. Hiervan werd het duizendkorrelgewicht bepaald. De (theoretische) opbrengst werd aan de hand hiervan berekend, zie fig. 4d. In fig. 4c staat de in 1985 gevonden relatie tussen de netto korrelopbrengst (14% vocht) en de voetziekteaantasting in het gewas eind juni, ter illustratie weergegeven. Dat in 1986 en 1987 niet de praktijkopbrengsten werden gebruikt, maar een schatting van de produktie werd berekend, heeft te maken met het feit dat bij de waarnemingen slechts een deel van het perceel werd betrokken. Ook kunnen door moeilijkheden tijdens de oogst en andere handelingen grote verliezen en afwijkingen ontstaan.

Ondanks de enorme variabiliteit in percelen, in teeltwijze en andere factoren blijkt er een goed verband tussen de opbrengst en de voetziekteaantasting (ZI-bloei) te bestaan: $r=0.60$ en $r=0.64$, voor respectievelijk 1986 en 1987. Uit de gegevens in fig. 4a,b blijkt verder dat voor elke punt op de ziekteindexschaal een verlies van ongeveer 1 ton per hectare kan optreden.

De werkelijke erwtenopbrengsten in 1986 op gezonde percelen lagen rond de zeven ton per hectare. Op het zwaarst besmette perceel bereikte deze nog geen 3 ton. Dit ondanks de toediening van een stikstofgift van ruim 200 kilogram per hectare.

Wanneer in 1987 de niet geoogste percelen buiten beschouwing gelaten worden, kunnen we constateren dat de potentiële opbrengstverliezen door een ernstig optreden van voetziekte tot ruim 50% kunnen oplopen.

In 1987 trad *Mycosphaerella pinodes* (donkere vlekkenziekte) massaal in het loof op. Het effect van deze ziekte manifesteerde zich vooral in een zeer laag duizendkorrelgewicht (DKG). Dit DKG lag tussen 190 en 310 met een gemiddelde van 260. Dit gemiddelde ligt ruim 40 gram onder het normale DKG van erwten.

Opgemerkt kan worden dat de hoogste theoretische opbrengst in 1987 overeenkwam met praktijkopbrengsten in 1986. Gemiddeld waren de praktijkopbrengsten in 1987 echter een ton lager dan in 1986.

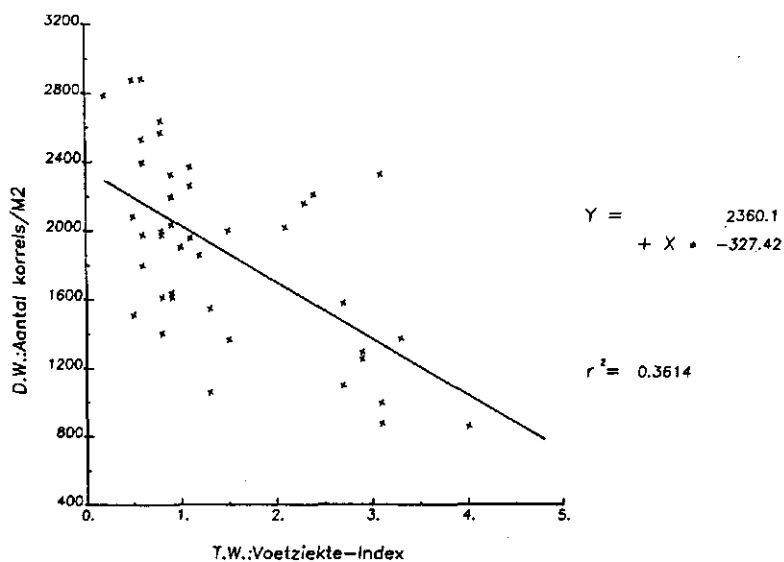


Fig. 4a. Verband tussen het optreden van voetziekte in het gewas tijdens de bloei en de geschatte produktie aan korrels/m². 1986.

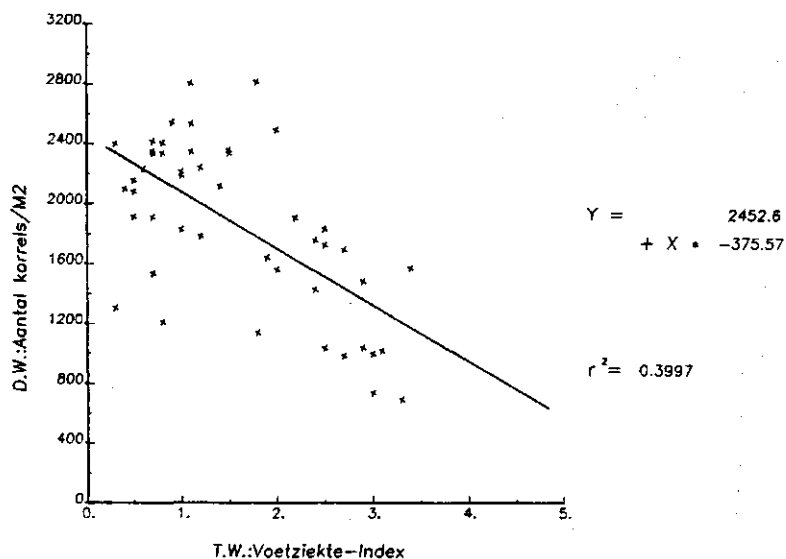


Fig. 4b. Verband tussen het optreden van voetziekte in het gewas tijdens de bloei en de geschatte produktie aan korrels/m². 1987.

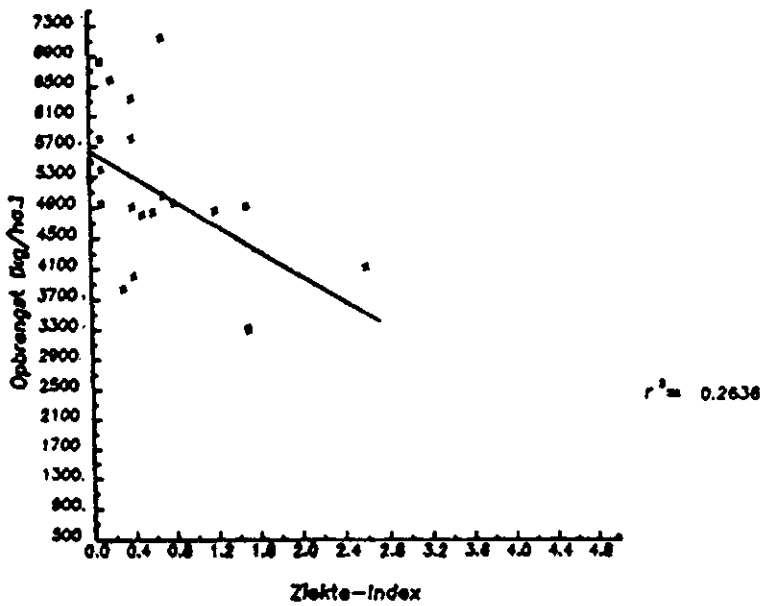


Fig. 4c. Verband tussen het optreden van voetziekte in het gewas tijdens de bloei en de netto opbrengst (14% vocht). Zeeland 1985 (n = 22; $r = 0.51$).

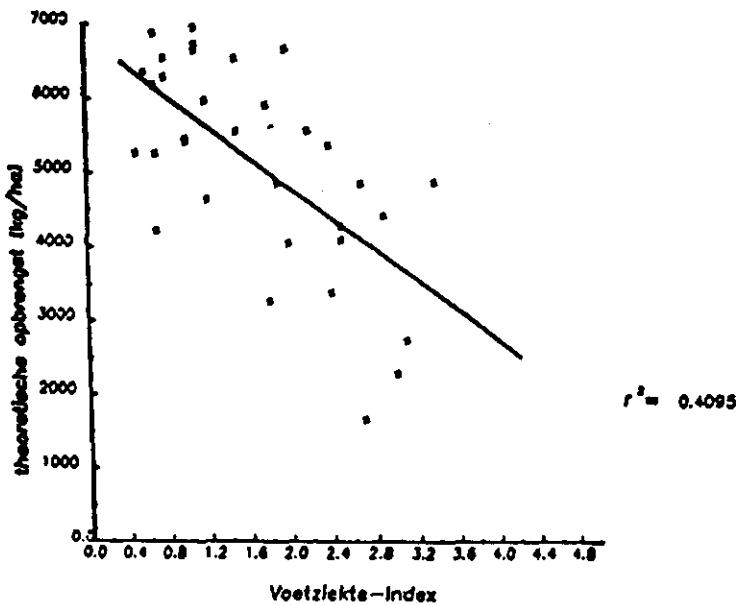


Fig. 4d. Verband tussen het optreden van voetziekte in het gewas tijdens de bloei en de theoretische opbrengst. 1987.

12. Inventarisatie van voetziekteschimmel

Mycologisch onderzoek van een steekproef van de toetsplanten, leverde een grote aantal schimmels op. De meest relevante staan in tabel 17 weergegeven. Het betreft ook gegevens die verzameld werden bij toets uit in de herfst van 1986(h) en in het voorjaar 1988. Per monster werden willekeurig vijf planten genomen. Hieruit werden isolaten gemaakt van epicotyl, zaadlobben en wortels. De isolatie werd op verschillende voedingsbodems gedaan: o.a. wateragar, kerseagar of aardappel dextrose agar (PDA). Dat de som van de percentages geïsoleerde soorten niet 100% bijdraagt komt omdat er per monster soms meerdere soorten schimmels voorkwamen. Ter vergelijking zijn de resultaten van veldonderzoekingen verricht in 1951 en 1962 in figuur 5 weergegeven.

Fusarium solani en *F. oxysporum* komen zeer frequent in ziek weefsel voor. *Fusarium oxysporum*, de bekende verwekker van vaatziekte, werd vaak als enig organisme uit de lesies van epicotylweefsel geïsoleerd.

De andere *Fusarium* spp. betreffen soorten die met graanziekten worden geassocieerd onder andere *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*.

Even frequent als *Fusarium* treffen we in erwten *Pythium* spp. aan. Deze schimmels werden meestal geïsoleerd op wateragar uit zieke planten met symptomen van wortelrot.

Ascochyta: *Mycosphaerella pinodes* en *Phoma medicaginis* var. *pinodella* komen meestal voor wanneer de gewaspauze na het vorige erwtegewas relatief kort is.

Thielaviopsis basicola, een in Nederland relatief onbekend pathogeen bij de erwte-teelt, werd in 1986 in verschillende gebieden in zwaar aangetaste doperwtengewassen aangetroffen. In de toets laat dit pathogeen zich door zijn bijzonder duidelijke ziektebeeld gemakkelijk identificeren. Dit pathogeen is met behulp van gangbare agar media niet makkelijk te isoleren. Het is echter onder de microscoop in zieke wortels goed herkenbaar door zijn typische sporen. Ook *Aphanomyces euteiches* werd door middel van toetsplanten opgespoord. Dit pathogeen wordt, in vele landen, als de meest schadelijk schimmel in de erwte-teelt beschouwd. Eerdere pogingen om dit pathogeen in Nederlandse erwtepercelen aan te tonen hebben geen succes gehad. [Oyarzun & Van Loon, 1989, zie bijlage 4).

Tabel 17. Procentuele verdeling van schimmelsoorten die met het
voetziekteaantasting in erwten geassocieerd zijn.
Isolaties uit toetsplanten.

	1986 n=15	1986(h) n=19	1987 n=34	1988 n=32
schimmelsoorten:				
<i>Fusarium</i>				
<i>solani</i>	47	58	100	41
<i>oxysporum</i>	67	95	71	13
spp.	7	47	47	63
<i>Aphanomyces</i>	-	n.b.	20	n.b.
<i>Pythium</i> spp.	53	37	68	94
<i>Ascochyta</i> spp.	7	21	3	41
<i>Thielaviopsis</i>	13	-	-	9
<i>Rhizoctonia</i> s.	13	21	32	7
<i>Cylindrocarpon</i>	-	37	21	7
n = aantal onderzochte monsters.				
n.b. = niet gedetermineerd.				

Verschillende schimmelsoorten werden na zuivering en identificatie aan de Stichting voor plantveredeling [SVP] geleverd. Dit materiaal werd gebruikt in screeningswerk binnen het project "rasresistentie tegen voetziekte".

Naast de genoemde soorten werden er nog vele andere schimmels, waaraan geen pathogene eigenschappen worden toegeschreven, geïsoleerd.

Isolaties uit zieke veldplanten leverden in de regel dezelfde schimmels op als isolaties uit toetsplanten.

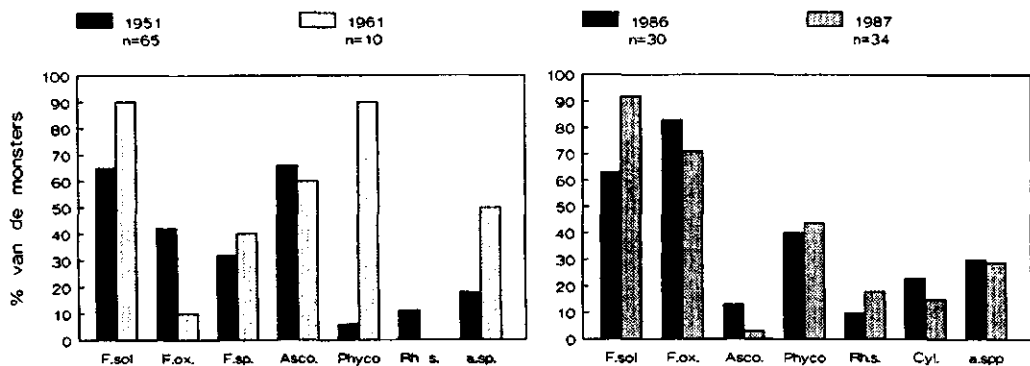


Fig. 5. Relatieve verdeling van het totaal aantal isolaten per schimmelsoort verkregen uit veldplanten. In 1951 werden 64 percelen bemonsterd; in 1962, 10 percelen. Uit ongepubliceerde gegevens PSC, IPO.

13. Biotoets in voorjaar of najaar

Om de toetsuitkomsten tijdig voor de telers beschikbaar te hebben, moet de toets in de loop van het najaar plaatsvinden. Door de lage temperaturen en de afwezigheid van gewassen verschillen doorgaans de hoeveelheid en de aard van de pathogenen in de winter van die in het groeiseizoen. Ook de aanwezigheid van infectueuze actieve propagulen is voor een deel seizoensafhankelijk.

Het is de vraag of een grote fout gemaakt wordt als de besmettingsgraad in de grond bepaald wordt in het najaar voorafgaande aan de erwte-teelt.

In het najaar van 1986 en het voorjaar van 1987 werd dit onderzocht.

Dit werd op beperkte schaal (18 percelen) gedaan; grondmonsters werden in oktober 1986 genomen en in november getoetst en deze procedure werd voor de voorjaarsbemonstering (in maart en april 1987) herhaald. Tevens werd de ontwikkeling van voetziekte in het gewas tijdens het groeiseizoen gevolgd. De toetsuitkomsten van de voor- en najaarsbemonstering werden vergeleken.

De relatie tussen beide uitkomsten staat in fig. 6 weergegeven. Tegen de verwachting in bleken de toetsuitkomsten van voorjaar '87 hoger dan die van najaar '86. Dit kan verklaard worden door het feit dat in het voorjaar de toetsplanten bij een later ontwikkelingsstadium (eerste bloem open) op voetziekte werden beoordeeld. Beide parameters bleken echter goed gecorreleerd.

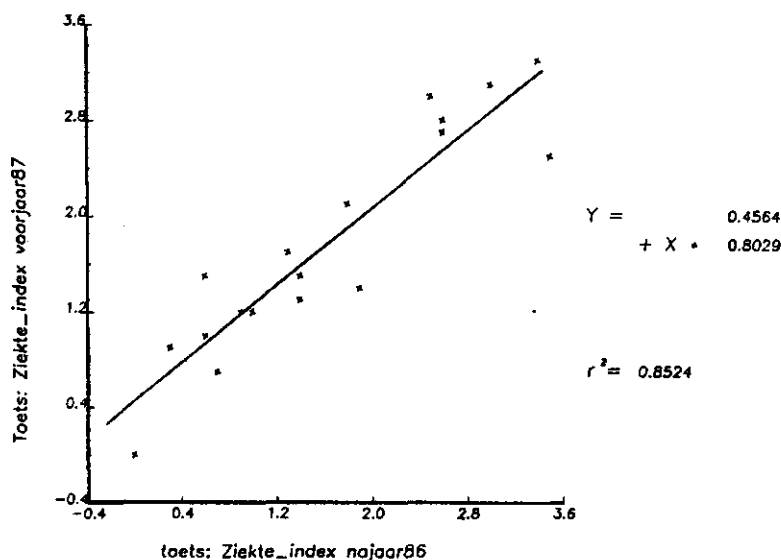


Fig. 6. Verband tussen de voetziekteaantasting in toetsplanten in de herfst 1986 en in het voorjaar 1987 (n=18; r=0.92).

14. Biotoets in de praktijk in 1988

Naar aanleiding van de gunstige resultaten verkregen in de twee voorafgaande jaren (verificatiefase) werd in het voorjaar 1988 een dertigtal percelen getoetst in nauwe samenwerking met het bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek (BLGGO) te Oosterbeek. De bemonstering werd uitgevoerd door personeel van het BLGGO. De bemonstering en de uitvoering van de toets werden door het PACV begeleid.

Grond en gewas werden zonder restricties bemonsterd. Zie paragrafen 10.1 en 11.1. Van de verschillende gronden werd zowel het percentage vocht bij veldcapaciteit als de grond dichtheid in de pot met behulp van de in paragraaf 3.2 beschreven empirische relaties berekend.

De veldgewassen werden tussen volle bloei en begin van de afrijping op voetziekte beoordeeld. Aspecten als ziektebeeld en verdeling van de ziekte over het veld werden zowel met telers als met onderzoekers van het BLGGO ter plaatse besproken.

De uitkomsten van de toets zijn in fig. 7 weergegeven. Hoewel het verklarende deel van de regressie lager uitviel ($R^2=0.60$) dan bij de verificatie in 1986-1987, is de gevonden correlatie ($r=0.80$; $n=29$) bevredigend.

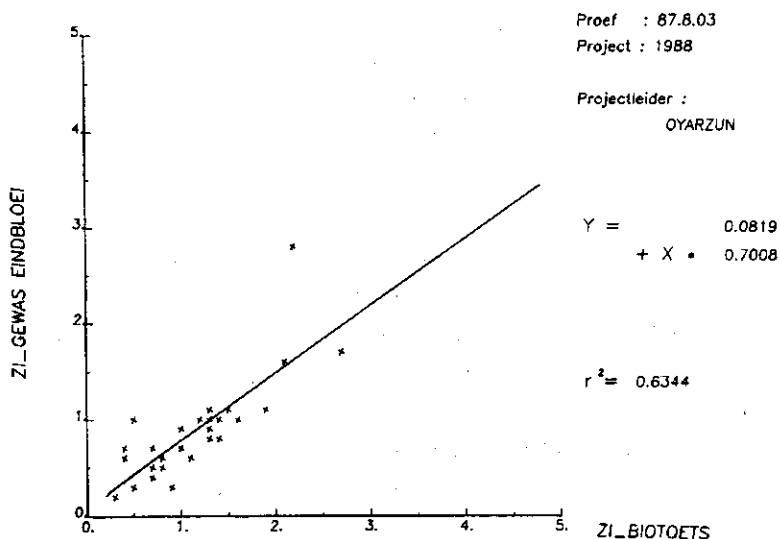


Fig. 7. 1988. Verband tussen het optreden van toetsplanten en de aantasting in het gewas tijdens de afrijping (n=30; r=0.80).

15. Interpretatie van biotoetsuitkomsten

Vele factoren spelen een rol in de epidemiologie van voetziekte. Het gewicht van elk van deze factoren lijkt van jaar tot jaar te verschillen.

In het droge jaar 1986 waren de effecten van de teeltfrequentie aan de hand van wortelaantastingen gemakkelijker te herkennen dan in het natte jaar 1987. In natte jaren komen beperkingen in de fysische toestand van de grond sterker tot uitdrukking in de gezondheid van het gewas.

Voorals de hoeveelheid en de verdeling van de neerslag tijdens het groeiseizoen is van grote invloed op de mate waarin de in de grond aanwezige besmetting ook tot ziekte in het gewas zal leiden.

Op zware gronden, met een slechte ontwatering of drainage kunnen zich gemakkelijk problemen met voetziekte voordoen. Biddle (1984) rapporteert dat 48 uur verzadiging van de grond tot een zware aantasting met voetziekte kan leiden. Volgens Rush en Kraft (1986) berust het effect van stress-veroorzakende factoren op een verkorting van de latente periode. Het is ook mogelijk dat deze factoren de plantresistentie zodanig verminderen dat deze tot een verlaging van het, voor het ontwikkelen van de ziekte benodigde, niveau van het smetstofpotentieel, kan leiden.

Bij het advies aangaande perceelsgebonden risico's voor voetziekte moet voorts rekening worden gehouden met de invloed van cultuurmaatregelen en andere factoren die van invloed kunnen zijn op de epidemiologie zoals: met de plaats van

erwten in het bouwplan en voor wat betreft de ziekte, met de equivalentie voor voetziekte pathogenen van de meest voorkomende peulvruchten in een rotatie. Deze aspecten zijn vooral van belang wanneer men lichte tot matige besmetting in de grond heeft geconstateerd. In zulke gevallen is het de vraag in hoeverre het mogelijk is via cultuurmaatregelen het effect van de voetziekte op de produktie te verminderen.

Het is vanzelfsprekend dat wanneer een bedrijf, op commerciële basis, een biotoets uitvoert, geen of slechts zeer geringe aandacht aan genoemde aspecten kan worden besteed. De voorlichter kan echter aan de hand van de uitkomsten van de biotoets en perceel- en de teeltgegevens, de teler helpen een meer gerichte teeltstrategie te kiezen.

Op grond van de ervaringen, tijdens het onderzoek opgedaan, kunnen na beoordeling van de biotoets, de percelen in een aantal risicoklassen worden ingedeeld, zie tabel 18.

Bij deze advisering moet wel bedacht worden dat op gronden met een ziekte-index groter dan 1.5 in een nat groeizeizoen hoge voetziekteaantastingen kunnen optreden. Wanneer de voetziekte-index een waarde van 2,5 heeft, is het raadzaam een ander perceel te kiezen.

Bij een voetziekte-index gelijk of groter dan drie moet men op het desbetreffende perceel geen erwten verbouwen.

De genoemde criteria hebben een voorlopig karakter gezien het feit dat ze op een kleine verzameling waarnemingen gebaseerd zijn.

Tabel 18. Ziekte-index en het bijbehorende advies met betrekking tot het optreden van voetziekte bij het telen van erwten.

ziekte-index :	advies
biotoets :	
0-1	: Geen of een zeer gering risico op voetziekte.
1-2	: Een licht tot matig risico. Indien er groeibeperkende factoren op het perceel zijn zoals onder andere: ploegzolen, slempgevoeligheid, slechte ontwatering, dan is er op het perceel een verhoogd risico op zware voetziekteaantasting.
2-3	: Een verhoogde kans op het optreden van zware voetziekteaantasting in alle jaren.
>3	: Geen erwten telen.

Als de biotoets op praktijkschaal wordt uitgevoerd kan er zeker veel meer informatie worden verkregen waardoor de hierboven gestelde criteria kunnen worden herzien en scherper gesteld.

Marginale gronden zijn beslist niet geschikt voor de erwte-teelt. Onder goede omstandigheden kunnen de huidige rassen opbrengsten van zeven en zelfs acht ton per hectare bereiken. Op percelen met een ziekte-index hoger dan drie zijn opbrengsten van ongeveer drie ton per hectare gevonden. In verband hiermee is het vermelden waard dat bij de huidige tarweopbrengsten en prijsverhoudingen in Nederland de teelt van erwten alleen financieel interessant is bij een opbrengstniveau van minimaal 4,5 ton per hectare.

16. Discussie en conclusies

1986 en 1987 waren voor de teelt van erwten extreme jaren. Het eerste was zeer droog en zonnig en gaf daardoor een geringe ontwikkeling van ziekten. Het jaar 1987 was wat ziekten betreft een rampjaar, door de aanhoudend natte weersomstandigheden. Ondanks de extreme omstandigheden blijkt dat de aantastingen door voetziekte in het gewas goed overeenkwamen met die van de toetsplanten in de kas.

In het jaar 1986, waren de teeltomstandigheden over het algemeen zeer gunstig. Factoren die de vatbaarheid van het gewas beïnvloeden een minder belangrijke rol en waren de hoeveelheid smetstof in de grond en vitaliteit ervan beslissend worden voor het ontstaan en de mate van optreden van voetziekte. Voetziekte kwam in 1986 ook voor op percelen met uitstekende landbouwkundige eigenschappen. Dit verschijnsel werd ook door Riepma (1967) waargenomen.

Slechte teeltjaren zoals 1987 leren dat het nemen van bepaalde teeltmaatregelen zoals "vroeg zaaien" of het telen op gronden waar plasvorming kan ontstaan. Het optreden van voetziekte sterk kan verhogen en daarmee ook de besmetting van de grond met voetziekteverwekkers. Zo steeg bijvoorbeeld de ziekte-index bij een licht besmet perceel ($ZI = 1,5$) in het voorjaar 1987 tot $ZI = 4,4$ na het telen van erwten.

Na twee jaar praktijkonderzoek ter verificatie van toetsuitkomsten kunnen we concluderen dat de het gebruik van de ontwikkelde biotoets een betrouwbaar beeld geeft van de voetziektedruk in de grond. Hierdoor is het ook mogelijk om de risico's die verbonden zijn aan het optreden van de ziekte te voorspellen. Bij nadere evaluatie van de toepasbaarheid van de biotoets zal met een aantal zaken worden gehouden. In het volgende zal nader worden ingegaan op de bemonstering, op de uitvoerbaarheid op de voorspellingswaarde.

Bemonstering

Bij elke stap die men volgt tussen het nemen van het monster tot aan de beoordeling, loopt men het risico fouten te maken. Een bron van afwijkingen is dat veel van de activiteiten worden gedaan op grond van veronderstellingen. Het is bijvoorbeeld onmogelijk a priori te weten hoe op een bepaald perceel de populaties van pathogenen in het horizontale vlak zijn verdeeld. Men handelt tijdens de bemonstering alsof deze geclusterd voorkomen. Om deze reden past men een systematische bemonstering toe (Mihail en Alcorn, 1987).

Vanzelfsprekend is de bemonstering volgens een W-patroon niet altijd het meest efficiënt. In het kader van dit project was het onmogelijk bepalingen te doen omtrent de werkelijke verdelingspatronen van de voetziekteverwekkers in het veld. Uit veldwaarnemingen kwam herhaaldelijk het beeld naar voren van een homogeen verdeeld ziektebeeld. Afwijkingen deden zich voor bij percelen met natte plekken, hoogte verschillen of verschillen in bodemkwaliteit, zoals bijvoorbeeld slemp.

Het mooiste beeld van de verdeling van voetziekte trad op bij percelen die in het kader van een ruilverkaveling waren samengevoegd. De aanwezigheid van een afwijkende ziektedruk kon men duidelijk opsporen.

In het kader van dit onderzoek werd er per 200 m² een monster genomen. Kopakkers werden niet bemonsterd. In soortgelijk onderzoek heeft men ook met een prik per 4000 vierkante meter goede resultaten geboekt (Reilink et al., 1960), (Olafson, 1967). In feite is het zo dat hoe homogener de ziekte over een perceel verdeeld is, hoe minder intensief er behoeft te worden bemonsterd. (Johnson et al., 1957, 1972).

Grote monsters in plaats van een groot aantal kleinere monsters geven in zo'n geval een representatiever beeld van de ziektedruk. De verbanden tussen de ziekte-indices bij toets- en veldplanten blijken uitstekend gecorreleerd. Men moet zich wel bedenken dat bij dit onderzoek zowel de bemonstering als de waarnemingen van ziekte op het meest homogene deel van de percelen plaatsvonden, steeds op een oppervlakte van slechts een hectare. Voorts werden zowel de grond als het gewas volgens hetzelfde patroon bemonsterd. Het loskoppelen van deze factoren leidde in 1988 tot een aanzienlijke verlaging in het verklarende deel van de regressie, maar de correlatie voor een lineair verband was nog steeds hoog significant.

Deze gevonden relaties komen goed overeen met de door Reinlik et al. (1960) of Olafson (1967) gevonden verbanden.

Uitvoerbaarheid

- Een biotoets moet op eenvoudige wijze, snelle en reproduceerbare uitkomsten leveren. Een toetsperiode van vijf tot zes weken is lang en vergt behoorlijk veel ruimte en arbeid.
- In vergelijking met andere technieken wordt in de biotoets een betrekkelijk grote hoeveelheid grond gebruikt.

Experimenten in 1988 laten zien dat door gebruik van snelbloeiende rassen de toetsperiode met gemiddeld 10 dagen verkort kan worden.

De toetsperiode zou men nog eens met ongeveer zes dagen kunnen verkorten, wanneer er kiemplanten in plaats van zaden zouden worden gebruikt. Maar het zaad van de erwt levert door het uitlekken van vele stoffen de belangrijkste impuls voor het kiemen van pathogenen. Het gebruik van zaad is daarom een onmisbaar onderdeel van de toets.

De mogelijkheid potten te gebruiken met een zelfregulerend vochtregime zoals die ontwikkeld zijn door Wisbey et al, 1977 of die van Snow & Tingey, 1985 in combinatie met buisjes, die een aanzienlijk kleiner volume grond bevatten, zoals die van Maduwesi & Lockwood, 1976 kunnen de behoefte aan arbeid en ruimte beperken

en de toetsperiode nog verder verkorten. Meer onderzoek naar deze mogelijkheden blijft nodig.

Voorspellingswaarde

De regressielijn, gevormd door de Ziekte-indices van toets- en veldaantasting, kunnen we definiëren als de voorspellingslijn voor de ziektedruk in de grond. Naast de correlatie is de hellingshoek van de regressielijn van belang. De tangens van de hellingshoek, wordt ook wel de voorspellingshoek van de biotoets genoemd. Een goede correlatie is slechts een van de vereisten voor een goede voorspelling. Een $r^2 = 1$, met voorspellingshoek van bijna 90 graden levert vanzelfsprekend een waardeloos resultaat. Een volkomen perfecte relatie heeft een voorspellingshoek van 45 graden (lijn 1:1). De mate van afwijking van de voorspellingslijn hangt af van de groei- omstandigheden van het gewas, grond en klimaat en van de ingestelde omstandigheden waaronder de toetsing van de grond plaatsvindt.

1986 en 1987 waren klimatologisch gezien extreme jaren. De afwijking van de lijnen in beide jaren bedroeg maximaal 20% of een punt in de ZI-schaal 0 t/m 5, waardoor de kansen op extreme fouten klein lijken te zijn.

Het karakter van de biotoets

Andere kritiek betreft het specifieke karakter van de toets bij het bepalen van de activiteit van afzonderlijke pathogenen. Het is mogelijk de toetsomstandigheden zodanig te modificeren dat de aanwezigheid van een bepaald pathogeen duidelijker naar voren komt.

Dit is de achtergrond van de biotoets op *Aphanomyces euteiches*, *Thielaviopsis basicola* of *Pythium*. Aanvankelijk is ervan uitgegaan dat de eerste twee schimmels niet voorkwamen in het voetziektecomplex bij erwten in Nederland. Het ging er dus om de mate van aantasting te bepalen die, gezamenlijk of afzonderlijk, veroorzaakt wordt door *Fusarium solani*, *Phoma medicaginis* en *Pythium* ssp.

Er werden omstandigheden gezocht waaronder de toetsgrond zo snel en volledig mogelijk doorworteld wordt. Met uitzondering van de korte verzadigingsperiode die tijdens het watergeven in de bovenste centimeters van de grond optreden, werd er geen handeling verricht of groeifactor ingesteld die de toetsplant extra vatbaar voor infecties maakte. Toch werden met behulp van de gebruikte methode de aanwezigheid van de genoemde pathogenen aangetoond.

Voorts is er waargenomen dat binnen de toetsperiode het erwte-cysteaaltje, *Heterodera gottengiana*, tot de vorming van cysten in de wortel van de toetsplanten kan overgaan.

Het is wel mogelijk om een differentiërende factor via rasreactie naar pathogene soorten in de toets te introduceren. Het is vanzelfsprekend dat deze factor een aantrekkelijke verfijning van de biotoets betekent. De mogelijkheden hiervan moeten verder onderzocht worden.

De produktie van erwten in de praktijk

Het is duidelijk dat hoge en stabiele erwteopbrengsten slechts op gezonde gronden mogelijk zijn. Uit onderzoek blijkt (Grashoff, 1986) dat de potentiële opbrengst van erwten in Nederland tussen de 7,5 en 8 ton ligt. Dergelijke opbrengsten zijn niet alleen in veldproeven in de Flevopolders behaald maar ook hebben de opbrengsten van sommige toetspercelen dit niveau in 1986 bereikt. Het is dus zeer aannemelijk dat de potentiële opbrengst van erwten in Nederland hoger ligt.

Alhoewel de teelt van erwten zich de laatste jaren sterk heeft uitgebreid, vindt deze voor het grootste deel nog op zeer gezonde grond plaats.

Deze situatie is echter, wanneer de uitbreiding van het areaal doorzet, niet houdbaar. Het gebrek aan bestrijdingsmogelijkheden, de beperkingen die steeds meer aan het gebruik van chemische middelen worden opgelegd, het gebrek aan een duidelijk perspectief om op korte termijn resistente rassen op de markt te brengen, de wijzigingen in de oogstmethoden, waardoor meer gewasresten op het veld achter worden gelaten, en de onzekerheid van het effect van de lengte van de rotatie om de besmetting van de grond tot een acceptabel niveau terug te brengen, doen de vrees ontstaan dat problemen met voetziekte in de toekomst steeds meer op de voorgrond zullen treden.

Conclusies

Op grond van de resultaten van ruim drie jaar praktijkonderzoek kan men de volgende conclusies trekken:

1. De risico's van de ontwikkeling van voetziekte bij het gewas erwten kunnen met een biotoets voldoende betrouwbaar worden ingeschat. De biotoets geeft een beeld van de ziektedruk (IPS) voor de teelt van erwten in het op de toets volgende jaar. Voorspelling op lange termijn is met deze methode niet mogelijk.

De bemonstering en het toetsen van de grond kan in het najaar voorafgaande de teelt plaatsvinden.

2. De meest relevante voetziektepathogenen in het voet- en wortelrot complex die elders op de wereld zijn beschreven komen ook in Nederland voor. Specifiek onderzoek naar de rol van *Thielaviopsis basicola* en *Aphanomyces euteiches* is zowel in erwten als in andere peulvruchten nodig.
3. Erwten kunnen hoge produkties bereiken. De potentiële opbrengst van de erwten onder Nederlandse omstandigheden ligt zeker boven 8 ton per ha is.
4. Lichte voetziekte-infecties veroorzaken ook opbrengstdepressies. Over het algemeen is de teler tevreden met opbrengsten van 5 ton per hectare; hierdoor vallen de effecten van lichte voetziekteaantasting niet op.
5. Het vruchtwisselingsadvies voor erwten lijkt te globaal en in veel gevallen onvoldoende om risico's te voorkomen.
6. Cultuurmaatregelen moeten opnieuw worden gewaardeerd. Hierbij moet men niet alleen streven naar een beperking van de opbouw van pathogenen in de grond maar ook naar het zoveel mogelijk vergroten van de fysische-, biologische- en chemische bodemvruchtbaarheid.
7. De mogelijkheid tot bestrijding van voetziekte heeft onder Nederlandse omstandigheden weinig aandacht gekregen. In het bijzonder de mogelijkheid de microflora in de grond te manipuleren ten gunste van de plant vergt urgent meer onderzoek. Het gaat er niet alleen om doelbewust micro-organismen ter bestrijding van voetziekteverwekkers te gebruiken maar ook gewassen in de vruchtwisseling op te nemen, die het optreden van een dergelijke microflora stimuleert of op z'n minst noch als waardplant noch als reservoir voor de pathogenen dienen.
8. De toetsuitkomsten geven de telers een indicatie van de risico's van teelt op een besmet perceel. In dit opzicht kan de toets als een instrument dienen bij een geïntegreerd programma ter controle van voetziekte. De toets levert informatie over de ziektedruk (IPS) op.
Het beschikken over deze gerichte informatie van een perceel samen met schade beperkende teeltmaatregelen zullen ongetwijfeld bijdragen tot een grotere opbrengstzekerheid bij de teelt van erwten.

Literatuur

- Alconero R, Hagedorn D.J. 1967. Pythium relationship to Aphanomyces root rot of Peas. *Phytopathology* 57 1394-1395
- Altman J., Campbell C.L. 1977. Effect of herbicides on plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 15 361-385.
- Bakker R. 1970. Use of population studies in research on plant pathogens in soil. In "Root disease....." 11-15.
- Bakker R. 1971. Analyses involving inoculum density of soil-borne plant pathogens in epidemiology. *Phytopathology* 61 1280-1292.
- Bakker R., Maurer Ch.L., Maurer R.A. 1967. Ecology of plant pathogens in soils. VI. Mathematical models and inoculum density. *Phytopathology* 57. 662-666.
- Bald J.G. 1969. Estimation of leaf area and lesions sizes for studies on soilborne pathogens. *Phytopathology* 59 1606-1612.
- Bald J.G. 1970. Measurement of host reaction to soil borne pathogens. In "root diseases and soil-borne pathogens". Eds Tousson T.A., Bega R.V., Nelson P.E., 1970. University of California Press. 252.
- Biddle A.J. 1984. A prediction test for pea footrot and the effects of previous legumes. British crop protection conference. Pest and disease. pp. 773-777.
- Barbetti M.S. 1987. *Phytophylactica* 19 57-60
- Basu P.K., Brown N.J., Crete R., Gourley C.O., Johnston H.W., Pepin H.S., Seaman W.L. 1976. Yield conversion factors for Fusarium root rot of Pea. Canadian Plant disease survey. Volume 56 1976.
- Biddle A.J. 1984. A prediction test for pea footrot and the effects of previous legumes. British crop protection conference. Pest and disease. pp 773-777.
- Biddle A. Root disease index wil identify infected fields. 1982. *Arable farming* (March). 38-39 .
- Blume M.C., Harman G.E. 1979. *Thielaviopsis basicola*: A component of the Pearoot rot complex in New York state. *Phytopathology* 69 (8) 785-788.
- Boekel P. 1969. Organische-stofvoorziening op klei -en zavelgronden in verband met de structuur en bewerkbaarheid van de grond. In dertig jaar P.S.C Wageningen. Jubileum editie. 126-134.
- Boerema G.G., Dorenbosch M.M.J., Leffring L. 1964. A comparative studie of the blackstem fungi on lucerne and red clover and the foot rot fungus of peas. *Netherlands J. of Plant Pathol.* 71 79-89.

- Bouthot D., Bonnel L. 1979. Description et mode d'emploi du test biologique a deux niveaux pour l'etude de fatigues de sol. Ann. Phytopathol. 11(1) 111-115
- Bouthot D. 1982. Les test biologique pour le diagnostic des sols. B.T.I. 370-372. Ll-Agro-1252.
- Bouthot D. 1979. Estimation of inoculum density and inoculum potential: Techniques and their values for disease prediction. In Soil Borne Pathogens. 21-34 Schippers & Gams. (Eds.). Academic Press. London
- Burke D.W., Hagedorn D.J., Mitchell J.E. 1969. Aphanomyces and fusarium root rot of peas with partial vs. total exposure of root to infested soil. Phytopathology 59 1261-1266 .
- Buisman C.J. 1927 Root rots caused by Phycomycetes. Proefschrift. Rijksuniversiteit Utrecht. 52 blz.
- Bywater J. 1959. Infection of peas by Fusarium solani var. martii Forma 2 and spread of the pathogen. Trans. Brit. mycol. Soc. 42(2) 201-212.
- Campbell C.L., Noe J.P. 1985. The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases. Ann. rev. Phytopathology 23 129-148.
- Campell C.L. Pennypacker S.P. Modden L.V. 1980. Progression dynamics of hypocotyl rot of snapbeans. The American Phytophatol. Soc. 70(6) 487-494.
- Canaday C.H., Helsel D.G. 1986. Effect of herbicide-induced stress on root colonization of soyabeans by Macrophomina phaseolina.
- Chang-ho Y. Hickman C.J. 1970. Blz: 103-108 in" Root disease and..... "
- Clarson J.D.S. 1978. Pathogenicity of Fusarium spp. associated with foot rot of pea and beans. Plant pathology 27 110-117.
- Chellini D.O., Rohrbach, R.S., Yost R.S., Sonoda R.M. 1988. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and diseased plants using geostatistics. Phytopathology 78 (2) 221-226.
- Cook R.J., Bruehl G.W. 1965. Phytopathology 55 254-256.
- Cook R.J., Snyder W.C. 1965. Influence of host exudates on growth and survival of germling of Fusarium solani f.sp. Phaseoli in soil. Phytopathology 55 1021-1025.
- Cook R.J., Papendick R.I. 1970. In "Root disease and soil-borne pathogens". blz: 81-88.
- Cook R.J., Schroth M.N. 1965. Carbon and nitrogen compounds and germination of chlamydospores of Fusarium solani f.sp. phaseoli. Phytopathology 55 254-256 .

- Curl E.A. 1963. Control of plant disease by crop rotation. The botanical review 29(4) 413-479.
- Dantuma G. 1983. In "perspectives for peas and lupinus as proteins crops". Vol 8. Eds Thomson R & Casey R. M. Nijhoff Publ. The Hage.
- Dawkins T.C.K., Hebblethwaite P.D., McGowan M. 1984. Soil compactation and growth of vining peas. Ann. Appl. Biol. 105 329-343.
- Delp B.R. Stowell L.J., Marois J.J. 1986. Evaluation of field sampling techniques for stimation of disease incidence. Phytopathology 76(12) 1299-1305.
- Domsch, Gams, Anderson (Eds). 1980. Compendium of soil fungi. Aphanomyces de Bary. 46-49.
- Duncan J.M., Kennedy D.M., Seemuller E. 1987. Identities and pathogenicities of Phythophthora spp. causing root rot of red raspberry. Plant pathology 36 276-289.
- Ferrin D.M., Mitchell D.J. 1986. Influence of initial density and distribution of inoculum on the epidemiology of tobacco black shank. The American Phytopathol. Soc. 76 (11) 1153-1158.
- Fields M.L., Hemphill D.D. 1967. The influence of DMPA on damping-off of peas by Pythium debaryanum ATCC 9998. Weeds 15 281-282.
- Flores G., Swanson T., Sumar S., Howard R.J. 1983. Determining yield losses caused by Fusarium root rot in processing pea and bean fields in Southern Alberta. Can. J. Plant Pathol. 5 204-205.
- Gane A.J., Bidle A.J., Knott C.M., Eagle D.J. 1984. PGRO. Pea growing handbook. Fifth edition. 1984. 242 pp.
- Gerlagh T. 1985. Breeding for resistance to foot and root rot in peas; struggling against the current. Voordracht EG workshop "Maladies des legumineuses fourragieres", INRA Lusiques, Frankrijk 21 mei 1985.
- Gilligan C.A. 1983. A test for randomness of infection by soilborne pathogens. Phytopathology 73(2) 300-303.
- Grashoff C., Klein Hulze J.A., Smid H.G. 1987. Opbrengstvariabiliteit bij veldbonen en erwten. Achtergrond, proefresultaten. Teelt- en veredelingsadviezen. CABO- publicatie No 435. 121 pp.
- Griffin g.j. 1964. Long term influence of soil amendement on germination of conidia. Canadian J. Microbiol. 10 605-612.

- Harman G.E., Nedrow B., Nash G. 1978. Stimulation of fungal spore germination by volatiles from aged seeds. Canadian J. of botany 56 2124-2127.
- Harter L.L., Zaumeyer W.J., Wade L.B.. 1945 Pea disease and Their control. Bulletin N 1735. USA department of Agriculture. 28 pp.
- Harvey R.G., Hagedorn D.J., DeLoughery R.L. 1975. Influence of herbicides on root rot in processing peas. 1967. Crop Science 15 67-71 .
- Hebert T.T. 1982 The rationale for the Horsfaal-Barret plant disease assesement scale. The American Phytopathogolical Society 72(10) 1269.
- Heath M.C., Hebblethwaite P.D. A basis for improving the dried pea crop. 1984. Outlook on agriculture 13 (4) 195-202.
- Horsfall J.G., Cowling E.B. 1978. Pathometry. The measurement of plant disease. In "plant disease. An advanced treatese" vol II. Horsfall & cowling Eds. Academic Press.
- Hubbeling N. 1954. Zaadbelangen 14 31-37 1954.
- Huinink J.T.M. 1986. Standaardvochtkarakteristieken. Ad Fundum. bodem-,water - en bemestingszaken in akkerbouw en tuinbouw N 3. 2-9.
- Ichielevich-Auster M., Sneh B., Kotin Y., Barash I. 1985. suppression of damping-off caused by Rhizoctonia species by a non pathogenic isolate of Rhizoctonia solani. Phytopathology 75 (10) 1080-1083.
- James Cl.W. 1971. An illustrated series of assessment key for plant diseases. Their preparation and usage. Plant Disease Survey 51(2) 39-65.
- James Cl.W. 1974. Assesement of plant diseases and losses. Annual review of Phytopathology 12 27-48.
- Johnson H.G. 1957. A method for determining the degree of infestation by pea root rot organims in soils. Phytopathology [abstr.] 47(1) 18.
- Johnson L.F., Curl E.A. 1972 (Eds). Methods for research on the ecolgy of soil borne plant pathogens. Burgess Publ. Comp. USA. 247 pp.
- Johnson L.F., Curl E.A., Bond J.H., Friboire H.A. 1959. Methods for studying soil microflora. Plant disease relationships. Burgess Publ. Company. USA 178 pp.
- Kerling L.C.P. 1949. Aantasting vazn erwten door mycosphaerella pinodes (Berk et blox.)Stine. Tijdschrift over plantenziekten 55(2) 41-68.

- Kerling L.C.P. 1952. Voetziekte bij erwten, een gevolg van stuivende grond. T. Plantenziekten 58. 62-71.
- Kerling L.C.P. 1952. Beschadiging en schimmelaantasting bij erwten als gevolg van nachtvorst. Tijdschrift Planteziekten 58 29-54.
- Kerr A. 1963. The root rot Fusarium wilt complex of Peas. Australian J. Biol. Science 16, 55-59.
- Knott C. Le pois de printemps proteagineux. 1988. Vegetable grower. Summer. 3-4.
- Kobriger K.M., Hagedorn D.J. 1983. Determination of bean root rot potential in vegetable production field of Wisconsin's central sands. Plant disease 67(2) 177-178.
- Kraft J.M., Burke D.W., Haglund. 1981. Fusarium diseases of beans, peas, and lentils. Chapter 14 in "Fusarium: disease....."
- Kraft J.M., Giles R.A. 1979. Increasing pea yields with root rot resistance and subsoiling. Chapter 35. In "soil-borne pathogens.."
- Labruyere R.E., Riepma W.Z.N. 1954. De teelt van erwten in verband met bodem klimaat en plantenziekten. Landbouwwoorlichting 11 10 481-497.
- Lewis J.A., Papavizas G.C. 1977. Effect of plant residues on clamydospores germination of Fusarium solani f. sp. phaseoli on fusarium root rot of beans. Phytopathology 67 925-929.
- Lifshitz R., Hancock J.G. 1984. Environmental influences on the passive survival of Phytium ultimum in soil. Phytopathology 74 (2) 128-131.
- Lin C.S., Poushinski G., Mauer M. 1979. An examination of five sampling methods under random and clustered disease distribution using simulation. Can. J. of plant science 59 121-130.
- Lockwood J.L. 1986. Soilborne plant pathogens: Concepts and connections. Phytopathology 76(1) 20-27.
- Loon v J.J.A., Oyarzun P.J. 1988. Zaadinfecties bij droge erwten, een potentiële bron van verspreiding van voetziekte in de erwenteelt. Gewasbescherming 19(2) 51-60.
- Long E. An early warning test to cut out pea footrot. 1985. Grower (November) 40-42.
- Mabey M., Whaley W.M. 1988. Experimental analysis of the foot-rot complex of peas. In Brighton Crop Protection Conference. Pest and diseases. 7B-3 629-636.

- Macnish G.C., Dodman R.L. Vertical distribution of root damage caused by *Rhizoctonia solani* in Wheat. *Plant pathology* 36 328-332.
- Madden L.V., Raymond L.J.J., Abt J.J., Knoke J.K. 1982. Evaluation of test for randomness of infected plants. *Phytopathology* 72(2) 195-198.
- Maduewesi J.N.C., Lockwood J.L. 1976. Test tube method of bioassay for *Thielaviopsis basicola* root rot of soyabean. *Phytopathology* 68 811-814.
- Maloy O.C., Burkholder W. 1959. Some effect of crop rotation on the *Fusarium* root rot of Beans. *Phytopathology* 49 583-587.
- Maloy O.C., Alexander M. 1957. The "most probable number" method for estimating population of plant pathogenic organisms in the soil. *Phytopathology* 48 126-128.
- Matthews S., Bradnock W.T. 1968. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. *Horticultural research* 8 (8) 89-93.
- McSorley R. Parrado J.L. 1983. A bioassay sampling plan for *meloidogynis incognita*. *Plant disease* 67 (2) 182-184.
- Messiaen C.M., Beyries A. 1965. *Phytiatc. Phytopharm.* 14 183-191.
- Messiaen C.M., Cassini R. 1968. *Recherches sur les Fusarioses. IV. La systematique des Fusarium. Ann. Epiphyties* 19 387-454
- Menzies J.D. 1963. The direct assay of plant pathogen populations in soil. *Ann. rev. Pythopathol.* 1 127-142.
- Menzies J.D. 1970. Factors affecting plant pathogen population in soil. In *Root disease. ..Eds..* 16-21.
- Mihail J.D., Alcorn S.M. 1987. *Macrophomina phaseolina*: Spatial patterns in a cultivated soil and sampling strategies. *Phytopathology* 77(8) 1126-1131.
- Mitchell J.E. 1979. The dynamic of the inoculum potential of population of soil-borne plant pathogens in soil ecosystem. Chapter 1. In *"Soil-borne plant pathogens"*.
- Nash S.H. 1970. The significance of population of pathogenic fusaria in soil. In *"Root disease..."*. 28-30 p.
- Nash S.H., Snyder W.C. 1962. Quantitative estimation by plate counts of propagule of the bean root rot *Fusarium* in field soil. *Phytopathology* 52 567-572
- Nicot P.C., Rouse D.I., Yandell B.S. 1984. Comparison of statistical Methods for studying spatial patterns of soilborne plant pathogens in the field. *Phytopathology* 74(12) 1399-1402.

- Norton J.M., Harman G.E. 1985 Response of soil microorganisms to volatile exudates from germinating pea seeds. Canadian J. of botany 63 (6).
- Olanaya O.M., Campbell L.C. 1988. Effects of tillage on the spatial pattern of *Microsclerotia* of *Macrophomina phaseolina*. Phytopathology 78 (2) 217-221.
- Olofson J. 1967. Root rot of canning and freezing peas in Sweden. Acta Agriculturae Scandinavica. 17 101-107.
- Oyarzun P.J. Perspectiven van een bodemtoets op voetziekte. Jaarverslag 1986 PAGV. Publicatie N 35. 41-44.
- Papavizas C.G., Lewis J.A. 1979. Side effects of pesticides on soilborne plant pathogens. 483-505 in Soil-borne plant pathogens. Schippers & Gams (Eds). Academic Press. New York 668 pp.
- Patrick Z.A., Tousson T.A. 1965. Plant residues and organic amendements in relation to biological control. 440-459. In "Ecology of soil pathogens. Eds. Bakker K.F & Snijder W.C. Berkeley Univ. of California. 571 pp.
- Pegg G.F., Parry D.W. 1983. Infection of lucerne (*Medicago sativa*) by *Fusarium* species. Ann. Applied Biology. 103, 45-55.
- Pfender W.F., Hagedorn D.J. 1983. Disease progress and yield loss in *Aphanomyces* root rot of peas. Phytopathology 73(8) 1109-1113.
- Pfender W.F., Rouse D.I., Hagedorn D.J. 1981. "A most probable number". Method for estimating inoculum density of *Aphanomyces euteiches* in natural infested soils. The American Phytopathol. Soc. 71(11) 1169-1172.
- Raghavan G.S.V., Taylor F., Vigier B., Gauthier L., Mckyes E. 1982. Effect of compactation and root rot disease on the development and yield of peas. Can. Agric. Eng. 24 31-34.
- Reilink T.P., King T.H., Fields R.W. 1960. Soil indexing for pea root rot and the effect of root rot on yield. Phytopathology 50 287-290.
- Riepma P. 1952. Observatieproef betreffende voet- en vaatziekten bij erwten (serie 198) in het jaar 1951.
- Riepma P. 1967. Streekonderzoek bij erwten. Rapport P.A.W. N 226. 44 blz.
- Reynolds K.M., Madden L.V. 1988. Analysis of epidemics using spatial-temporal autocorrelation. Phytopathology 78(2) 240-246.

- Reynolds K.M., Madden L.V., Ellis M.A. 1988 Spatio-temporal analysis of epidemic development of leather rot of strawberry. *Phytopathology* 78(2) 246-252.
- Rush C.M., Kraft J.M. 1986. Effects of inoculum density and placement on *Fusarium* root rot of peas. *Phytopathology* 76(2) 1325-1329.
- Salt G.A. 1983. Root disease of *Vicia faba* L. In "The Faba Bean" 393-419.
- Salt G.A., Delaney K.D. 1985. Influence of previous legume crops on root diseases in peas and beans. Chapter 22 in "The Pea Crop."
- Scott R.E. 1987. Root rot and soil compaction problems of pea crops. In "Management for quality". N.Z. Agronomy Society. Spec. Publ. N 6. Jermyn W.A. & Wratt G.S. (Eds) 84 pp.
- Shew B.B., Beute M.K., Campbell C.L. 1984. Spatial pattern of southern stemrot caused by *Sclerotium rolfsii* in six North Carolina peanut fields. *Phytopathology* 74 730-735.
- Sheridan J.J. 1973. The survival of *Mycosphaerella pinodes* on pea haulm buried in soil. *Ann. Appl. Biology* 75 195-203.
- Sherwood R.T., Hagedorn D.J. 1958. Determining common root rot potential of pea fields. Bulletin N 531. Agricultural experiment station. University of Wisconsin. USA.
- Schmitthenner A.F. 1970. Significance of population of *Pythium* and *Phytophthora* in soil. "Root disease.." 25-27.
- Schroth M.N., Hendrix F.F. 1962. Influence of non-susceptible plant on the survival of *Fusarium solani* f. *Phaseoli* in soil. *Phytopathology* 52 906-909.
- Schulz F.A., Bateman D.F. 1969. Temperature responses of seeds during the early stages of germination and its relation to injury by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 59 352-355.
- Schuster M.L. 1948. The etiology and control of root and stem rot of peas in Washington. Bulletin N 499. The state college of Washington, Institute of Agricultural sciences, Agricultural Experimental station. Washington. 42 pp.
- Shipton P.J. 1984. Infection by foot and root rot pathogens and subsequent damage. In "Plant diseases: infection, damage and loss". Chapter 11 139-148.
- Short G.E., Lacy M.L. 1976. Factors affecting Pea seeds and seedling rot in soil. *Phytopathology* 66 188-192.

- Siemer R.S., Vaughan E.K. 1971. A device for measuring beans plant anchorage and its relation to root rot severity. *Phytopathology* 590-591.
- Slangen J.H.G 1979. Bodemvruchtbaarheid IV. Handleiding praktikum. Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer. LUW. Wageningen.
- Snow M.D., Tingey D.T. 1985. Evaluation of a system for the imposition of plant water stress . *Plant Physiol.* 77 602-607.
- Stanghellini M.E., Kronland W.C. 1985. Bioassay for quantification of *Pythium aphanidermatum* in soil. *Phytopathology* 75 (11) 1242-1245.
- Stino M.N. 1965. Studies on isolates of *Rhizoctonia solani* Kuehn from potato tubers, and on the effect of soil temperature on pathogenicity and specialization of the fungus on certain hosts. Publication of the Ministry of agriculture, United Arab republic. Cairo 37 pp.
- Strandberg J. 1973. Spatial distribution of cabbage black rot and estimation of disease plant populations. *Phytopathology* 63 998-1003.
- Taesdale J.R., Harvey R.G. Hagedorn D.J. 1979. Mechanisms for the suppression of Pea (*Pisum sativum*) root rot by dinitroaniline herbicide. *Weed Science* 27 195-201.
- Tivoli B., Tika N, Lemarchand E. 1987. Comparaison de la receptivite des sols aux agents de la pourriture des tubercules de pomme de terre: *Fusarium* spp. et *Phoma* sp. *Agronomie* 7(7) 531-538.
- Toussoun T.A., Nash S.M., Snijder W.C. 1960. Effect of Nitrogen source and glucose on pathogenesis of *Fusarium solani* f. phaseoli. *Phytopathology* 50 137-140.
- Toussoun T.A. 1970. Nutrition and pathogenesis of *Fusarium solani* f.sp. Phaseoli. In Root disease and soil-borne pathogens. Eds. Toussoun. T.A., Bega R.V. & Nelson P.E. (Eds). University press, Barkeley. 252 pp. 95-98
- Tu J.C. 1987. Integrated control of pea root rot disease complex in Ontario. *Plant disease*, 71(1) 9-13.
- Tu J.C., Tan C.S. 1985. Infrared thermometry for determination of root rot severity in beans. *Phytopathology* 75(7) 840-844.
- Wallen V.R., Jeun J. 1968. Faktors limiting the survival of *ascochyta* spp. of peas in the soil. *Can J. Botany* 46 1279-1286.
- Went C. 1934. *Fusarium* aantastingen van erwten. Thesis. University of Utrecht

- Whalley W.M. 1984. A rapid test for assessing the reaction of pea cultivars to pathogenine isolated of fusarium solani f.sp. pisi. Ann. Appl. Biol. 104.
- Wheeler B.E.J. 1984. Infection processes, symptomology and host damage. In "Plant diseases: infection, ..." Chapter 10 131-138 .
- Wisbey B.D., Black T.A., Copeman R.J. 1977. Controlling soil water matric potential in root disease studies. Canadian Journal of botany 55 825-830.
- Wood R.K.S. 1967. Physiological Plant Pathology. Blackwell Scientific Publication. Oxford and Edinburgh. 570 blz.
- Yarwood C.E. 1946. Isolation of Thielaviopsis basicola from soil by means of carrot disks. Mycologia 38 346-348.
- Young Chang-ho, Hickman C.J. 1970. Some factors involved in the accumulation of phycomycete zoospores on the plant roots. In " Root disease". 103-108.
- Zerlik G.M. 1979. A late yellowing and foot rot of peas. In Soil borne paphogens. 337-342. Eds. Schippres & Gams. Academic Press. Londen.

Boeken en handleidingen

- . An annotated list of seed-borne diseases. 1979. 3 edition.
Richardson M.J. (Ed.). Phytopathological papers N 23 CMI.
Engeland.
- . Bean production problems. Disease, insect, soil and climatic
constrains of *Phaseolus vulgaris*. 1980. Schwartz H.F., Galvez
G.E. (Eds.). CIAT colombia 424 pp
- . Biocontrol of plant disease. 1988. Vol I [211 pp] en II
[198 pp]. Mukerij K.G., Garg K.L. (Eds) .
- . Compendium of Pea disease. 1984. Hagedorn D.J. (Ed.). The American
Phytopathological Society. USA. 57 pp.
- . *Fusarium*: disease, biology and taxonomy. 1981. Nelson P.E.,
Tousson T.A. & Cook R.J. (Eds.) The Pennsylvania state Univ.
Press. Univ. Park, London. 547 pp.
- . Introduction to plant pathology. 1943. Fr Deforest Heald.
MacGraw-Hill Co. New York, London. 603 pp.
- . Knelpunten bij de produktie, afzet en verwerking van droge
peulvruchten. 1985. Rapport van het Nedelands Graan Centrum.
Wageningen. 26 blz.
- . Metodos estadisticos para la investigacion en la agricultura. 1979.
Little Th.M., Hills. F.J. Editorial Trillas. Mexico. 270 blz.
- . Plant disease, an advanced treatise. 1978. Vol 2. Eds. Horsfall J.G.
and Cowing E.B. Academic press. London.
- . Plant diseases: infection, damage aand loss. 1984. Wood R.K.S. &
Jellis G.J. (Eds). Blackwell scientific publication, Oxford. 187 pp.
- . Population of plant pathogens. their dynamics and genetics. EDS
Wolfe M.S., Caten C.E. 1987. The british Soc. for plant pathology.
Blackwell Scientific Publication. 280 blz.
- . Root disease and soil-borne pathogens. 1970. Tousson T.A., Bega R.V.,
Nelson P.E. (Eds). University of California Press. 252 pp
- . Soil-borne plant pathogens 1979. EDS Schippers & Gam. Academic Press.
London.
- . Teelt van doperwtem. 1983. Teelthandleiding N 14 PAGV. Lelystad.
82 blz.
- . The pea crop. A basis for improvement. 1985. Hebblethwaite P.D.,
Heath M.C. & Dawkins T.C.K. (Eds). London.. 486 blz.

- . The Faba bean (*Vicia faba* L.). A basis for improvement. Ed. Hebblethwaite P., D. Butterworths. London. 1983. University press. 573.
- . Vegetable disease and their control. 1986. Sherf A.R. & Macnab A.A. (Eds_). Wiley-Interscience Publication. 728 pp.
- . RpvZ Handboek.
- . CAD Gewasbeschermingsgids/ Planteziektenkundige Dienst 1987.
- . Handleiding. Voorschriften voor de bepaling van enkele fysische eigenschappen van de bodem. Maart 1976. Landbouwscheikunde. LH. Wageningen. 58 blz.

DEEL III. BIJLAGEN

Bijlage 1.

GEGEVENS VAN TOETSPERCELEN 1986 EN 1987

Fysische en chemische eigenschappen.

Bijlage 1.1. Verdeling van het aantal percelen naar de kwaliteit van de drainage en de ontwatering: 0 = zeer goede drainage/ontwatering, 5= geen drainage of zeer slechte ontwatering. Gegevens percelen 1986 (n=45) en 1987 (49).

jaar	1986					1987				
	-----					-----				
ontwatering	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal
-----	-----					-----				
drainage										
0-1	42	0	0	0	42	1	6	0	0	7
1-2	1	0	0	0	1	2	26	1	2	31
2-3	1	1	0	0	2	1	3	3	0	7
3-5	0	0	0	0	0	0	4	1	1	6
-----	-----					-----				
totaal	44	1	0	0	45	4	39	5	3	51

Bijlage 1.2. Verdeling van het aantal percelen naar de kwaliteit van de structuur van de bouwvoor en het percentage afslibbaar van de grond. Structuur: 0 = zeer goede ; 5 = zeer slechte. Gegevens percelen 1986 (n=47) en 1987 (48). Missing 1-3.

structuur	1986					1987				
	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal
afslib%										
0-25	2	4	3	0	9	5	1	0	0	6
25-35	4	10	0	0	14	5	10	1	0	16
35-45	1	4	1	0	6	2	4	1	0	7
>45	1	10	5	2	18	1	12	6	0	19
totaal	8	28	9	2	47	13	27	8	0	48

Bijlage 1.3. Verdeling van het aantal percelen naar het organische-stofgehalte en het percentage afslibbaar van de grond.

Gegevens percelen 1986 (n=46) en 1987 (48). Missing 2-3.

	1986					1987				
organische stof %	1-3	3-5	5-8	>8	totaal	1-3	3-5	5-8	>8	totaal
afslibbaar %										
0-25	9	0	0	0	9	3	2	0	0	5
25-35	11	2	0	0	13	12	3	1	0	16
35-45	5	0	1	0	6	7	0	0	0	7
>45	5	12	0	1	18	4	15	1	0	20
totaal	30	14	1	1	46	26	20	2	0	48

Bijlage 1.4. Verdeling van het aantal percelen naar kalkgehalte en percentage afslibbaar van de grond.

Gegevens percelen 1986 (n=46) en 1987 (49). Missing 2-2.

	1986					1987				
kalkgehalte %	0-2	2-4	4-7	>7	Totaal	0-2	2-4	4-7	>7	totaal
0-25	2	3	3	1	9	2	0	2	2	6
25-35	0	4	1	8	13	2	1	4	9	16
35-45	2	0	1	3	6	2	0	2	3	7
>45	7	1	3	7	18	8	2	4	6	20
totaal	11	8	8	19	46	14	3	12	20	49

Samenvatting gegevens 1986-1987:

Bijlage 1.5. Verdeling van het aantal percelen getoetst in 1986 en 1987 naar
Missing 5. Er zijn geen percelen in de klasse 0-1 organische stof.

organische stof (%)	0-1	1-3	3-5	5-8	>8	totaal

afslibbaar %						
0-25	0	12	2	0	0	14
25-35	0	23	5	1	0	29
35-45	0	12	0	1	0	13
>45	0	9	27	1	1	38

totaal	0	56	34	3	1	94

Bijlage 1.6. Verdeling van het aantal percelen getoetst in 1986 en 1987 naar kwaliteit van de drainage en de ontwatering. Missing 3.

ontwatering	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

drainage					
0-1	43	6	0	0	49
1-2	3	26	1	2	32
2-3	2	4	3	0	9
3-5	0	4	1	1	6

totaal	48	40	5	3	96

Bijlage 1.7. Verdeling van het aantal percelen getoetst in 1986 en 1987 naar de toestand van de structuur en het percentage afslibbaar. Missing 4.

structuur	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

afslibbaar %					
0-25	7	5	3	0	15
25-35	9	20	1	0	30
35-45	3	8	2	0	13
>45	2	22	11	2	37

totaal	21	55	17	2	95

Bijlage 1.8. Verdeling van het aantal percelen getoetst in 1986 en 1987 naar het kalkgehalte en het percentage afslibbaar van de bouwvoor. Missing 4.

kalkgehalte %	0-2	2-4	4-7	>7	totaal

afslibbaar %					
0-25	4	3	5	3	15
25-35	2	5	5	17	29
35-45	4	0	3	6	13
>45	15	3	7	13	38

totaal	25	11	20	39	95

Bijlage 1.9 en 1.10. FYSISCH EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND EN HET OPTREDEN VAN
VOETZIEKTE IN DE ERWTEN. 1986-1987. VERIFICATIE BIOTOETS.

Bijlage 1.9. Verdeling van de percelen naar de mate van aantasting tijdens de
bloei (juni) en de afrijping (juli) en de structuurtoestand van de
grond in 1986. De structuur van de bouwvoor en de aantasting van
het gewas door de voetziekte werd met een index van 0 t/m 5 gewaar-
deerd.

Structuur= 0 goed en 5 = zeer slecht (blauw, verdichtingen, plaat
structuur).

1986										
ziekte-index (ZI)	bloei					afrijping				
	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

structuur										
0-1	4	3	0	1	8	3	4	0	0	7
1-2	15	6	5	2	28	10	7	7	3	27
2-3	3	2	2	2	9	1	2	4	1	8
3-5	1	0	0	1	2	1	0	0	1	2

totaal	23	11	7	6	47	15	13	11	5	44

Bijlage 1.10. Verdeling van het aantal percelen naar de mate van voetziekte aantasting bij erwten tijdens de bloei (juni) en de afrijping (juli) en naar de toestand van de structuur van de bouwvoor.
Missing juni: 3; Missing juli: 4.

1987										
ziekte-index (ZI)	bloei					afrijping				
	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal
structuur										
0-1	7	4	1	1	13	2	8	1	1	12
1-2	6	8	11	2	27	4	6	8	9	27
2-3	5	2	0	1	8	2	3	1	2	8
3-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
totaal	18	14	12	4	48	8	17	10	12	47

Bijlage 1.11 t/m 1.18. SAMENVATTING WAARNEMINGEN 1986-1987.

Bijlage 1.11. Verdeling van de gemiddelde voetziekteaantasting (ZI) in het gewas en het aantal percelen (No) in juli 1986 en 1987, afrijping.

De percelen zijn ingedeeld naar het organische stof gehalte en het percentage afslibbaar. Niet geregistreerd: 9 punten.

organische stof%	0-3		3-5		5-8		>8		totaal	
	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	gemiddeld

afslibbaar %										
0-25	12	1.6	2	2.1	0	*	0	*	14	1.7
25-35	22	1.5	4	3.0	1	2.9	0	*	27	1.7
35-45	11	1.9	0	*	1	2.8	0	*	12	2.0
>45	9	1.5	26	2.6	1	1.0	1	2.8	37	2.3

totaal	54	1.6	32	2.6	3	2.2	1	2.8	90	2.0

Bijlage 1.12. Het aantal erwtepercelen (No) en de gemiddelde voetziekte aantasting (ZI) in het gewas in juli 1986-1987. De percelen zijn ingedeeld naar de kwaliteit van de structuur- en het percentage afslibbaar van de grond. Missing 3. gem 1.2.

ontwatering:	0-1		1-2		2-3		3-5		totaal	
	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	gemiddeld

drainage										
0-1	40	1.8	6	2.0	0	*	0	*	46	1.8
1-2	3	1.6	25	2.2	1	3.6	2	1.1	31	2.1
2-3	2	1.3	4	1.8	3	3.0	0	*	9	2.1
3-5	0	*	4	1.4	1	1.7	1	3.9	6	1.9

totaal	45	1.7	39	2.1	5	2.9	3	2.1	92	2.0

Bijlage 1.13. Het aantal percelen en de gemiddelde voetziekte-index (ZI) in de erwten in juli 1986 en 1987. De percelen zijn ingedeeld naar de kwaliteit van de structuur- en het percentage afslibbaar van de grond. Missing 4. gem 1.0.

structuur	0-1		1-2		2-3		3-5		totaal	
	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	ZI

afslibbaar %										
0-25	7	1.7	5	1.9	3	1.5	0	*	15	1.7
25-35	8	1.7	19	1.7	1	2.9	0	*	28	1.7
35-45	2	1.2	8	2.0	2	2.5	0	*	12	2.0
>45	2	1.0	22	2.4	10	2.2	2	2.4	36	2.3

totaal	19	1.6	54	2.0	16	2.1	2	2.4	91	2.0

Bijlage 1.14. Het aantal erwtenpercelen (No) en de gemiddelde ziekte-index (ZI) van het gewas in juli 1986 -1987. De percelen zijn ingedeeld naar het percentage kalk- en afslibbaar in de grond.
Missing 4. Gem 0.5.

percentage Kalk	0-2		2-4		4-7		>7		totaal	
	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	ZI	No	gem

afslibbaar %										
0-25	4	2.3	3	1.7	5	1.4	3	1.3	15	1.7
25-35	2	2.6	5	1.6	5	2.0	15	1.6	27	1.7
35-45	4	2.5	0	*	3	2.1	5	1.4	12	2.0
>45	15	2.2	3	3.1	6	3.0	13	1.9	37	2.3

totaal	25	2.3	11	2.0	19	2.2	36	1.7	91	2.0

Bijlage 1.15. De percelen ingedeeld naar ziekte-index tijdens de bloei en de drainagekwaliteit in 1986 en 1987.

ziekte-index	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

drainage kwaliteit					
0-1	23	10	9	6	48
1-2	16	11	10	3	40
2-3	1	3	1	0	5
3-5	2	0	0	1	3

totaal	42	24	20	10	96

Bijlage 1.16. De percelen ingedeeld naar de ziekte-index van de gewassen en het kalkgehalte van de percelen samenvatting van de gegevens uit 1986 en 1987.

ziekte-index	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

percentage kalk					
0-2	11	6	9	2	28
2-4	4	2	3	2	11
4-7	7	7	4	2	20
>7	21	9	4	4	38

totaal	43	24	20	10	97

Bijlage 1.17. Verdeling van het aantal percelen naar de mate van optreden van voetziekte tijdens de bloei, ingedeeld naar de kwaliteit van de structuur in 1986 en 1987, missing 4.

ziekte-index	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

structuur					
0-1	11	7	1	2	21
1-2	21	14	16	4	55
2-3	8	4	2	3	17
3-5	1	0	0	1	2

totaal	41	25	19	10	95

Bijlage 1.18. Verdeling van het aantal erwtepercelen naar de mate van optreden van voetziekte in juni 1986 en 1987, tijdens de bloei, ingedeeld naar het organische-stofgehalte en het percentage afslibbaar van de grond.

Missing: 2.

ziekte-index	0-1	1-2	2-3	3-5	totaal

percentage					
organische stof					
0-1	0	0	0	0	0
1-3	30	15	9	2	56
3-5	9	7	10	8	34
5-8	1	1	1	0	3
>8	3	1	0	0	4

totaal	43	24	20	10	97

Bijlage 2

UITKOMSTEN VAN PROEVEN

Om de omvang van dit verslag niet te groot te maken volgt hieronder een samenvatting van deelonderzoek, dat gedaan is ter ondersteuning voor het ontwikkelen van de biotoets. Het gaat hier om relatief kleine proefjes om de invloed van factoren zoals omstandigheden tijdens de bewaring, methoden van verwerking van de monsters en de in te stellen groeiomstandigheden tijdens het uitvoeren van de biotoets te onderzoeken.

2.1. Screening van voetziekteverwekkende gronden

Doel

Materiaal en methode

Het onderzoek werd gedaan aan grondmonsters van proef- en praktijkpercelen waarin PAGV- en IPO-onderzoekers in de voorafgaande jaren met het optreden van voetziekte in de groene erwten waren geconfronteerd. Elk perceel grond werd bemonsterd en potklaargemaakt. Als uitgangspunt werd de procedure gebruikt die door Bouthot (1979) en Bouthot & Bonnel (1979) is beschreven om moeheidsproblemen in de grond op te sporen.

Als toetsplant werd erwt van het ras Finale gekozen en het zaaizaad werd met verschillende fungiciden behandeld. De behandelingen werden in blokken ingedeeld en als randen werden potten gebruikt die gevuld waren met grond waarin nooit eerder erwten waren geteeld. De proeven vonden plaats in de kas op tabletten en water werd via een doek van onder toegediend. De temperatuur werd op 18 graden C ingesteld.

Aangezien in de kas geen koelvoorzieningen aanwezig waren werd er bij temperaturen boven de 24 graden C geventileerd. De relatieve luchtvochtigheid werd zoveel mogelijk boven de 80% gehouden door de vloer constant nat te houden.

Na vier à vijf weken werden de wortels gespoeld en werd de aantasting van: de vaatbundels, zaadaanhechtingszone (cotylen en ongeveer 0,5 cm epicotyl-hypocotyl), epicotyl (voet) en wortels apart beoordeeld. De mate van aantasting werd in een schaal 0 t/m 5 ingedeeld, waarbij 0 gezond is en er een vijf werd gegeven als er sprake was van ernstige rotting van de schors.

De cijfers per onderdeel werden gewogen, de beoordeling van wortels en van de voet wogen elk even zwaar, tot een nieuw cijfer, de ziekte-index (ZI).

Resultaten

Een samenvatting van deze proeven staat in bijlage 2.1.1. Het betreft de uitkomsten van de zes proeven. Op de zwaar besmette gronden CA8, CTE en MD waren de planten op het moment van de beoordeling zeer zwaar aangetast. Op perceel MD was het gewas zelfs volledig mislukt.

Tijdens deze proeven werden er geleidelijk aanpassingen in potgrootte, zaaidiepte en het aantal planten per pot ingevoerd. Er werd veelvuldig gebruikt gemaakt van de grond die van een PAGV proef met continueelt erwten afkomstig was (CTE). Dit omdat deze grond de meest representatieve pathogene schimmels van het voetziektecomplex bevat, de fysische eigenschappen goed bekend zijn en omdat het een makkelijk hanteerbare grond is.

Bijlage 2.1.1. Ontwikkeling van voetziekte (ZI) in groene erwten, ras Finale, op gronden van uiteenlopende aard en besmettingsgraad.

	grond	code	erwt 10/j.	ziekte- verwekkers	zaadbeh. (effect)	ZI	opmerkingen nr	type
1	l.klei	Blank	0	-	3 (-)	1.0*	nooit erwten erop ge teeld	
		CA8	2	Phyc.;Fus.;	3 (-)	4.5	doperwten in 1982/'83	
		CTE	7	Ascoch.;Fus; Phyc.	3 (-)	4.4	erwteteelt sinds 1979	
2	z.klei	MD	4	Fus.;Phyc.	3 (-)	4.5	mislukte teelt	
3	zavel	RH	2	Ascoch.;Fus.	3 (-)	2.0	matig besmette perceel	
4	klei	BH	2	Asco.;alen;	3 (+)	0.8	uit 1:3 en 1:6 jaar	
		BH	1		3 (+)	0.7	rotatie tot 1979.	
5	veen	MH	1	-	3 (-)	0.4	niet besmet	
6	z.klei	SVP	1+	Fusarium	2 (-)	0.5	+fusariose in veldbonen.	

zaadbehandeling: 3 = TMTD, Carbendazim en Aliëtte

2 = TMTD, Aliëtte of Apron.

ziekteverwekker: Phyc = Phycomycetes

Fus = Fusarium spp.

Asco. = Phoma medicaginis var. pinodella,
Mycosphaerella pinodes.

+ = significant effect van zaadbehandeling (P=0.05).

* = significant verschil in voetziektedruk tussen de gronden (P=0.05)

2.2. Screening van toetsplanten

Doel

Het onderzoeken van de gevoeligheid van rassen voor voetziekte.

Materiaal en methode

In twee proeven werd de gevoeligheid van erwterassen voor voetziekte gescreend.

In een eerste proefopzet werd de ontwikkeling van voetziekte in doperwten, op een grond waarop sinds 1979 erwten verbouwd zijn (CTE), onderzocht.

Tegelijkertijd werd er een proef gedaan met de erwterassen Finale en Solara op een drietal gronden: Twee zwaar besmette gronden, CTE en CA8 en een grond waarop de afgelopen 10 jaar geen erwte teelt heeft plaatsgevonden, CTM. Deze proeven werden in het najaar van 1985 uitgevoerd.

Resultaten en conclusies

De uitkomsten van de proef met de doperwterassen zijn in bijlage 2.2.1 samengevat. In bijlage 2.2.2 staan de resultaten van het onderzoek naar de voetziektegevoeligheid van de erwterassen Finale en Solara op drie gronden.

Bijlage 2.2.1. Voetziekteaantasting bij verschillende doperwterassen op zwaar met voetziekteverwekkende pathogenen besmette grond (CTE). 1985

ras	ZI
Evi/bonette	1,8 a
Cisca	2,9 a,b
Lizette	3,4 a,b
Minarette	3,5 b,c
Starlette	3,6 b,c
Douroy	3,6 b,c
Aliëtte	3,9 b,c
Marzia	4,6 b,c

LSD: 1.52.

Het verschil in gevoeligheid van rassen gevolgd door dezelfde letter zijn statistisch niet betrouwbaar. (Duncan test)

Bijlage 2.2.2. Voetziekte-aantasting bij twee praktijkrassen groene erwten op drie gronden met een verschillende teeltgeschiedenis. (1985)

grond	CTE	CA8	CT-maïs

ras			
Finale	3.7 a	4.6b	2.2c
Solara	4.1 a	4.9b	2.2c

Ct-Maïs: Grond afkomstig van een proefveld waarop continu maïs geteeld wordt.

CTE : Sinds 1979 continueelt erwten.

CA8 : Grond met een hoge ziekte-index.

De rassen zijn beiden even gevoelig, maar er is wel een statistisch betrouwbaar verschil tussen de aantasting op de verschillende gronden ($P=0.001$) (LSD: 0.7).

Conclusies ten aanzien van screening van gronden en planten.

De uitkomsten van deze serie proeven toonden aan:

1. Voetziekte in erwten kan worden opgeroepen wanneer deze op een voetziekte-verwekkende grond in potten in de kas worden geteeld.
2. De rangorde in symptoomintensiteit, onafhankelijk van het type symptoom, gaat goed samen met die in de veldsituatie.
3. Door de relatief extreme omstandigheden in de kas en het geringe buffervermogen van de grond in de kleine potten treedt de voetziekte snel en ernstiger op dan in het veld. Het gebrek aan een consistent fungicide-effect kan door hierdoor worden verklaard.
4. De rassen kunnen verschillend reageren op eenzelfde ziektedruk vanuit de grond. Finale en Solara reageren even sterk als de meest vatbare doperwte-rassen. Voor verder methodologisch onderzoek kan Finale gebruikt worden.
5. De methode van watergeven moet worden aangepast wegens het gevaar van onderlinge besmetting via het doek. Er moet naar een systeem van individuele watervoorziening worden overgeschakeld.
6. Het gebruik van controle, in de vorm van randplanten op gezonde grond, in de proeven is niet raadzaam gezien het schaduw effect van planten die erop groeien ten opzichte van de planten die op zieke grond staan.
7. De toetsplanten kunnen het best op een bepaald, nauwkeurig aan te geven ontwikkelingsstadium worden beoordeeld. Variabiliteit in groeiomstandigheden

met name licht en temperatuur, kunnen gemakkelijk leiden tot een verschuiving in de mate van aantasting bepaald op het zelfde grondmonster. Het meest geschikt moment lijkt kort voor de bloei, het zgn. "groene knopstadium", te zijn.

2.3. Methodologie

Toetsomstandigheden

Om een snel en betrouwbaar resultaat te krijgen is er gezocht naar omstandigheden waarbij de toetsplant zo optimaal mogelijk groeit en de grond zo snel en volledig mogelijk wordt doorworteld. Hiertoe zijn onder een aantal verschillende omstandigheden planten in potten opgekweekt.

A. Vochtbehoefte van erwten in potten

Bepaling van het vochtregime voor een optimale groei.

Voor een goede voor de plant, en daarmee een snel beworteling van de grond, speelt de vochtvoorziening een belangrijke rol. In een proef werd nagegaan in welke vochtgehaltetraject de erwt in potten optimaal zich ontwikkelt en groeit.

Materiaal en methode

Deze proef werd uitgevoerd op een zavelgrond (32%-afslib.) met een vochtgehalte bij pF2 van ongeveer 26 gewichtsprocent. De grond was niet met voetziekteverwekkende pathogenen besmet.

Resultaten

De uitkomsten staan in fig 2.3.1. weergegeven. Kieming en opkomst zijn optimaal bij een breed traject van vochtgehalten. De lengtegroei is het best bij een vochtgehalte van 25%. Het aantal bladeren per plant wordt pas beïnvloed in de extreem droge en natte trajecten. Zie bijlage 2.3.1.

Bij afwezigheid van ziekteverwekkers in de grond veroorzaakt waterovermaat, in dit geval meer dan 30 gewichtsprocent vocht, een doorzichtig uiterlijk van de epicotylschors en het omkrullen van de bladeren.

Bijlage 2.3.1. Het effect van het vochtgehalte van de grond op de opkomst, de lengte van de planten en het aantal bladeren per plant, 12 dagen na opkomst.

Grond code PAGV 1449, zware zavel.

gewichtsperscentage vocht	10	15	20	25	30	35	40	45

opkomstpercentage*	73	98	100	98	78	50	28	1
lengte (cm) *	2.7	5.7	5.7	6.5	5.3	4.3	1.0	1.0
bladeren per plant*	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.7	1.0

effect behandeling (*: $P = 0.05$).

B. Effect van bodemvochtgehalte en temperatuur op voetziekte

Doel

Materiaal en methode

Vier vochttrappen en twee temperatuurregimes werden op de zieke CTE-grond onderzocht. Het vochtgehalte bij pF 2 bedroeg ongeveer 26 gewichtsprocent, de potten hadden een inhoud van 2.6 liter en de soortelijke massa bedroeg 1.1 g/cm^3 .

Resultaten

De uitkomsten van deze proef staan in bijlage 2.3.2. De uitkomsten wijzen op een enorme invloed van het bodemvochtgehalte op de intensiteit van de voetziekteaantasting. Door een verhoging van het vochtgehalte van de grond neemt de mate van aantasting door voetziekte lineair toe. Zie fig 2.3.2.

Bijlage 2.3.2. Het effect van het vochtgehalte van de grond en de temperatuur op de ernst van de aantasting van voetziekte (ZI). Tussen haakjes de variatiecoëfficiënt per object.

gewichtspercentage vocht	15	20	25	30

temp. C	----- ZI -----			
17	0.4(20)	1.4(8)	2.8(10)	3.4(8)
24/16	0.8(34)	1.6(42)	2.3(19)	3.4(28)

Vochteffect ($p = 0.05$); geen temperatureffect.

In het object 15% vocht ontwikkelden zich bijna geen symptomen. Dit gebrek aan infectie betrof ook die door *Rhizobium*. Bij 30% vocht was het optreden van een doorzichtige tot lichtbruine rotting dominerend. Dit is typisch voor een aantasting door phycomyceten.

Ascochyta- en *Fusarium*aantastingen komen bij 20-25% vocht goed tot uitdrukking. De gebruikte grond heeft een vochtgehalte van ongeveer 26% bij veldcapaciteit. De bepaling van het vochtgehalte is vrij eenvoudig en levert een goed ziektebeeld.

Hogere temperaturen leidden niet tot meer aantasting maar veroorzaakten een grotere variabiliteit in de infectie (vergelijk de variatiecoëfficiënt in bijlage 2.3.2).

C. Het effect van de lengte van de opkomstperiode

Doel

Het doel van de proef was het bestuderen van de effecten van koude, via opkomstduur, op de aantastingskracht van voetziekteverwekkers.

Materiaal en methode

De proef werd uitgevoerd met zwaar besmette grond van CTE en CA8 (bijlage 2.2.1). De variatie in opkomstduur werd geforceerd door kou. Drie series potten werden bij 5°C ingezet totdat 1, 2/3 en 1/3 van de benodigde warmtesom voor kieming en opkomst werd bereikt. De tijdstip van inzetten van de proef was zodanig, dat de gewenste temperatuursom van de drie objecten op hetzelfde moment werd bereikt. Op het moment dat gezaaide erwten van object T-som -1 boven kwamen werden de potten verdeeld in twee compartimenten bij resp. 17°C en 24°C.

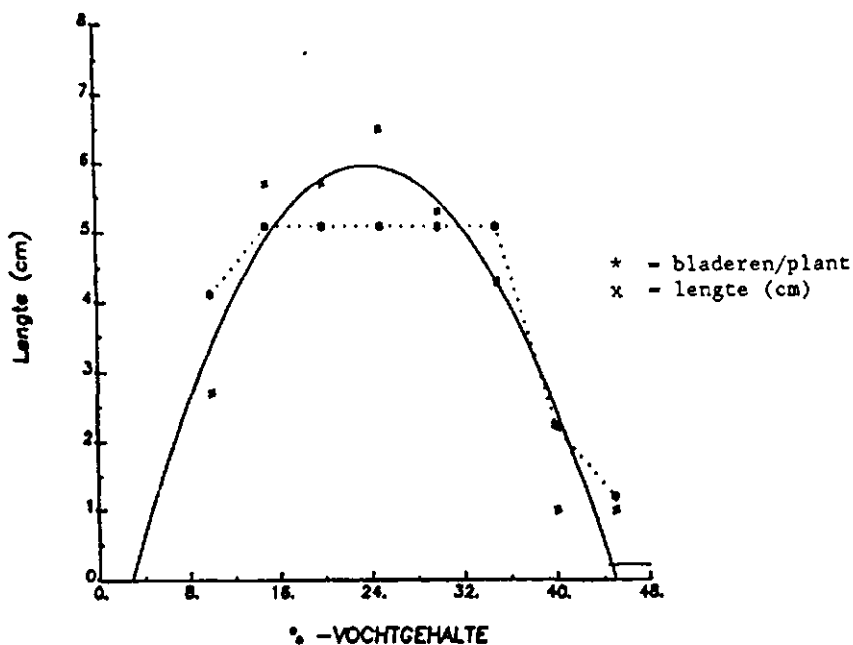


Fig. 2.3.1. Effect van het percentage vochtgehalte van de grond (g/g) op de lengtegroei (cm) en de ontwikkeling (bladeren/plant) van erwt.
Ras: Finale.

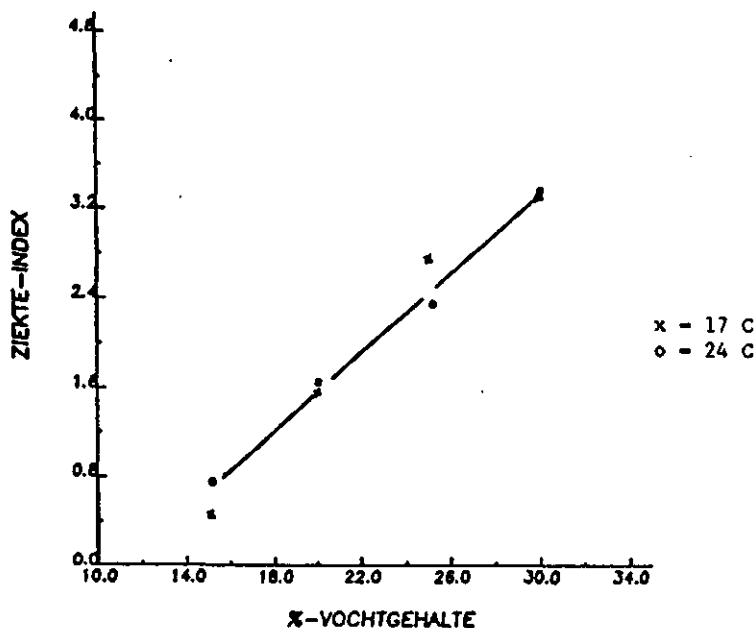


Fig. 2.3.2. Effect van het percentage vochtgehalte van de grond en de luchttemperatuur op de ontwikkeling van voetziekte in de erwt.

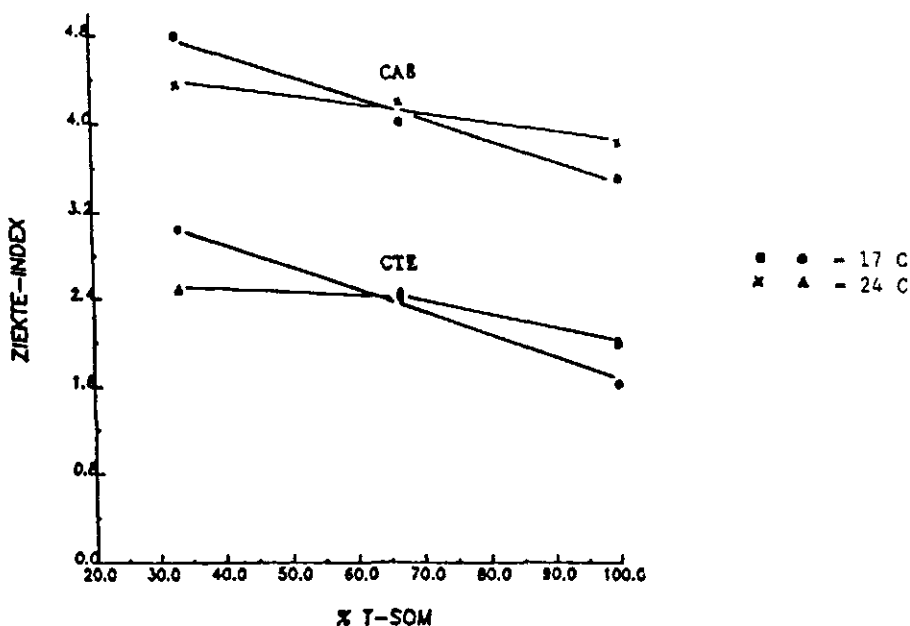


Fig. 2.3.3. Ontwikkeling van voetziekte in erwten op twee zwaar besmette gronden. De benodigde warmtesom voor opkomst (150°-dag) werd bereikt door de objecten op verschillende tijdstippen bij 5°C in te zetten.

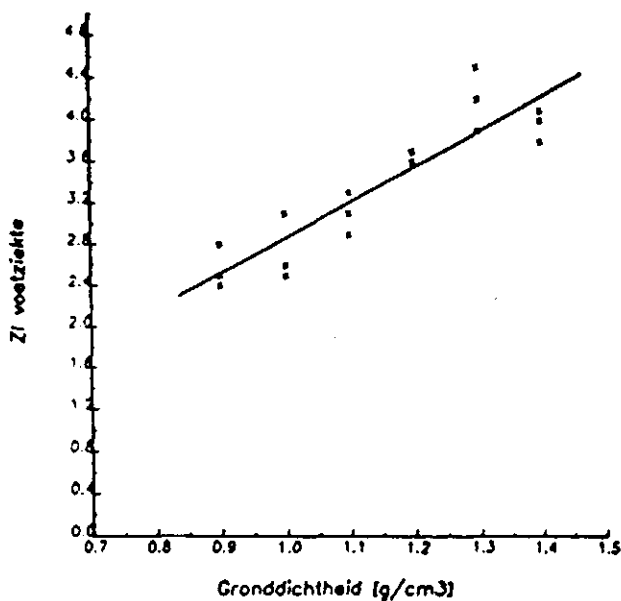


Fig. 2.3.5.1 Effect van de dichtheid van grond in de pot (g/cm^3) op de ontwikkeling van voetziekte.

Resultaten:

Bijlage 2.3.3. Het effect van door kou geforceerde verschillen in kieming en opkomst, met als criterium de warmte behoefte voor de kieming en opkomst (ca. 150 graden-dag) op de ontwikkeling van voetziekte bij twee temperatuurniveaus op twee hoog besmette gronden (CTE, CA8).

T-som voor opkomst							
	-----				-----		
CTE	1	2/3	1/3	CA8	1	2/3	1/3

toets_T (C)							
17	2.00	2.45	2.48		3.85	4.20	4.35
24	1.63	2.42	3.05		3.53	4.03	4.80

De ontwikkeling van voetziekte is verschillend voor de twee grondsoorten ($P < 0.001$) terwijl het effect van de T-som en de groeitemperatuur op voetziekte gestrengeld is ($P = 0.04$).

De uitkomsten tonen aan dat een lange kiemingsperiode van het zaad, geforceerd door lage temperatuur, niet noodzakelijkerwijs tot een meer gevoelige plant en daarmee tot meer infectie leidt. In tegendeel; bij de ingestelde behandeling bleek een tendens van een negatief verband tussen de lengte van de opkomstperiode en de aantasting van voetziekte te bestaan. Dit effect is sterker bij 24 dan bij 17 graden Celcius, zie fig. 2.3.3. Het zou kunnen betekenen dat de groeiactiviteit van de erwten bij de beproefde temperatuur, groter is dan die van zijn pathogenen. Koude als voorbehandeling leidde niet tot een versnelling in de verschijning, noch veroorzaakte een verzwaring van de ernst van de aantasting.

2.3.1. Invloed van bevriezen en ontdooien op de pathogenen

Doel

De biotoets moet bij voorkeur in het najaar plaatsvinden om tijdig een advies te kunnen geven. De vraag is dan of de weersomstandigheden tijdens de winterperiode de virulentie van de aanwezige pathogenen kunnen beïnvloeden. In een proefopzet is onderzocht op welke wijze langdurige bevriezing van de grond en/of een herhaaldelijke proces van bevriezen en ontdooien de virulentie van de pathogenen beïnvloedt.

Materiaal en methode

Er werd gewerkt met zwaar besmette grond van het proefveld continueelt erwten (CTE-grond). Deze werd op twee vochtgehalten gebracht, namelijk: 15 en 25 gewichtsprocenten. De helft van de grond werd aan een tweewekelijkse cyclus van bevriezen (-20°C) en ontdooien (20°C) blootgesteld. De andere helft bleef de hele periode (1 maand) op -20°C. Na ontdooien zijn beide partijen op 23% vocht gebracht en zijn er erwten op gezaaid. De planten werden onder twee temperatuurregimes opgekweekt, namelijk: 17°C en 24/17°C.

De uitkomsten van de proef staan in bijlage 2.3.1.1 weergegeven.

Bijlage 2.3.1.1. Effect van het vochtgehalte van de grond en bevriezen en ontdooien op de virulentie van voetziekteverwekkende pathogenen. Toetsplanten werden op deze gronden bij twee temperatuurniveaus gekweekt.

	15%-vocht		25%-vocht	
	-20°C	-20/+20	-20°C	-20/+20

temp (°C)				
17	2.10	2.63	3.17	3.23
24/17	2.43	2.93	2.27	3.63

Geen van de behandelingen heeft een statistisch significant effect op de ontwikkeling van de ziekte (ZI: 0 t/m 5)

Hoewel niet van een statistisch betrouwbaar effect ($P = 0.10$) gesproken kan worden bleek, tegen de verwachting in, dat de symptomen heviger optreden in planten, bij grond blootgesteld aan een dubbel cyclus van vriezen/ontdooien in vochtige toestand.

Het verschil in temperatuur tijdens de proef heeft niet een verschil in aantasting tot gevolg maar bij 24/17°C vond wel enige vorming van sclerotia in wortels en epicotyl plaats.

2.3.2 Effect van het bewaren van de grond op de voetziektedruk

Doel

Het werken met gestoorde monsters welke voor het inzetten een periode bewaard moeten worden kan tot gevolg hebben dat een deel van de microflora, ook van de pathogene microflora, verloren gaat. In studies over de wijze van bewaren van de grond stelde Golebiowska [op citaat Johnson 1952] vast dat de hoeveelheid micro-organismen tijdens de eerste 14 dagen van bewaren sterk vermindert. Deze afname is in droge gronden drastischer dan in vochtige. Na 14 dagen veranderde de hoeveelheid micro-organismen nauwelijks meer. Dit evenwicht handhaafde zich gedurende zeven maanden.

Materiaal en methode

Gedurende vier maanden werden monsters van twee zwaar besmette gronden onder verschillende omstandigheden bewaard. In proef 1 werd een deel van de grond (CA8) onder koele omstandigheden, bij 5°C, in vochtige toestand bewaard. Een ander deel werd op kamer temperatuur (ca. 18°C) in droge toestand bewaard.

In proef 2 werd de grond (CTE) in vochtig en in droge toestand bij 5°C bewaard.

Voor beide proeven werden de monsters verwerkt en in potten gedaan waarna er erwten met twee verschillende zaadbehandelingen in werden gezaaid. Na zes weken werden de planten beoordeeld.

Resultaten

In bijlage 2.3.2.1 staan de resultaten van de proef weergegeven.

Bijlage 2.3.2.1. Het effect van het bewaren en de wijze van bewaren van grond op het vermogen voetziekte in erwt te verwekken. De bewaarperiode bedroeg vier maanden.

Het zaaizaad werd door twee verschillende middelen ontsmet.

herkomst grond	Proef 1 :CA8		Proef 2 :CTE	
	5°C (nat)	18°C (droog)	vochtig	droog

zaadbehandeling				
Apron	3.9	0.9	2.4	2.0
Carb+TMTD	1.6	0.2	1.4	1.5

Het droog bewaren van gronden kan ingrijpende gevolgen hebben voor de mate van optreden van de ziekte. De bewaring op zich lijkt de gevoeligheid van de voetziekteverwekker voor fungiciden te vergroten.

2.3.3. Effect van de bewaringsduur en vochtgehalte op de voetziektedruk in de grond

Doel

Onderzoek naar de effecten van langdurige bewaring op de ziekte-index.

Materiaal en methode

Vergeleken werd de ontwikkeling van voetziekte in erwten op grondmonsters, die in oktober 1986 genomen waren met monsters van hetzelfde perceel die in december 1987 genomen. De grondmonsters werden in gesloten plasticzakken in het donker bij 5°C bewaard.

Bijlage 2.3.3.1. Invloed van bewaarduur en vochtgehalte van de grond tijdens het bewaren op de ziekte-index (ZI). Bewaartemperatuur 5°C.

bewaarduur (maanden)	vocht gewichtst	ziekte-index ZI
20	5	1.6
20	14	2.3
6	5	2.5
2	14	3.4
4	20	3.7(controle)

Tukey-grenswaarde (P 0.05) behandelingen: 0.49.

De toets werd in maart en mei 1988 uitgevoerd. De grond was afkomstig van een proefveld waarop sinds 1978 continue erwten werden verbouwd (CTE).

De uitkomsten van de proef staan in bijlage 2.3.3.1 weergegeven. Langdurige bewaring leidt tot een vermindering van de infectiedruk in de grond. De mate waarin dit optreedt bleek opnieuw afhankelijk van het vochtgehalte van de grond tijdens de bewaring.

2.3.4. Effect van langdurig bewaren van grondmonsters van uiteenlopende aard en ziektedruk

Doel

Het onderzoeken van de effecten van bewaarduur van grondmonsters op de virulentie van de microflora.

Materiaal en methode

De grondmonsters werden in maart 1987 verzameld en direct op voetziekte getoetst. Een deel van de monsters werd in gesloten plastic zakken bij 5°C in een koelcel bewaard. In augustus 1988 werd de toets in kleine vierkante buisjes (100 cc) herhaald.

Resultaten

Met uitzondering van de monsters 2 en 3, die tijdens de bewaring sterk uitdroogden, was het vochtgehalte van de monsters bij het inzetten nog redelijk hoog. In bijlage 2.3.4.1 staan de ZI-waarden van de twee toetsen weergegeven.

Bijlage 2.3.4.1. Het effect van langdurig bewaren van grondmonsters van verschillende bodemtypen en met een uiteenlopende voetziektedruk op de virulentie van de microflora. Resultaten van de toets in maart 1987 (ZI-87) en augustus 1988 (ZI-88).

Bewaarduur : 1,5 jaar bij 5°C.

perceel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ZI-87	2.5	3.1	1.2	0.7	1.6	1.5	1.7	3.1	1.9	1.6	2.0	3.0	3.7
ZI-88	1.7	0.5*	0.4*	1.4	1.6	1.6	1.4	1.8	1.2	0.5	2.5	3.7	4.0

*: bij inzetten van de toets monsters in luchtdroge toestand

Het is opmerkelijk dat in 6 van de 13 toetsmonster of geen verandering of zelfs een verhoging van de ziektedruk in de monster constateert. Voor een deel valt dit uit het verschil intoetsmethodologie te verklaren. Op kleine buisjes treedt in de regel snel en heviger infecties dan in potten, op.

Het verlaging in ziekte-index (ZI) tussen de twee toetstijdstippen wijst erop dat er tijdens een langdurige bewaarperiode in het bijzonder ingrijpend kan worden als de monster uitdroogt of droog wordt bewaard.

Uit de serie bewaarproeven blijkt duidelijk dat: hoge temperaturen en het uitdrogen van de grond leiden tot een significante reductie van de ziektedruk in de monsters.

Het bewaren van grondmonster in een vochtige toestand bij 5°C. heeft een goed conserverend effect op de virulentie van de pathogenen. De uitkomsten komen overeen met die van Manka 1964 [op citaat Johnson 1972] die vond dat wanneer grond op kamertemperatuur wordt uitgedroogd, er binnen 24 uur een afname in zowel het aantal als de soorten schimmels plaatsvindt.

Ook wijzen de proefuitkomsten aan dat het bewaren van grondmonsters gedurende periodes langer dan een half jaar niet wenselijk is. Voor het toetsen van de grond in het najaar betekent dit dat het perceel ruime tijd van te voren bemonsterd kan worden. In Canada vindt de screening van geschikte percelen voor de erwte-teelt in feite, al plaats in het groeiseizoen voorafgaand aan het teeltjaar [Tu 1987].

2.3.5. Effect van de grond dichtheid op de ontwikkeling van voetziekte

Onderzoek naar de invloed van dichtheid van de grond in potten op de ontwikkeling van de toetsplanten en de ziektesymptomen.

Verdichting van de (CTE) grond in potten leidde in het traject 0.9 t/m 1.4 (g/cm^3) tot een lineaire toename ($P=0.05$) van de aantasting tussen ZI = 2.6 en 4.0, zie fig. 2.3.5.1. Op deze grond was de kieming en de groei van de plant het best bij een dichtheid van 1.1 gram per kubieke centimeter. Het is nuttig te herinneren dat in deze proef de grond werd op 26% (gravimetrische) vocht gehalte gebracht. Dit betekent dat de volumetrische vochtgehalte (cm^3/cm^3) van de grond evenredig met de dichtheid van de grond toeneemt. Een deel van het gedrag van de aantasting in deze proef is waarschijnlijk verklaard door deze laatste factor.

2.3.6. Dichtheid en vochtgehalte van de grond

Doel

Onderzoek naar het bestaan van empirische relaties tussen de zwaarte van de grond - gestoorde grondmonsters -, de vochtgehalte (g/g) en de optimale dichtheid voor de plantengroei.

Materiaal en methode

Voor het uitvoeren van de toets is het van belang snel een schatting te maken van de grootte van de veldcapaciteit en de optimale dichtheid van grondmonster.

Deze parameters werden in 1986 geschat door per grondtype drie cylindertjes met een inhoud van 100 cc., voorzichtig te vullen. De grond werd verzadigd en daarna gedurende 48 - 72 uur in een koelcel bij 5°C gezet om de monsters uit te laten lekken. In 1987 werd met een vijftigtal gronden dezelfde procedure gevolgd maar toen werd het vochtgehalte bij pF 2 op een pF-tafel bepaald.

Resultaten

Er bleek een fraai verband te bestaan tussen het percentage afslibbaar en het vochtgehalte bij veldcapaciteit (zie fig. 2.3.6.1). Door het toevoegen van de organische-stofgehalten, in een regressie model, kon deze relatie nog worden verbeterd, zie deel II methodologie.

De grond dichtheid die bij deze bepalingen wordt verkregen kan als richtlijn worden gebruikt bij het vullen van de potten. Merkwaardig is het feit dat, zoals in fig. 2.3.6.2 blijkt, hoe zwaar een grond is hoe minder verdicht hij in de pot moet worden gedaan.

2.3.7. Watervoorziening

Er werd nagegaan of het mogelijk is gebruik te maken van automatische systemen. Wegen en peilen werd vergeleken met druppel- en regen- systemen. De twee grootste bezwaren van de twee laatstgenoemde systemen waren de relatief heterogene verdeling van water en dat bij het voortschrijden van de ziekte zich water ophoopt in de potten, waardoor verzadiging optreedt. Er werd een waterdoseerunit ontworpen welke op van te voren ingestelde streefgewichten per pot automatische water levert. Aan het eind van 1988 werd ook met "self-irrigated" potten geëxperimenteerd. Prototypen hiervan werden door de technische dienst van de vakgroep Landbouwplantenteelt van de landbouw universiteit Wageningen vervaardigd.

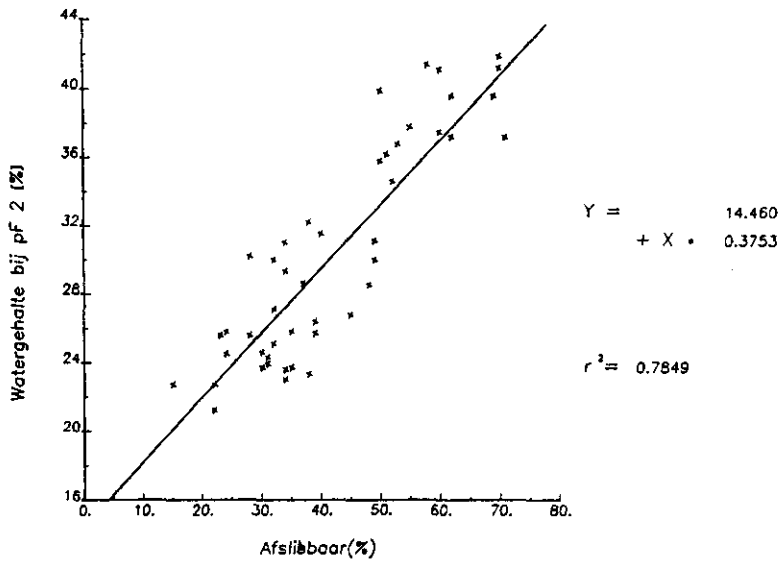


Fig. 2.3.6.1. Verband tussen de zwaarte van de grond (% afslibbare deeltjes) en het percentage gravimetrische vochtgehalte (g/g) bij pF = 2. Grond in gestoorde toestand.

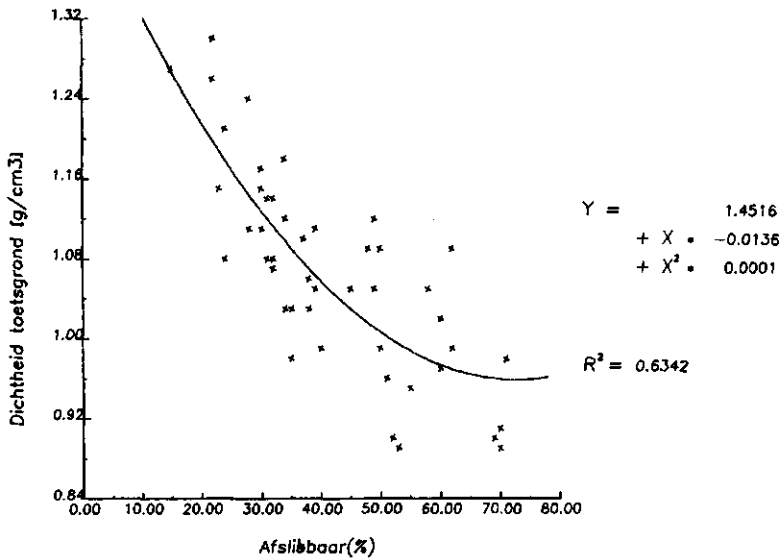


Fig. 2.3.6.2. Verband tussen de zwaarte van de grond en de meest geschikte dichtheid van de grondmonster bij het toetsen op besmetting.

2.3.8. Verkorten van de toetsperiode door rassenkeuze

Doel

Het screenen van rassen die in korte tijd duidelijke symptomen ontwikkelen.

Materiaal en methode

In 1988 werden naast het in het onderzoek gebruikte ras Finale nog negen andere rassen geselecteerd en getoetst. Nagegaan werd, of snel bloeiende rassen in de kortere periode tot de bloei een vergelijkbare hoeveelheid infectie ontwikkelen. Als toetsgrond werd zwaar besmette grond (CTE) genomen. De aantasting werd vastgesteld op moment dat de eerste bloem begon te verkleuren.

Resultaten

De uitkomsten wijzen erop dat een verkorting van de toetsperiode met 10 dagen mogelijk is, zie bijlage 2.3.8.1. Kolette en Marzia ontwikkelden op deze zwaar besmette grond een sterk afwijkend ziektebeeld. Marzia ontwikkelde overheersend wortelrot terwijl zich bij Kolette donker-bruin tot paarskleurige drogerot voordeed.

Bijlage 2.3.8.1. Voetziekte-index (ZI) bij verschillende rassen op het moment dat de eerste bloem opende (duur - dagen na zaai).

ras	duur	ZI

Marzia	26	4,0
Sonar	26	4,0
Early alaska	26	3,3
Thomas laxton	26	3,0
Barette	31	3,6
Kolette	31	3,7
Early perfection	34	3,5
Mantica	38	5,0
All round	38	5,0
Finale	38	4,2

Tukey-grenswaarde voor voetziekte aantasting ($P=0.05$) : 0.588.

In het ras All round werd een typische fusarium aantasting waargenomen. Dit ras reageerde al heel snel met symptomen (na 18 dagen) en was bij de beoordeling

volkomen verrot. Hoewel het hier voetziektreacties op slechts een type grond betreft, kan men toch verwachten dat het samenstellen van een differentiërend rassensortiment op pathogene soorten wel mogelijk is. Het vervangen van Finale door kort bloeiende rassen moet als een serieuze mogelijkheid genomen worden de toetsperiode te bekorten. Om een definitieve uitspraak te kunnen doen is meer onderzoek nodig.

3.1 BEOORDELINGSCRITERIA VOOR VOETZIEKTE

De infectie veroorzaakt door pathogenen roept bij het waardplantweefsel een overgevoeligheidsreactie op waardoor een lesie, necrose, en uiteindelijk rotting ontstaat.

Deze kwalitatieve veranderingen of symptomen maken een visuele onderscheiding tussen gezond en ziek mogelijk. Door telling van bijvoorbeeld het aantal lesies, meting van bijvoorbeeld de lengte van de verkleuring, of schatting van het rotte deel van de plant kan de ziekte worden gekwantificeerd. In feite kan elke verandering in de waardplant, die een reactie is op de activiteit van het pathogeen, als basis dienen om een ziekte-index schaal samen te stellen. In tegenstelling tot loofziekten heeft de beoordeling van voet- en wortelziekten weinig aandacht gekregen. Mogelijk als gevolg hiervan zijn de criteria nogal inconsistent. De meeste onderzoekers geven de waardering van voetziekte in kwalitatieve termen: Geen, lichte, matige, zware- en zeer zware infectie. In overeenstemming met deze indeling varieert de schaal vaak tussen een ziekte-index van 0 t/m 5 [onder andere Reinlik et 1958, bidldle 1984, Basu et al 1976, Clarson 1978, Salt en delaney 1987]. Soms wordt het aantal zieke of afgestorven planten als criterium voor de hoeveelheid ziekte gebruikt (zie deel I). Ook zijn er pogingen gewaagd de intensiteit van de ziekte aan een mechanische [Siemer en Vaughan 1977] of een fysische [Tu en Tan 1985] respons te relativeren.

3.2 Ziekte-index-schaal

Om een bepaalde hoeveelheid infectie aan de al eerder genoemde ziekteklassen toe te kennen wordt er gebruik gemaakt van een ander criterium: het zieke weefsel wordt als percentage van het gezonde uitgedrukt. De grenzen waarop een bepaald aantastingspercentage bij de ene of de andere klasse valt zijn erg subjectief. Volgens de wet van Webster-Flechner (Hebert, 1982) is de nauwkeurigheid bij de waardering van het percentage (fractie) ziekte evenredig met de logaritme van de intensiteit van de stimulus in dit geval de fractie ziek en gezond weefsel. In de stimulus-respons curve neemt de waardering van de ziekte (respons) lineair toe terwijl de hoeveelheid stimulus op een logaritmische wijze toeneemt. Dus op een ziekteschaal in 10 klassen.

Bijlage 3.2.1. Het verband tussen de ziektewaardering en het aangetaste deel van de plant volgens Webster-Flechner.

ziektescore:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

aantasting :	0	0.30	0.47	0.60	0.70	0.78	0.85	0.90	0.95	1.00

In de meeste gevallen kiezen de onderzoekers zelf de grenzen binnen de procentuele schaal. Zo gebruiken Tu (1986) een lineaire verdeling: 0-10, 11-20, 21-30, ... 91-100 terwijl Barbetti et al. (1987) een indeling van: 0; <10; 10-70 en 70-100% gebruiken.

James (1971) heeft een uitgebreide studie gedaan naar de waarderingsmethoden in plantenziekten. Hoewel zijn resultaten veel meer op loofpathogenen betrekking hebben zijn de ziektediagrammen van halmziekten (met verdelingen in aantastingspercentage 1, 5, 10, 25 en 50%) goed toepasbaar bij voetziekte.

James (1971) geeft bij de beoordeling van ziekten duidelijk voorkeur aan het gebruik van lineaire schalen. Ziektescores kunnen desnoods naderhand in logaritmische waarden worden omgezet.

Welke schaal, de logaritmische of de lineaire schaal voorgesteld door James, de beste resultaten oplevert is niet duidelijk. In de literatuur ontbreken over dit onderwerp bewijzen dat de ene beter functioneert dan de andere (Hebert 1982). Een complicatie bij de waardering van voetziekte is dat de plaats van de aantasting even belangrijk kan zijn als de ernst van de aantasting. Zo kan een kleine diepe aantasting die de stengelhals (collar) omvat op de grens lucht-grond, de hele plant doden. Dezelfde lesie in de wortelhals (zaadaanhechtingszone) kan de plant van de hoofdwortel scheiden maar de plant zal bijwortels vormen waardoor deze aantasting niet fataal is voor de plant, door de veelvoudige vertakking van het wortelstelsel.

Bij waardering van voetziekte verdient het de voorkeur het epicotyl, de zaadaanhechtingszone (zaadlobben), de wortels en de vaatbundels apart te beoordelen.

Samenstelling van een voetziekte-schaal

De meeste voetziekte-indices (ZI) worden berekend op grond van een gewogen gemiddelde van de mate van infectie per plant (ZIplant):

$$ZI(\text{plant}) = (a * ZI(\text{epicotyl}) + b * ZI(\text{cotyl}) + c * ZI(\text{wortel}) + d * ZI(\text{vaatbundel}))$$

waarin a, b, c, d een percentage van het totaal
vertegenwoordigen

of vereenvoudigd:

$$ZI(\text{plant}) = (a * ZI(\text{voet}) + b * ZI(\text{wortel})) \quad \text{waarin } a + b = 100\%$$

De algemene ziektescore per object is:

$$ZI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ZI_i) \quad \text{waarin } n = \text{aantal planten.}$$

Wanneer de aantasting per plant aan een vaste klassewaarde (ZI_i) wordt toegerekend kan via vermenigvuldiging met de frequentie, waarin planten in een bepaalde klasse voorkomen, de ZI voor het object als volgt worden berekend:

$$ZI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i * ZI_i) \quad \text{waarin: } n = \text{aantal klassen; } f_i = \text{aantal planten per klasse; } ZI_i = \text{mediaan van de klasse } i$$

of:

$$ZI = F_1 * 1\% + \dots + F_n * 100\% \quad \text{waarin: } F = \text{frequentie.}$$

Bij een lineaire procentuele schaal, die in zes klassen (0 t/m 5) verdeeld is, heeft $ZI\%$ de volgende waarden : 0 ; 12,5 ; 37,5 ; 62,5 ; 87,5 ; 100.

Deze ziekte-indices zijn een nuttige parameter bij studies naar het effect van bepaalde handelingen, bijvoorbeeld bemesting, of een behandeling met een fungicide, maar ook van cultuurmaatregelen, op de mate van optreden van de ziekte. Voor kwantitatief epidemiologische onderzoek zijn er andere technieken nodig. De mate van ziekteaantasting op een bepaalde moment is het produkt van de inoculum potentieel in de grond en het ziekte potentieel. Onder ziektepotentieel wordt verstaan: De veranderingen in vatbaarheid van de waardplant voor de infectie bij verschillende fysiologische ontwikkelingsstadia. Ook heeft dezelfde hoeveelheid infectie (absoluut of procentueel) een andere betekenis voor de produktie van de plant wanneer deze in het stadium van kiemplant of in het

stadium van afrijping optreedt. Dit is er de reden van dat wanneer een plant of gewas op voetziekte wordt beoordeeld ook de fysiologische ontwikkeling van de plant of van het gewas zo nauwkeurig mogelijk moet worden vastgesteld. In bijlage 3.2.2 zijn de ziekte-index scores met de bijbehorende symptomen aan epicotyl, cotyl, wortel en vaatbundels weergegeven.

Bijlage 3.2.2. Schaal van de voetziekte_index bij erwteplanten tot aan het tijdstip van bloei. (Groene knopstadium). Zie fig. 3.2.2.1.

Score:

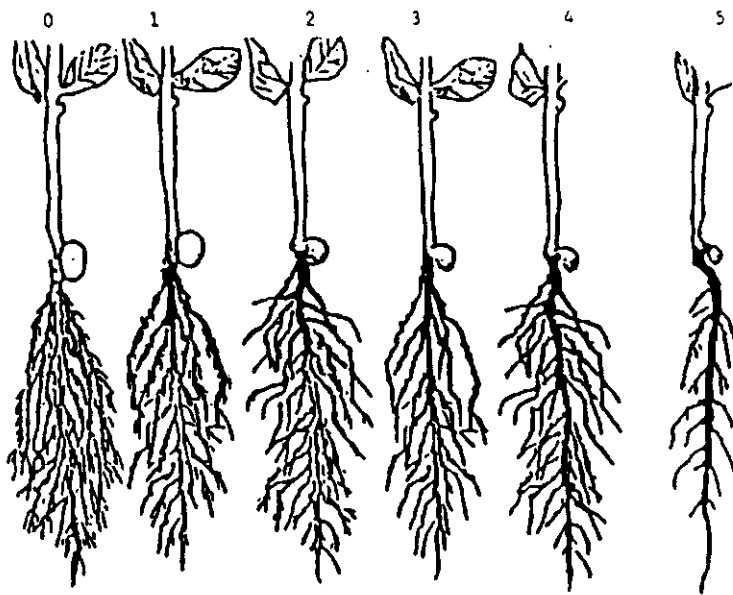
- 0 - 1 Epicotyl: Geen aantasting, kleine puntjes, bruin, zwart of waterachtig. Puntjes overgaand in vlek(ken) of streep(jes). Vlek niet stengelomvattend. Lesies tussen 0 en 12.5% van de voet. Aantasting oppervlakkig.
Cotylen: Gaaf. Vlekken op zaadlobben. Kleine vlekjes of streepjes op de wortelhals (zaadaanhechtingspunt).
Vaatbundels: 0 t/m 0.5 cm rode verkleuring. Meestal onder de zaadaanhechting.
Wortels: Weefsels blank en stevig. Goed ontwikkelde secundaire en tertiaire wortels. Aantasting meestal op de hoofdwortel. Lesies: 0-12.5% van het worteloppervlak.
- 1 - 2 Epicotyl: Punten of strepen samenvloeiend in een wel of niet omvattende vlek. Aantasting zonder duidelijk patroon. Wanneer de aantasting omvattend en zeer diep is kan infectiescore tot zelfs 5 oplopen. Aangetast weefsel tussen 12.5 en 37.5% van de voet.
Cotylen: aantasting matig op 1 of 2 lobben. Bij vorming van strepen of kleine vlekken op de wortelhals zijn deze niet omvattend. Lesies vrij ondiep.
Vaatbundels: Vaatverkleuring tot 1 cm lang onder Hypo- en epicotyl.
Wortels: Lesies op de hoofdwortel niet langer dan 1 cm. Door lichte aantasting van de fijnere wortels en wortelharen heeft de wortel een lichtbruine kleur. Aantasting op 12.5-37.5% van de wortel.
- 2 - 3 Epicotyl: Bij waterige aantasting ziet het weefsel er glazig uit, maar blijft goed vast. Lesies omvattend en matig diep. Necrose op 37.5 en 62.5% van de voet.
Cotylen: Lobben zwaar aangetast of weggerot. Lesie op de wortelhals omvattend en matig diep. Bij zeer diepe aantasting op de wortelhals treedt soms vorming van bijwortels bij het epicotyl op.
Vaatbundels: Roodverkleuring tot 2 cm lang. Naar de wortel, naar de epicotyl of in beide richtingen.
Wortels: Lesies breiden zich vanuit de hoofdwortel naar de secundaire wortels uit. Aantasting tussen 37.5 en 62.5% van de wortels. Bij een onbepaald aantastingspatroon worden de wortels homogeen bruin van kleur.
- 3 - 4 Epicotyl: Lesies diep en omvattend. Bij waterige aantasting wordt het weefsel zacht maar blijft vast. Aantasting tot 87.5% van de voet.
Cotylen: Lesie op wortelhals omvattend, diep en ongeveer 1 cm lang.
Vaatbundels: Roodverkleuring tot ongeveer de grondlijn of 3 a 4 cm naar de hoofdwortel uitgebreid. Op loof soms duidelijk verwelking en necrose van de onderste bladetakken.
Wortels: het schorsweefsel wordt zacht en is diep doorwoekerd. Tertiaire wortels en wortelharen zijn grotendeels weggerot.
Aantasting: 62.5 - 87.5 van de wortels. Pruning (snoei-effect).
- 4 - 5 Epicotyl: Aantasting op het hele epicotyl zelf tot een paar cm's boven de grondlijn. Het aangetaste weefsel is diep doorwoekerd en gebarsten. Bij waterige aantasting blijven slechts de vaatbundels over.

Cotyl: Zeer diepe aantasting van de wortelhals. Het hele wortelstelsel kan op dit stadium gescheiden zijn van het rest van de plant.

Fig. 3.2.2.1. Voetziektediagrammen.

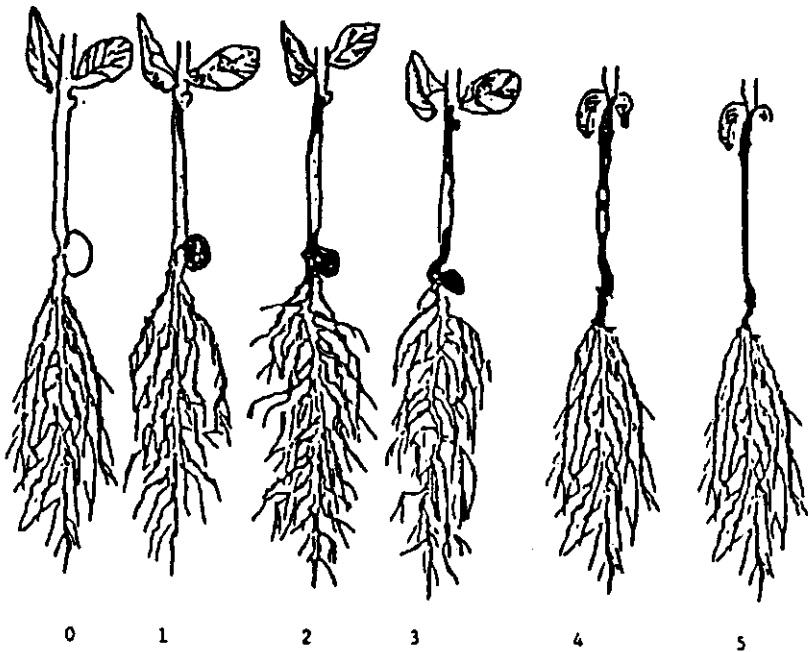
Wortelaantasting

Ziekte-index



Voetaantasting

Ziekte-index



Vaatbundels: Roodverkleuring tot zelfs de eerste of tweede knoop.

Op het loof treedt er stunt, sterke verwelking en necrose op.

Wortels: Schorsweefsel weggerot. Sterk pruning effect. Wortels donkerbruin of zwart. Bij zachte rot zien de wortels er draderig uit, alleen de vaatbundels blijven over.

Geciteerd en geraadpleegde Literatuur

1. Bakker R., Maurer Ch.L., Maurer R.A. 1967. Ecology of plant pathogens in soils. VI. Mathematical models and inoculum density. *Phytopathology* 57. 662-666.
2. Bald J.G. 1969. Estimation of leaf area and lesions sizes for studies on soilborne pathogens. *Phytopathology* 59 1606-1612.
3. Bald J.G. 1970. Measurement of host reaction to soil borne pathogens. In "root diseases and soil-borne pathogens". Eds Tousson T.A., Bega R.V., Nelson P.E., 1970. University of California Press. 252.
4. Barbetti M.S. 1987. *Phytophylactica* 19 57-60.
5. Basu P.K., Brown N.J., Crete R., Gourley C.O., Johnston H.W., Pepin H.S., Seaman W.L. 1976. Yield conversion factors for *Fusarium* root rot of Pea. Canadian Plant disease survey. Volume 56 1976.
6. Biddle A.J. 1984. A prediction test for pea footrot and the effects of previous legumes. British crop protection conference. Pest and disease. pp 773-777.
7. Campbell C.L. Pennypacker S.P. Modden L.V. 1980. Progression dynamics of hypocotyl rot of snapbeans. *The American Phytopathol. Soc.* 70(6) 487-494.
8. Clarson J.D.S. 1978. Pathogenicity of *Fusarium* spp. associated with foot rot of pea and beans. *Plant pathology* 27 110-117.
9. Ferrin D.M., Mitchell D.J. 1986. Influence of initial density and distribution of inoculum on the epidemiology of tobacco black shank. *The American Phytopathol. Soc.* 76 (11) 1153-1158.
10. Hebert T.T. 1982 The rationale for the Horsfall-Barret plant disease assessment scale. *The American Phytopathological Society* 72(10) 1269.
11. Horsfall J.G., Cowling E.B. 1978. Pathometry. The measurement of plant disease. In "plant disease. An advanced treatise" vol II. Horsfall & Cowling Eds. Academic Press.
12. James Cl.W. 1971. An illustrated series of assessment key for plant diseases. Their preparation and usage. *Plant Disease Survey* 51(2) 39-65.

13. James Cl.W. 1974. Assesment of plant diseases and losses. Annual review of phytopathology 12 27-48.
14. Maduwesi J.N.C., Lockwood J.L. 1976. Test tube methods of bioassay for *Thielaviopsis basicola* root rot of soya bean. Phytopathology 66 811-814.
15. Olafson J. 1967. Root rot of canning and freezing peas in Sweden. Acta Agriculturae Scandinavica. 17 101-107.
16. Pfender W.F., Rouse D.I., Hagedorn D.J. 1981. "A most probable number". Method for stimating inoculum density of *Aphanomyces euteiches* in natural infested soils. The American Phytopathol. Soc. 71(11) 1169-1172.
17. Reilink T.P., King T.H., Fields R.W. 1960. Soil indexing for pea root rot and the effect of root rot on yield. Phytopathology 50 287-290.
18. Salt G.A., Delaney K.D. 1985. Influence of previuos legume crops on root diseases in peas and beans. Chapter 22 in "The Pea Crop."
19. Sherwood R.T., Hagedorn D.J. 1958. Determining common root rot potential of pea fields. Bulletin N 531. Agricultural experiment station. University of Wisconsin. Usa.
20. Siemer R.S., Vaugham E.K. 1971. A device for mesuring beans plant anchorage and its relation to root rot severity. Phytopathology 590-591.
21. Tivoli B., Tika N, Lemarchand E. 1987. Comparaison de la receptivite des sols aux agens de la pourrite des tubercules de pomme de terre: *Fusarium* spp. et *Phoma* sp. Agronomie 7(7) 531-538.
22. Tu J.C. 1987. Integrated control of the pea root rot disease complex in Ontario. Plant disease 71(1) 9-13.
23. Tu J.C., Tan C.S. 1985. Infrared thermometry for determination of root rot severity in beans. Phytopathology 75(7) 840-844.

Bijlage 4

APHANOMYCES EUTEICHES DRECHSLER, EEN COMPONENT VAN HET VOETZIEKTE COMPLEX BIJ ERWTEN IN NEDERLAND

Aphanomyces euteiches Drechsler is een van de meest schadelijke pathogenen binnen het complex van voetziekteverwekkers bij de erwt. De schimmel veroorzaakt wortelrot, de zogenaamde "gewone voetziekte" of softrot.

Forse economische verliezen bij de erwenteelt door *Aphanomyces* aantasting zijn o.a. in de USA [compendium of Pea disease], Tasmania [Geach 1936], Norway [Sundheim and Wiggen 1972, Sweden [Olafson 1967], gerapporteerd.

Het voorkomen van *Aphanomyces euteiches* bij de erwt is ook al lang bekend in Frankrijk [Labrousse 1934], Groot Brittannië [Beaumont 1951],) en Denemarken [Gram et al. 1929].

Door het economisch belang is het ook een van de meest uitvoerig bestudeerde schimmelziekte bij de erwt. Een diepgaande review van de biologie, taxonomie, ecologie, economisch belang, enz. van de schimmel werd in 1974 door Papavizas en Ayres gepresenteerd.

De infectie van *Aphanomyces* in de wortels wordt zichtbaar door de verandering in kleur van het schorsweefsel van wit naar geelgoud. De lesies groeien via de schors en kunnen zich over het gehele wortelsysteem uitbreiden. De schors wordt zacht en verrot [softrot]. Intussen treedt door het binnenkomen van andere micro-organismen verandering in de kleur van de wortels op van geelgoud naar bruin of zwart. Wanneer een zieke plant uit de grond wordt getrokken en het schorsweefsel tussen de vingers gewreven wordt blijft slechts de vaatbundels van de wortels over. Dit is typisch van *Aphanomyces*. [Hagedorn 1984]. In het zieke weefsel ontwikkelen zich dikwandige oösporen welke in het veld een periode van meer dan 20 jaar zonder erwten kan overleven [Sherf & Macnab 1986].

De schimmel heeft een breed spectrum van waardplanten. Vooral vlinderbloemigen, zoals: luzerne, phaseolus -en viceabonen, zoute klaver, doperwten, wikken en lathyrus spp., maar ook spinazie en vlas worden door *Aphanomyces* als waardplanten gebruikt.

Het voetziekte onderzoek bij de erwt in de jaren twintig [Buisman 1927], vijftig [Riepma 1952] en later in de jaren 60 [Labruyère & van der Spek 1962] heeft het voorkomen van *Aphanomyces euteiches* niet kunnen aantonen. In overeenstemming hiermee komt deze voetziekte in erwten niet in de Gewasbeschermingsgids van de Planteziektekundige Dienst (PD) voor.

In het kader van een onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van een biotoets voor voetziekte in droog te oogsten groene erwten werden herhaaldelijk ziekte-

verschijnselen in toetsplanten geconstateerd welke overeenkwamen met de bovenbeschreven symptomen. Isolaties uit zulke planten leverde in de regel *Pythium* spp. en andere schimmelsoorten op. In 1988 werd een set erwterassen onderzocht op hun geschiktheid als toetsplant. Een van de rassen onderscheidde zich door de duidelijke symptomen van softrot. Stukjes epicotyl van de planten van dit ras werden in kraanwater gelegd. Binnen 36 uur kwamen zoösporangien tot ontwikkeling. Deze zoösporangien bestonden uit een lange hyfe waaruit aan het uiteinde een tros zoösporen werd geperst. In het weefsel ontwikkelden zich oösporen welke qua morfologie aan de beschrijving van *Aphanomyces euteiches* voldeden [Domsch et al 1980].

Tijdens het bezoek van Dr. Kraft, [USA specialist in ziekteresistentie bij erwten] later in het jaar aan de SVP werd bevestigd dat dit type oösporen inderdaad toebehoort aan *Aphanomyces euteiches*.

Vervolgens werd de aanwezigheid van *Aphanomyces* nagegaan in grondmonsters, afkomstig van praktijkpercelen uit verschillende regio's in Nederland.

Materiaal en methode

Grondmonsters

Van de in totaal 14 grondmonsters waarop zich in 1987 in de toetsplanten soft rot had ontwikkeld zijn er 10 in de proef opgenomen. Deze monsters waren in maart 1987 genomen en sindsdien in plastic zakjes bij 5 C bewaard. Verder werden 2 grondmonsters uit maart 1986 en 1 grondmonster genomen van een veld waarop al 9 jaar continu erwteenteelt had plaatsgevonden bij het onderzoek betrokken. Het monster bestond uit een verkruimelde en tot een aggregaatgrootte van max. 0.8 cm gezeefde grond. Een deel van de grond werd door nat zeven gesplitst in een organische fractie, bestaande uit deeltjes van plantenresten, en een anorganische fractie, bestaande uit vnl. klei en zand.

Een ander deel bleef ongesplitst.

Biotoets op *Aphanomyces*

Drie voorgekiemde zaden (worteltje ca. 4 cm lang) van het ras Marzia werden op een dubbellaag nat filtreerpapier gelegd in een petrischaal (15 cm) en met een van de drie fracties grond bedekt. De monster werden daarna in het donker weggezet bij 26 C. Zeven dagen later werden de wortels op symptomen van de ziekte beoordeeld en isolaties gemaakt.

De isolaties en verder zuiveringen werden verricht op verdunde maïs agar [Pfen-der 1984]. Schimmelculturen van vier verschillende herkomsten zijn voor

officiële determinatie naar het Centraal Bureau voor Schimmelcultuur (CBS) te Baarn gestuurd.

Resultaten

De vier verstuurde schimmelculturen werden bij het CBS als *Aphanomyces euteiches* Drechsler gedetermineerd.

Bijlage 4.1. Aanwezigheid van *Aphanomyces euteiches* in grondmonsters afkomstig van percelen waarop zich in het teeltjaar 1986-1987 wortelrot in erwten voordeed.

monster code	intacte grond	grond org.	gesplitst anorg.	ziekte index	(jaar)	erwt in
p40	+++	+++	+++	5.0	'86	1980
p46	+++	+++	+++	3.0	'86	1980
CTE	+++	+++	+++	3.5	'88	1988
101	+--	---	---	1.5	'87	1978
104	++-	+++	---	3.0	"	1978
123	---	---	---	1.5	"	1981
127	+--	---	---	1.6	"	1964
128	+--	+--	---	3.7	"	1983
130	++-	---	---	3.1	"	1979
1201	+++	+++	+++	3.3	"	1978
1210	+++	+++	++-	3.1	"	1981
1215	---	---	---	2.1	"	1978
1217	---	---	---	2.9	"	1979

+++ : De drie toetsplanten aangetast; ++: 2 van de drie toetsplanten aangetast;
+: 1 toetsplant aangetast; -: geen aantasting.

Softrot deed zich binnen 7 dagen in 10 van de 13 getoetste monsters voor, waaronder de 2 monsters uit 1986 (dus na ruim 2,5 bewaring) en de grond afkomstig van de continueelt erwten. In bijlage 4.1 zijn de waarden van de index voor voetziekte, per monster bepaald aan toetsplanten in 1986/1987, weergegeven. De grond wordt geïndexeerd als 0 indien er zich geen symptomen aan de toetsplanten ontwikkelen, en met 5 als de plant als het wortelsysteem ernstig is verrot of de plant geheel is afgestorven.

Discussie

Uit de hiervoor beschreven onderzoek is naar voren gekomen dat de schimmel *Aphanomyces euteiches* Drechsler in Nederland aanwezig is. Het komt vooral voor in grondmonsters waarop de sterkste voetziektesymptomen, zowel in toetsplanten als in het veld, zich in 1986-1987 voordeden.

In een biotoets in 1986 kwam softrot voor in 35% van de in totaal 46 getoetste grondmonsters. In 1987 was dit percentage 27%. Nu na ruim anderhalfjaar bewaring werd in 50%, 7 grondmonsters, van deze monsters *Aphanomyces* aangetoond.

Bij infectieproeven, verricht door Dr. Gerlagh bij het IPO, gedroeg zich het pathogeen hoog virulent (pers. mededeling).

We zijn van mening dat de constatering van de aanwezigheid van *Aphanomyces euteiches* in het complex van voetziekteverwekkende schimmels in Nederland geen extra last op de erwte-teelt legt. Het is immers goed mogelijk dat dit pathogeen al vanouds in het optreden van voetziekte betrokken was. De schimmel laat zich moeilijk te isoleren. Softrot symptomen kwamen in het verleden ook al regelmatig voor. Onbekende phycomyces waren steeds bij voetziekte betrokken [Riepma 1952, Labruyère & v.d. Spek 1962].

Hoewel dit onderzoek een beperkt aantal monster betreft is door de uiteenlopende herkomst van de monsters aannemelijk dat het pathogeen in de traditionele erwte-teelt gebieden in het noorden en het zuiden van het land een zekere verspreiding kent.

Literatuur

- Beaumont A. 1951. Sweet pea diseases. *Gardeners chronicle*. serie 3 129(3355) 132
- Buisman C.J. 1927. Root rot caused by *Phycomycetes*. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht. 52 blz.
- Domsch., Gams., Anderson. (Eds). 1980. *Aphanomyces* de Bary 1850. *Compendium of soil fungi*. 46-49.
- Gram E., Jorgensen C.A., Rostrup S. 1929. Survey of the diseases of agricultural and horticultural cultivated plants in 1927. *Review of Applied Mycology* 8 151-152.
- Geach L. 1936. Root rot of grey pea in Tasmania. *Australian Council Science and Industry Research J.* 9 77-87.
- Hagedorn D.J. 1984. *Compendium of Pea disease*. The american phytopathological society. Minnesota. USA. 57.pp.

- Labruyère R.E., Spek van der J. 1962. IPO jaarverslag. Groninger voetziekte van erwten. Blz 48.
- Labrousse F. 1934. Quelques observations sur les maladies des plantes en 1933. *Reveu de pathologie vegetal en d'entomologie Agricole de France*. 21 2-8.
- Olofsson J. 1967. Root rot of canning and freezing peas in Sweden. *Acta agriculturae Scandinavica* 17 101-107.
- Papavizas G.C., Ayers W.A. 1974. *Aphanomyces* species and their root diseases in pea and sugarbeet. A review. Technical bulletin No 1485. USA Department of Agriculture. 158 pp.
- Pfender, W.F., Delwiche P.A., Grau C.R, Hagedorn D.J. 1984. A medium to enhance recovery of *Aphanomyces* from infected plant tissue. *Plant Disease* 68: 845-847.
- Riepma P. 1952. Observatieproef betreffende voet- en vaatziekten bij erwten, serie 198 in het jaar 1951. Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek. Verslagen interprovinciale proeven No 26 26 blz.
- Sherf A.R., Macnab A.A. 1986. Vegetable disease and their control. Chapter 14. Pea. A wiley-interscience Publ. 728 pp.
- Sundheim L., Wiggen K. 1972. *Aphanomyces euteiches* on peas in Norway. Isolation technique, Physiologic races, and soil indexing. *Norges Landbr. Hoiskoles Meld.* 51(35) 1-17.

Bijlage 5

BESTRIJDING VAN VOETZIEKTE IN ERWTEN. EFFECT VAN GROND EN ZAADONTSMETTING, 1988

5.1 Inleiding

Chemische middelen ter bestrijding van plantparasitaire aaltjes zijn al sinds de vorige eeuw bekend (Altman 1970).

Na de tweede wereldoorlog werd de nematicidewerking van gehalogeneerde koolwaterstoffen en van methylcyanaat ontdekt. Sindsdien worden beide middelen op grote schaal in de intensieve akkerbouw gebruikt, voornamelijk voor de bestrijding van de aardappelcysteaaltje.

Ook zij er aanwijzingen dat de genoemde middelen een fungicide effect kunnen hebben. Hoe deze middelen precies tegen schimmels werken is niet helemaal duidelijk. Waarschijnlijk reageert 1,3 dichloorpropeen (DD) met de nucleofiel groepen (NH₂, OH, SH) in de eiwitten waardoor bepaalde enzymen worden geïnactiveerd. Ook is het mogelijk dat DD de Fe²⁺ porfyrinen in de cytochroom-C oxideert. Zo raakt de energiehuishouding van de cel verstoord.

Voor de fungicidewerking van metam-natrium is moeilijk een verklaring te geven. Het meest waarschijnlijke werkingsmechanisme van dit middel is de remming van de acetylcholinesterase waardoor acetylcholine zich in de synapsen van de zenuwcellen ophoopt. Vanzelfsprekend is dit mechanisme voor de fungicidewerking van dit middel niet relevant.

Effectieve bestrijding met DD is gerapporteerd voor o.a.: de schimmel *Polymyxa betae*, vector van een virus, verwekker van de rhizomanie in bieten (Hess & Scholsser 1984), *Plasmodiophora brassicae*, verwekker van knolvoet in koolplanten (Bastelarae et al. 1984), *Verticillium dahliae* verwekker van verwelkingsziekte in vele gewassen (Moens & Ben aïcha 1986), *Pythium* spp. verwekkers van wortelrot (Cook et al 1987). Bestrijding met metam-natrium van *Verticillium dahliae* (Ben-Yephet & Frank 1984), *Sclerotinia minor* (Adam et al. 1983), *Sclerotinia sclerotiorum* (Ben-Yephet 1983), *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. en in minder mate *Fusarium* spp is ook gerapporteerd.

De laatste jaren neemt de erwte-teelt een steeds grotere plaats in het bouwplan op akkerbouw bedrijven in. Aantastingen van het wortelstelsel door pathogene bodemschimmels, bekend als voetziekte, vormen echter een serieuze belemmering voor het verkrijgen van hogere en stabiele opbrengsten. Behalve een groot aantal van de al genoemde schimmels behoren ook schimmels uit de met name, "Ascochyta groep", *Aphanomyces euteiches*, *Fusarium solani* en *Thielaviopsis basicola* tot het complex van ziekte verwekkers.

Het effect van een toepassing van metam-natrium en DD bij de bestrijding van voetziekte in erwten werd in 1988 in een veldproef verder onderzocht.

5.2 Materiaal en methode

De proef werd uitgevoerd op de proefboerderij "De Schreef" (Dronten, Flevoland) op een perceel waarop al 25 jaar erwten in een rotatie van 1 op 6 worden geteeld. Proefontwerp: Split-plot blokken proef in viervoud.

De kalkrijke grond heeft de volgende eigenschappen: lutum 32%, humus 2.8%, CaCO_3 9% en pH-KCl 7.0. De drain-afstand bedraagt 24 m.

In 1987 werd op de wortels van het erwtegewas een zeer forse aantasting van voetziekte geconstateerd. Uit het zieke weefsel werd vnl. *Phoma medicaginis* var. *pinodella* en *Fusarium solani* geïsoleerd.

Begin november 1987 werd metam-natrium in twee giften (400 - en 800 l/ha) en 1.3 dichloorpropeen (220 l/ha) in de grond geïnjecteerd.

Het zaaizaad, ras Finale, werd op infecties op PDA getoetst. Het zaad werd in natrium hypochloriet 5% gedurende 5 min ontsmet en zonder af te spoelen op het agar geplaatst. De schalen werden vervolgens onder U.V. licht, bij 25 gr C, gedurende 5 dagen ingezet. Hieruit bleek 11% van het zaad besmet met *Mycosphaerella pinodes* en 3% met *Phoma medicaginis* var. *pinodella*. Een deel van het zaaizaad werd met een mengsel van TMTD (1.5 g/kg), Aliëtte (2 g/kg) en Bavistin (1.5 ml/kg) behandeld. Zaad ontsmetting werd als split-factor in de proef genomen.

Voor het zaaien werd op 10 plaatsen in het nettoveld een grondmoster tot 20 cm diepte genomen. Tenslotte werden mengmonsters gemaakt van de grond van de vier blokken van elke grondontsmettingsbehandeling.

De aanwezigheid van *Phoma* spp en *Fusarium* spp in mengmosters werd met de verdunningplate-methode onderzocht. Selectieve *phoma media* (IPO-recept) en *Fusarium media* (Nash & Syder 1962) werden gebruikt. Schalen met *phoma media* werden onder U.V. geplaatst terwijl die met *Fusarium media* op een kamer bij diffuus licht werden geplaatst. Beide objecten werden op 18 gr C gehouden. Na 7 dagen werd het aantal kolonies vastgesteld. Afwijkende kolonies werden apart gekweekt en geïdentificeerd. De omvang en aard van de aaltjespopulatie in de monsters werd door ir Molendijk, sectie nematologie van het PAGV, bepaald.

De proef werd op 23 april aangelegd en gezaaid.

In de laatste week van juni werd per veld een monster bestaande uit 10 volbloeiende planten genomen. De wortels werden schoongewassen en op schimmelaantasting

beoordeeld. De intensiteit van de aantasting werd op een schaal van 0 t/m 5 ingedeeld: 0 = gezond, 5 = volledig verrotting van de ondergrondse delen. Er werden geen opbrengst bepalingen uitgevoerd vanwege de enorme variatie in plantontwikkeling veroorzaakt door het droge weer tijdens de kieming en de vegetatieve groei van het gewas.

5.3 Uitkomsten

5.3.1 Effect van een ontsmetting op aaltjes

De concentratie van parasitaire aaltjes in de grond was erg laag. Bij een dergelijke concentratie is het moeilijk over een duidelijk tendens in het effect van Bijlage 5.3.1.1 Effect van een grondontsmetting op de omvang van de aaltjespopulatie in de grond. Aantallen larven of cysten/100 ml grond).

behan- deling	aaltjes-soorten					
	Pra.	Heli.	Tylen.	Glob.	Mel.	Sapro.
onbehandeld	10	2	2	0	3	290
DD	7	3	2	0	0	344
metam_na. 1	3	1	4	0	0	171
matam_na. 2	0	0	0	1	0	63

Verklaring code: DD = 1.3 dichloorpropeen (220 l/ha); metam-na 1 = 440 l/ha en metam-na(trium) 2 = 880 l/ha; Pra = Pratylenchus; Heli = Helitylenchus; Tylen = Tylenchorenchus; Globo = Globodera; Mel = Meloydogines; sapro= Saprofytische aaltjes.

de middelen te spreken. Slechts metam-natrium in een hoge dosering lijkt enigszins verschillend van de lage dosering en DD. Zie bijlage 5.3.1.1. Van kleine populaties pathogeneaaltjes in de grond, zoals op het proefveld, is geen schadelijk effect op gewassen te verwachten. De kritische aantallen voor de gevonden soorten bij gevoelige gewassen liggen vele malen hoger. De kritische grens voor bijv. Pratylenchus is 70 larven/100 ml grond, voor Globodera rostochiensis 1000 eieren of larven/100 ml grond en 20 larven/100 ml grond in het geval van Meloydogines.

5.3.2 Effect van een ontsmetting op voetziekteverwekkers

Door een behandeling met de grondontsmettingsmiddelen werden de populaties van *Phoma* en *Fusarium* spp. tot ongeveer de helft teruggebracht. Zie bijlage 5.3.2.1. Aangezien de cijfers in enkelvoud zijn bepaald aan mengmonsters, samengesteld uit monsters afkomstig van de vier blokken vertegenwoordigen de getallen slechts een tendens.

Bijlage 5.3.2.1. Het aantal propagulen van *Phoma* spp. en *Fusarium* spp. per gram droge grond na verschillende grondbehandelingen.

behandeling	<i>Phoma</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.

onbehandeld	1200	5650
DD	475	3180
metam-na 1	350	3550
metam-na 2	750	2330

5.3.3 Voetziekteaantastingen in het gewas

Voetziekte werd uitsluitend tijdens de bloei beoordeeld. Door de enorme variabiliteit in stand en fysiologische ontwikkeling tussen de planten verschilde de monsternamen bij die bij een normale standaard bemonstering. Per veld werden 10 planten van gelijk fysiologische ontwikkeling bemonsterd overeenkomend met een oppervlakte van 0.25 m². De gescoorde aantastingen zijn in bijlage 5.3.3.1 weergegeven.

Bijlage 5.3.3.1. Effect van zaad- en grondontsmetting op de mate van optreden van voetziekte in erwten.

behan- deling	zaadontsmetting	
	geen	wel
onbehandeld	3.17a	1.55a
DD	2.45a	0.98a
metam-na. 1	2.10b	0.68b
metam-na. 2	2.10b	0.98a

 Voetziekte gescoord met: 0 = gezond en 5
 voor een zwaar aantasting van de ondergrondse
 delen. Zowel zaadontsmetting (P 0.001) als een
 grondontsmetting (P 0.016) resulteerde in een
 significant afname door voetziekte.

5.4 Discussie en conclusies

Zowel grondontsmetting als zaadontsmetting hebben een duidelijk effect op de mate van optreden van voetziekte in de erwt. In de proef blijkt het effect van grondontsmetting echter van ondergeschikt belang t.o.v. een behandeling van het zaaizaad met een combinatie van TMTD, Bavistin en Aliëtte.

De ziekte-index werd verlaagd van 3.2 tot 2.1 en 1.6 door resp. de grond- en de zaadontsmetting. Een gangbare dosering (440 l/ha) van metam-natrium gaf de beste bestrijding van voetziekte. Een behandeling met 1.3. DD met een gangbare dosering gaf daarentegen een zeer zwakke vermindering van de aantasting. Het bereikte net niet, bij $P = 0.05$, een significant effect.

Verdubbeling van de gift van metam-natrium, wat bijna de gehele aaltjespopulatie deed verdwijnen en waarschijnlijk een behoorlijke reductie van het aantal propagulen van Fusaria in de grond als gevolg had, leidde niet tot een extra vermindering van de voetziekte.

Door het gezamenlijk effect van grond- en zaadontsmetting hadden de planten een fytosanitaire conditie welke slechts op een tamelijke gezond perceel verkregen kan worden.

Na een betrekkelijke milde winter werd het groeiseizoen van 1988 gekenmerkt door tot na de bloeiaanhoudend droog weer. Het is bekend dat in droge jaren het optreden van voetziekte minder ernstig is. Onder droge omstandigheden blijven de zaadontsmettingsmiddelen lang aan het zaad plakken. Zaadlobben met sporen van de

ontsmettingsmiddelen zijn tot ver in het seizoen te vinden. Ook infecties vanuit het zaad ontwikkelen zich maar zeer moeizaam onder droge omstandigheden. Het is dus niet verrassend dat zaadontsmetting dit jaar tot een drastische reductie, ongeveer 50%, van de aantasting van de ondergrondse delen heeft geleid.

Droog weer kan gunstig werken op de sanitaire toestand van het gewas. Het kan echter ook desastreus werken op de plantopkomst, uitstoeling en peulzetting en op deze wijze leiden tot een zeer heterogeen gewas. Trouwens, uit deze proef blijkt, dat wanneer erwten zonder enige vorm van bescherming op een zwaar besmet perceel worden geteeld zij zelfs in een droog jaar behoorlijk ziek kunnen worden.

De gebruikte nematiciden bij de grondontsmetting werken volgens het dampspanningsprincipe. Het is dus denkbaar dat gedurende de milde winter de actieve stof maar zeer kort in de grond werkzaam is geweest. Door het uitblijven van de vorst was de structuur van de grond slecht. Hierdoor was de grond kluitiger en mogelijk minder toegankelijke voor de middelen.

Het weinig spectaculaire effect van de fumigantia zou hierdoor kunnen worden verklaard. De mate waarin de middelen in de grond dringen (homogeniteit spreiding) en de lengte van het verblijfperiode van de middel in de grond bepalen het succes van de behandeling. Zo is gebleken dat het toedienen van deze middelen in grote hoeveelheden water een veel beter bestrijding geeft op bodemschimmels dan injecteren (Adams & Johnson 1984), (Ben-Yephet & Frank 1984), (Summer & Phatak 1988).

Grondontsmetting is een zeer drastische ingreep. Economisch gezien blijkt het slechts verantwoord te ontsmetten bij de teelt van gewassen met een hoog saldo. Voor minder renderende gewassen, zoals erwt, is een dergelijke ingreep denkbaar wanneer men, als eenmalig toepassing, hierdoor een volkomen gezonde uitgangssituatie in de grond voor het gewas doet ontstaan. Het injecteren van metam-natrium of 1.3 dichloorpropeen op dit zwaar besmette proefveld heeft niet tot een interessante verlaging van de ziektedruk in de grond geleid.

De resultaten van het onderzoek geven wel aan dat men mag verwachten dat de druk van voetziekte kleiner zal zijn op percelen, die werden ontsmet ten behoeve van een voorafgaande teelt. Over dit gunstig effect van grondontsmetting op een tweede of een derde gewas werd gerapporteerd door Altman (1970) en Johnson et al. (1979).

Literatuur

- Adams P.B., Johnson S.A., Krikum J., Carpenter H.E. 1983. Application of metam-sodium by sprinkler irrigation to control lacttuce drop caused by *Sclerotinia minor*. Plant disease 67 24-26.
- Altman J. 1970. Increase and decrease plant growth responses resulting from soil fumigation. In "Root rot disease..". p 216-221. Tousson T. A., Bega R.V., Nelson P.E. (Eds). Univ. of California Press. 252 pp.
- Bastelaere H. van., Geenen J., Pelsmaeker M. de., Verbruggen J. 1985. Knolvoetbestrijding door grondontsmetting. Boer en tuinder 91(31) 12-13.
- Ben-Yephet Y., Bitton S., Mor N., Keren J., Greenberger a. 1983. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* by soil desinfectation with metam-sodium and by aerial application of benomyl. Phytoparsitica 11 207 (Abstract).
- Ben-Yephet Y., Frank Z. 1984. Optimization of metam-sodium dose in controlling *Verticillium dahlia* in potato. Phytoparsitica 12 203-205.
- Cook R.J., Sitton J.W., Haglung W.A. 1987. Influence of soil tratment on growth and yield of wheat and implication for control of *Pythium* root rot. Phytopathology 77(8) 1192-1198.
- Hess W., Schollosser E. 1984. Rizomania. IV. Befalls-verlust-relation und bekämpfung mit dichlorpropeen. Mededeling van de Faculteit landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 49(2b) 473-480.
- Johnson A.W., Sumner D.R., Jaworski C.A. 1979. Effect of film mulch, trickle irrigation and DD-mencs on nematodes, fungi and vegetable yields in a multicrop production system. Phytopathology 69 1172-1175.
- Moens M., Ben Aicha B. 1986. Control of *Verticillium dahlia* on tomato by resistant cultivar and soil desinfectation. EPPO bulletin 16(2) 317-320.
- Nash S.H., Snyder W.C. 1962. Quantitative stimation by plate counts of propagules of the beans root rot *Fusaria* in field soils. Phytopathology 52 567-572.
- Sumner D.R., Phatak S. 1988. Efficacy of metam-sodium applied through overhead sprikler irrigation for control of soil disease of vegetables. Plant disease 72(2) 160-166.
- Zehr E.I., Golden J.K. 1986. Strip and broadcast treatments of dichlorpropeen compared for controlling *Crinonemella xenoplax* and short life in a peach orchard. Plant disease 70(11) 1064-1066.

DE INVLOED VAN DE TEELTFREQUENTIE VAN ERWT EN VERWANTE GEWASSEN OP HET OPTREDEN VAN VOETZIEKTE BIJ ERWTEN

INLEIDING

De intensivering van de erwteteelt confronteert de telers steeds vaker met vragen als: Hoe vaak kan men zonder te veel risico's voor voetziekte met erwten op een perceel terugkomen? Of: Heeft het optreden van voetziekten in erwten ook gevolgen voor de gezondheid van een volgend gewas bruine bonen of veldbonen of omgekeerd?

Op deze vragen is niet een afdoend antwoord te geven.

Erwten staan in Nederland bekend als een zelfonverdraagzaam gewas. Het advies is daarom erwten niet vaker dan eens in de zes jaar op een perceel te telen. Het is een criterium dat geformuleerd is meer op grond van empirische dan van wetenschappelijke kennis.

De gewaspauzejaren hebben, als sanitaire maatregel, slechts een relatieve waarde. De duur van de rotatie wordt bepaald door de hoeveelheid en het overlevingsvermogen van de pathogenen. Het is alleen zinnig een effect ervan te verwachten wanneer men er zeker van is dat de pathogenen in de rotatie geen andere waardplanten hebben, gewassen of onkruiden, hun saprofytisch competitief vermogen klein is, en ze niet in staat zijn ruststructuren te vormen waarmee zij langdurig levensvatbaar in de grond kunnen overblijven.

Terwijl in Engeland *Phaseolus* bonen en erwten als eenzelfde gewas worden beschouwd (2) heerst in Nederland het idee dat *Vicia* bonen maar niet *Phaseolus* bonen qua gemeenschappelijke bodemziekte equivalent zijn (30). Uit onderzoek van Salt en Delanay, 1986 (18) komt als slotsom naar voren dat alle peulvruchten in het bouwplan als een gewas moeten worden gezien.

De aard van het probleem ligt enerzijds in de complexiteit van de betrokken pathogenen, voetziekte is slechts een verzamelnaam voor een groep ziekten elk met zijn eigen biologie, de aanwezigheid van fysiologische specialisatie per gewas en vaak per cultivar en de wisselwerking tussen de pathogenen zelf en tussen hen en de rest van de microflora. Anderzijds spelen klimatologische en bodemeigenschappen een sturende rol.

In principe zijn de voetziekteverwekkende pathogenen in bruine bonen, veldbonen en erwten tot het niveau species grotendeels dezelfde. Een uitzondering hierop

vormen de schimmels bekend als *Ascochyta* waarvan *Ascochyta pisi* en *Mycosphaerella pinodes* nogal gespecialiseerd op de erwt zijn.

Er zijn ook aanwijzingen dat minstens voor belangrijke voetziektepathogenen fysiologische specialisatie bestaat (3, 5, 8, 9, enz). Zo spreekt men bijvoorbeeld bij het beruchte voetziektepathogeen *Fusarium solani* martii van een f.sp. *pisii* in de erwt, f.sp. *phaseoli* in de phaseolusboon en f.sp. *fabae* in de veldboon.

Uit verschillende inoculatieproeven met stammen van *F. solani* trekt Clarson, 1978 (4) het bestaan van deze *formae speciales* in twijfel. Hij vond dat erwten, bonen en andere vlinderbloemingen even gevoelig zijn voor dezelfde stammen. Ook Yang en Hagedorn, 1968 (27) en Messiaen, 1968 (14) hadden vergelijkbare resultaten gevonden.

Studies over de mechanismen van pathogeniteit zijn schaars en niet eenduidig. Kendra and Hadwiger, 1987 (7) vonden dat endospermatisch weefsel van erwten even gevoelig is voor de *pisii* en *phaseoli* f. sp. van *Fusarium solani*.

Het enige verschil was dat de door waardplantreactie stop gezette infectieactiviteit slechts door de f.sp. *pisii* na enige tijd kon worden hervat.

De invloed van externe omstandigheden maken het probleem nog ingewikkelder. Miller et al., 1980 (15) namen waar dat stammen van f.sp. *phaseoli* welke op erwten in principe niet virulent waren, zich zeer agressief gedroegen wanneer de wortels aan zuurstoftekort werden blootgesteld.

Burke and Kraft, 1974 (3) vonden dat *Fusarium solani* forma *Pisi* en *phaseoli* in de grond gezamenlijk overleven gebruik makend van wortellexudaten van de resp. niet waardplant. De invasie van *Fusarium solani* in de wortels van phaseolusboon leidde niet tot schade.

Het opsporen van fysiologische specialisatie is niet alleen belangrijk voor het correct voorspellen van de mate van ontwikkeling van de ziekte in erwten door het al of niet telen van andere peulvruchten maar "essentieel" bij het zoeken naar bronnen van resistentie. Het kweken van resistente rassen vormt de enige praktische mogelijkheid die de teler heeft om de ontwikkeling van voetziekte op een besmet perceel tegen te gaan. Het werk op dit terrein is in Nederland echter pas net op gang gekomen.

Het effect van de teeltfrequentie van erwten en andere peulvruchten, op de mate van ontwikkeling van voetziekte in droog te oogsten erwten is onderwerp geweest van ca. 3 jaar onderzoek. Dit in het kader van het project "verhoging van opbrengstzekerheid in droog te oogsten erwten" van het PAGV/NGC en uitgevoerd in nauwe samenwerking met de SVP en het IPO te wageningen. Dit verslag bevat een deel van de resultaten.

6.1 Materiaal en methoden

6.1.1 Veldonderzoek 1985-1987

Doel van dit werk was na te gaan of er, op praktijkniveau, sprake was van een relatie tussen de gewaspauze tussen opeenvolgende erwteenteelten, de teeltfrequentie van peulvruchten en de mate van optreden van voetziekte in erwten. In eerste instantie heeft het onderzoek plaats gevonden bij praktisch percelen waarop traditie getrouw peulvruchten worden geteeld. In de huidige omstandigheden zijn zulke percelen bijna uitsluitend te vinden in het Oldambt in noord Groningen en in zuidwest-Zeeland.

De methodologie bij het waarnemen van ziekten is al elders (16) gerapporteerd. De mate van optreden van voetziekte te velde werd tijdens en na de bloei vastgelegd.

Het aantal bemonsterde percelen bedroeg in 1985 46, in 1986 48 en in 1987 75.

6.1.2 Kasproeven -en laboratoriumonderzoek

In 1979 werd bij het PAGV een proef aangelegd om het verloop van opbrengst en ziekten van o.a erwten, veldbonen en bruine bonen in continucultuur te bestuderen.

Voorts werd in dezelfde periode een andere veldproef aangelegd met doperwten, stamslabonen en tuinbonen in een frequentie een op de drie jaar.

De aanwezigheid en aard van de pathogenen in de grond van deze proeven werd onder kasomstandigheden in potproeven bestudeerd.

Een mengmonster grond werd uit de verschillende proefobjecten genomen, en gezeefd tot max. aggregaatgrootte van 8 mm en voorts werd het vochtgehalte bij pF 2 bepaald.

Zaad van het ras Finale - met 0% zaadinfectie, getoetst op PDA, werd ontsmet met TMTD en vervolgens werden er van dit zaad 10 korrels/pot op 4 cm diepte in een 2.5 l pot gezaaid. De proeven vonden plaats bij een temp. van 20/15 C dag en nacht. Het vochtgehalte werd op ca. veldcapaciteit gehouden. De planten werden bij groenknopstadium op voetziekte beoordeeld.

In 1987 werden op dezelfde wijze grondmonsters verwerkt, afkomstig van de continueelt-varianten: erwten (CTE), veldbonen (CTV) en bruine bonen (CTB).

Hierop werd ontwikkeling van voetziekte in erwten, veldbonen, bruine bonen, witte klaver, lupinus en luzerne nagegaan.

In 1988 is een proef genomen met een kleigrond afkomstig van een bedrijf in Zeeland waarin erwten met een frequentie van eens in de zes jaar worden geteeld. Er werd een grondmonster genomen van de hele rotatie. Op deze wijze ontstond een reeks van gewaspauzejaren van 0 t/m 7, voor resp. erwte-teelt vanaf 1987 t/m 1981.

6.1.3 *Fusarium solani* onderzoek

De specialisatie van de microflora in het bijzonder de pathogeniteit van *Fusarium solani* bij de erwt, bruine bonen en veldbonen werd op grond van uit continu-cultuurvarianten verkregen isolaten, in hydrocultuur bestudeerd.

Kiemplanten werden door dompeling in een sporensuspensie van 10×6 macroconidia geïnfecteerd en vervolgens op voedingoplossing gezet.

Een deel van dit onderzoek vond plaats bij de SVP te Wageningen.

6.2 Uitkomsten

6.2.1 Veldwaarnemingen. Het voorkomen van voetziekte in erwten in afhankelijkheid van de rotatieduur

6.2.1.1 Gewaspauze erwten

De relatie tussen de lengte van het tijdsinterval tussen twee erwte-teelten en de ontwikkeling van voetziekte in 1985-1987 staat in figuur 6.2.1.1.1 weergegeven. De lengte van het interval tussen twee erwte-teelten blijkt slecht gecorreleerd met de mate van voetziekte-aantasting. Waarschijnlijk wordt dit verklaard door de variabiliteit in de uitkomsten van 1985 en 1987. In 1986 bleek het aandeel van het percentage variantie in de voetziekte verklaard door effect van de pauze (R^2), 6%, (P 0.05).

Ondanks het feit dat de waarnemingen in traditionele erwtegebieden werden gedaan blijkt de gemiddelde gewaspauze langer dan de in Nederland gehanteerde norm 1:6.

Voetziekte kwam ook voor na een zeer lange pauze, en gezonde gewassen op percelen met een relatief intensieve teelt van peulvruchten waren geen uitzondering. Het verloop van voetziekte met de tijd laat een drastisch afname in de ziekte-druk met de lengte van de pauze zien (P 0.01). Zie figuur 6.2.1.1.2.

Echter als de waarde van 1987 als uitschieter wordt beschouwd is het verschil in ziekte-druk bij toenemende gewaspauze niet significant.

6.2.1.2 Effect van erwten en vlindêrbloemigen in het bouwplan op voetziekte

Gewaspauzes alleen verschaffen weinig informatie omtrent de geschiktheid van een perceel voor de teelt. Onderzocht werd de invloed van het aantal keer dat erwten of een andere vlinderbloemige over een bepaald tijdbestek op een perceel zijn verbouwd, op voetziekte in groene erwten. Als maatstaf is een periode van 18 jaar onderzocht.

Regressie-analyse levert voor het effect van de teeltfrequentie van erwten of van alle vlinderbloemigen (inclusief erwten) op het optreden van voetziekte een zwak maar statistisch significant verband. Zie bijlage 6.2.1.2.1. Merk op dat de relatie tussen voetziekte en de teeltfrequentie van alle peulvruchten (inclusief de erwt) niet beter gecorreleerd is dan die van de voetziekte en de teeltfrequentie van erwten alleen.

Bijlage 6.2.1.2.1. De correlatie coëfficiënten van verschillende factoren met de mate van optreden van voetziekte in de groene erwt. Coëfficiënten van de afzonderlijke steekproeven en die afkomstig van de gezamenlijke verwerking van de gegevens.

	1985(n=46)		1986 (n=48)		1987 (n=51 ;n=75)		1985-'87(n=169)			
factor										
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
pauze		n.s	0.25	*	-	n.s	-	n.s		n.s
erwt/18j	0.36	***	0.35	**	0.23	**	-	n.s	0.35	***
vl.bl./18j	0.33	***	0.32	**		n.s	0.14		0.31	***
pauze+erwt/18 j	R**2= 0.09		R**2=0.086		R**2=0.020		R**2 =0.006		-	-
pauze+VL./18 j	R**2= 0.067		R**2=15.2		R**2= 0.8				-	-

Onder de tabel het gezamenlijk effect van de pauze en de teeltfrequentie als het verklarend deel van de variantie in het optreden van voetziekte. n.s. niet significant, significant op: P 0.05 (*), P 0.01(**), P <0.01 (***).

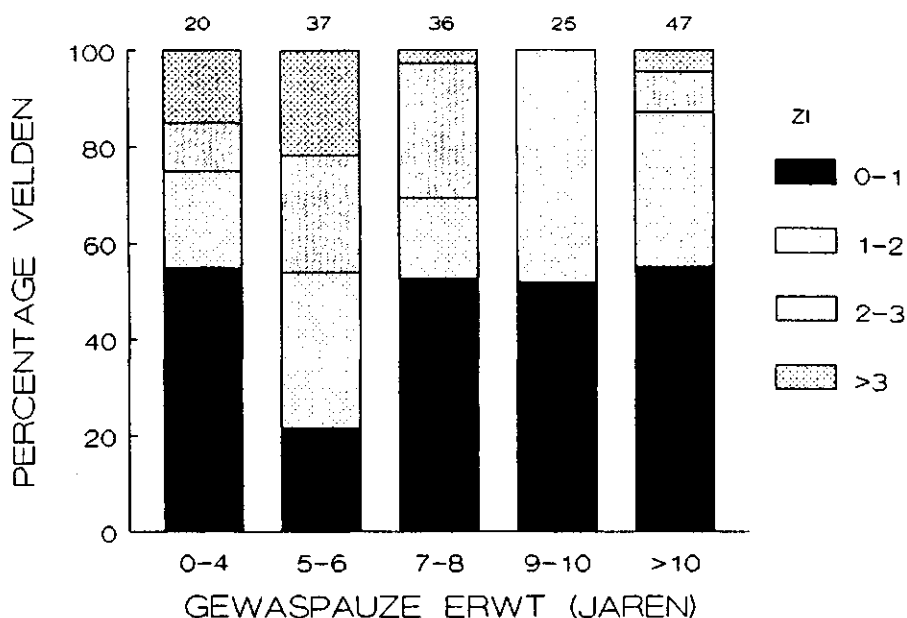
Wanneer de percelen, in percentage, worden ingedeeld naar de mate van optreden van voetziekte bij een toenemende teeltfrequentie, zie figuur 6.2.1.2.1, constateert men dat een toename van de teeltfrequentie in een verschuiving naar hoge ziekte-klassen resulteert. Maar zelfs in de frequentie klasse ≥ 3 lijken de kansen een gezond of een zwaar ziek gewas te treffen even groot te zijn.

6.2.2 Kasproeven. Effect van het type peulvrucht en teeltfrequentie

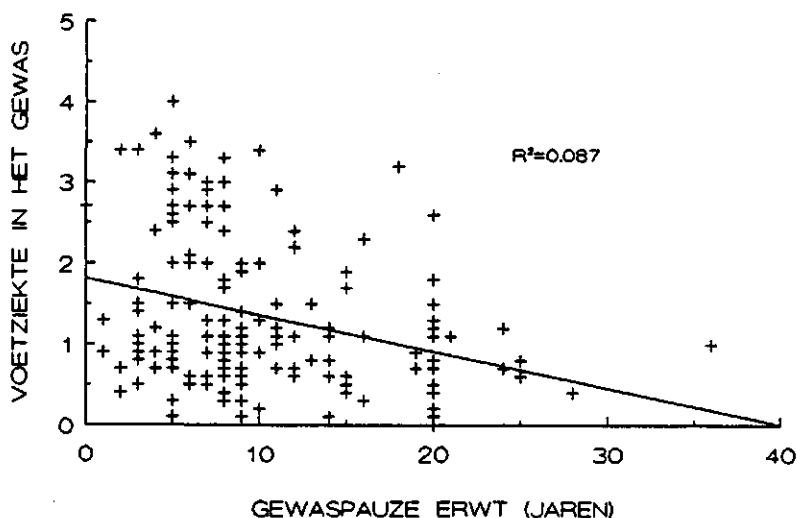
De ontwikkeling van voetziekte in potplanten in de kas, op erwten in 85-86, en op een combinatie van peulvruchten in 1987, werd bestudeerd.

De uitkomsten staan in bijlage 6.2.2.1 en 6.2.2.2 samengevat. Uit bijlage 6.2.2.1 blijkt duidelijk dat voetziekte in erwten slechts tot hoge ontwikkeling komt op gronden waarop al erwteteelt heeft plaatsgevonden. Merk ook op dat bij de CA8grond, na twee teelten van (dop)erwten, een sterkere aantasting optrad dan het geval was na 7 jaar continueelt.

De aantasting van de erwt op de teeltoBJECTEN Vicea en Phaseolus is licht en verschilt niet van elkaar.



6.2.1.1.1a. De mate van optreden van voetziekte [ZI] in de groene erwten afhankelijk van de rotatieduur. De indeling van de kolommen betekent.
a: ZI=0-1; b: ZI=1-2; c: ZI=2-3, d: ZI=3. Gegevens 1985 t/m 1987.



6.2.1.1.1b. Verband tussen de mate van optreden van voetziekte in de groene erwten en de rotatieduur. Scatter van de gegevens 1985 t/m 1987.

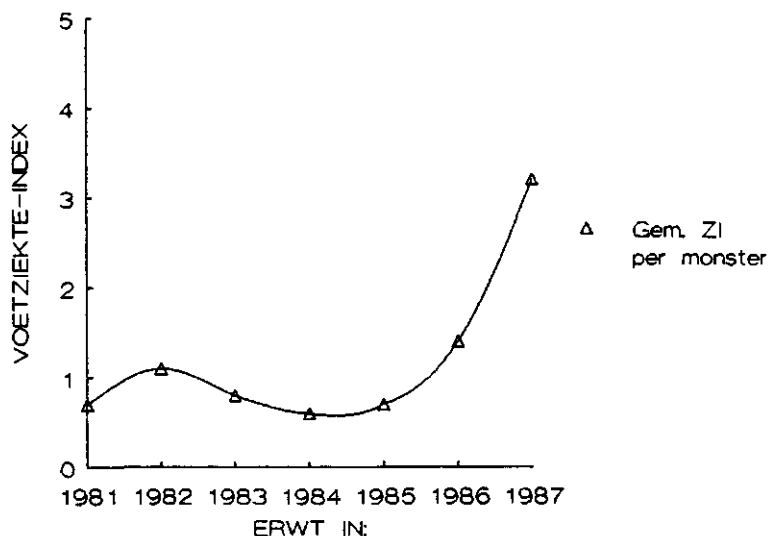


Fig. 6.2.1.2.1. Verband tussen de gewaspauze en voetziekte-index in toetsplanten. De grondmonsters werden verkregen van een vrij homogene kavel, gelijkwaardige bodem en klimatologische omstandigheden, met verschillenpercelen.

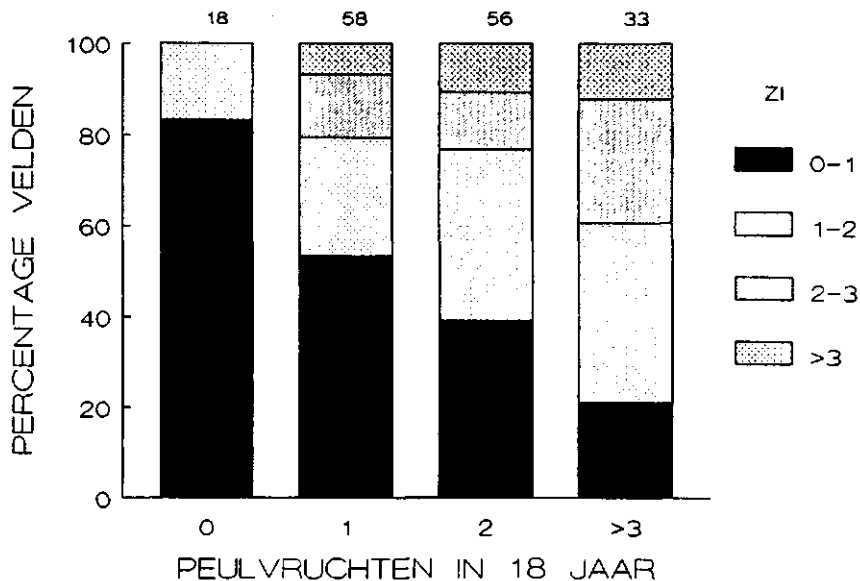


Fig. 6.2.1.1.2. De mate van optreden van voetziekte [ZI] in groene erwten afhankelijk van de teeltfrequentie peulvrucht [t] in de afgelopen 18 jaar. Indeling van kolommen als in figuur 6.2.1.1.b.

Bijlage 6.2.2.1. 1985/86. Ontwikkeling van voetziekte in erwten als functie van de teeltfrequentie van verschillende peulvruchten in de laatste 10 jaar. In de objecten Phaseolus en Vicea ontwikkelt de erwt een lichte aantasting.

freq[j]	grond: voorcultuur	ZI	grond: voorcultuur	ZI	grond: voorcultuur	ZI
7	CT-bruine bonen	0.6	CT-veldbonen	1.0	CT-erwt	3.0
2	stamslabonen	1.4	tuinbonen	0.7	CA8-erwt	4.0
2	" " (*)	1.1	" " (*)	1.0	doperwt(*)	1.4
1	" "	1.3	" "	0.1		

freq[j]: aantal teelten in de afgelopen 10 jaar. (*) getoetst in 1987.

Voor verschillende leguminosen is de voetziekteaantasting onderzocht aan planten gekweekt op gronden waarop teelt van erwten [CTE], bruine bonen [CTB] en veldbonen [CTV] al 8 jaar in continucultuur plaatsvindt. Dit laat weer hetzelfde patroon zien. Zie bijlage 6.2.2.2. Voetziekte ontwikkelt zich het sterkst bij planten gekweekt op gronden waarop de eigen soort in continue teelt is verbouwd. De interactie gewassoort en grondafkomst is zeer significant (P 0.001).

Bijlage 6.2.2.2. Ontwikkeling van voetziekte in verschillende vlinderbloemigen na 6 weken groei in potten op gronden afkomstig van continue teelt: erwten [CTE], bruine bonen [CTB] en veldbonen [CTV]. Alle varianten met 8 jaar continue teelt.

code	ziekte-index per gewas					
	erwt	br.Boon	v.Boon	lupinus	luzerne	w.Klaver
CTE	3.8	0.8	1.3	0.5	0.0	0.0
CTB	1.0	3.4	1.0	0.4	0.0	0.0
CTV	0.8	1.5	1.9	0.4	0.0	0.0

Interactie (gewas* toetsgrond) P 0.001.

Op de CTE-grond reageert veldboon iets sterker op de infectie dan de bruine boon. Op de CTB -grond reageren de erwten en de veldbonen zeer licht en op

gelijkwaardig niveau. Op de CTV-grond waren juist de bruine bonen iets zieker dan de erwten.

Veldbonen vertoonden veel minder voetziekte op eigen continueeltgrond dan in erwten en bruine bonen.

Witte klaver en luzerne, welke op het moment van de beoordeling nog vegetatief waren, ontwikkelden (nog ?) geen ziektesymptomen. Lupinus werd weinig aangetast.

6.2.2.1 Ziektebeeld

Door het optreden van de ziekte verliezen bruine bonen praktisch al de hoofdwortels maar vormen, mogelijk als gevolg hiervan (20, 22) een intensief systeem van bijwortels op het hypocotyl. Het hypocotyl kleurt door de infectie donker bruin tot rood.

Een dergelijk ontwikkeling van bijwortels maar veel minder intensief dan bij bruine bonen, werd op veldbonen geconstateerd. In het sterk aangetaste epicotyl van de erwten treedt dit verschijnsel zelden en onregelmatig op. Mogelijk is dit mechanisme in de erwten van veel minder betekenis dan op de andere genoemde gewassen.

In lupine kwam weinig ziekte voor in de vorm van ovale roodbruine lesies in de voet. Gezien de schaarse reactie van de klaver, de lupine en de luzerne werd hiermee niet verder geëxperimenteerd.

6.2.2.2 Aard van de pathogenen

De resultaten van isolatie en identificatie van schimmels in '86 en '87 staan in bijlage 6.2.2.2.1 en 6.2.2.2.2 samengevat.

1986. Het is typisch dat *Ascochyta*'s, *Mycosphaerella pinodes* en *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (bijlage 6.2.2.2.1) slechts bij het telen van erwten worden aangetoond. *Verticillium* spp. kwamen in erwten voor bij de teeltvarianten zonder erwten in het verleden. *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* en andere spp kwamen voor in de erwten bij alle teeltvarianten.

Bijlage 6.2.2.2.1. 1986. Kwalitatieve verdeling van de pathogenen geïsoleerd uit zieke ondergrondse delen van erwten afhankelijk van het type voorvrucht. Merk de aanwezigheid op van *Ascochyta*'s, alleen bij de variant Conserve erwten [CE].

object:	<i>Ascochyta</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. spp.</i>	<i>Rhizoc-</i> <i>tonia</i>	<i>Cylindro-</i> <i>carpon spp.</i>	<i>vertici-</i> <i>llium spp.</i>
CE	++	++	++	++		
TB		++	++	++		+
STB		++	++	+	+	+

Verklaring: +: aanwezig ; ++= veel voorkomend. [CE] = conserve erwten 1 op 3 [TB] = tuinbonen 1 op 3 en [STB] = stamslabonen 1 op 3.

1987. Schimmels in de continueelt. In de wortels, cotylen, epicotyl en vaat bundels van erwten gekweekt op alle drie CT-gronden kwam *F. solani* massaal voor. *Fusarium oxysporum* troffen we vnl. aan in de cotyle weefsels.

De schimmel *Rhizoctonia solani* werd massaal in ondergrondse delen van bruine bonen op eigen CT-variant aangetroffen. Ook *F. solani* werd vaker geïsoleerd. In veldbonen op CTV isoleerden we weinig *Fusaria*. Slechts 1 isolaat van *Fusarium solani* werd uit veldbonen gewonnen. *Cylindrocarpon spp.* daarentegen werden veel geïsoleerd. Deze schimmel wordt doorgaans als een zwak pathogeen beschouwd.

Bijlage 6.2.2.2.2. Isolaten verkregen uit aangetaste epicotylen, cotylen en wortels van veldbonen (V.b.), erwten en bruine bonen (Br.b.) na een kweekperiode van 6 weken in de kas op gronden afkomstig van velden waarop continue teelt van deze gewassen plaats vindt. Per object werden 5 planten voor isolaties gebruikt.

- schimmelsoorten -

code	gewas /	F.s.	F.o.	F.sp.	Ph.	Py.	Rh.s.	Cylindr.	Stemph.	Botr.	a.s.
CTE	V.b.	+++	++	+	++	+	-	++	-	-	
	Erwt	+++	+++		++	++	++		+	-	
	Br.b.	++	+	-	-	-	-	-	-	+	
CTV	V.b.	+	++		++	+		+++			+
	Erwt	++	+++	+		+					+
	Br.b.	-	+++			++	++				++
CTB	V.b.	+	+	+							+
	Erwt	+++	+	++		+					
	Br.b.	+++	++			+	+++	+			+

Verklaring: += 1 isolaat; ++= 2 isolaten; +++= 3 à 5 isolaten per object; F.s.: *Fusarium solani*; F.o.: *Fusarium oxysporum*; f.sp.: overige speciën; Ph: *Phoma medicaginis* var. *pinodella*; Py: *Pythium* spp.; Rh.s.: *Rhizoctonia solani*; Cylindr.: *Cylindrocarpon* spp.; Stemph.: *Stemphylium botryosum*; a.s.: andere soorten: *Gliocladium*, *Penicillium*, enz.

Op de CTE-grond blijkt *Phoma medicaginis* var. *pinodella* makkelijk van de ondergrondse delen van zowel erwten als Veldbonen te isoleren. Merkwaardig is de aanwezigheid van *Phoma medicaginis* in veldbonen maar niet in de erwten in planten gekweekt op de CTV-grond.

In het algemeen kwamen *Pythium* spp. in alle planten en in alle CT varianten voor maar de *Fusarium* spp. waren de meest frequente schimmels in alle varianten. In alle gevallen werden verscheidene schimmels uit een plant geïsoleerd.

6.2.2.3 Pathogeniteitstoets. *Fusarium solani* afkomstig uit CT-varianten

De infectieproeven werden met een tussenperiode van twee maanden herhaald.

De uitkomsten van deze proeven staan samengevat in bijlage 6.2.2.3.1.

Regressie-analyse wijst op interactie in de reactie van de gewassen op de Fusariumstammen (P 0.01). In de eerste proef was de Fusarium stam afkomstig van de erwt verreweg het meest virulent, in het bijzonder bij de erwt zelf. Op veldbonen en bruine bonen roept inoculatie met deze stam resp. een lichte tot matige voetziekte reactie op.

Het CTV -isolaat gaf een zeer lichte aantasting in de erwten te zien, een matige in de veldbonen zelf en merkwaardigerwijze een vrij zware aantasting in de bruine boon. De infectie in de erwt was vnl., op de zaadaanhechtingszone gelokaliseerd.

Het CTB -isolaat bleek niet in staat erwten noemenswaardig aan te tasten, een lichte aantasting trad zowel op bij veldboon als in de bruine bonen. Inoculatie van bruine bonen met CTE of CTV stammen hebben een heviger voetziekte aantasting opgeroepen dan met het eigen CTB isolaat.

De herhaling van deze proef gaf globaal eenzelfde patroon te zien, met als opvallende uitzondering dat het CTV-isolaat (een herisolaat uit de eerste proef) in erwt en in veldboon sterk in agressiviteit was toegenomen.

Bijlage 6.2.2.3.1. Ontwikkeling van voetziekte in drie gewassen NA kruisinoculatie met Fusarium solani Stammen afkomstig van zieke planten gekweekt op grond van eigen continueelt.

		F.solani isolaten uit:		
ZI per gewas	exp.	CTE- Erwt	CTV- V.b	CTB- Br.b.
		+		+
Erwt	1.	3.28	0.90	0.15
	2.	3.07	3.50	0.59
V.bonen	1.	1.50	1.85	1.00
	2.	1.65	3.76	1.24
Br. bonen	1.	2.00	2.53	1.33
	2.	1.42	2.56	1.70
-----+		-----+		

Interactie gewas*isolaat (P 0.001).

6.3 Discussie en beschouwingen

Frequentie en rotatieduur: Omdat de erwteenteelt halverwege de jaren zeventig praktisch verdwenen was, bleek het moeilijk, ook in de traditionele gebieden, percelen te vinden waarop een intensieve erwteenteelt heeft plaats gevonden. De rotatieduur is dus meestal langer dan de geadviseerde norm. Men zou dan kunnen redeneren dat op dit moment de gewaspauzejaren weinig informatie geven over de geschiktheid van het perceel voor het telen van erwten en voor de kansen op voetziekte. Natuurlijk, dit geldt voor de dynamiek van voetziekte bij kortere rotaties. Het criterium van 1:6 teelt verklaart niet waarom voetziekte na zeer lange afwezigheid van de teelt nogal ernstig kan optreden, een verschijnsel dat niet zelden in de praktijk optreedt. Met dit type complicaties is in de literatuur niet altijd rekening gehouden. Onlangs zijn Franse onderzoekers dit verschijnsel, onder de "Bodemreceptiviteit", begonnen te bestuderen.

Het is trouwens noch uit de ervaring noch uit de literatuur duidelijk na hoeveel impulsen men de ontwikkeling van een typische pathogeenmicroflora kan verwachten. Salt en Delanay, 1986 (18) citeert onderzoek van Jones en Linford in 1925 waaruit blijkt dat een perceel pas na 4 achtereenvolgende erwteenteelten door voetziekte in moeilijkheden raakt. Een soortgelijk verschijnsel trad op bij de continueerteelt in de proef 450-A bij het PAGV (11). Rekening houdend met het sanitaire effect van de afwezigheid van de waardplant (erwt) is het redelijk te veronderstellen dat in de praktijk ook bij nauwere rotaties een groter aantal teeltimpulsen nodig zou zijn eer een perceel zwaar met voetziektepathogenen besmet raakt.

Uit onze resultaten blijkt het effect van de rotatieduur, teeltfrequentie van erwten, of peulvruchten in het algemeen, maar een klein deel van het optreden van voetziekte te kunnen verklaren.

Multiple regressie analyse van de gegevens van het bijzonder goede erwtenjaar 1986 wijst uit dat door het invoeren van de factor "aantal peulvruchten in 18 jaar" in de relatie Ziekte-index vs. gewaspauze het verklarende deel van de variantie tot ca. 15 % toeneemt. In 1987 blijkt de gezamenlijke bijdrage van de gewaspauze en peulvruchtenfrequentie op de mate van voetziekte aantasting in het gewas vrijwel nihil te zijn, nl. 1%. 1985 en 1987 zijn zeer regenachtige jaren geweest. Hierdoor is het beeld van de voetziekte, vooral na de bloei, door waterschade vertroebeld. Onderzoek in 1988 van een aantal percelen waarvan voor de erwteenteelt in 1987 een zeer lichte besmetting met voetziekteverwekkende pathogenen was vastgesteld, wees uit dat in zo'n jaar de besmetting van de grond enorm kan toenemen.

De mate van optreden van voetziekte bij een perceel is niet zonder meer uit de rotatieduur af te leiden. In dit opzicht komen de gevonden resultaten overeen met die van Curl, 1963 (1), Burke en Hagedorn, 1968 (3a) en Zerlik, 1979 (28).

De snelheid waarmee het inoculum in de grond wordt opgebouwd valt moeilijk te voorspellen. Hetzelfde geldt voor de snelheid waarmee voetziekte tot een sub-epidemisch niveau in de grond terugvalt. Bij een veldstudie constateert Temp en Hagedorn, 1964 (25) dat in zware, hoog besmette gronden de infectiedruk 8 jaar na de laatste erwenteelt nog behoud bleef. De infectiedruk in de grond nam af slechts op licht besmette percelen waarin voor in een periode van 6 jaar veel granen werden verbouwd. Het telen van Luzerne of klaver bedroeg tot het behouden van de besmettingniveau in de grond.

Zelfs bij de min of meer op erwt gespecialiseerde "Ascochyta's" zijn de resultaten van studies over het overlevingsvermogen niet eensluidend. Wallen et al., 1967 (26) konden pathogene isolaten van *Mycosphaerella pinodes* 20 jaar na de laatste teelt van erwten uit de grond isoleren. Maar in het algemeen acht men het gevaar van voetziekte veroorzaakt door aantasting van deze pathogenen na vijf jaar gewas pauze nihil (20, 21).

Al de andere voetziekteverwekkende pathogenen zijn in staat via diverse mechanismen gedurende een lange periode van afwezigheid van erwten te overleven. Bekend is het geval van het optreden van "Fusarium_vaatziekte" zelfs na een pauze van ca. 40 jaar (10).

De equivalentie van gewassen binnen een bouwplan en in de rotatie is een gevolg van de equivalentie voor de grondgebonden ziekten.

Uit het onderzoek met gronden waarop continueelt van de genoemde peulvruchten plaatsvond blijkt duidelijk dat door de herhaalde teelt van een soort gewas de pathogenenmicroflora zich sterk aan dit gewas aanpast, dat wil zeggen een hevige infectie kan veroorzaken. Op verwante soorten blijft haar infectievermogen behouden, maar klein.

Ook op het niveau van een pathogeen vonden wij vergelijkbare resultaten. *Fusarium solani* verkregen uit CT-erwt was behoorlijk virulenter op de erwten dan op de veld -of bruine bonen. Gezien de reactie van de erwt op de infectie met *Fusarium* stammen uit andere CT varianten kunnen we in het eerste geval van een *Fusarium solani* f. sp. *pisi* spreken. Maar het blijft een feit dat dit pathogeen ondanks zijn gespecialiseerde virulentie op erwt in staat is matige infectie bij veld -en bruine bonen teweeg te brengen. Het afwijkende infectiegedrag van de *Fusarium* stam uit veldbonen, na passage door de waardplant in hydrocultuur, laat zien hoe flexibel zulke pathogenen kunnen zijn.

In onze studie over de virulentie van *Fusarium solani* hebben we slechts met één stam per afkomst gewerkt. Dat geeft vanzelfsprekend een te nauwe basis om vergaande conclusies te kunnen trekken. Maar het is een feit dat de stammen duidelijk in hun virulentie verschillen.

Bij gronden met een geschiedenis van continueelt is de kans op gespecialiseerde pathogenen het grootst. Onderzoek op deze gronden maakt het opsporen van fysiologische specialisatie, zgn. ff.sp., sneller en betrouwbaar.

In de praktijk zullen echter verschillende ff. sp. van een pathogeen op een veld voorkomen. Het feit dat men bijvoorbeeld uit erwt een typische *Fusarium solani* isoleert is dus geen reden om te beweren dat het om de formae speciales "pisi" gaat. Misschien kan dit de discrepanties in de waarnemingen van Clarson, 1978 (4) en van die o.a. Kraft en Burke, 1974 (9) verklaren.

Phoma medicaginis werd geïsoleerd uit de lesies op de wortels van veldbonen gekweekt op grond van de continueelt erwten en op eigen continueelt. Dit pathogeen kwam in de bruine bonen niet voor. Uit het voorafgaande zou men voorzichtig kunnen stellen dat qua pathogenen veldbonen en erwten, in Nederland, dichter bij elkaar liggen dan bruine bonen en erwten.

Vermoedelijk is de bewering van Engelse onderzoekers dat *Phaseolus* bonen en erwten in het bouwplan als een gewas moeten worden gezien, gebaseerd op het feit dat hun waarnemingen vnl. betrekking hebben op doperwten en groene bonen.

Op beide gewassen kan *Thielaviopsis basicola* (zwart wortelrot) hevig optreden. In verschillende delen van Nederland kwamen in 1986 zware aantastingen door zwart wortelrot in doperwten voor. Op groene erwten kwam deze ziekte laat in het seizoen voor en trad zeer licht op.

In de praktijk waar een afwisseling van verschillende peulvruchten gangbaar is zullen voetziekteverwekkende pathogenen minder gespecialiseerd raken en hun vermogen om elk van de drie gewassen aan te tasten juist daardoor behouden, zo valt te verwachten.

Conclusie

Bij het roteren van peulvruchten in het bouwplan is dus voorzichtigheid geboden. Het telen van deze gewassen met een korte pauze, elke peulvrucht, qua bodemgebonden ziekten, als afzonderlijk gewas gezien, is niet aan te bevelen.

Wanneer er een peulvrucht in het bouwplan wordt opgenomen lijkt het beter om de soorten af te wisselen en niet vaker dan twee op de jaar jaar met een peulvrucht op een perceel terug te komen. Dit criterium wordt in het buitenland ook aangehouden (1, 2, 6, 7, 18, 20).

Literatuur.

1. Curl E.A. 1963 . Control of plant disease by crop rotation. The Botanical Review. 29 (4) 413-479.

2. Biddle A. 1982. Root disease index will identify infected fields. Arable farming. March 38-40.
- 3a Burke D.W., Hagedorn D.J. 1968. Number and distribution of pathogens in relation to pea root rot in Wisconsin soils. Phytopathology 58 (Abstract).
- 3b Burke D.W., Kraft J.M. 1974. Responses of Beans and Peas to Root Pathogens Accumulated during Monoculture of Each Crop species. Phytopathology 64 546-549.
4. Clarson D.S. 1978. Pathogenicity of *Fusarium* spp. Associated with Foot-rots of Peas and Beans. Plant Pathology 27 110-117.
5. Davis D.W., Shehata M.A. 1986. Breeding for resistance to root rot pathogens. In The Pea crop Chapter 21. 237-245.
6. Gane A.J., Biddle A.J., Knott C.M., Eagle D.J. 1984. The PGRO pea growing handboek. 242 pp. Engeland.
7. Kendra D.F., Hadwiger L.A. 1987. Cell death and membrane leakage not associated with the induction of disease resistance in Peas by chitosan of *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*. Phytopathology 77[1] 100-106.
8. Kraft J.M. 1986. *Fusarium* root rot. In Compendium of Pea Disease. The American Phytopathol. Soc. USA.
9. Kraft J.M., Burke D.W. 1974. Behaviour of *Fusarium solani* f.sp. *pisi* and *Fusarium solani* f.sp. *Phaseoli* individually and in combinations on Peas and Beans. Plant Disease Reporter 58(6) 500-504.
10. Kraft J.M., Muehlbauer F.J., Cook R.J. & Enteman 1974. The reappearance of common wilt of peas in Eastern Washington. Plant Disease Reporter. 58(1) 62-62.
11. Huiskamp Th. 1987. Onderzoek naar zelfonverdraagzaamheid van een aantal akkerbouwmatige teelten. Interne mededeling N 484 PAGV.
12. Lamari L., Bernier C.C. 1985. Etiology of seedling blight and root rot of Faba bean in Manitoba. Canadian Journal of Plant Pathology. 7 139-145.
13. Matuo I., Snijder W.C. 1973. Use of morphology and mating populations in the identification of the forma *specialis* in *Fusarium solani*. Phytopathology 63 562-565.
14. Messiaen C.M.C. 1968. Recherche sur les fusarioses IV. La systematique des *Fusarium*. Ann. Epiphyties 19 387-454.
15. Miller D.E., Burke D.W., Kraft J.M. 1980. Predisposition of bean root to attack by pea pathogen, *Fusarium solani* f.sp. *pisi* due to temporary oxygen stress. The American Phytopathological Society. 70(12) 1221-1224.
16. PAGV. Jaarverslag 1986. Lelystad.
17. Reiniking O.A. 1950. *Fusarium* strains causing pea and bean root rot. Phytopathology 40 664-683.

18. Salt G.A., Delaney K.D. 1986. Influence of previous legume crops on root diseases in peas and beans. Chapter 16 from The Pea Crop. 247-257.
19. Scot R.E. 1987. Root rot and soil compaction problems of pea crops. In "Management for quality". Chapter 9, 45-50. New Zealand Agronomy society. Publ. N 6.
20. Sherf A.R., Macnab A.A. 1986. In "Vegetable disease and their control". Chapter 4, 471-501. Walley interscience publ. sec. edition. 728 pp.
21. Sheridan J.J. 1973. The survival of *Mycosphaerella pinodes* on pea haulm buried in soil. Ann. Appl. Biol. 75 195-203.
22. Siemer S.R., Vaughum E.K. 1971. A device for measuring bean plant anchorage and its relation to root rot severity. Phytopathology 61(6) 590-591.
23. Shipton P.J. 1977. Monoculture and soilborne plant pathogens. Ann. Rev. Phytopathol. 15 387-407.
24. Steadman J.R., Kerr E.D & Mumm R.F. 1975. Root rot of beans in Nebraska. Primary pathogens and yield loss appraisal. Plant Disease Reporter. 59(4) 305-307.
25. Temp M., Hagedorn D.J. 1964. Some effect of cropping on disease indices of *Aphomyces euteiches*. Phytopathology 54 910 [Abstract].
26. Wallen V.R., Wong S.I. Jeun J. 1967. Isolation, incidence, and virulence of *Ascochyta* spp. of peas from soil. Canadian journal of Botany. 45 2243-2247.
27. Yang S.M., Hagedorn D.J. 1968. Cultural and pathogenicity studies of induced variants of Bean and pea root rot *Fusarium* species. Phytopathology 58 639-643.
28. Zerlik G.M. 1979. A late yellowing and foot rot of peas. In "Soilborne plant pathogens. Chapter 28. 337-342.
29. Zogg van, H. 1964. Studien über die biologische Bodementseuchung. V. Untersuchungen über Fruchtfolgenfragen in Bezug auf fusz und welekrankheiten bei dresch Erbsen. Phytopathol. Z. Bot. 50 (4) 367-378.
30. Teelhandleiding "Doperwten". 1983. PAGV publ.

Nog leverbare PAGV-uitgaven¹⁾

Verslagen

5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbieten-rassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982	f 10,—
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs; ir. C. A. A. Maenhout et al, januari 1983	f 10,—
7. Epipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982	f 10,—
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C. B. Bus, ing. K. W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D. W. de Hoop (LEI), februari 1983	f 10,—
10. Epipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983	f 10,—
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983	f 10,—
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G. J. Bom, september 1983	f 10,—
15. Epipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984	f 10,—
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984	f 10,—
18. Rendabiliteit van continue teelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984	f 10,—
19. Biologie en ecologie van kleeftuinaard (Galium aparine). Ir. W. G. M. van den Brand, april 1984	f 10,—
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984	f 10,—
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984	f 10,—
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984	f 10,—
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeekei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984	f 10,—
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984	f 10,—
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A. J. Hellings, oktober 1984	f 10,—
26. Kalibermesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984	f 10,—
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J. A. Schoneveld, november 1984	f 10,—
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985	f 10,—
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985	f 10,—
35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W. G. M. van den Brand, maart 1985	f 10,—
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985	f 10,—

¹⁾ Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts, april 1985	f 10,—
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985	f 10,—
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985	f 20,—
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985	f 10,—
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985	f 10,—
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985	f 10,—
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985	f 20,—
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985	f 10,—
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985	f 10,—
47. Biologie en ecologie van melganzervoet (<i>Chenopodium album</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, december 1985	f 10,—
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H. P. Versluis, december 1985	f 10,—
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J. G. H. Stassen, december 1985	f 10,—
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986	f 10,—
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N. J. Snoek, juli 1986	f 10,—
52. Biologie en ecologie van hanepoot (<i>Echinochloa crus-galli</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, juli 1986	f 10,—
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W. G. M. van den Brand, oktober 1986	f 10,—
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986	f 10,—
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986	f 10,—
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J. A. Schoneveld, november 1986	f 10,—
59. Het bestrijden van verstuiwen op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986	f 10,—
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986	f 10,—
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproductie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987	f 10,—
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J. K. Ridder, mei 1987	f 10,—
68. Vervroeging van vollegrondsgroenten met afdekmaterialen. Ir. C. F. G. Kramer en J. T. K. Poll, september 1987	f 10,—
69. Biologie en ecologie van vogelmuur (<i>Stellaria media</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, september 1987	f 10,—
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne hapla</i>). Ing. A. A. W. Zondervan, november 1987	f 10,—
71. Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987	f 10,—
72. Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988	f 10,—
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H. M. G. van der Werf, april 1988	f 10,—

74. Ontwikkeling van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts en ing. K. Hindriks, mei 1988	f 10,—
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988	f 10,—
78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H. M. G. van der Werf en H. Hoek, december 1988	f 10,—
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C. F. G. Kramer, februari 1989	f 10,—
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J. H. G. Slangen (LU), ir. H. H. H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989	f 10,—
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H. M. G. van der Werf (PAGV), J. J. Klooster (IMAG) en D. A. van der Schans (PAGV), mei 1989	f 10,—
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L. C. N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989	f 10,—
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J. K. Ridder, juli 1989	f 10,—
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A. L. Smit, oktober 1989	f 10,—
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cuperus, oktober 1989	f 10,—
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. J. Schröder, A. G. M. Ebskamp en K. Scholte, oktober 1989	f 10,—
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemdgras. Ir. G. H. Horemans, november 1989	f 10,—
95. Stikstofbemesting van peen. J.H.G. Slangen, H.H.H. Titulaer, H. Niers en J. van der Boon, januari 1990	f 10,—
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990	f 10,—
97. Het Epipre-adviesmodel. H. Drenth en W. Stol, maart 1990	f 10,—
98. Zuiveringsslib in de akkerbouw. Ing. A. de Jong (PAGV), P.J. van Erp en P. van Lune (IB), april 1990	f 10,—
99. Aardpeer, een potentieel nieuw gewas. Ing. H. Morrenhof en ir. C.B. Bus, mei 1990	f 10,—
100. Teeltvervroeging bij suikerbieten. Ir. A.L. Smit, mei 1990	f 10,—
101. Teeltsystemen parthenocarpe augurken. J.T.K. Poll, F.M.L. Kanters, C.F.G. Kramer en J. Jeurissen, mei 1990	f 10,—
102. Stikstofbemesting bij spruitkool. Ing. J.J. Neuvel, mei 1990	f 10,—
103. Minerale olie, insecticiden en bladluisdruk bij de teelt van pootaardappelen in relatie tot de verspreiding van het aardappelvirus Y ^N . Ir. C.B. Bus, mei 1990	f 10,—
104. Het effect van een grondbehandeling met pencycuron (Moncereen) tegen Rhizoctonia op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Ing. J.K. Ridder, juni 1990	f 10,—
105. Jaarverslag Borgerswold. Ing. J. Boerma, juni 1990	f 10,—
106. Stikstofdeling bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, juli 1990	f 10,—
107. Langdurige bewaring van krotten in een geventileerde kuil en in een mechanisch gekoelde cel in seizoen 1986/1987, 1987/1988 en 1988/1989. Ing. M. H. Zwart-Roodzant, juli 1990	f 10,—
108. Optimale plantgetal van snijmaïs en van korrelmaïs, Ir. J. Schröder, juli 1990	f 10,—
109. (Stikstof) bemesting van witte kool. Ir. H.H.M. Titulaer, december 1990	f 10,—
110. Voor vruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroente in een akkerbouwrotatie. Ing. Th. Huiskamp, december 1990	f 10,—
111. Teelt van bakwaardige tarwe in Nederland. Dr. ir. A. Darwinkel, december 1990	f 10,—

112. Schietgevoeligheid van knolselderij. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, december 1990	f 10,—
113. Populatie-ontwikkeling van het bietecysteeltje en de optredende schade bij continueelt van suikerbieten in combinatie met grondontsmetting. Ir. J.G. Lamers, december 1990	f 10,—
114. Onderzoek naar het effect van systemische nematociden bij koolgewassen. C. de Moel, december 1990	f 10,—
115. Rhizomanie-onderzoek 1987-1989. Ir. Y. Hofmeester, december 1990	f 10,—
116. Bladrandkeverbijding door middel van zaadcoating bij veldbonen. A. Ester, december 1990	f 10,—
117. Gewasdag mais, december 1990	f 10,—
118. Graszaadstengelgalmuggen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990	f 10,—
119. Inventarisatie van ziekten en plagen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990	f 10,—
120. Biotoets voetziekten in erwten. Ir. P. J. Oyarzun, maart 1991	f 10,—

Publicaties

6. Witloftreksystemen, een vergelijking van productie, arbeidsbehoefte en financieel resultaat; ing. M. v.d. Ham, ir. G. van Kruistum en ing. J. A. Schoneveld (IMAG), januari 1980	f 6,50
7. Virusziekten in pootaardappelen; ing. A. Schepers en ir. C. B. Bus, februari 1980	f 3,50
11. 15 jaar "De Schreef"; ing. O. Hoekstra, februari 1981	f 12,50
12. Continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten; ir. J. G. Lamers, februari 1981	f 10,—
17. Volgteelt van stamslabonen na doperwten; ing. L. M. Lumkes en ir. U. D. Perdok, oktober 1981	f 10,—
19. Jaarverslag 1981, mei 1982	f 15,—
21. Werkplan 1983, februari 1983	f 10,—
22. Jaarverslag 1982, juli 1983	f 15,—
23. Kwantitatieve informatie 1983 - 1984; september 1983	f 20,—
24. Werkplan 1984, februari 1984	f 10,—
25. Jaarverslag 1983, juni 1984	f 10,—
26. Kwantitatieve informatie 1984 - 1985, september 1984	f 20,—
27. Jaarverslag 1984, februari 1985	f 10,—
28. Werkplan 1985, februari 1985	f 10,—
29. Kwantitatieve informatie 1985 - 1986; september 1985	f 20,—
30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmais; ir. J. J. Schröder, september 1985	f 10,—
31. Werkplan 1986, maart 1986	f 10,—
32. Jaarverslag 1985, april 1986	f 15,—
33. Kwantitatieve informatie 1986 - 1987, september 1986	f 20,—
34. Werkplan 1987, maart 1987	f 10,—
35. Jaarverslag 1986, april 1987	f 15,—
36. Informatiemodel 'Open Teelten'-bedrijf, juni 1987	f 10,—
37. Kwantitatieve informatie 1987 - 1988; augustus 1987	f 20,—
38. Jaarboek 1986; november 1987	f 30,—
39. Werkplan 1988, maart 1988	f 10,—
40. Jaarverslag 1987; april 1988	f 15,—
41. Kwantitatieve informatie 1988 - 1989; augustus 1988	f 20,—
42. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen; ir. C. D. van Loon en J. F. Houwing, januari 1989	f 20,—
43. Jaarboek 1987/'88; februari 1989	f 35,—
44. Bouwplan en vruchtopvolging. Ir. Th. G. F. M. Aerts en ir. W. A. M. Kromwijk, februari 1989	f 20,—

45. Werkplan 1989, april 1989	f 10,—
46. Jaarverslag 1988, april 1989	f 15,—
47. Handboek voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond 1989, juni 1989	f 35,—
48. Kwantitatieve informatie 1989-1990. Ing. W. P. Noordam en ir. E. van de Wiel, oktober 1989	f 20,—
49. Jaarboek 1988/1989, oktober 1989	f 35,—
50. Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk. Dr. P.H. Vereijken en ir. F.G. Wijnands, april 1990	f 15,—
51. Werkplan 1990, april 1990	f 10,—
52. Jaarverslag 1989, juni 1990	f 15,—
53. Kwantitatieve Informatie 1990-1991, september 1990	f 25,—

Themaboekjes

2. Vruchtwisseling; februari 1981	f 7,50
3. Consumptie-aardappelen; december 1982	f 10,—
4. Snijmaïs; maart 1984	f 10,—
5. Zomergerst; november 1985	f 10,—
6. Kwaliteitszorg bij de teelt van witlof; december 1985	f 10,—
7. Organische stof in de akkerbouw, februari 1986	f 10,—
8. Geïntegreerde bedrijfssystemen, 17 november 1988	f 15,—
9. Vruchtwisseling, november 1989	f 15,—
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990	f 15,—
11. Bewaring van vollegrondsgroenten, december 1990	f 15,—

OBS-uitgaven

1. Verslag over 1980; mei 1983	f 25,—
2. Verslag over 1981; december 1983	f 25,—
3. Verslag over 1982; mei 1984	f 25,—
4. Verslag over 1983; augustus 1985	f 20,—
5. Verslag over 1984; augustus 1986	f 20,—
6. Verslag over 1985; mei 1988	f 20,—

Teelthandleidingen

1. Blauwmaanzaad, april 1977	f 5,—
2. Zaaluien, maart 1985	f 10,—
4. Bleekselderij, september 1977	f 5,—
5. Bos- en waspeen, april 1982	f 10,—
9. Plantuien, maart 1979*	f 6,—
11. Prei, december 1985	f 10,—
12. Witlof, augustus 1989	f 20,—
13. Voederbieten, april 1983	f 10,—
14. Doperwtten, augustus 1983	f 10,—
15. Bestrijding van onkruiden in suikerbieten (incl. de gids "Akker-onkruiden en hun kiemplanten f 15,—"), maart 1985	f 12,50
16. Knolvenkel, maart 1984	f 10,—
17. Sluitkool, mei 1985	f 10,—
18. Bloemkool, oktober 1985	f 10,—
19. Sla, oktober 1985	f 10,—
20. Broccoli, juni 1986	f 10,—
21. Suikerbieten, december 1986	f 15,—
22. Andijvie, augustus 1987	f 10,—
23. Wintertarwe, september 1987	f 15,—
24. Kroten, juli 1988	f 15,—
25. Luzerne, september 1988	f 15,—
26. Graszaad, oktober 1988	f 15,—
27. Stamslabonen, november 1988	f 15,—
28. Droge erwten, maart 1989	f 15,—
29. Augurk, november 1990	f 15,—
30. Knolselderij, maart 1989	f 15,—
31. Spruitkool, november 1990	f 15,—

* Deze teelthandleidingen zijn ook verkrijgbaar bij de SNUIF in Colijnsplaat, girorekening 26233.

Korte teeltbeschrijvingen

1. Teunisbloemen, maart 1986	f 5,—
3. Paksoi en amsoi, augustus 1986	f 5,—
4. Bosui, december 1986	f 5,—
6. Groene asperge, september 1988	f 5,—
7. Courgette en pompoen, december 1988	f 5,—
8. Chinese kool, november 1989	f 10,—

Niet opgenomen in een reeks

— Bouwboek (inhoud + ringband; voor het bijhouden van uiteenlopende bedrijfsadministratie)	f 35,—
— Phoma bij aardappelen; ing. A. Schepers en ir. C. D. van Loon, maart 1988	f 5,—

Losse bestellingen

U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgirorekening nr. 22.49.700 van het PAGV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.

PAGV-jaarabonnementen

U kunt kiezen uit de volgende abonnementen:

- **akkerbouw-praktijk:**
bevat op de praktijk gerichte akkerbouw- en algemene informatie
- **akkerbouw-totaal:**
bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. akkerbouw
- **vollegroondsgroente-praktijk:**
bevat op de praktijk gerichte vollegroondsgroente- en algemene informatie
- **vollegroondsgroente-totaal:**
bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. de vollegroondsgroenteteelt
- **totaal-praktijk:**
bevat op de praktijk gerichte informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegroondsgroenteteelt
- **totaal-verslagen:**
bevat indirect wel praktijkgerichte informatie, maar bestaat in principe uit gedetailleerde onderzoekinformatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegroondsgroenteteelt
- **totaal-PAGV:**
bevat alle PAGV-uitgaven.

Onderstaand schema laat zien welke PAGV-uitgaven u ontvangt bij een bepaald abonnement:

PAGV-uitgaven	akkerbouw-praktijk	akkerbouw-totaal	vollegroondsgroente-praktijk	vollegroondsgroente-totaal	totaal-praktijk	totaal-verslagen	totaal-PAGV
Werkplan	x	x	x	x	x	x	x
Jaarverslag	x	x	x	x	x	x	x
Jaarboek	x	x	x	x	x		x
Kwantitatieve Informatie	x	x	x	x	x		x
publicaties akkerbouw	x	x			x		x
publicaties vollegroondsgroenteteelt			x	x	x		x
publicaties algemeen	x	x	x	x	x		x
teelthandleidingen akkerbouw	x	x			x		x
teelthandl. vollegroondsgroenteteelt			x	x	x		x
verslagen akkerbouw		x				x	x
verslagen vollegroondsgroenteteelt				x		x	x
verslagen algemeen		x		x		x	x
prijs per jaar	f 100,-	f 175,-	f 75,-	f 125,-	f 150,-	f 100,-	f 250,-

U wordt abonnee door het per abonnement vermelde bedrag over te maken op postgirorekeningnummer 22.49.700 van het PAGV te Lelystad, met vermelding van het betreffende abonnement.

U ontvangt dan zonder verdere kosten alle betreffende uitgaven in het betreffende kalenderjaar.

N.B. Uw abonnement wordt automatisch verlengd voor een volgend jaar. Wijziging/opzegging van het abonnement is mogelijk tot 1 november van het abonnementsjaar.