

Kennisinventarisatie opbrengstreducties erwten en de mogelijkheden om slechte oogsten tegen te gaan

J.G. Lamers

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten
Juli 2011

PPO nr. 3250206000

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

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

Projectnummer: 3250206000



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219PH Lelystad
Tel. : +31 320291111
Fax : +31 320230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 INVENTARISATIE VAN DE KENNIS.....	9
2.1 Mate van voorkomen van bodemziekten in de erwenteelt en de schade van bodemziekten.	9
2.1.1 Algemeen.....	9
2.1.2 Bodemziekten	9
2.1.3 Andere veroorzakers van problemen	13
2.2 Wat is het effect van de teeltfrequentie van erwten op de bodemziekten?	13
2.3 Effect van andere teeltmaatregelen.....	15
2.4 Ervaringen met een biotoets om probleempcelen op te sporen	15
2.5 Ervaringen met een toets voor ziektevering.....	17
3 MOGELIJKHEDEN VAN DE INDUSTRIE VOOR OPBRENGSTVERHOOGING	19
3.1 Biotoets	19
3.2 Moleculaire toets	19
3.3 Perceelsgegevens registreren	19
3.3.1 Opbrengsten	19
3.3.2 Is informatie bruikbaar van remote sensing technieken?	20
3.3.3 Andere informatiebronnen.....	20
4 AANBEVELINGEN	23
5 LITERATUURLIJST	25

Samenvatting

De verwerkende industrie geeft aan dat het gemiddelde opbrengstniveau van erwten, in tegenstelling tot vele andere gewassen, in de praktijk geen stijgende lijn laat zien. Tevens blijkt dat telers die voor het eerst erwten telen wel topopbrengsten halen. Een optimale opbrengst is cruciaal om de concurrentiepositie van de erwenteelt binnen het bouwplan op peil te houden. De werkgroep Industriegroenten van LTO erkent de toenemende opbrengstreductie van erwt als een knelpunt.

Doel van dit project is om de beschikbare kennis over bodemziekten, die een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het achterblijven van de opbrengsten van erwten, te inventariseren. Op basis van deze inventarisatie worden voorstellen gedaan om de problemen aan te pakken of te voorkómen.

In de jaren tachtig breidde de erwenteelt zich snel uit in Nederland. Onderzoek werd toen uitgevoerd naar de mogelijkheden om opbrengstreducties tegen te gaan. Door het PAGV (voorganger van PPO) werd een biotoets ontwikkeld om de problemen van de bodem in kaart te brengen. Hieruit kwam naar voren dat het grootste deel van de opbrengstreducties aan de problemen in de bodem konden worden toegeschreven. In de biotoets waren eventuele problemen die voortkwamen uit de bodemstructuur, de bevochtiging van de erwtenplant en het aanbod aan nutriënten geminimaliseerd. Wat dan wel optimaal naar voren komt, is de aanwezigheid van bodemziekten. De voet en stengel van de erwtenplant in de biotoets werd aangetast en beoordeeld. Het bleek dat er een goede relatie bestond tussen de ziekte-index van de ondergrondse delen van deze erwtenplanten in de biotoets en de ziekte-index van de erwten in het veld. De opbrengst in het veld varieerde van 2 tot 7 ton per ha. De ziekte-index was de belangrijkste verklaring voor de opbrengstreducties. Het bleek dat 25 tot 40% van de variatie in opbrengst verklaard kon worden uit de ziekte-index van de erwten die op deze grond groeiden. Andere mogelijke verklaringen zoals bodemchemische of bodemfysische parameters correleerden niet met de opbrengst. Het blijft belangrijk dat de erwenteelt plaats vindt op percelen met een goede structuur en doorlatendheid. Bij slecht weer komt de groei van het gewas dan snel tot stilstand, wat andere problemen verergerd. Een klein deel van de opbrengstreducties kon toegeschreven worden aan het bouwplan. Het bleek dat de ziekte-index van de erwten in de biotoets voor een zeer klein deel samenhangen met de mate van aanwezigheid van erwten, en/of veldbonen en/of bonen in het bouwplan. De beste relatie werd gevonden met een sommatie van het aantal teelten van erwten, veldbonen en bonen in de afgelopen 18 jaar. Deze sommatie verklaarde slechts 12% van de variatie in ziekte-index van de biotoets. Deze mate van verklaring was iets hoger in een droog jaar, wanneer de aantasting meer veroorzaakt lijkt te worden door *Fusarium solani* f.sp. *pisi*, dan in een nat jaar wanneer de veroorzaker vooral *Aphanomyces euteiches* is. Deze laatste bodemschimmel is specifiek gebonden aan de erwenteelt. De mate van besmetting door *A. euteiches* lijkt vooral bepaald te worden door natte teeltomstandigheden in de voorafgaande erwenteelt. Dus wanneer er na 12-18 jaar weer erwten op dit perceel staan zal de oogst opnieuw mislukken zeker wanneer het weer een nat jaar wordt. Naast *A. euteiches* en *F. solani* zijn er nog een groot aantal andere bodemschimmels aangetroffen in gronden met voetziektesymptomen. Belangrijk in dit verband zijn *Fusarium oxysporum*, *Didymella pinodes* (*Mycosphaerella pinodes*), *Chalara elegans* (*Thielaviopsis basicola*), *Phoma medicaginis* en soms *Sclerotinia sclerotiorum* en *Rhizoctonia solani*. Verder zijn er diverse aaltjessoorten en al of niet bodemgebonden insectenplagen die het gewas belagen.

Er zijn dus vele percelen waar regelmatig peulvruchten worden geteeld en waar opbrengstreducties optreden. Percelen zonder een historie van peulvruchtenteelt hebben meer kans om een goede opbrengst te realiseren, maar uitzonderingen zijn er legio. Een bouwplan van 1 op 6 erwten is nog veel te hoog om geen last te hebben van bodemziekten. Zelfs percelen waar de laatste 18 jaren een of meer van de peulvruchten hebben gestaan hebben een verhoogd risico. Dit risico kan worden verkleind door vooraf de ziekte-index door middel van een biotoets te bepalen. Mislukkingen worden voorkómen en gemiddeld kunnen hogere opbrengsten gerealiseerd worden. De uitvoering van een biotoets kan in Nederland opnieuw worden opgezet of er kan aansluiting worden gezocht bij laboratoria in het buitenland.

Naast het opnieuw in gebruik nemen van de biotoets zijn er drie nieuwe benaderingen naar voren gekomen

die perspectief bieden om de kans op opbrengstreducties in erwten te verkleinen. In een vervolgstudie zal moeten blijken in welke mate de kosten lager zijn en of er voldoende voordeel mee behaald kan worden ten opzichte van de bepalingen met de biotoets.

1. De eerste is een moleculaire toets om de aanwezigheid van pathogenen in de bodem vast te stellen. Nagegaan moet worden welke pathogenen kunnen worden gedetecteerd. Dit dient tot op het forma specialis niveau te worden uitgevoerd en kan het ontwikkelen van de detectie bemoeilijken. De vraag is bovendien of deze detectie direct op een fractie van de grond kan worden uitgevoerd of dat het pathogeen zich eerst moet vermeerderen op de plant die in die grond groeit. In het laatste geval is nog een biotoets nodig of een aanpassing van de biotoets.
2. De teler kan, naast het handteren van een zo ruim mogelijk bouwplan voor erwten, er voor zorgdragen dat de bodemstructuur optimaal is om met name wateroverlast tegen te gaan. De chemische grondontsmetting tegen aaltjes zal weinig effect hebben op de voetziekten in erwten. De biologische grondontsmetting met het inwerken van een groenbemester en afdekken met luchtdicht plastic biedt veel meer perspectief, maar is, wanneer het alleen voor dit doel wordt toegepast, te duur. De teelt van specifieke groenbesters zou tot een vermindering van de ziektedruk kunnen leiden. Uitgezocht dient te worden welke groenbemester (haver, mais, gele mosterd, soedangras) in Nederland de voetziekte-index omlaag kan brengen.
3. Een derde benadering is het registreren van perceelsgegevens en deze invoeren in een databank. De databank kan door de industrie worden gevuld met bijvoorbeeld opbrengstgegevens en allerlei andere gegevens over percelen die dit jaar worden beteeld, maar ook met die gegevens van percelen die in het verleden met erwten zijn beteeld. Wanneer minimaal 5 jaren zijn ingevoerd kan deze databank gebruikt worden om mislukkingen tegen te gaan. De databank kan op perceelsniveau naar believen worden uitgebreid met informatie over de aanwezigheid van aaltjes, de bemestingstoestand, de homogeniteit, chemische analyses etc. Belangrijk is dat dan de verantwoordelijkheid voor het vullen en voor het gebruik van de gegevens is geregeld. Verdere uitbreiding van de databank is mogelijk met geo-informatie. Er bestaan uitgebreide digitale bodem- en gebruikskarten van Nederland die van belang zijn. Satellieten maken vele opnamen met bruikbare informatie. De verkleuring van het gewas als gevolg van voetziekten kan hiermee goed vastgesteld worden. Ook andere oorzaken kunnen tot verkleuringen leiden waardoor veldinspecties nodig blijven. Een belangrijk voordeel van deze geo-informatie is dat de grootte van het probleem binnen een perceel goed kan worden vastgesteld. Bovendien kunnen de remote sensing beelden van vele jaren in een keer worden gebruikt om in te voeren. Na het vullen van de databank moet een algoritme worden afgeleid dat de mate van de opbrengstreductie van erwten voor een bepaald perceel kan weergeven.

In hoeverre de verschillende deelnemers deelnemen aan het vullen van de databank, zal afhangen van het voordeel dat zij er in zien. De Boerenbond Helden heeft plannen voor het vullen van een databank in verband met de vele huurpercelen voor de vele gewassen die daar in die omgeving zijn. Mogelijk kunnen dergelijke initiatieven gebundeld worden.

1 Inleiding

De verwerkende industrie geeft aan dat het gemiddelde opbrengstniveau van erwten, in tegenstelling tot vele andere gewassen, in de praktijk geen stijgende lijn laat zien. Tevens blijkt dat telers die voor het eerst erwten telen wel topopbrengsten halen. Een optimale opbrengst is cruciaal om de concurrentiepositie van de erwenteelt binnen het bouwplan op peil te houden. De verwerkers stellen de contractvoorwaarden ook niet bij: zij halen de benodigde kilo's toch wel binnen, door die jaarlijkse groep nieuwe telers met verse grond.

Op het gebied van erwten wordt wel aan veredeling gedaan. De oorzaak van de stagnerende opbrengstgroei wordt daarom vooral gezocht in de gevolgen van de teelt van erwten en andere gewassen op de bodemvruchtbaarheid en de bodemgezondheid. In het verleden is wel het nodige onderzoek gedaan aan bodemziekten en erwten. De kennis uit het onderzoek is echter verspreid en weinig toegankelijk. Het knelpunt (toenemende opbrengstreductie) is herkend door de werkgroep Industriegroenten van LTO. Zij dringen erop aan dat deze verkenning gedaan wordt omdat de economie van de teelt steeds meer onder druk staat. Het VIGEF Platform Industriegroenten bevestigt het beeld van opbrengstreductie. O.a. HAK en Ardo, de grotere afnemers van erwten, onderkennen het knelpunt en bevestigen dat een ruime vruchtwisseling de genoemde opbrengstreductie weliswaar beperkt maar niet opheft.

Doel van dit project is om de beschikbare kennis over bodemziekten, die een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het achterblijven van de opbrengsten van erwten, te inventariseren.

Op basis van bovenstaande inventarisatie wordt een eerste verkenning gedaan naar handvatten voor de teler om de problemen aan te pakken of te voorkómen.

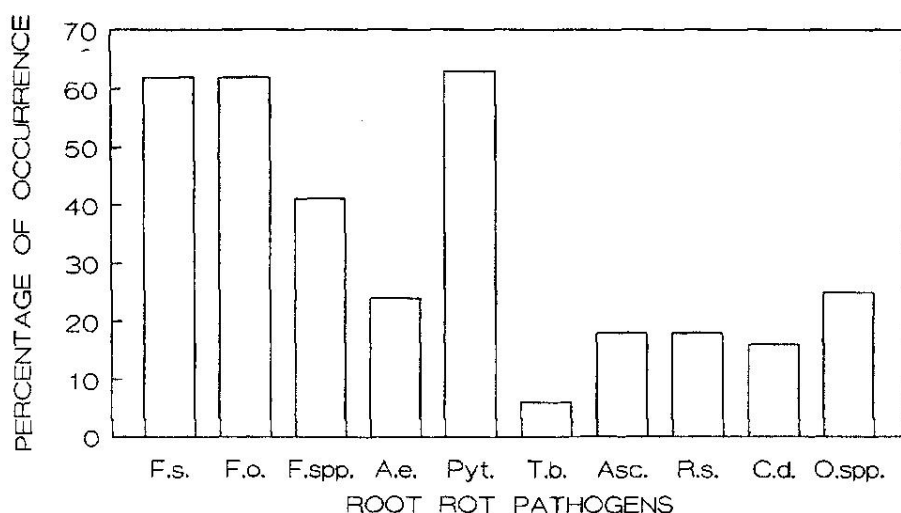
Het rapport biedt een overzicht van de mogelijke oorzaken voor opbrengstreductie op percelen die eerder met erwten zijn geteeld en mogelijkheden voor aanpak. Tevens zijn aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan.

2 Inventarisatie van de kennis

2.1 Mate van voorkomen van bodemziekten in de erwenteelt en de schade van bodemziekten.

2.1.1 Algemeen

De mate van voorkomen van bodemziekten in Nederland is in 1985-1987 onderzocht (Oyarzun, 1993 #449). De belangrijkste ziekteverwekkers met hun mate van voorkomen zijn *Fusarium solani* f.sp. pisi (62%), *Fusarium oxysporum* (62%), *Pythium* spp. (63%), andere *Fusarium* soorten (41%) en *Aphanomyces euteiches* (24%). In figuur 1 staat een overzicht van de frequentie van de belangrijkste bodemziekten.



Figuur 1. De mate van voorkomen (percentage of occurrence) van bodemziekten op wortels en epicotyl van erwten. De getallen zijn de gemiddelden van de isolaties van diverse methoden van monsters van 100 plaatsen (F.s.= *Fusarium solani*, F.o.= *Fusarium oxysporum*, F. spp.= andere *Fusarium* soorten, A.e.= *Aphanomyces euteiches*, Pyt.= *Pythium* soorten, T.b.= *Thielaviopsis basicola*, Asc.= 'Ascochyta', R.s.= *Rhizoctonia solani*, C.d.= *Cylindrocarpon destructans*, O.spp.= andere soorten (Oyarzun, 1990).

De volgende ziekten zijn aanwezig op het zaad van erwten en kunnen met het zaad verspreid worden. Dit zijn: *P. medicaginis pinodella*, *M. pinodes*, *A. euteiches* en *Fusarium* spp.

2.1.2 Bodemziekten



2.1.2.1 *Fusarium solani* f.sp. pisi

¹*F. solani* f.sp. pisi (droog wortelrot) werd in 1986-1989 in grote mate aangetroffen in de Nederlandse gronden. Het was het pathogeen dat het meest aanwezig was (Oyarzun, 1994). *F. solani* f.sp. pisi heeft vocht nodig zodat de ziektekiemen waaronder de rustsporen van de schimmel (chlamydosporen), kunnen kiemen. Bij heet weer komen de symptomen meer naar voren. Dat is ook het geval in verdichte grond met structuurproblemen. Onder in de stengel

¹ *Fusarium solani* op erwt. Foto bron: <http://www.ndsu.edu/pubweb/pulse-info/images/chickpeapic/rootrot.jpg>

en boven in de hoofdwortel gaat het weefsel rood verkleuren. Ook zonder duidelijke symptomen, kan er toch al opbrengstverlies optreden (Biddle, Knott et al. 1988). Erwten die matig zijn aangetast door *F. solani* f.sp. *pisi* brengen in Canada gemiddeld 23% minder op en de zwaar aangetaste planten brengen 61% minder op (Basu 1978). De verliezen zijn minder heftig dan van *F. oxysporum* ofwel erwten verwelking. Diverse isolaten van *F. solani* hebben zowel erwten als veld- (*Vicia*) en gewone bonen (*Phaseolus*) als waardplant. Er komen pathogene en niet-pathogene vormen van *F. solani* voor in de grond. Daarom wordt er geen relatie gevonden tussen de mate van aanwezigheid van *F. solani* (inoculum dichtheid) en de aantasting van droogwortelrot. Het is mogelijk dat de niet pathogene vormen antagonistische eigenschappen hebben ten opzichte van de pathogene vormen.

Toevoeging van organisch materiaal aan de bodem zoals van stro of chitine deed de wortelrotaantasting verlagen. Dit komt wellicht door de verhoging van de biologische activiteit van de bodem (Van der Spek, 1968).

De verspreiding door de grond kan vanuit een ernstig door besmet zaad aangetaste plant enkele tientallen aangrenzende planten beslaan. Zaadontsmetting geeft een korte tijd bescherming van de plant tegen infectie vanuit de grond.

F. solani kan bij lage besmettingsniveaus al 20% opbrengstdaling geven. Vooral in gronden met een laag kalkgehalte en met een slechte structuur zijn de problemen fors. Maar ook op vruchtbare gronden kunnen problemen heftig zijn. Dit pathogeen komt algemeen voor in gebieden met een traditionele erwteenteelt. Droogwortelrot wordt in normale mate beïnvloed door de weerbaarheid van de bodem. Door dit effect bleek er geen verband op te treden tussen de ernst van de wortelrot en de hoeveelheid *Fusarium solani* in de erwten rhizosfeer (omgeving van wortels). Zo bleek in een experiment met continueelt van gewassen dat continu vlasteelt de bodem ziekteverend maakte tegen *F. solani*, terwijl continu veldbonen de bodem erg gevoelig maakte voor *F. solani* (Oyarzun, Dijst et al. 1994). Continueelt van mais, bonen en uien leidde tot een tussenpositie. Of een keer een gewas telen op een perceel de bodem ook meer of minder ziekteverend maakt, is niet onderzocht. Het zou wenselijk zijn om dit voor vlas te onderzoeken. De mate van ziektevering in diverse gronden tegen *F. solani* vertoont een negatieve relatie met de hoeveelheid oplosbaar K, P, Mg en totaal C en totaal N (Oyarzun, 1994).

2.1.2.2 *Fusarium oxysporum*



² *F. oxysporum* vormt chlamydosporen in plantenresten die meer dan 5 jaar kunnen overleven. De symptomen zijn het optreden van verwelking. In Engeland wordt onderscheid gemaakt in *F. oxysporum* ras 1 en 2. Ras 1 geeft meer verwelking en ras 2 meer wortelrot. In Nederland wordt ras 1 ook wel de St Jansziekte genoemd, omdat de symptomen van deze ziekte omstreeks 24 juni zichtbaar worden. In Engeland is ras 1 belangrijker dan ras 2. Voor ras 2 zijn warmere omstandigheden van belang, waardoor dit symptoom later in het seizoen optreedt. De symptomen van ras 2 worden makkelijk verward met die van *F. solani* (Biddle, Knott, et al., 1988).

F. oxysporum ras 1 heeft alleen de erwt als waardplant. De rassen kunnen er tegen veredeld worden. Veredeling tegen ras 2 is weinig toegepast.

F. oxysporum ras 1 heeft alleen de erwt als waardplant. De rassen kunnen er tegen veredeld worden. Veredeling tegen ras 2 is weinig toegepast.

F. oxysporum komt voor in gronden in pathogene en in niet-pathogene vorm. Van de niet-pathogene vormen

² *Fusarium oxysporum* in erwt. Foto bron:

[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7819/\\$FILE/fieldpea_fw2_1.jpg](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7819/$FILE/fieldpea_fw2_1.jpg)

zijn er vormen die effectief zijn als antagonist. Van een zo'n antagonist (FO47) is bekend dat deze werkt ³tegen *F. oxysporum* in tomaat, in anjer, cyclaam, komkommer, vlas of selderij. FO47 werkt



uitstekend wanneer deze eerst gesteriliseerde grond kan koloniseren voordat de pathogene vorm wordt toegediend.

Hetzelfde is van toepassing op de onderdrukking van *F. solani* f.sp. *pisi*. In natuurlijk door *F. solani* besmette grond kan de niet-pathogene vorm van *F. oxysporum* die van *F. solani* enigermate onderdrukken. Dit treedt niet op in alle gronden en het effect is niet zo groot dat er geen aantasting overblijft. In gronden die besmet zijn met *A. euteiches* (zie ook 3.1.2.8) is geen effect van de niet-pathogene *F. oxysporum* meetbaar (Oyarzun, Postma et al. 1994).

2.1.2.3 *Pythium* spp.

Uitgesloten moet worden dat er geen verwarring is met *A. euteiches*. *Pythium* geeft al vroeg aantasting van de zaailing voor opkomst of geeft iets later wegval van jonge planten. Er zijn meerdere *Pythium* soorten betrokken bij het voetziekte complex.

2.1.2.4 *Didymella pinodes* (syn; *Mycosphaerella pinodes*, anamorph: *Ascochyta pinodes*)

De ascosporen (de sporen in de lucht ontstaan na geslachtelijke voortplanting) van *D. pinodes* kunnen in het voorjaar door turbulentie van de lucht verspreid worden. Zij veroorzaken de donkere vlekkenziekte met name in vochtige jaren. Het tijdig en goed onderwerken van de loofresten kan deze vroege verspreiding tegengaan. Hoe korter na een aangetaste erwten teelt weer erwten geteeld worden, hoe meer kans op een nieuwe aantasting.

D. pinodes vormt chlamydosporen in plantenresten die meer dan 5 jaar kunnen overleven. Zaadinfectie zorgt ook voor aantasting van het wortelstelsel. Zaadinfectie komt meer voor dan grondinfectie (Biddle, Knott et al. 1988).

2.1.2.5 *Phoma medicaginis* var *pinodella*

Deze ziekte komt meer naar voren in natte jaren en in verdichte gronden. Zowel veldbonen als erwten zijn waardplant. Hoe korter na deze gewassen met aantasting van *P. medicaginis* weer geteeld wordt, hoe meer kans op aantasting. *P. medicaginis*, *D. pinodes* en *Ascochyta pisi* (van zaad afkomstig) behoren tot het *Ascochyta* complex (Oyarzun 1990).

P. medicaginis vormt ook chlamydosporen die meer dan 5 jaar in de grond kunnen overleven. *P. medicaginis* is meer afhankelijk van zaadbesmetting om wortelrot te kunnen geven (Oyarzun 1994), maar volgens de Engelsen is de grondbesmetting belangrijker (Biddle, Knott et al. 1988). Op de stengelbasis kan een purper-zwart verkleurde kraag ontstaan.

2.1.2.6 *Rhizoctonia solani*

Deze algemene bodemschimmel kan meerdere gewassen aantasten. *R. solani* wordt opgedeeld in zogenaamde anastomosegroepen. *R. solani* AG 2-2 kan de erwt aantasten, maar ook suikerbiet, wortelen en zelfs mais en gras. Deze variant houdt van warmte. De aardappelen worden vooral aangetast door *R. solani* AG 3. In erwten kwam in 18% van de percelen *R. solani* voor (Oyarzun, 1993 #449).

2.1.2.7 *Cylindrocarpon destructans*

Deze schimmel is ook een algemene bodembewoner. In 16% van de percelen kwam ook *C. destructans* voor (Oyarzun, 1993 #449).

³ <http://old.padil.gov.au/pbt/index.php?q=node/20&pbtID=160>

2.1.2.8 *Aphanomyces euteiches*

A. euteiches veroorzaakt zachtrot. De buitenste cellagen van het wortelstelsel verliezen hun



structuur, ⁴worden zacht en nat. De verkleuring gaat naar goudachtig, lichtbruin. Bij het optrekken van de plant worden veelal de hoofdwortels mee opgetrokken, terwijl de buitenste lagen van de wortel en de zijwortels achterblijven. In Nederland werden alleen erwten aangetast, in andere landen waren isolaten ook pathogeen op bonen (Oyarzun, 1993). Met name vochtige en warme omstandigheden bevorderen de aantasting. Het komt veel voor op zwaardere slecht gedraineerde gronden. Bij onderzoek van monsters van 56 velden werd in 26 gevallen *A. euteiches* aangetroffen (Oyarzun 1994). Over het algemeen is de

bodem van nature erg ontvankelijk voor *A. euteiches* (Oyarzun, Dijkstra et al. 1997). 1987 was een nat jaar. Vastgesteld werd dat er veel nat wortelrot aanwezig was. Bij een perceel werd gevonden dat de ziekte-index door de erwten teelt toenam van 1.5 naar 4.4 (index van 0-5). Daarmee blijft er in een nat jaar ook veel



meer ⁵ inoculum achter na de teelt van de erwten (Oyarzun 1993). In vrij water komen na 24 uur de zoösporen vrij. In 48 uur natte omstandigheden kan *A. euteiches* het wortelstelsel verwoest hebben. In 1991 werden de gronden wederom getest, nadat er 4 jaar geen erwten waren geteeld. De gronden bleken relatief veel aantasting door *A. euteiches* te geven. In Amerika werd na 8 jaar nog geen verlaging van de besmettingsgraad aangetroffen (Biddle, Knott et al. 1988). Hieruit kan worden afgeleid dat de mate van besmetting van een perceel met *A. euteiches* vooral te wijten is aan de teeltomstandigheden in de voorafgaande erwten teelt dan aan de teeltfrequentie van de erwten. Wanneer een perceel

eenmaal zwaar besmet is dan blijft dit perceel over lange tijd zwaar besmet.

In gronden besmet met *A. euteiches* is de gemiddelde opbrengstverlaging 25-30% in Amerika.

De mate van ziektevering tegen *A. euteiches* is niet duidelijk gecorreleerd met gemeten abiotische of biotische factoren. Omdat de mate van ziektevering duidelijk afneemt na sterilisatie van de grond is er toch



een biotische factor die de mate van ziektevering beïnvloedt (Oyarzun, Gerlagh et al. 1998). Later werd wel een relatie gevonden met vrij Ca in de oplossing. Hoe meer water oplosbare Ca-ionen aanwezig waren, hoe minder zoösporen van *A. euteiches* gevonden werden en hoe lager de ziekte-index was (Heyman, Lindahl et al. 2007).

2.1.2.9 *Chalara elegans* (*Thielaviopsis basicola*).

⁶ *C. elegans* veroorzaakt zwart wortelrot. Het ziektebeeld is een soort droogrot, maar dan alleen van de wortels, die roetzwart worden. Het komt niet zo veel voor in Nederlandse gronden. *C. elegans* heeft ook vrij water nodig om tot infectie te komen. Niet alleen de erwt en de Phaseolus boon is waardplant voor *C. elegans*. De schimmel heeft veel gewassen als waardplant. Vruchtwisseling is dan minder zinvol. De bodem is over het algemeen niet zo ontvankelijk voor *C. elegans*

⁴ <http://www.apsnet.org/edcenter/K-12/TeachersGuide/watermold/Pages/background.aspx>

⁵ <http://agdev.anr.udel.edu/weeklycropupdate/?p=1031>

⁶ <http://dwpicture.com.au/picture.asp?picture=789>

(Oyarzun, Dijst et al. 1997). *C. elegans* wordt bevorderd door basische omstandigheden. De bodems die meer ziekteverwerend zijn tegen *C. elegans* zijn eerder lager in pH, hebben minder organische stof en een lagere C/N quotiënt.

2.1.2.10 Overige (bodem) ziekten

Sclerotinia sclerotiorum blijft meerdere jaren in de grond over door middel van sclerotiën. De sclerotiën kunnen onder vochtige omstandigheden kiemen en bovengronds paddenstoelen vormen. Hierop worden ascosporen gevormd die zich door de lucht verspreiden. Met name onder vochtige omstandigheden kunnen de ascosporen dan op makkelijk toegankelijke plaatsen infectie veroorzaken. Deze plaatsen zijn (afgevallen) bloemblaadjes, beschadigde bladeren of stengels en dergelijke. Er ontstaat een lesie van waaruit de schimmel verder kan groeien. De witte schimmeldraden zijn dan duidelijk aanwezig. Later worden de sclerotien in de stengels gevormd. *S. sclerotiorum* heeft een brede waardplantenreeks. Op lichtere gronden en in zware gewassen wordt de meeste schade geleden. Nu Ronilan niet meer kan worden ingezet tegen *Sclerotinia* kunnen de problemen met deze bodemschimmel toenemen. Rovral en Switch zijn wel toegelaten. *Botrytis cinerea*.

Botrytis tast met name de bloem(steen)blaadjes aan. Vochtig weer tijdens de bloei bevordert *Botrytis*. De sclerotiën van *Botrytis* blijven in de grond over. Sporen worden gevormd wanneer makkelijk verteerbaar organisch materiaal voorhanden is.

2.1.3 Andere veroorzakers van problemen

Andere veroorzakers die in de bodem leven, regelmatig voorkomen en redelijk tot veel schade kunnen geven, zijn de aaltjes: wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*), wortelknobbelaaltjes en *Trichodoridae* die ook virus kunnen overbrengen.

Verder zijn er veel insectenplagen die kunnen optreden. De larven van de bladrandkever tasten de stikstofknolletjes aan.

De meeste andere veroorzakers maken ook invalspoorten voor de bodemschimmels, waardoor deze extra voedsel krijgen en harder toe kunnen slaan. Een interactie zal daarom veelal aanwezig zijn.

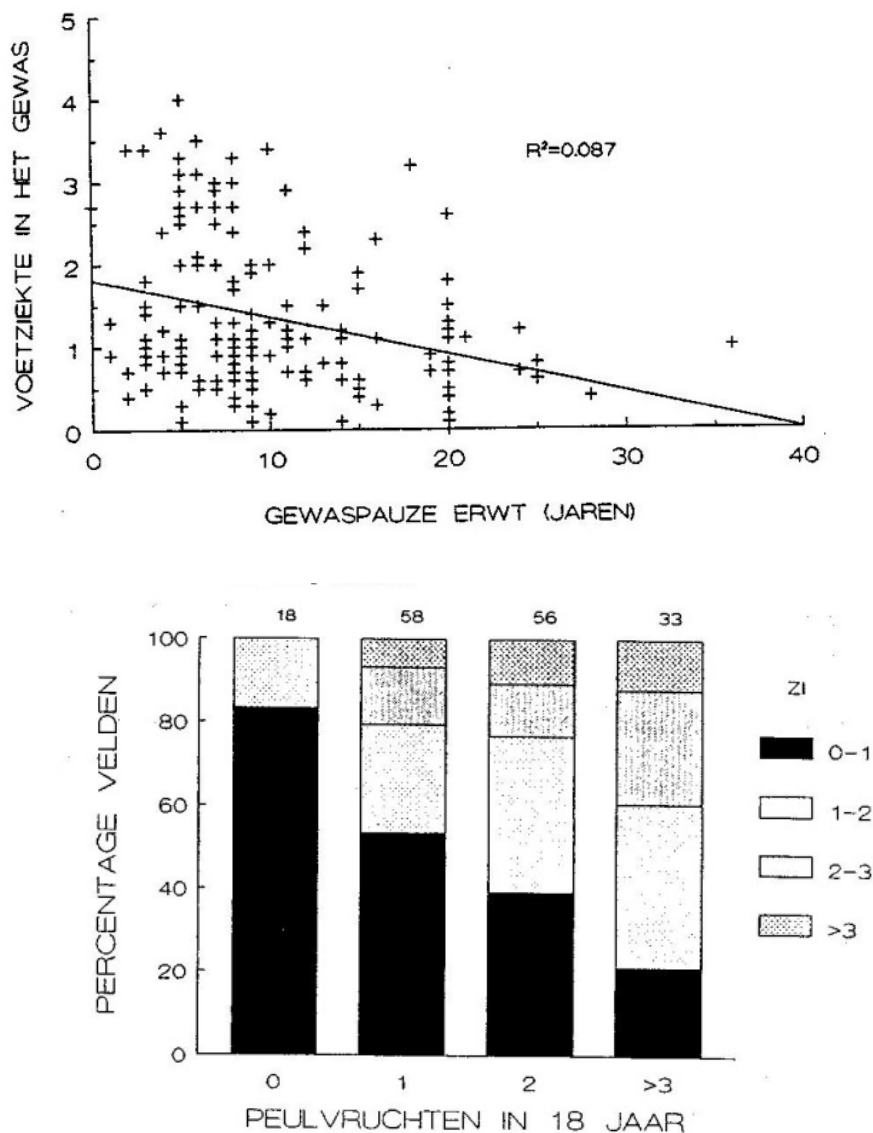
Naast bodemziekten kunnen in sommige jaren luchtgebonden ziekten een grote rol van betekenis spelen (Schans, D.A. van der en W. van den Berg, 1991).

2.2 Wat is het effect van de teeltfrequentie van erwten op de bodemziekten?

De meeste bodemziekten die erwten aantasten worden ook gevonden op andere leguminozen als veldbonen en gewone bonen met uitzondering van *M. pinodes*, *P. medicaginis* en *A. euteiches* (Oyarzun 1994). *A. euteiches* komt in Nederland alleen op erwten voor.

In het onderzoek van Oyarzun (1994) bleek dat de lengte van de erwtrijpe periode of de peulvruchtfrequentie over 18 jaar een geringe voorspellende waarde had voor de kans op wortelrot van erwt. In een droog jaar verklaart de teeltfrequentie van peulvruchten een groter percentage van de variatie in wortelrot dan in een nat jaar (Oyarzun 1993). In het droge jaar 1986 werd 15% van de variantie in de ziekte-index verklaart door het aantal peulvruchten dat in de voorafgaande 18 jaar was geteeld (Oyarzun 1990). In het natte jaar 1987 was dit vrijwel afwezig (1%). De frequentie van de erwteenteelt over 18 jaar verklaarde over meerdere jaren heen slechts een minimale fractie van de variatie in de ziekte-index van de biotoets ($R^2=0.12$; $n=169$ monsters). Dus zowel bij een lange als een korte rotatieduur komt er aantasting voor.

De geringe verklaring van de variatie in wortelrot door de teelt van erwten of peulvruchten wordt niet veroorzaakt door het optreden van bodemweerstand. Aanwijzingen voor het optreden van bodemweerstand werden wel aangetroffen in proefvelden met een continue teelt van erwt, vlas of veldboon. Deze bodemweerbaarheid was biologisch van aard. Op praktijkpercelen komt deze bodemweerbaarheid waarschijnlijk niet/minder voor.



Figuur 2. Relatie erwten of peulvruchten teeltfrequentie en ziekte-index van het gewas erwten van 1985 tot en met 1987 (Oyarzun, 1990).

Op het Proefbedrijf in Lelystad werd 12 jaar continueelt van erwten vergeleken met erwten in rotatie (Huiskamp and Lamers 1992). De continueelt erwten brachten de laatste 6 jaar 38% minder op (variatie van 7 tot 90% minder). De voornaamste oorzaak waren bodemziekten die wortelrot veroorzaakten en met name waren dit *Phoma medicaginis* var. *pinodella* en in latere jaren ook *A. euteiches*. Om na te gaan of de pathogenen na 10 jaar continueelt ook veldbonen of bruine bonen aantasten, werden de gewassen uitgewisseld op kleine delen van de continueelt percelen. Het bleek dat de erwten op het continu veldbonen perceel matig werden aangetast door dezelfde voetziekten en op het bruine bonen perceel niet werden aangetast. Zo ook werden op het continueelt erwten perceel de veldbonen licht aangetast en de bruine bonen zeer licht (Huiskamp and Lamers 1992). Wellicht dat in een continueelt situatie de pathogenen zich meer specificeren op een bepaald gewas in de richting van forma specialis en dat bij teelt van meerdere peulvruchten de bodempathogenen zich breder ontwikkelen op meerdere gewassen zonder forma specialis (Oyarzun, Gerlagh et al. 1993).

Op basis van dit alles werd geadviseerd om slechts tweemaal in de 10 jaar een peulvrucht in de rotatie op

te nemen (Huiskamp and Lamers 1992).

2.3 Effect van andere teeltmaatregelen

Algemeen wordt aangeraden om het gewas erwten zo goed mogelijk te verzorgen, zodat de groei ongestoord kan plaatsvinden. Structuurproblemen, gebrek aan mineralen of meer vatbare rassen kunnen de groei laten stagneren en aanleiding geven voor grotere ziekteproblemen. Gezond zaaizaad is daarbij ook van belang.

In 1987 waren de weersomstandigheden voortdurend nat. Het zaaien over de vorst of in gronden die gevoelig waren voor verslemping kan de wortelrot bevorderen (Oyarzun 1993).

In 1964 en 1965 is onderzoek gedaan naar de achterblijvende opbrengst in Groningen en Friesland ten opzichte van West Brabant (Riepma 1967). Er bleken binnen Groningen en Friesland grote verschillen tussen de percelen op te treden. Wanneer in de maanden mei en juni minder dan 100 mm regen viel dan namen de opbrengsten in Brabant toe, terwijl deze in de kleigebieden van Groningen afnam. Dit zou kunnen liggen aan een minder diepe doorworteling of aan een geringere capillaire opstijging. Bij weinig neerslag leek er geen verband met de structuur van de grond aanwezig. Dit was wel het geval bij veel neerslag. Dan leidde een slechtere structuur tot lagere opbrengsten. Bij veel neerslag in mei en juni werkte een N-bemesting gunstig voor de opbrengst. Een zwaardere bovengrond (moeilijker bewerkbaar) gaf ook een lagere opbrengst. Voet- en wortelrot leken meer op te treden op voor de akkerbouw minder geschikte gronden (Riepma 1967). Hiermee komt de relatie tussen het optreden van wortelrot en een slechtere bodemstructuur ook al naar voren. Een goede bodemstructuur is daarom om meerdere redenen belangrijk.

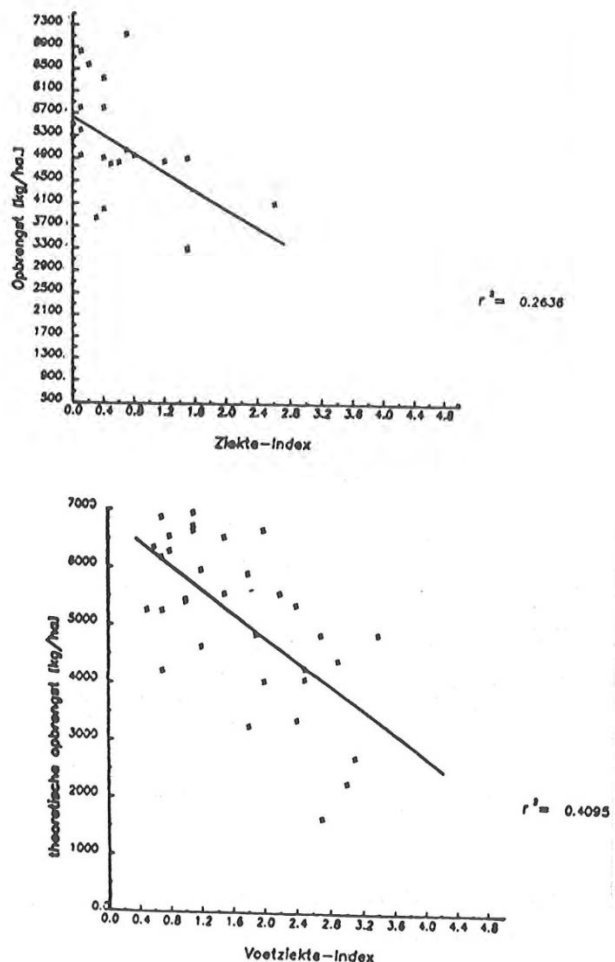
Op erwtenpercelen die waren aangetast door voetziekten van *F. solani* en *F. oxysporum* bleek dat cultivateren in de herfst beter was dan ploegen en dat het verhogen van het zaaibed bij matig tot zware gronden ook tot een verlaging leidde van de mate van wortelrot in het erwtengegewas erna (Tu and Findlay 1986). De verklaring is dat de grond bij het cultivateren reageert als een no-till handeling, waarbij de resten van de groenbemester op de grond bleven. Het verhogen van het zaaibed ging grondverdichting tegen en bevorderde de drainage. Daarenboven bleek de teelt van haver als groenbemester en ook mais en Soedangras tot minder voetziekten te leiden. Rogge had geen effect, terwijl een extra gewas erwten en bonen de voetziektedruk wel verhoogde (Tu and Findlay 1986). Ook van gele (witte) mosterd (*Sinapis alba*) werd een ziektereducerend effect op zachtrot (*A. euteiches*) van erwten vastgesteld en in iets mindere mate op de opbrengst (Muehlchen, Rand et al. 1990).

Mycorrhizae hebben de eigenschap dat ze bodemziekten kunnen remmen. In een kasstudie bleken twee mycorrhiza schimmels weinig effect te hebben op het terugdringen van de wortelaantasting door *A. euteiches*. De loofopbrengst was toch nog redelijk hoog, waardoor een positieve symbiose verondersteld werd tussen de plant en de mycorrhiza schimmel op het terugdringen van de schade door natrot (Thygesen, Larsen et al. 2004).

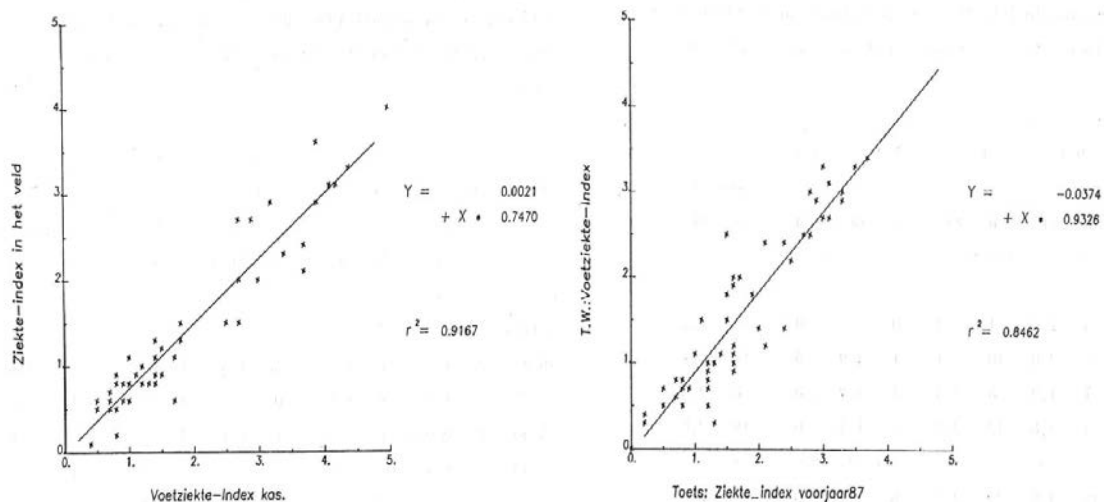
2.4 Ervaringen met een biotoets om probleempcelen op te sporen

In diverse landen wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheid om grondmonsters te laten toetsen op de aanwezigheid van pathogenen die wortelrot kunnen veroorzaken. In de jaren zestig werd de eerste biotoets in Amerika ontwikkeld. De Engelse Processors and Growers Research Organisation boden midden jaren 80 op commerciële basis de telers de toets aan (Biddle, Knott et al. 1988). In Canada was een variant ontwikkeld die door de industrie zelf werd uitgevoerd en ontwikkeld. Dit werd de venstermethode genoemd, die in het veld werd uitgevoerd (Oyarzun 1990). In 1987 werd in Frankrijk het Service Régional de la Protection des Végétaux (SRPV) opgericht, dat een groot aantal biotoetsen aanbiedt, zoals de toets voor het vaststellen van de wortelrot index in erwten, bonen, asperge en vele andere biotoetsen. Deze biotoetsen worden nog steeds aangeboden voor ongeveer €50,- per monster. Het onderzoeksstation wordt uitgebreid met een faciliteit voor het detecteren van pathogenen via PCR-methoden. Het station is nu onderdeel van het Laboratoire National de la Protection des Végétaux (LNPNV) (http://www.srpv-centre.com/_publique/default_publique.asp).

Een aanpassing van de biotoets is ook mogelijk waarbij minder grond gebruikt wordt. In een opgerolde doek werden 40 zaadjes te kiemen gelegd met ieder 1 cm³ grond. Hiermee kon in Amerika de aantasting van de erwten door *Aphanomyces* goed voorspeld worden (Williams-Woodward, Pflieger et al. 1998). Voor de biotoets op het PPO werd grond verzameld van 1 ha door met een boor van 5 cm diameter 50 prikken van 0-20 (25) cm diepte te verzamelen. De grond werd over een zeef geleid met een maaswijdte van 0.8 cm. Hiermee werden 4 potten van 2.6 l gevuld. Deze werden ieder met 12 ontsmette zaden van het ras Finale gezaaid en geplaatst in de kas. De grond werd op veldcapaciteit gehouden en zodanig behandeld dat er geen verslemping of verlies van grond onder uit de potten optrad. Wanneer na 5 weken de eerste bloemen verschenen (in het dertiende bladstadium) werd de grond van de planten gespoeld en van 10 planten de wortelziekte-index bepaald. Deze index bestaat uit een combinatie van de wortelrotindex, en de indexen voor de aantasting van epicotyl, cotyledons en xylem (Oyarzun 1993). Tussen 1985 en 1988 werden 200 percelen in Noord en Zuid-West Nederland gemonitord op aanwezigheid van wortelrot symptomen. Van 129 percelen werd grond verzameld en in de biotoets geanalyseerd. Deze werd vergeleken met de berekende opbrengst op basis van het aantal zaden per m² van het testgebied en het duizend korrelgewicht van het perceel verstrekt door de teler.



Figuur 3. Relatie ziekte-index tijdens de bloei en de opbrengst in 1985 in Zeeland (I) en in 1987 (r).



Figuur 4. Relatie voetziekte-index van perceel bij de bloei en ziekte-index van biotoets in 1986 en 1987 (Oyarzun, 1990).

Ondanks de grote variabiliteit in velden, groeiomstandigheden en andere factoren blijkt er een betrouwbaar verband te zijn ($P < 0.001$) tussen de opbrengst en de wortelrotindex bij de bloei van het veldgewas. Dat betekent dat de opbrengst van 7 ton bij een wortelrotindex van 0 is gereduceerd met 50% bij een wortelrotindex van 3.5, een zware aantasting. De variatie in opbrengst kon voor 26% (1985) en 41% (1987) worden toegeschreven aan de wortelrotindex. Dat betekent dat het optreden van wortelrot de belangrijkste groeibelemerende factor is voor de erwenteelt. De biotoets correleerde heel goed met de wortelrotindex bij de bloei van het veldgewas (in 1985 $R^2=0.92$; 1986 $R^2=0.85$). De biotoets kan in de herfst worden uitgevoerd voorafgaande aan de erwenteelt (Oyarzun 1993).

2.5 Ervaringen met een toets voor ziektevering

De toets voor ziektevering kan worden uitgevoerd op gronden, die nog niet of in geringe mate besmet zijn met pathogenen. Deze toets wordt uitgevoerd in een speciale opstelling waarin temperatuur, vocht en licht in sterke mate geconditioneerd zijn (Oyarzun, Zalm et al. 1994). Kleine verschillen in ziekte-index zijn dan meetbaar en blijven constant na herhaling. Aan deze bodems worden in oplopende mate doseringen van een bepaald pathogeen toegediend. De respons in de mate van de ziekte-index op de doseringen geven diverse vormen van curven te zien. In ieder geval zal een ziekteveringende grond veel hogere doseringen van een bepaald pathogeen verdragen, dan een niet ziekteveringende grond. Zo zijn de reacties van diverse gronden onderzocht voor de mate van ziektevering voor *F. solani*, *A. euteiches* en *C. elegans*. De reactie van de gronden was heel verschillend voor de diverse pathogenen. Dus een bepaalde grond kan heel ziekteveringend zijn tegen *F. solani*, maar juist ziekteontvankelijk voor bijvoorbeeld *A. euteiches*. Slechts een paar gronden bleken ziekteveringend te zijn tegen *A. euteiches*. De meeste gronden waren weinig ziekteveringend. Ook kan gezocht worden naar fysische of biotische factoren die samenhangen met de mate van ziektevering. Er blijken voor individuele pathogenen wel relaties op te treden met fysische of chemische grootheden (Chalara en pH). Maar aangezien de biotische factoren het grootst zijn, dienen er relaties gevonden te worden met biotische grootheden. Goede correlaties zijn nog niet gevonden.

De toets wordt uitgevoerd met speciale apparatuur om de proefomstandigheden goed te conditioneren. De teler kan hiermee nagaan of zijn grond gevaar loopt om nu of in de nabije toekomst besmet te raken met een of meerdere pathogenen. Daarvoor dienen in ieder geval de belangrijkste pathogenen getest te moeten worden om na te gaan of de betreffende grond ziekteveringende eigenschappen heeft. Dit wordt erg

kostbaar. De toets kan dan beter gebruikt worden om na te gaan welke teeltmaatregelen de mate van ziektevering verhogen of welke bodemeigenschappen correleren met een bepaalde mate van ziektevering voor een bepaald pathogeen. Op deze wijze hebben meerdere telers en de verwerkende industrie voordeel van deze bepalingmethode.

3 Mogelijkheden van de industrie voor opbrengstverhoging

De beste manier om een misoogst te voorkómen is om sterk geïnfecteerde percelen te mijden (Hagedorn 1986). Er zijn meerdere manieren om informatie over de mate van besmetting van een perceel te verkrijgen.

3.1 Biotoets

De eerste is om in de herfst voorafgaand aan de teelt met een biotoets vast te stellen in welke mate de grond van een perceel besmet is. De industrie kan dit centraal en op grote schaal oppakken, zodat de kosten relatief beperkt kunnen zijn (zie ook 3.4-ongeveer € 50,- per monster). Nu op dit moment is er niet een instantie die deze biotoets aanbiedt. Er kan gezocht worden naar een instantie die deze biotoets in Nederland wil uitvoeren of er kan gezocht worden naar het uitvoeren van de biotoets in Frankrijk bij het LNVP-SRPF. Dit laatste is bij een centrale uitvoering goed mogelijk. Indien de telers zelf van deze gelegenheid moeten gebruik maken, kan beter een instantie in Nederland worden gezocht. De NAK of BLGG of anderen kunnen hier op inspringen.

3.2 Moleculaire toets

Gezien de veelheid aan bodempathogenen die kunnen optreden en de moeilijkheden om dit goed te isoleren, lijkt een moleculaire detectie voor de hand te liggen. Deze moleculaire detectie kan beter in vervolg op de biotoets worden uitgevoerd. De pathogenen hebben zich dan al vermeerderd en zijn makkelijker aan te tonen in de plant dan in de grond. Bovendien kan het aantonen van pathogenen op soortsniveau in de grond tot verwarring leiden. Bijvoorbeeld *F. solani* kan vele gewassen aantasten. *F. solani* f.sp. *pisi* heeft een sterke voorkeur voor erwt en zal dit gewas sterker aantasten dan andere forma specialis van *F. solani*. Een moleculaire toets op grond die *F. solani* aantoot geeft geen uitsluitsel over de aanwezigheid van *F. solani* f.sp. *pisi*. Hiervan wordt geen last ondervonden wanneer op soortsniveau op de plant wordt gedetecteerd. De kans dat de erwt in de biotoets wordt aangetast door een forma specialis *pisi* is groot. Daarmee heeft het een voorkeur om de moleculaire toets uit te voeren op plantmateriaal. Tegenwoordig is het geen probleem meer om een moleculaire detectie uit te voeren op vele pathogenen tegelijk. De kit kan zelfs worden uitgebreid om de aanwezigheid van bepaalde antagonisten vast te stellen. Eerst moet dan wel aangetoond worden dat deze antagonisten van belang zijn, zoals in een ziekteverende grond.

3.3 Perceelsgegevens registreren

3.3.1 Opbrengsten

De tweede mogelijkheid is nagaan in welke mate de vorige erwteelt op dat perceel te lijden heeft gehad van bodemziekten. Wanneer destijds geen biotoets is uitgevoerd of het gewas in het veld niet nauwkeurig is beoordeeld op de aanwezigheid van wortelziekten dan wordt het veelal moeilijk om precies de aanwezigheid van wortelziekten vast te stellen.

Via een omweg kan hier wel een idee van verkregen worden. Immers er lijkt een redelijk verband aanwezig tussen de mate van optreden van wortelziekten en de opbrengst van het gewas. Alleen in jaren met veel neerslag in de afrijpingsfase kan het verband verstoord worden door de dan optredende verliezen aan ziekten in het loof (Riepma 1967). Door de relatieve opbrengsten van de erwtenpercelen in het verleden te berekenen, kan hiermee ook een database opgebouwd worden. De industrie heeft de opbrengstgegevens van de percelen waarschijnlijk nog over een lange reeks van jaren beschikbaar. Hiermee kunnen regio's,

telers of percelen geselecteerd worden die relatief goed scoren of juist gemeden moeten worden vanwege het verhoogde risico.

3.3.2 Is informatie bruikbaar van remote sensing technieken?

Met remote sensing technieken kunnen gewassen op afstand worden waargenomen en gevolgd. Er is apparatuur om vanaf de grond (sensoren op bijvoorbeeld trekkers of spuitmachines; precisielandbouw) waar te nemen of vanuit een vliegtuig of met satellieten. Recentelijk heeft de ZLTO samen met Basfood € 660.000 geïnvesteerd voor het ontwikkelen van praktische toepassingen voor de akkerbouw. Met satellietgegevens worden digitale kaarten vervaardigd die de ondernemer als managementinstrument kan gebruiken. De kaarten geven een nauwkeurig beeld van de variatie van de biomassa binnen een perceel, in feite een Vegetatielindex. Deze wordt berekend uit de reflectie van specifieke bandbreedtes door het gewas (Rood, red edge en NIR). Ook de N opname door het gewas kan hieruit worden afgeleid als er wordt gecorrigeerd voor reflectie door de bodem. Bodemvocht, verdamping etc zijn berekend met het model SEBAL maar nog verre van betrouwbaar.

Het belangrijkste wat de beelden vertellen is dus de variatie in biomassa en stikstofinhoud. Hoe deze verschillen ontstaan is op de beelden niet te zien.

Analyse van de oorzaken van biomassa variatie in erwten kunnen naast voetziekte, ook problemen zijn in de vochtvoorziening (droogte of wateroverlast) en het optreden van ziekten als Botrytis, Ascochyta etc. Het meest perspectief bieden historische remote sensing beelden van percelen met erwten. In combinatie met gegevens over de perceelshistorie (jaren, gewassen en opbrengsten) kunnen risico factoren voor erwten beter worden voorspeld.

Op dezelfde manier kunnen de kaarten ook gebruikt worden om de mate van verkleuring als gevolg van voetziekten in kaart te brengen. De golflengten die sterk correleren met de biomassa zijn dan minder van belang terwijl degene die de kleur bepalen dan belangrijker zijn. Dit zijn dan de groene en rode golflengte banden. Ook het tijdstip van de opname in relatie tot de ontwikkeling van het gewas kan extra informatie geven over de zwaarte van de aantasting. Hoe eerder de aantasting optreedt, hoe zwaarder deze zal zijn. Hiermee kan een databank worden opgebouwd met gegevens over de aanwezigheid van (ziekte)problemen op specifieke percelen. Er kan wel verwarring optreden met andere luchtgebonden ziekten of virusziekten, die ook tot gewasverkleuringen leiden. Wanneer dan over 4-10 jaar wederom erwten geteeld worden op het betreffende perceel, dan is de bekend wat er verwacht kan worden over de reductie van de opbrengst in het komende jaar. Basfood biedt voor € 20,00 per ha via mijnakker.nl een standaardpakket aan met alle opties voor berekening, bemesting, etc.

In principe is het ook mogelijk om remote sensing beelden op te vragen over een lange reeks van jaren. Hiermee kan de databank gevuld worden, zodat de gegevens over het mogelijk optreden van wortelrot beschikbaar komen voor de erwtenpercelen van het komende jaar. De beelden vanuit verleden moeten eerst geclassificeerd worden om de percelen met erwten op te sporen. Dan dienen de beelden ook in de goede tijd genomen te zijn, dat er gewasverkleuringen aanwezig zijn. Een en ander dient nog verder onderzocht te worden.

Terrasphere heeft voor Blgg een database ingericht voor RS beelden over de laatste 9 jaar (mijnpercelen.nl). Je kunt daarmee een perceel opzoeken in de database en van elk jaar een beeld in het groeiseizoen selecteren. Waarschijnlijk heeft Basfood ook iets dergelijks. Voor erwten zou een beeld dat in juni is genomen nuttige informatie geven over gewasvariatie binnen een perceel. Veel variatie duidt op een risico perceel waarbij naar de oorzaak moet worden gezocht.

In natte jaren is het moeilijker om goed remote sensing beeldmateriaal te verzamelen.

3.3.3 Andere informatiebronnen

Bij andere gewassen die op gehuurd land geteeld worden en veel last hebben van aaltjes worden ook initiatieven genomen om de gegevens te verzamelen en op te slaan. Met name polyfage aaltjes tasten meerdere gewassen aan en de kennis bij een gewas opgedaan kan van belang zijn voor een ander gewas. Erwten zijn sterk gevoelig voor het gele bietencysteaaltje, het erwten-cysteaaltje, het noordelijk wortelknobbelaaltje en het maiswortelknobbelaaltje. Het gewas is matig gevoelig voor het wortellesieaaltje, het stengelaaltje en diverse Trichodoridae. Daarom is informatie over aanwezigheid van deze aaltjes van belang (zie www.aaltjesschema.nl). Er worden in Limburg/Brabant momenteel initiatieven genomen om niet alleen deze informatie maar alle bodemkundige gegevens te verzamelen (Wulms, Been et al 2009) en via

het web beschikbaar te krijgen⁷.

Ook polyfage schimmels kunnen bij erwten en vele andere gewassen dan peulvruchten een belangrijke rol spelen zoals *Rhizoctonia solani* AG2-2, *Thielaviopsis basicola*, *Cylindrocarpon destructans*, *Sclerotinia sclerotiorum* en andere. Deze pathogenen zijn op slechts enkele percelen een hoofdoorzaak voor het optreden van voetziekten. De meeste voetziekten worden veelal veroorzaakt door gespecialiseerde schimmels. Deze dienen in de database opgenomen te worden.

Gewasbeschermingsbedrijf Heyboer in Biddinghuizen zette in 2010 als proef in Flevoland het programma Advies Centraal van Agrovision in. Advies Centraal is een databank via internet voor het uitwisselen van teeltgegevens en teeltadviezen⁸.

Ook de suikerbietentelers verzamelen informatie over de suikerbieten die op hun bedrijf geteeld worden door mee te doen met Unitip van de Suikerindustrie. In 2006 deden 700 telers mee. Zij krijgen teeltadviezen en kunnen hiermee bijvoorbeeld hun gegevens vergelijken met een gemiddelde in hun regio.

⁷ Akkerweb, <http://www.boerenbondhielden.nl/index.php?pagina=12&artikel=88>

⁸ http://www.agd.nl/Artikel/147600/Proef-met-systeem-voor-doorgeven-teeltgegevens.htm?t_anon=none

4 Aanbevelingen

1. In 1986 en 1987 is een inventarisatie gemaakt van welke pathogenen het meest voorkomen op aangetaste wortels en stengels van erwten. Het zou goed zijn deze inventarisatie te herhalen om vast te stellen welke bodempathogenen nu het meest aanwezig zijn. Te denken valt aan *A. euteiches*, *F. solani* f.sp. *pisi*, *Chalara elegans* en andere. Dit is van belang indien specifieke teeltmaatregelen genomen worden tegen bepaalde ziekteverwekkers.
2. In de literatuur worden aanwijzingen gevonden dat bepaalde groenbemesters een gunstig effect hebben op het terugdringen van de ziekte-index op de wortels van erwten. Zo worden gunstige effecten gevonden van haver, mais, gele mosterd en soedangras als voorvrucht of groenbemester, wanneer deze na erwten geteeld worden. Uitgezocht zou kunnen worden welke groenbemester in Nederland in welke situaties van grondsoort en bodempathogeen een goed effect heeft op het terugdringen van de voetziekte-index.
3. Gebruik van schoon zaaizaad. In 1985 was de NAK-eis dat het zaad voor minder dan 10% besmet moest zijn met *Ascochyta* of *Mycosphaerella*. Deze limiet werd veel te hoog geacht (Oyarzun, 1994, hoofdstuk 5). De zaadeis van de NAK is momenteel nog steeds: voor vlekkenziekten (*Ascochyta pisi*; *Didymella pinodes*.stat.con. *Ascochyta pinodes*) bij ronde groene erwten en gele erwten: maximaal toelaatbare aantasting 10%. Bij schokkers en kapucijners: maximaal toelaatbare aantasting 20%⁹. Het onderzoek kan er op gericht worden om vast te stellen welke keuringseisen beter gesteld kunnen worden. Dit kan zowel literatuuronderzoek, vergelijkend landenonderzoek als veldonderzoek zijn op schone gronden. Incidenteel houdt de verwerkende industrie hogere eisen aan en wordt het zaaizaad intensief ontsmet.
4. Het in gebruik nemen van de biotoets om de voetziekte index te bepalen van grondmonsters van risicovolle percelen. Risicovolle percelen worden meer aangetroffen daar waar regelmatig erwten, veldbonen of bonen geteeld worden. Toch worden ook zware ziekte-indexen gevonden op percelen, waar nooit een dergelijk gewas heeft gestaan. Dit kan dan komen van bodempathogenen die veel gewassen als waardplant hebben. Dus om alle risico's van bodempathogenen uit te sluiten dienen alle percelen onderzocht te worden.
De mogelijkheid bestaat om deze biotoets hier in Nederland uit te voeren, maar dan moet hier de expertise opnieuw opgebouwd worden. Het is ook mogelijk om aan te sluiten bij een laboratorium dat deze expertise al heeft zoals in Frankrijk of elders.
5. De biotoets voor het bepalen van de ziekte-index kan worden opgewaardeerd naar een toets voor ziektevering. Aan de biotoets wordt dan het pathogeen in oplopende concentraties toegediend. De mate waarin de expressie van het pathogeen wordt onderdrukt, is een maat voor de ziektevering. Met deze toets kunnen gronden worden opgespoord die ziekteverende eigenschappen tegen een bepaald bodempathogeen hebben. De ziekteverende eigenschappen kunnen abiotische componenten, zoals het water oplosbaar Ca-gehalte, bevatten en biotische componenten. Na verder onderzoek kan dan van bepaalde bodempathogenen worden aangegeven waar ziekteverende percelen verwacht kunnen worden. Belangrijk is dan dat bekend is welke bodempathogenen momenteel de meeste schade geven.
Het onderzoek van Oyarzun heeft niet direct aanwijsbare oorzaken gegeven wanneer er sprake was van ziektevering tegen bepaalde bodempathogenen. Bovendien bestaat het voetziektecomplex uit veel bodempathogenen. Verder is speciale onderzoeksapparatuur nodig om de ziektevering te bepalen. Daarom wordt deze richting van het onderzoek niet direct als perspectiefvol aangemerkt.
6. Moleculaire detectietechnieken zijn een goede mogelijkheid om vast te stellen welke pathogenen in

⁹ http://www.nak.nl/documents/ZG03%20Keuring%20en%20certificering%20granen_def_1.pdf

de bodem of de plant aanwezig zijn. Momenteel zijn er al laboratoria die pathogenen in planten vast stellen. Nagegaan kan worden of deze laboratoria de veroorzakers van voetziekten in erwten goed vaststellen. Dan kunnen de biotoetsen worden uitgebreid met een goede bepaling van de veroorzakers en hoeft niet alleen op het ziektebeeld te worden afgegaan. Deze faciliteit biedt ook perspectief om bij problemen in de erwtenenteelt in het veld na te gaan of bodempathogenen dit veroorzaakt kunnen hebben.

Bodempathogenen kunnen ook in grond worden vastgesteld. Er is onderzoek bij PRI dat de gezondheid van grond via een moleculaire toets wil aantonen. Wellicht kan hierbij aangesloten worden om de aanwezigheid van belangrijke pathogenen in de grond vast te stellen. Mogelijk kan dan ook een indruk verkregen worden over de mate van voorkomen. Dan hoeft niet eerst een biotoets te worden uitgevoerd. Nagegaan zou moeten worden of de moleculaire detectie in de grond de biotoets kan vervangen. Dit vereist nader onderzoek.

7. Opslag van perceelsgegevens in een databank om de geschiktheid van het perceel voor erwtenenteelt aan te kunnen geven. De keuze van de databank en de gegevens die worden ingevoerd zijn belangrijk om daarmee de doelen te bereiken die gewenst worden. Een goede afweging is nodig mede in relatie tot allerlei andere initiatieven die op dit terrein genomen worden. Wanneer een databank gekozen is, kunnen diverse bronnen gebruikt worden om deze databank te vullen.
 - a. Opbrengstgegevens. De industrie heeft de opbrengsten van de percelen van voorbijgaande jaren ter beschikking. De opbrengst is een belangrijke indicator om de geschiktheid aan te geven.
 - b. Remote sensing gegevens van erwtenpercelen van lopende of voorbije jaren kunnen gebruikt worden om de groeiomstandigheden van het erwtenegewas goed in kaart te brengen. Bodempathogenen van allerlei aard geven vroegtijdig verkleuringen die de opbrengst reduceren. Welke pathogenen het zijn, is daarmee nog niet bekend. De remote sensing gegevens geven beter in detail weer hoeveel oppervlak van een perceel daadwerkelijk is aangetast. Bij een relatief gering percentage aangetast oppervlak kan een erwtenenteelt nog lonend zijn. Verkleuringen in het loof kunnen uiteraard ook het gevolg zijn van allerlei aantastingen die niet via de grond, maar via de lucht verspreid worden.
 - c. Indien met een biotoets de ziekte-index is vastgesteld van een perceel, dan kan deze in de databank worden ingevoerd.
 - d. De industrie kan elk jaar diverse gegevens over het erwtenperceel invoeren die van belang kunnen zijn, zoals over de bewerkbaarheid, de wateroverlast, de bodemvruchtbaarheid, gebreksziekten of het optreden van andere ziekten en plagen, zoals aaltjes.
 - e. De telers kunnen ook al of niet afgeschermd hun gegevens invoeren van (huur)percelen. Zij kunnen daarmee aandacht krijgen van bepaalde industrieën (indien daarvoor toegelaten tot de databank), die niet bepaalde risico's willen lopen. Hierdoor kan bespaard worden op gewasbeschermingsmiddelen of bemestingsstoffen, die niet hoeven worden gebruikt als risicomijding.

5 Literatuurlijst

- Basu, P. K. (1978). "A Yield Loss Conversion Factor for Peas Moderately Affected by Fusarium-Solani-F-Sp-Pisi Root Rot." Canadian Plant Disease Survey 58(1): 5-8.
- Biddle, A. J., C. M. Knott, et al. (1988). Pea growing Handbook, PGRO, Peterborough, England.
- Hagedorn, D. J. (1986). Compendium of pea diseases. St. Paul, American Phytopathological Society, St Paul.
- Heyman, F., B. Lindahl, et al. (2007). Calcium concentrations of soil affect suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea. Soil Biology and Biochemistry, Volume 39, Issue 9, September 2007, Pages 2222-2229
- Huiskamp, T. and J. G. Lamers (1992). Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmais, vlas en zaauien. Lelystad, Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond. Verslag nr 143: 82.
- Muehlchen, A. M., R. E. Rand, et al. (1990). "Evaluation of crucifer green manures for controlling *Aphanomyces* root rot of peas." Plant disease 74(9): 651-654.
- Oyarzun, P., M. Gerlagh, et al. (1993). "Pathogenic fungi involved in root rot of peas in the Netherlands and their physiological specialization." Netherlands Journal of Plant Pathology 99(1): 23-33.
- Oyarzun, P. J. (1990). Biotoets voetziekten in erwten. Report. Lelystad, Proefstation AGV. 120: 155.
- Oyarzun, P. J. (1993). "Bioassay to assess root rot in pea and effects of root rot on yield." Netherlands Journal of Plant Pathology 99(2): 61-75.
- Oyarzun, P. J. (1994). Root rot of peas in the Netherlands; fungal pathogens, inoculum potential and soil receptivity, Wageningen (Netherlands). Landbouwwuniversiteit. 1994. 208 p.
- Oyarzun, P. J., G. Dijst, et al. (1994). "Determination and analysis of soil receptivity to *Fusarium solani* f.sp. pisi causing dry root rot of peas." Phytopathology 84(8): 834-842.
- Oyarzun, P. J., G. Dijst, et al. (1997). "Comparison of soil receptivity to *Thielaviopsis basicola*, *Aphanomyces euteiches*, and *Fusarium solani* f. sp. pisi causing root rot in pea." Phytopathology (USA) 87(5): 534-541.
- Oyarzun, P. J., M. Gerlagh, et al. (1998). "Factors associated with soil receptivity to some fungal root rot pathogens of peas." Applied soil ecology 10(1/2): 151-169.
- Oyarzun, P., M. Gerlagh, A.E. Hoogland, 1993. Relation between cropping frequency of peas and other legumes and foot and root rot in peas. Netherlands Journal of Plant Pathology 99(1): 35-44
- Oyarzun, P. J., J. Postma, et al. (1994). "Biological control of foot and root rot in pea caused by *Fusarium solani* with nonpathogen *Fusarium oxysporum* isolates." Canadian Journal of Botany 72(6): 843-852.
- Oyarzun, P. J., T. v. d. Zalm, et al. (1994). "Computerized equipment to control soil water matric potential and soil temperature in inoculum potential assays of soil-borne pathogens." Plant and soil 166(1): 125-135.

- Riepma, P. (1967). Streekonderzoek bij erwten. Wageningen, Proefstation voor de Akker- en Weidebouw: 29 pp.
- Schans, D.A. van der en W. van den Berg, 1991. Opbrengst variabiliteit bij erwten en veldbonen, verslag nr 121.
- Thygesen, K., J. Larsen, et al. (2004). "Arbuscular Mycorrhizal Fungi Reduce Development of Pea Root-rot caused by *Aphanomyces euteiches* using Oospores as Pathogen Inoculum. European journal of plant pathology 110(4): 411-419.
- Tu, J. C. and W. I. Findlay (1986). "The effects of different green manure crops and tillage practices on pea root rots." Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases 1(1): 229-236.
- Van der Spek, 1968. Voet- en wortelrot van erwten. Jaarverslag IPO 1968, Wageningen, 42-43.
- Williams-Woodward, J. L., F. L. Pflieger, et al. (1998). "Aphanomyces euteiches inoculum potential: a rolled-towel bioassay suitable for fine-textured soils." Plant disease 82(4): 386-390.
- Wulms, P., T. Been & L. Molendijk, 2009. Project duurzaam bodemgebruik, natuurlijk ondernemend. Boerenbond Helden, 13 pp.