



Werken aan bodemweerbaarheid

R. van den Broek (PPO), W. van den Berg (PPO), J. Lamers (PPO),
W.J.M. Cuijpers (LBI), A.J.T.M. Hospers-Brands (LBI) en S. Smits (Hortinova)



Werken aan bodemweerbaarheid

R. van den Broek (PPO), W. van den Berg (PPO), J. Lamers (PPO),
W.J.M. Cuijpers (LBI), A.J.T.M. Hospers-Brands (LBI) en S. Smits (Hortinova)

© 2014 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, sector Akkerbouw Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

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

Dit project wordt gefinancierd uit het EZ onderzoeksprogramma B031.03-001(Duurzame bodem) en de stuurgroep LIB (Landbouw Innovatie Noord – Brabant).



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie



Projectnummer: 3250237312

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Sector akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430,8200AK Lelystad
Tel. : +31 (0)320 - 29 11 11
Fax : +31 (0)320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
SUMMARY	7
1 INLEIDING	9
2 DOELSTELLING EN ONDERZOEKSVRAGEN	11
3 MATERIAAL EN METHODE	13
3.1 Praktijklocaties	13
3.2 Locaties Vredepeel	21
3.3 Bakkenproef.....	22
3.4 Biotoets bodemweerbaarheid	24
3.5 Bodemanalyses	25
4 RESULTATEN	27
4.1 Productie bakkenproef	27
4.2 Bodemanalyses	29
4.3 Biotoets bodemweerbaarheid	31
4.4 Relatie opbrengst, bodemparameters en bladanalyse	41
4.5 Relatie bodemweerbaarheid en bodemparameters	44
4.6 Relatie bodemweerbaarheid en productie	47
5 DISCUSSIE	49
5.1 Relaties opbrengst en bodemfactoren	49
5.2 Relatie plantsapanalyses en opbrengst	50
5.3 Relatie bodemweerbaarheid en bodemparameters	50
5.4 Relatie opbrengst en bodemweerbaarheid	53
6 CONCLUSIES	55
6.1 Conclusies aardbeiproef.....	55
6.2 Uitstraling naar andere gewassen	55
7 LITERATUUR.....	57
BIJLAGE 1. DE RELATIE TUSSEN DE BODEMANALYSES EN DE TOTALE OPBRENGST AAN AARDBEIEN....	59

Samenvatting

Vanuit de samenleving bestaat een groeiende vraag naar duurzaam geproduceerd voedsel. Eén van de randvoorwaarden voor een duurzame teelt is een gezonde en veerkrachtige bodem, waarbij de bodem voldoende weerstand kan bieden tegen ziekten en plagen. In dit onderzoek is de bodemgezondheid van zowel praktijk- als proefveldpercelen onderzocht.

Het onderzoek is gericht op praktijkbedrijven waarop aardbei wordt geteeld, en proefvelden waar experimenten liggen die specifiek gericht zijn op bodemgezondheid en de onderdrukking van plant-pathogene nematoden. Op vijf praktijkbedrijven hebben aardbeientelers twee percelen geselecteerd, één met een goede en één met een minder goede bodemkwaliteit. Van deze 10 percelen zijn grondmonsters genomen. Daarnaast zijn 7 percelen (objecten) van proefbedrijf Vredepeel geselecteerd. Uit de bodemgezondheidsproef zijn 4 behandelingen geselecteerd, met name uit het geïntegreerde bedrijfssysteem Best Practice. De behandelingen zijn onder andere gericht op de bestrijding van het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans*:

- Biologische grondontsmetting met behulp van gras;
- Natte grondontsmetting met behulp van Monam;
- Een combinatie van chitine, Tagetes en compost;
- Een (controle) behandeling met zwarte braak;

Daarnaast is grond verzameld uit de drie Teeltsystemen van het Bedrijfssystemenonderzoek Bodemkwaliteit op zand:

- Biologisch met hoge organische stof toevoer;
- Gangbaar met hoge organische stof toevoer;
- Gangbaar met lage organische stof toevoer;

Met behulp van een biotoets met de plant-pathogeen combinatie *Phytophthora cactorum* – aardbei is de bodemweerbaarheid van de verschillende gronden bepaald. Gesteriliseerde gronden hebben een significant lagere bodemweerbaarheid dan niet-gesteriliseerde gronden. Daarnaast vinden we een significante interactie tussen de praktijkbedrijven en de kwaliteit van het perceel. Dit betekent dat de bodemweerbaarheid tussen de bedrijven onderling verschilt, maar ook tussen de goede en matige percelen. Op sommige bedrijven is de bodemweerbaarheid op de ‘goede’ percelen hoger, maar op andere bedrijven is deze juist lager. De gemeten bodemweerbaarheid is met behulp van multiple regressie analyse vergeleken met een aantal bodemeigenschappen (chemisch en biologisch) van de grond.

Uit de vergelijking volgen een aantal modellen die de bodemweerbaarheid verklaren met behulp van de verschillende chemische bodemeigenschappen. Kalium, calcium, magnesium, zwavel en borium komen als mogelijke factoren naar voren. Daarbij is de relatie met zwavel het sterkst. Hoge gehalten aan zwavel stimuleren de bodemweerbaarheid van gesteriliseerde grond tegen *Phytophthora cactorum*. In gesteriliseerde grond zijn biologische componenten uitgeschakeld en komen chemische (en fysische) componenten beter naar voren. Dit effect van zwavel in gesteriliseerde grond kan werken via een effect op de weerbaarheid van de plant en dit effect van een hogere plantweerbaarheid bij meer zwavel zal ook in niet gesteriliseerde grond aanwezig zijn. De biologische component van de bodemweerbaarheid geeft weer het verschil in bodemweerbaarheid tussen gesteriliseerde en veldgrond. Deze biologische component van de bodemweerbaarheid blijkt in dit onderzoek af te nemen met een toename van zwavel. In niet gesteriliseerde veldgrond met een toenemende zwavelhoeveelheid hebben we dan te maken met een toenemende plantweerbaarheid en een afnemende bodemweerbaarheid.

In een tweede experiment met een bakkenproef zijn in de grond van de verschillende percelen aardbeien geteeld. De productiecijfers uit de bakkenproef zijn vergeleken met bodemeigenschappen, plantsapanalyses, en de gemeten bodemweerbaarheid. In de bakkenproef is ook een deelonderzoek meegenomen naar het effect van 8 verschillende bemestingsvarianten (inclusief controle) op de opbrengst.

De belangrijkste bodemfactoren die een effect hebben op opbrengst zijn het aantal plant-pathogene aaltjes en het stikstofgehalte van de bodem. Hogere stikstofcijfers hebben een negatief effect op de opbrengst. Dit

kan wellicht verklaard worden door een disbalans in vegetatieve / generatieve ontwikkeling van de plant, of door een grotere gevoeligheid voor ziekten bij hogere N-gehalten. Het negatieve effect van plant-pathogene aaltjes op de opbrengst spreekt voor zich. Op de Vredepeel percelen overheerst daarbij de voor aardbei schadelijke aaltjesoort *Pratylenchus penetrans*, terwijl de praktijkbedrijven daarnaast ook veel met *Meloidogyne* spp. te maken hebben.

In het onderzoek is ook gekeken naar de relatie tussen bladsapanalyses en opbrengst. Hogere kalium- en fosforgehalten in het blad zijn gecorreleerd met een hogere opbrengst, evenals een hoge EC aan het begin van de teelt. Hogere suikergehalten in bladeren en vruchten zijn verbonden met lagere opbrengstcijfers. Hoge natriumgehalten in bladsap, rhizoom en vrucht aan het eind van de teelt zijn gecorreleerd met een lagere opbrengst. Hogere calciumgehalten in het blad zijn gecorreleerd met een lagere productie

Er is geen relatie gevonden tussen de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora* in de biotoets en de opbrengst in de bakkenproef. Een mogelijke verklaring is het feit dat in de bakkenproef de planten niet worden blootgesteld aan een kunstmatige toevoeging van *P. cactorum*. Het is interessant om op te merken dat in dit onderzoek de al aanwezige belasting (besmetting) van de grond met plant-pathogene aaltjes geen primaire factor is die de bodemweerbaarheid van de percelen tegen *Phytophthora* bepaalt.

Bij vertaling van de resultaten van deze proef naar andere plantaardige productiesectoren, springt vooral de relatie met zwavel in het oog. Het zwavelgehalte in de bodem is de afgelopen jaren snel gedaald, als gevolg van de afname van depositie uit de atmosfeer. Hoewel er geen zichtbare tekorten in de voedingstoestand van de plant kunnen zijn, zou toch de ziekte-resistentie van veel gewassen beïnvloed kunnen worden door de zwavelgehalten van de bodem. Onderzoek zou dan zowel gericht moeten worden op de directe rol van zwavel in het plant-pathogeensysteem als op de indirecte rol via het bodemleven van het plant-pathogeensysteem.

Summary

Consumer demand for sustainable food production is growing. One of the preconditions for sustainable food production is a healthy and resilient soil, including a high level of suppressiveness to diseases and pests. This research addresses soil health of fields and treatments from both commercial strawberry growers and an experimental station.

The research is performed with soils from commercial strawberry growers and field experiments on an experimental station that are specifically directed towards soil health and the suppression of plant-pathogenic nematodes. Five strawberry growers each selected two fields from their farms: one well-performing field, and one low-performing field, resulting in two levels of field quality per farm. Soil samples were taken from each of these 10 fields. Apart from these, 7 fields (treatments) were selected from the experimental station Vredepeel. Four treatments were selected from the 'Bodemgezondheidproef (soil health)' experimental field in the integrated farming system – Best practice. These long-term treatments are among other things directed towards the suppression of *Pratylenchus penetrans*:

- Biological soil disinfestation with grass and plastic mulch
- Chemical soil disinfestation with Monam
- A combined treatment of chitin, Tagetes and compost
- A control treatment with a black fallow

Three treatments were selected from the 'Bedrijfssystemenonderzoek bodemkwaliteit op zand' experimental field:

- Organic with high organic matter input
- Conventional with high organic matter input
- Conventional with low organic matter input

Soil suppressiveness of the farm and experimental fields was determined by a bio-assay with the plant-pathogen system *Phytophthora cactorum* – strawberry. Sterilised field soils had a significant lower disease suppressiveness than not-sterilised soils. A significant interaction was found between farm or field quality and soil suppressiveness. In a multiple regression analysis, the level of soil suppressiveness was explained from the biological and chemical soil characteristics of the field samples and not by the indicated performance of the fields.

Regression analysis revealed a set of models explaining soil suppressiveness from different soil chemical properties. Potassium, calcium, magnesium, sulphur and boron were chemical soil characteristics related to soil suppressiveness. Higher potassium levels also correlate with higher levels of suppressiveness, whereas magnesium correlates negatively with suppressiveness. Boron only correlates with the biological component of the soil suppressiveness, which is the difference between suppressiveness of non sterilised field soils and sterilised soils. The strongest relationship was found with soil sulphur contents. High amounts of sulphur were correlated with a high level of soil suppressiveness in the sterile soil. The biological component of the soil suppressiveness decreased with increasing levels of sulphur, which results in a non correlated relation of soil suppressiveness with sulphur in a non sterilised field soil.

A second experiment was performed to determine strawberry yield for the different soils, using plant containers filled with soil from the different fields. Strawberry yield was compared with soil characteristics, plant sap analysis, and level of soil suppressiveness. In the container experiment, an additional experiment was conducted including 8 fertilisation treatments (including the control treatment).

The most important soil characteristics explaining strawberry yield, are the number of plant-pathogenic nematodes and the nitrogen contents of the soil. High amounts of nitrogen are related with lower strawberry yields. This may be explained by an imbalance between vegetative / generative plant development, or by a greater susceptibility to disease by higher amounts of nitrogen. The negative effect of plant-pathogenic nematodes on yield is obvious. *Pratylenchus penetrans* dominates the pathogenic nematode community on experimental station Vredepeel, whereas fields of strawberry farms also contain

Meloidogyne spp. Regression analysis also revealed relationships between plant sap nutrient levels and yield. High levels of potassium and phosphorus in leaves are correlated with higher yield, as well as a high EC in leaves at the beginning of the growing season. High levels of sugar in leaf and fruit are correlated with lower yields. High sodium levels in leaves, rhizomes and fruit at the end of the growing season are correlated with a lower yield. High calcium levels in the leaves are correlated with a lower yield.

No relationship was found between soil suppressiveness in the Phytophthora-strawberry bioassay and strawberry yield in the container experiment. A possible explanation is found in the fact that plants in the container experiment are not exposed to a high level of inoculated *P. cactorum*. As long as the plant is not triggered by a stress factor, yield may be determined by other factors, in this case the level of nitrogen in soil and the already present plant-pathogenic nematodes. Interestingly, in the bioassay against Phytophthora, this original load with plant-pathogenic nematodes was not a primary factor determining disease suppressiveness against the introduced fungal disease. Translating the value of these results to other plant production systems, more attention to sulphur in crop fertilisation may be necessary. Sulphur fertilisation has a stimulating effect on soil suppressiveness in sterilised soil and a resisting effect on the biological component of the soil suppressiveness. Sulphur contents of soils have rapidly declined the last decades, as a result of decreasing atmospheric deposition. Although there may be no visible plant nutrient deficits, disease resistance of many crops has to be studied in what way they are affected by lower sulphur contents of soils.

1 Inleiding

De land- en tuinbouw ontwikkelt zich in de richting van steeds intensievere en complexere bedrijfssystemen. Vanuit de sector groeit het besef dat de chemische benadering van ziekten en plagen haar grenzen begint te bereiken. Ook de consument verlangt van de producent dat de inzet van chemische middelen gereduceerd wordt en gezocht wordt naar andere, meer duurzame oplossingen. Een van de oplossingsrichtingen is het creëren van een gezonde, veerkrachtige en weerbare bodem. Op zulke bodems groeit een gezond gewas met een goede opbrengst die minder gevoelig is voor ziekten en plagen en efficiënter omgaat met nutriënten waardoor er minder verliezen optreden. Hierdoor hoeven telers minder gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten te gebruiken en kunnen ze, met een beter inkomen, milieuvriendelijker telen.

Aardbei is een voorbeeld van een zeer intensieve teelt, die erg gevoelig is voor ziekten en plagen. In de teelt worden relatief veel gewasbeschermingsmiddelen gebruikt, en er is een sterke behoefte aan kennis die de inzet van deze middelen kan beperken. Aardbei is ook een heel geschikt toetsgewas, omdat het sterk reageert op de bodemgezondheid van een perceel. Is deze goed dan ligt de aardbeienproductie veel hoger dan op percelen waarop de bodemgezondheid matig of slecht is. Opbrengstverschillen kunnen oplopen tot meer dan 50%. De verkregen resultaten bij aardbei kunnen ook vertaald worden naar andere vollegrondsgewassen.

In het praktijknetwerk Bouwen aan een vitale bodem nemen 70 ondernemers uit vier verschillende regio's deel. In Zuid-Oost Nederland bestaat de groep uit 13 deelnemers. Samen werken ze aan een vitale bodem die de basis vormt voor een gezonde bedrijfsvoering. Het praktijknetwerk heeft behoefte om de relatie tussen bodemgezondheid en productie van praktijkpercelen te bekijken en zo meer kennis over dit onderwerp te verzamelen. Twee van de vijf bij dit onderzoek betrokken telers zijn lid van het praktijknetwerk. De bodemgezondheid is afhankelijk van een groot aantal biologische, chemische en fysische factoren. Samen met telers, adviseurs en onderzoekers wordt gezocht naar mogelijkheden om de bodemgezondheid van de percelen van de deelnemende telers te vergroten.

De mate van bodemgezondheid, of bodemweerbaarheid, is meetbaar met behulp van een biotoets. Bij een biotoets wordt de interactie tussen bodem, ziekteverwekker en gewas onderzocht. De grond wordt onder gecontroleerde omstandigheden besmet met een pathogeen, en afhankelijk van de weerstand van de bodem zullen de aardbeiplanten sneller, trager of niet ziek worden. In deze proef worden gronden van praktijklocaties en proefvelden van PPO Vredepeel onderzocht op weerbaarheid tegen de bodemschimmel *Phytophthora cactorum*. Vervolgens wordt gekeken welke bodemfactoren, chemisch en biologisch, een relatie laten zien met de bodemweerbaarheid. Ook wordt gekeken in hoeverre (kwalitatieve) verbanden gevonden kunnen worden met het bedrijfsmanagement op de verschillende praktijklocaties.

Om te kijken of er een verband is tussen de bodemgezondheid en de productie van de percelen, is er een bakkenproef uitgevoerd. In de bakkenproef is de grond niet besmet met een pathogeen, maar is gekeken hoe het natuurlijke productieverloop is, als op alle grondsoorten aardbei geteeld wordt. De resultaten van de aardbeienproductie in de bakkenproef zijn vergeleken met de resultaten van de biotoets en besproken met de betrokken telers.

In dit onderzoek is samengewerkt met een aantal praktijkbedrijven en het Praktijknetwerk Werken aan een Vitale Bodem. We willen alle betrokken telers hartelijk bedanken voor de prettige samenwerking. Daarnaast willen we Harry Verstegen (PPO Vredepeel), Janjo de Haan (bodemkwaliteit Zand) en Johnny Visser (Bodemgezondheidsproef) bedanken voor de praktische ondersteuning bij de selectie en bemonstering van de proefveldpercelen. Riekje Bruinenberg (LBI), Hans Dullaert (LBI) en André Maassen (Unifarm) willen we bedanken voor de praktische ondersteuning bij de biotoets. Tenslotte zijn we de Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB) erkentelijk voor de extra financiële bijdrage aan dit project.

2 Doelstelling en onderzoeksvragen

In dit onderzoek willen we de relatie tussen de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum*, en de chemische en biologische eigenschappen van de bodem onderzoeken. Waar mogelijk willen we een link leggen tussen de bodemweerbaarheid en het management op de verschillende praktijk- en proefveldlocaties. Ook willen we kijken of er binnen bedrijven verschillen in bodemweerbaarheid bestaan tussen percelen, en of we dit kunnen koppelen aan verschillen in biologische en chemische gesteldheid, en waar mogelijk een link kunnen leggen met verschillen in management. Vervolgens willen we onderzoeken of verschillen in bodemweerbaarheid (biotoets waarbij de grond met een ziekteverwekker in contact gebracht wordt) samenhangen met de aardbei opbrengst van diezelfde grond (bakkenproef zonder dat er een ziekteverwekker geïntroduceerd wordt). Dit brengt ons tot de volgende onderzoeksvragen:

- Zijn er verschillen in bodemweerbaarheid tussen en binnen bedrijven?
- Zijn er verschillen in bodemweerbaarheid tussen de verschillende behandelingen in de Bodemgezondheidsproef en de drie verschillende teeltsystemen in het bedrijfssysteemonderzoek op onderzoekslocatie PPO Vredepeel?
- Zijn er verbanden te vinden tussen bodemweerbaarheid en de verschillende chemische en biologische eigenschappen van de bodem?
- Zijn er (kwalitatieve) relaties te vinden tussen management maatregelen / bedrijfsvoering op praktijkbedrijven en de mate van bodemweerbaarheid?
- Is er een verband tussen de bodemweerbaarheid op de bedrijven (waarbij de grond blootgesteld wordt aan een specifiek pathogeen) en de opbrengst (wanneer de grond niet aan een specifiek pathogeen wordt blootgesteld)?

3 Materiaal en Methode

3.1 Praktijklocaties

Voor het uitvoeren van de experimenten zijn door Tuinbouwadviesbureau Hortinova samen met 5 aardbeientelers percelen uitgekozen met een goede en matige bodemkwaliteit. Elk bedrijf heeft op zijn eigen manier een beoordeling gemaakt van de bodemkwaliteit van de verschillende percelen, waarbij verschillende factoren doorslaggevend zijn geweest. Op de meeste bedrijven gaat het om verschillende percelen, met een verschillende gewashistorie, bemesting en grondsoort. Op één bedrijf is gekozen voor een goede en matige plek in hetzelfde perceel. Hieronder volgt een korte beschrijving van de verschillende locaties.

3.1.1 Locatie Stevensbeek



Figuur 1. Bemonstering van percelen op locatie Stevensbeek op 12 juli 2012. De monsters zijn op hetzelfde perceel genomen, op een afstand van ca. 50 meter van elkaar. Op de rechterfoto heeft structuurschade plaatsgevonden door wateroverlast op 22 mei. Op het perceel wordt van eind april tot eind augustus / half september aardbei geteeld (foto's Hortinova).

Perceelshistorie

Het perceel is 14 jaar geleden in gebruik genomen. Daarvoor is het een akkerbouwbedrijf geweest, waar suikerbieten en maïs geteeld werden. Vanaf 2010 is er op het perceel aardbei geteeld, gevolgd door rogge. Aardbei wordt geteeld van eind april tot eind augustus / half september. Rogge vanaf eind oktober.

Bemesting

Op de percelen is al 10 jaar lang geen drijfmest meer gebruikt. Er wordt bemest met een combinatie van groencompost, Siforga (een organische korrelmeststof van MeMon) en de magnesiumkalk meststof Miramag. Er worden geen meststoffen met borium gebruikt, het boriumgehalte van het grondwater is heel hoog. In de stellingen en de kasteelt wordt druppelbevloeiing gebruikt, hiervoor wordt wel grondwater gebruikt. De bemesting is in de 3 jaar voorafgaand aan dit jaar als volgt geweest:

Tabel 1. Bemesting locatie Stevensbeek 2010-2012.

Bemesting	2010	2011	2012
Groencompost	20 ton/ha	20 ton/ha	20 ton/ha
Siforga	1000 kg/ha	1000 kg/ha	1000 kg/ha
Miramag	1500 kg/ha	1500 kg/ha	
Compost met mycorrhiza geënt			500 kg/ha (strooien aan begin v/d teelt)

Plantversterkende middelen en fungiciden

Afhankelijk van bladsap metingen wordt er (behalve de eerste 4 weken, daarna bijna wekelijks) in totaal 4 tot 5x per seizoen gespoten met zeewierextracten om de meeldauwgevoeligheid te verminderen; Rescue Mix / Root&Shoot (Van Iersel) en Kaliumfosfiet (PK2). Aliette en Paraat worden in het wachtbed minimaal gespoten, zodat er in de productie minder problemen zijn.

Grondbewerking

Het huiskavel is sinds 7 jaar niet meer geploegd. Ploegen is vervangen door niet-kerende grondbewerking en vaste rijpaden. Het kavel is 4 jaar geleden nog wel gespit. De grond op verder weg liggende percelen is nog wel geploegd met een ondergronder in het voorjaar, waarna meteen de bedden worden gereden. In 2012 is er tot 55 cm diep gewoeld. Daarna geëgaliseerd met Smaragd, en met de plantrichting mee 35 cm diep met aandrukrol en sporen rijden. Daarna 6 maanden rust.

Groenbemesters

Gebruik van rogge. Japanse haver vriest dood, en het gebruik van Tagetes kan niet vanwege de aanwezigheid van *Meloidogyne hapla*. *M. hapla* vermeerdert zich normaal niet op Tagetes, maar het betreft hier waarschijnlijk een afwijkende populatie.

Chemische grondontsmetting

In de 14 jaar dat het perceel in gebruik is, is er één keer chemische grondontsmetting toegepast, in 2004 of 2005.

Bodemziekten

Nematoden *Pratylenchus penetrans*: in het algemeen 5-10. Op één perceel 150. *Meloidogyne hapla*: één keer met Tagetes gewerkt, toen heeft *M. hapla* zich vermeerdert. Tagetes is niet praktisch inzetbaar bij zaaïen half mei en vervolgens 3 maanden laten groeien. Op perceel met hoge druk van *M. hapla* gedurende een paar maanden geperforeerd folie gebruikt. Aantallen waren hierdoor teruggebracht van 2057 naar 5. Daarna volgden echter grote problemen met Engerlingen.

Schimmels *Verticillium dahliae* is niet aanwezig. *Phytophthora cactorum* is altijd aanwezig.

Bodemstructuur



Liggend perceel (links) en profielkuil (rechts) tijdens bodembeoordeling 2012 (foto's Louis Bolk Instituut)



Figuur 2.
in november

Toelichting keuze goed en matig perceel

De monsters voor 'goed' en 'matig' zijn op één en hetzelfde perceel genomen, op circa 50 meter afstand van elkaar. Op 22 mei is er erg veel neerslag gevallen (78 mm) en is de grond dichtgeslagen. Op een gedeelte van het perceel is de trekker naast de rijsporen gezakt; deze zijn later weer los en vlakgetrokken. Terwijl het veld gemiddeld 0.5% uitval door *Phytophthora* had, was het op de plek met de verslechterde bodemstructuur 10%. Deze verschillende plekken zijn uitgekozen voor bemonstering als 'goed' en 'slecht'.

3.1.2 Locatie Grashoek



Figuur 3. Bemonstering van percelen op locatie Grashoek op 12 juli 2012. Links perceel Lorbaan / Belspiet, waar tot begin juli Japanse haver heeft gestaan. Na de bemonstering heeft hier chemische grondontsmetting plaatsgevonden, waarna er van augustus tot december wachtbedplanten gestaan hebben. Rechts perceel Langs Kas waar eind 2011 het permanente grasland is doodgespoten. In het voorjaar is de grasmat ingewerkt, waarna er van april tot november/december Frigo planten worden geteeld (foto's Hortinova).

Perceelshistorie

De twee percelen waar bemonsterd is kennen een verschillende historie.

Perceel Langs Kas Het perceel dat beoordeeld is als matig is tot 2007 in gebruik geweest als kuilopslag van maïs voor de koeien. Vanaf 2008 tot en met 2011 heeft het perceel onder grasland gelegen. Van april tot november/december 2012 zijn er op het perceel aardbeiplanten (Frigoplanten) opgekweekt.

Perceel Lorbaan / Belspiet Het perceel dat beoordeeld is als goed kent een historie van 7 jaar achtereenvolgende aardbeienteelt. Daarvoor werd er gerst geteeld, of was het grasland voor de koeien. De teelt van wachtbedplanten loopt van augustus tot december. Van mei tot juli wordt er op het perceel Japanse Haver geteeld.

Bemesting

In het verleden is op beide percelen veel met runderdrijfmest gewerkt. In de aardbei wordt bij het planten een gecoate korrel Agrobolen (Everris) als voorraadbemesting gebruikt.

Plantversterkende middelen en fungiciden

Aliette en kaliumfosfiet (PK2) worden gebruikt. Paraat wordt gebruikt bij het uitpoten als tray- of plugplant.

Grondbewerking

Perceel Langs Kas In de herfst van 2011 is de grasmat doodgespoten. Deze is in het voorjaar ingewerkt.

Perceel Lorbaan / Belspiet De Japanse haver wordt gemaaid en gehakseld, en vervolgens gefreesd en ingespit. Kort voor het planten wordt er gespit tot 30-35 cm.

Groenbemesters

Gebruik van Japanse haver in de zomer tegen Meloidogyne hapla.

Chemische grondontsmetting

Perceel Langs Kas Hier heeft 20 jaar geleden voor het laatst een grondontsmetting plaatsgevonden.

Perceel Lorbaan / Belspiet Eén keer in de 5 jaar wordt Metamnatrium gebruikt. Dit jaar (rond 15 juli 2012) zonder folie. Normaal 10-14 dagen al dan niet afgedekt.

Bodemziekten

Nematoden Last van Meloidogyne hapla. Hooguit lage aantasting van Pratylenchus.

Schimmels Geen problemen met Verticillium dahliae. Phytophthora treedt op bij het uitpoten van tray of plugplanten. Aantasting begint in de oksel van het blad, en kan 5 tot 10 procent uitval geven.

Bacteriën Xanthomonas is strikt genomen geen bodempathogeen die zonder plantenresten in de bodem kan overleven. Besmettingsgevaar voor Xanthomonas zorgt voor de neiging om meer uitgangsmateriaal op goten te gaan opkweken.

Bodemstructuur

Op het moment van de bodembeoordeling in november 2012 staan er op beide percelen aardbeien. Op perceel Lorbaan / Belspiet staan wachtbedplanten. Het perceel ligt op een wat lichtere zandgrond, en is wat hoger gelegen. Op perceel Langs Kas staan frigoplanten. Het perceel ligt op wat zwaardere zandgrond, en is lager gelegen. De ondergrond (geel zand) begint minder diep. Met name op het perceel Langs Kas is in het verleden veel mest uitgereden. Dit perceel heeft een dikke laag zwarte grond.



Figuur 4. Profielkuilen in november 2012 in het perceel Lorbaan / Belspiet (links) en het perceel Langs Kas (rechts) (foto's Louis Bolk Instituut).

Toelichting keuze goed en matig perceel

Het goede perceel (Lorbaan/Belspiet) is een heel hoog gelegen stuk, waar nooit problemen optreden in de teelt. Het perceel Langs Kas is minder gezond. In het perceel zitten pleksgewijs harde lagen in de grond waar het heel vetig kan zijn, en waar de zuurstof uit de grond is. Het perceel is niet door en door slecht

qua teelt, maar heeft 'dode stukken'ertussen zitten: minder gezonde plekken. Op dit perceel kunnen geen gevoelige rassen geteeld worden, na nat weer treden er dan problemen op.

3.1.3 Locatie Horst-Meterik



Figuur 5. Bemonstering van percelen op locatie Horst-Meterik op 12 perceel Jeuken 3, met een teelt van versplanten aardbei. Rechts Molengatweg 2, dat braak ligt nadat er najaar 2011 Chinese kool andere teler (foto's Hortinova).

juli 2012. Links perceel geteeld is door een

Perceelshistorie

De twee percelen hebben een verschillende

Perceel Jeuken 3 In 2009 heeft op dit perceel maïs gestaan. In het voorjaar van 2010 is Tagetes gezaaid, waarna wachtbedplanten aardbei zijn geteeld (augustus-december). In de winter heeft het perceel braak gelegen. In 2011 hebben hier versplanten aardbei gestaan (maart – eind juli). Vervolgens in de herfst en winter (tot de vorst) Japanse haver. In 2012 zijn hier versplanten aardbei geteeld (maart – eind juli), waarna er Tagetes is ingezaaid.

Perceel Molengatweg 2 In 2009 hebben op dit perceel bieten gestaan. In 2010 heeft op dit perceel een jaar lang Tagetes gestaan. In 2011 hebben hier stekplanten aardbei gestaan (maart – begin juli). In de herfst is hier door een andere teler Chinese kool geteeld. In het voorjaar van 2012 (tijdens bemonstering) lag het perceel braak. Daarna is er Japanse haver op geteeld.

Bemesting

Perceel Jeuken 3 Op dit perceel is in de jaren dat er versplanten geteeld worden (2011 en 2012) in januari een voorraadbemesting met 16 resp. 15 ton/ha groencompost uitgevoerd. In de teelt van wachtbedplanten (2010) is geen compost gebruikt. De belangrijkste NPK meststoffen die tijdens de teelt gebruikt worden zijn Fieldcote (18-8-12), Nitrophoska (15-15-15) en de stikstofmeststoffen Kalksalpeter en KAS. Kieseriet en Bitterzout leveren magnesium en zwavel; Physiomax wordt ingezet als calciumbemesting. Sporenelementen worden verzorgd door bemesting met borium (Botrac) aan het begin van de teelt, en Nitrabor (Kalksalpeter met borium) en Mangaansulfaat gedurende de teelt. Een aantal bladbemesters / plantversterkers (o.a. op basis van zeewier) worden tijdens de teelt gebruikt.

Perceel Molengatweg 2 Tijdens de aardbeienteelt in 2011 is er bemest met een combinatie van NPK meststoffen Fieldcote en MAP (mono-ammonium fosfaat (12-61-0) en Agrolution; Kieseriet en Bitterzout leveren magnesium en zwavel. Aan het begin van de teelt wordt borium (Botrac) gegeven, bladbemesters en sporenelementen zijn vergelijkbaar met perceel Jeuken.

Grondbewerking

Er wordt gekeken of er verdichte lagen aanwezig zijn, en meestal wordt de grond tussen 40-65cm diep losgetrokken. Er wordt 2x gecultiveerd met een vaste tand cultivator, daarna wordt er 20-22 cm diep geploegd met ondergronders en voorpakker. De grond wordt aangedrukt met een Cambridge-rol. Er wordt gebruik gemaakt van vaste rijpaden (sporen en spuitpaden).

Chemische grondontsmetting

Normaliter wordt er 1x in de 5 jaar chemische grondontsmetting toegepast. In de afgelopen 3 jaar (2010-2012) heeft er geen chemische grondontsmetting plaatsgevonden. Doordat de percelen afwisselend aardbeienteelt kennen en teelt met andere gewassen door een groenteteler is er op deze percelen geen of minder chemische grondontsmetting nodig.

Bodemziekten

Nematoden Eind december 2011 is perceel Molengatweg 2 bemonsterd op voor aardbei schadelijke nematoden. Die waren niet aanwezig. Wel waren er 7650 niet-pathogene nematoden aanwezig, wellicht als gevolg van de vertering van gewasresten van Chinese kool. Half september 2011 is perceel Jeuken 3 ook bemonsterd op nematoden. Er waren geen voor aardbei pathogene soorten aanwezig, wel waren er 2930 niet-pathogene nematoden aanwezig (aantal/100ml). Juli 2012 werd op dit perceel een kleine hoeveelheid *Meloidogyne hapla* gevonden (10/100ml).

Schimmels Op het perceel Jeuken 3 is een lage tot matige hoeveelheid *Fusarium oxysporum* f.sp. *asparagi* aanwezig.

Bodemstructuur

Het perceel aan de Molengatweg heeft wat meer lutum in de grond. Het perceel heeft last van dichtslibben, en een veel slechtere structuur, waarbij de laag van 80-100 cm helemaal vastzit. De grond is helemaal losgetrokken.



Figuur 6. Ligging van percelen bij beoordeling van de bodemstructuur in november 2012. Links Perceel Jeuken 3, waar op dat moment de Tagetes al is ondergewerkt; rechts Perceel Molengatweg 2 met Japanse haver staat (foto's Louis Bolk Instituut).

Toelichting keuze goed en matig perceel

In 2011 stonden op perceel Molengatweg 2 stekplanten, die op een gegeven moment helemaal stopten met groeien.

3.1.4 Locatie Etten-Leur / JP



Figuur 7. Bemonstering van percelen op locatie Etten-Leur, JP op 11 juli 2012. Links perceel 3, gedeelte van tray-veld waar tijdens bemonstering geen aardbei stond. Rechts perceel 4, waar tot half juni aardbei in tunnels geteeld is. Eind juli zijn op dit perceel afrikaantjes geplant (foto's Hortinova).

Perceelshistorie

Op beide percelen heeft in het verleden Japanse haver gestaan en grasland / Engels raaigras. Circa 10 jaar hiermee gestopt vanwege *Meloidogyne hapla*. Opmerkelijk is dit wel, want *Meloidogyne hapla* vermeerderd zich niet op grassen.

Perceel 3 Van 1980-1990 heeft op dit perceel asperge gestaan. In 2010 stond op dit perceel aardbei (mrt-juli). Van augustus 2010 tot juni 2011 heeft op dit perceel aardbei onder tunnels gestaan. Daarna heeft het perceel onder zwarte braak gelegen tegen *M. hapla*. In 2012 heeft op het perceel aardbei gestaan (maart-begin juli).

Perceel 4 Tot 15 jaar geleden werden op dit perceel bladgewassen geteeld. Sindsdien wordt er op het perceel aardbei geteeld. In 2010 heeft hier aardbei gestaan van april-juli en van augustus tot juni 2011. Van juni-aug 2011 heeft het perceel braak gelegen. Sinds augustus 2011 vindt er teelt onder tunnels plaats, vervroegd (hele winter tot half juni, tunnels van februari tot half juni). Eind juli 2012 zijn er afrikaantjes geplant.

Bemesting

In 2009 is er op beide percelen een bemesting met compost uitgevoerd (30 m³/ha). Op perceel 3 is er in het najaar van 2011 bemest met 30 m³/ha groencompost (Den Ouden). Op perceel 4 wordt wel het stro ondergewerkt dat tijdens de teelt gebruikt wordt (10-11 ton/ha, bij tunnels iets minder).

Grondbewerking

De laatste paar jaar is er geen diepe grondbewerking uitgevoerd. Ploegen met vorenpakker en bedden worden gereden met GPS. Bij tunnels worden ruggen gemaakt met plastic.

Chemische grondontsmetting

In mei 2007 is er voor de laatste keer op beide percelen chemische grondontsmetting toegepast.

Bodemziekten

Op perceel 3 zijn problemen met *Meloidogyne hapla*. Op perceel 4 met *Pratylenchus penetrans*. Soms last van *Phytophthora cactorum*, met name vooraan in het perceel bij een slechte bodemstructuur. Er ligt drainage op 60 cm diep, om de 3 m.

Bodemstructuur

In perceel 4 staat op het moment van beoordelen *Tagetes*. De bodemstructuur is hier vaster dan in perceel 3. De grond in perceel 4 is wel diep doorworteld (2.5 spade diep, tot op het gele zand). Op 3.5 spade diep wordt de bodemstructuur vaster.

Toelichting keuze goed en matig perceel

Perceel 3 wordt door de teler beoordeeld als een goed perceel, perceel 4 is een matig perceel.

3.1.5 Locatie Etten-Leur/MM



Figuur 8. Bemonstering percelen locatie Etten-Leur/MM: huiskavel (links) en huurperceel (rechts) op 11 juli 2012 (foto's Sjoerd Smits, Hortinova).

Perceelshistorie

De twee percelen hebben een verschillende historie.

Huiskavel De afgelopen 3 jaar zijn op dit perceel aardbeien geteeld, van begin juli tot half september. Vanwege problemen met *Meloidogyne hapla* wordt op de huiskavel geen gebruik gemaakt van afrikaantjes.

Huurperceel Op het huurperceel heeft in 2010 een boomkwekerij gelegen, en is mogelijk ook prei geteeld. In 2011 heeft op dit perceel bleekselderij gestaan. In 2012 heeft vanaf eind mei tot half augustus aardbei op het perceel gestaan. Vanaf augustus staat er Japanse haver.

Bemesting

Huiskavel Op het huiskavel is in 2010 bemest met 30 ton/ha groencompost (Van Iersel). In 2011 is bemest met 30 ton/ha groengrond (Van Iersel). In 2012 is op het perceel 10 ton/ha stro gebruikt en ondergewerkt. In augustus is er 30 ton/ha compost (Van Berkel) gebruikt.

Huurperceel Op het huurperceel is in 2010 en 2011 bemest met champost. In 2012 is op het perceel 10 ton/ha stro gebruikt en is in augustus 30 ton/ha compost (Van Berkel) gebruikt.

Algemeen In de bemesting van aardbei wordt Agrobien, MAS (ammoniumnitraat en dolomiet) en nitrofosfaat gebruikt. Daarnaast worden sporenelementen verzorgd met Black Gold, Triple 10, Shuttle Seven en kelp.

Grondbewerking

Huiskavel In het algemeen wordt er niet geploegd op dit perceel, en wordt er met vaste rijpaden gewerkt. De grondbewerking gebeurt met een combinatie van cultivateren en frezen, en bedden rijden voor de aardbeien. In 2011 is er na het plukken met een woelpoot ca. 40 cm diep door de sporen gegaan.

Huurperceel De kwaliteit van het perceel wordt sterk bepaald door de slechte grondbewerking door de voorganger. In 2012 is er voorafgaand aan de teelt in twee richtingen gewoeld tot 60 cm. In mei 2012 is de grond ontsmet, daarna is de grond opengetrokken tot ca. 30 cm en gecultiveerd.

Groenbemesters

Huiskavel In het najaar ligt 2/3 van de percelen in groenbemesters. Zwarte braak wordt gebruikt voor percelen met vroege planting (maart). De groenbemesters worden ondergewerkt, en niet doodgespoten. Er wordt geen Roundup gebruikt.

Chemische grondontsmetting

Huurperceel Op het huurperceel is in mei 2012 chemische grondontsmetting toegepast.

Bodemziekten

Huiskavel Op het huiskavel komen lage aantallen Meloidogyne hapla voor, geen Verticillium en geen Phytophthora.

Huurperceel De status wat betreft bodemziekten op het huurperceel is onbekend. De grond is voorafgaand aan de eerste teelt ontsmet, en van te voren zijn er geen analyses gedaan.

Bodemstructuur

Huiskavel Een diepe bodemstructuur >60 cm, donker, naar beneden toe iets lichter wordend.

Huurperceel De bodemstructuur was erg slecht, maar is al wat verbeterd. Op 55 cm begint een gele laag. De Japanse haver wortelt op het moment van beoordelen tot 50 cm, en staat er goed bij, met uitzondering van de kopkokers waar de structuur slechter is.

Toelichting keuze goed en matig perceel

De keuze voor het goede (huiskavel) en het slechte (huur) perceel is vooral bepaald door de kwaliteit van de bodemstructuur.

3.1.6 Locatie Loon op Zand

Grond van de locatie Loon op Zand wordt gebruikt in de bemestingsproef die door Hortinova is aangelegd in de bakkenproef. Het is een zandgrond en een voormalig aspergeperceel waar 10 jaar asperge heeft gestaan.

Er is een standaard NPK bemesting uitgevoerd over alle bakken heen. De behandelingen in de bemestingsproef zijn gebaseerd op de bodemanalyse die vooraf is genomen.

3.2 Locaties Vredepeel

3.2.1 Proefveld Bodemgezondheid

In het voorjaar van 2006 is op de PPO-proeflocatie Vredepeel een perceel geselecteerd met een natuurlijke besmetting van wortelstokke-aaltjes (*Pratylenchus penetrans*) en de bodemschimmel *Verticillium dahliae*. Hier is een grote veldproef aangelegd met vier teeltsystemen; twee biologische en twee geïntegreerde systemen. Elk weer opgesplitst in een systeem met BestPractices (AaltjesbeheersingsStrategieën, gewasrestmanagement etc.) en een systeem Good Practice. In 2006 en herhaald in 2009 zijn in alle systemen dezelfde 10 hoofdbehandelingen (zoals toediening compost, chitine, groenbemesters en biologische grondontsmetting) aangelegd om de bodemgezondheid (o.a. onderdrukking van *P. penetrans* en *V. dahliae*) te verbeteren. In 2006 is hier zomergerst of zomertarwe geteeld. Na de oogst van het graan zijn de 10 verschillende maatregelen toegepast. Nadat de verschillende behandelingen zijn uitgevoerd is in 2007 aardappel, in 2008 lelie en in 2009 wederom graan geteeld. Na de graanoogst van 2009 zijn de tien maatregelen opnieuw toegepast. In 2010 is aardappel, in 2011 winterpeen en in 2012 is maïs op dit perceel geteeld. Uit deze veldproef zijn 4 maatregelen geselecteerd die in de bakkenproef en biotoets getest zullen worden. Alle maatregelen komen uit het geïntegreerde bedrijfssysteem Best Practice in de veldproef.

- **Biologische grondontsmetting / GBGO** In augustus 2006 is 50 ton/ha Italiaans raaigras in de grond gebracht en gedurende minimaal 12 weken afgedekt met plastic. Bij de omzetting van het organische materiaal wordt zuurstof onttrokken en ontstaan verschillende afbraakproducten die het bodemleven beïnvloeden. Op 10 juli 2012 zijn bemonsterd de veldjes; 26, 54, 88, 153.
- **Niet-biologische grondontsmetting / GNGO** Binnen de geïntegreerde systemen is in september een natte grondontsmetting (NGO) met Monam uitgevoerd. Hierbij is in een werkgang 300 l/ha Monam met een spitinjecteur ingebracht, waarna de grond is dichtgerold. Bemonsterd zijn de veldjes; 27, 59, 86, 152.

- **Combinatie / GCOM** Hierbij zijn drie verschillende maatregelen gecombineerd, door achtereenvolgens afrikaantjes te telen, 20 ton/ha chitine aan de veldjes toe te voegen en 50 ton/ha compost in te werken. Bemonsterd zijn de veldjes; 24, 51, 82, 156.
- **Braak / GBRA** Hierbij zijn na de teelt van de granen de veldjes onbehandeld gebleven en werd de grond mechanisch of chemisch vrij gehouden van onkruid of zaadopslag (Korthals et al, 2010). Bemonsterd zijn de veldjes; 23, 55, 85, 160.

3.2.2 Percelen Bedrijfssystemenonderzoek Bodemkwaliteit op Zandgronden

De bedrijfssystemen hebben een zesjarige rotatie in de volgorde 1. aardappel – 2. conservenerwt + gras (Gl) /grasklaver (BIO) – 3. prei – 4. zomergerst + groenbemester – 5. suikerbieten (Gl)/peen (BIO) – 6. maïs + groenbemester. 2010 was een overgangsjaar met een aangepaste rotatie.

- **Geïntegreerd hoog organische stof / GHOS**

In een geïntegreerd bedrijfssysteem wordt een normale organische mestaanvoer nagestreefd van ca. 1500 kg Effectieve Organische Stof (EOS)/jaar in de vorm van drijfmest.

- **Geïntegreerd laag organische stof / GLOS.**

In het geïntegreerde systeem met een lage organische stofaanvoer wordt er geen drijfmest aangevoerd en is de gemiddelde EOS 800 kg/jaar.

- **Biologisch hoog organische stof / BHOS**

In het biologische bedrijfssysteem is er een hoge organische mestaanvoer geweest van ca. 2750 kg/jaar in de vorm van vaste mest en drijfmest.

De grond is verzameld van de velden:

- 27.1b Gl hoog voorvrucht 2011 aardappel voorvrucht 2010 suikerbiet
- 27.2a Gl laag voorvrucht 2011 aardappel voorvrucht 2010 suikerbiet
- 34.2b BIO voorvrucht 2011 aardappel voorvrucht 2010 zomergerst

3.3 Bakkenproef

3.3.1 Objecten bakkenproef

De verschillende grondsoorten van de praktijklocaties en proefbedrijf Vredepeel zijn in week 28 (9 t/m 12 juli) verzameld. De bakkenproef bestaat in totaal uit 25 objecten die in 2 herhalingen zijn aangelegd, met uitzondering van de controle van de bemestingsproef, die in 4 herhalingen in de proef ligt:

- 10 grondsoorten van praktijklocaties (beschreven in paragraaf 3.1); waarbij op elke praktijklocatie een goed en een matig perceel is geselecteerd;
- 7 grondsoorten van proefvelden van PPO Vredepeel (beschreven in paragraaf 3.2);
- 8 bemestingsobjecten (uitgevoerd met 2 grondsoorten), waaronder één controle behandeling in viervoud.

De 52 witlofbakken zijn naar een teler in Loon op Zand gebracht waar de bakkenproef is aangelegd door Hortinova.

Bemestingobjecten

Hortinova heeft 7 bemestingsbehandelingen aangelegd met grond van de locatie Loon op Zand, en één bemestingsbehandeling met grond van de locatie Stevensbeek. Alle behandelingen liggen in tweevoud in de proef, met uitzondering van de controle (met grond van locatie Loon op Zand), die in viervoud in de proef ligt.

Tabel 2. Overzicht bemestingsobjecten bakkenproef. Alle behandelingen liggen in tweevoud in de proef, met uitzondering van de controle (*) die in viervoud in de proef ligt.

Object code	Locatie	Perceelshistorie	Bemesting
18 en 24	Loon op Zand	Asperge	Controle**

19	Loon op Zand	Asperge	1 ton/ha Bio Gips, Ca
20	Loon op Zand	Asperge	1 ton/ha Miramag, Mg
21	Loon op Zand	Asperge	30 m ³ groencompost
22	Loon op Zand	Asperge	30 l huminezuur, begin
23	Loon op Zand	Asperge	50 kg Zeemineralen, begin
25	Loon op Zand	Asperge	Gecorrigeerd met extra compost + gips
26	Stevensbeek	Aardbeien gerooid	4 ton gips+100 m ³ compost

In de trekbakken is antiworteldoek geplaatst waarna de grond verdeeld is over 2 witlofbakken (oppervlakte 0.90 x 1.20 = 1.08 m²). Per trekbak is 20 cm grond gestort. Daarna zijn in 2 rijen 4 planten (totaal 8 planten/bak) van het ras Elsanta geplant (figuur 9) en is bemest met een standaardbemesting afgestemd op de aardbeiproductie en gelijk voor alle bakken. Een overzicht van de activiteiten staat hieronder weergegeven.

Tabel 3. Proeftechnische gegevens bakkenproef.

Tijdstip	Activiteit
9 t/m 12-7	Grond verzamelen
13-7	Transport grond en witlofbakken
16-7	Planten van de aardbeiplanten
17-7	Bemesting en beregening
31-8/10-10	Oogst 11 maal
2, 16, 30-8	Plantsap analyse blad
17-9, 1-10. 15-11	Plantsap analyse blad
1-10	Plantsapanalyse aardbei
20-11	Plantsapanalyse rhizoom
11-12	Bepaling plantgewicht
12-12	Beëindiging proef



Figuur 9. Een overzicht van de bakkenproef aardbei op 8-8-2012.

3.3.2 Gewasbeoordeling bakkenproef

Het aardbeigewas ontwikkelde zich goed in de witlofbakken. Op 8 augustus ($\pm$ 3 weken na planten) is het gewas bekeken en zijn er nog geen verschillen in gewasontwikkeling zichtbaar. Op 15-8 en 7-9 zijn tussen de objecten wel duidelijke verschillen zichtbaar. Met behulp van een cijfer is de ontwikkeling van het gewas beoordeeld waarbij een laag cijfer een slechte ontwikkeling en een hoog cijfer een goede ontwikkeling weergeeft.

De aardbeien zijn vanaf 31-8 om de 3-4 dagen geplukt waarbij de opbrengst per bak is bepaald. Per oogsttijdstip is de cumulatieve productie van kwaliteit 1 vruchten bepaald. Vanaf 2 augustus zijn om de 2

weken plantsapanalyse van de bladeren (nieuw en oud blad) uitgevoerd. NovaCropControl heeft de minerale samenstelling van de bladeren bepaald. Op 1 oktober is ook een plantsapanalyse van de vruchten en op 20 november een plantsapanalyse van het rhizoom uitgevoerd. Aan het einde van het seizoen waren tussen de objecten duidelijke verschillen in plantgewicht te zien. Op 11 december zijn de planten boven de grond afgesneden en is het plantgewicht bepaald.

3.4 Biotoets bodemweerbaarheid

Om de bodemweerbaarheid van de gronden tegen *Phytophthora cactorum* te bepalen, is een biotoets uitgevoerd. De biotoets is uitgevoerd met grond van 10 praktijkpercelen en 7 percelen van proefbedrijf Vredepeel. Een biotoets is een meetinstrument om te kijken hoe groot de weerbaarheid van de bodem tegen een bepaalde ziekte is. Hiervoor wordt grond uit de natuurlijke veldsituatie gehaald, en in een potproef getest. Onder gecontroleerde omstandigheden wordt de grond besmet met een pathogeen. Vervolgens krijgt de grond de tijd om te reageren op de ziekteverwekker. Organismen in de bodem kunnen met de pathogeen concurreren om voedingsstoffen en ruimte, of ze kunnen hem actief belagen, zoals in het geval van antagonisten. In de biotoets worden er vervolgens planten in de besmette grond gezet, en wordt de ziekte-ontwikkeling in de plant gevolgd. Wanneer de bodem in staat is om de ziekte goed te onderdrukken, wordt de plant niet of nauwelijks ziek. Wanneer de bodem niet in staat is om de ziekte te onderdrukken, of de ziekte zelfs stimuleert, wordt de plant snel ziek. De snelheid en sterkte waarmee de ziekte zich ontwikkelt, is een maat voor de bodemweerbaarheid.

3.4.1 Gamma (γ)-sterilisatie

De helft van de grondmonsters is gesteriliseerd door middel van gamma (γ)-sterilisatie. Gamma-sterilisatie wordt gebruikt om te kijken hoe de ziekte-ontwikkeling plaatsvindt in de betreffende bodem wanneer er geen bodemleven aanwezig is. Er is gekozen voor gamma-sterilisatie omdat dit over het algemeen minder fysische en chemische veranderingen in de bodem veroorzaakt dan autoclaveren (sterilisatie door stoom onder druk bij 121°C). De bestraling is uitgevoerd op veldvochtige grondmonsters met een dosis van 15 kGray (kGy). Om de grond te laten stabiliseren na sterilisatie is een wachttijd nodig. In de literatuur wordt een wachttijd aanbevolen van 8 weken, hoewel de hoeveelheid ammonium dan nog steeds kan stijgen (Ramsay and Bowden, 1983). Een lange wachttijd heeft echter ook als nadeel dat de biologische eigenschappen van de niet-gesteriliseerde 'veldgrond' die op hetzelfde moment in de koeling staat kan veranderen. Om deze reden is in dit experiment gekozen voor een rustperiode van twee weken na sterilisatie, in een koelcel bij 4°C.

3.4.2 Inoculatie met *Phytophthora*

Een submonster van elk perceel is besmet met 4,75% (v/v) inoculum van *Phytophthora cactorum*. Daarnaast is een submonster niet besmet, om te kijken hoe de aardbeiplanten zich ontwikkelen met de van nature aanwezige bodemleven, dat zowel antagonisten als ziekteverwekkers kan bevatten. En tenslotte zijn ook de gesteriliseerde submonsters van elk perceel besmet met *Phytophthora*. Dit zorgt voor de volgende varianten in de proef:

- Veldmonsters, niet-gesteriliseerd, niet besmet met *Phytophthora*
- Veldmonsters, niet gesteriliseerd, besmet met 4,75% (v/v) *Phytophthora*
- Gesteriliseerde grond, besmet met 4,75% (v/v) *Phytophthora*

Tenslotte is er nog een 4e variant, namelijk 'gesteriliseerde grond, onbesmet met *Phytophthora*'. Deze is maar voor één grondsoort meegenomen (Vredepeel, gangbaar perceel met hoog organische stofgehalte). Deze variant is gebruikt als controle, om te kijken of er binnen de proef geen onderlinge kruisbesmetting van de potten met *Phytophthora* plaatsvindt (bijvoorbeeld door spatten met watergeven). De proef is in de kas neergelegd in een compleet gewarde blokkenproef, met 5 herhalingen en 5 planten per herhaling.

Het inoculum bestaat uit geautoclaveerde haverkorrels waarop 3 weken *Phytophthora cactorum* gekweekt is. Na besmetting met *Phytophthora* heeft de grond een week rust gehad, zodat de aanwezige bodemorganismen de kans krijgen om *Phytophthora* te onderdrukken. Vervolgens zijn de behandelde grondsoorten over potten verdeeld, waarin aardbeien (Elsanta A+) zijn geplant.

3.4.3 Beoordelen ziekte-ontwikkeling

Gedurende de biotoets is twee keer per week (in totaal 6x tussen 14 september en 1 oktober) de ziekte-ontwikkeling in de planten beoordeeld, met behulp van een ziekte-score op een schaal van 0-5 (zie Tabel 4), waarbij voor 5 planten binnen één herhaling de gemiddelde score (ziekte-index) bepaald is. Vervolgens is het oppervlakte berekend onder de curve die het verloop van de ziekte in de tijd weergeeft (Area Under the Disease Progressive Curve: AUDPC). De AUDPC is een maat voor de ziekte-gevoeligheid van de grond. Hoe lager de AUDPC, hoe groter de weerbaarheid van de bodem. Voor elk perceel zijn 3 AUDPC waarden berekend: van veldgrond ($AUDPC_{\text{veld}}$), van steriele grond ($AUDPC_{\text{steriel}}$), en een relatieve AUDPC, die het verschil aangeeft tussen steriele en veldgrond ($AUDPC_{\text{steriel}} - AUDPC_{\text{veld}}$).

Tabel 4. Beoordeling ziekte score van aardbeiplanten besmet met *Phytophthora cactorum*.

Score	Plant verwelking	Beschrijving
0	0	Geen symptomen
1	1-20%	Eén blad slap en omkrullend, of meerdere bladen slap, maar nog niet omkrullend
2	20-40%	Meerdere (maar niet alle) bladeren en stengels slap, deels omkrullend
3	40-70%	Alle bladeren en stengels slap, inclusief het jonge en uitlopende blad, blad (soms sterk) omkrullend, en droger wordend. Gedeelte van de stengels ligt volledig plat, een gedeelte heeft nog wat turgor. Soms kunnen uitgedroogde stengels toch nog stevig staan.
4	70-100%	Alle bladeren slap en omkrullend, blad deels verdrogend, stengels volledig plat op de grond liggend. Soms zijn stengels nog een beetje gebogen, maar dan zijn ze wel volledig bruin en verdroogd.
5	dood	Geen groen meer in de stengel en bladsteeltjes, geen lichtgroen meer in het blad, blad donkergroen of bruin gekleurd, en compleet droog. Plant geheel verschrompeld.

3.5 Bodemanalyses

Na de bemonstering tussen 9-12 juli is het gedeelte van de grondmonsters dat niet direct gebruikt werd in de bakkenproef, in een koelcel bij 5°C bewaard. Vanaf 30 oktober zijn de grondmonsters door het PPO-AGV lab geanalyseerd op plant-pathogene aaltjes. Dit is gebeurd voor de 7 gronden van Vredepeel, de 10 gronden van de praktijkpercelen, en 1 grondsoort uit de bemestingsproef. De aantallen aaltjes zijn bepaald na spoelen en incuberen van de gronden. Deze aantallen zijn bij elkaar opgeteld en worden weergegeven per 100 ml grond. Op 22 november zijn de grondmonsters door BLGG geanalyseerd op hoofd- en sporen elementen, pH, EC, lutum, kalk en organische stof.

3.5.1 Statistische analyse bakkenproef

De 25 objecten liggen in 2 herhalingen (2 witlofbakken/behandeling) in de proef en zijn via variantie analyse geanalyseerd. De controle van de bemestingsproef ligt in viervoud in de proef.

Om na te gaan of er verbanden bestaan tussen de verschillende (bodem)factoren in de proef en de opbrengstcijfers is er met behulp van het statistische programma Genstat een correlatie matrix berekend. Bij een betrouwbaarheid van 95% treden in dit onderzoek significante verschillen op bij een correlatie groter dan 0.388. Correlaties hoger dan 0.60 zijn verder geanalyseerd met behulp van een lineaire regressie.

3.5.2 Statistische analyse biotoets

De resultaten van de bodemweerbaarheid uit de biotoets zijn weergegeven als AUDPC (Area Under Disease Progressive Curve) waarden. De biotoets is uitgevoerd in 5 herhalingen (met 5 planten per herhaling), en de verschillende AUDPC waarden (veld, steriel en relatief) zijn geanalyseerd met behulp van een variantie-analyse (Anova) in het statistische programma Genstat (Genstat 13.3). Hierbij is een aparte Anova uitgevoerd voor de volledige set van 17 objecten, en voor de 10 objecten van de praktijkbedrijven, waarbij de als goed en matig beoordeelde percelen als 'behandelingen' zijn meegenomen.

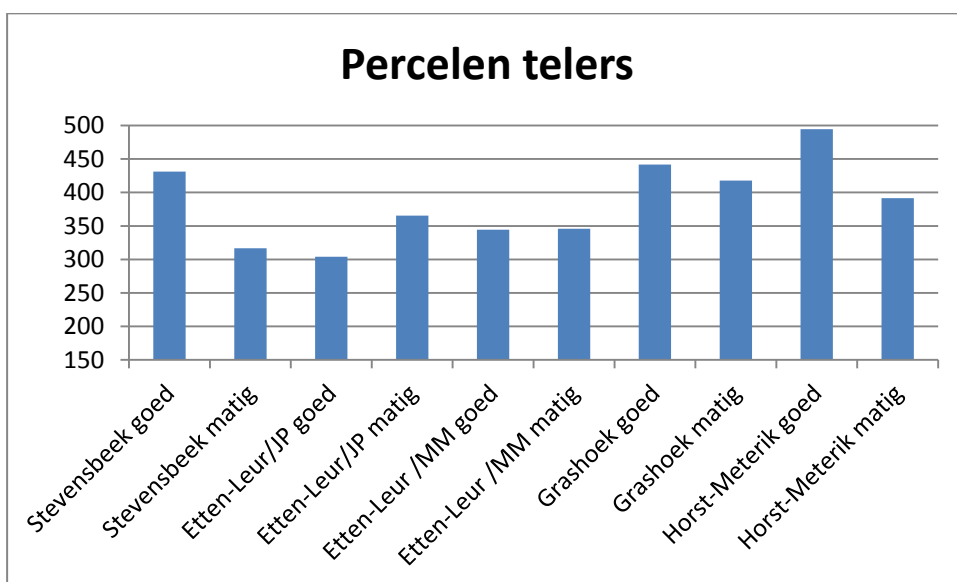
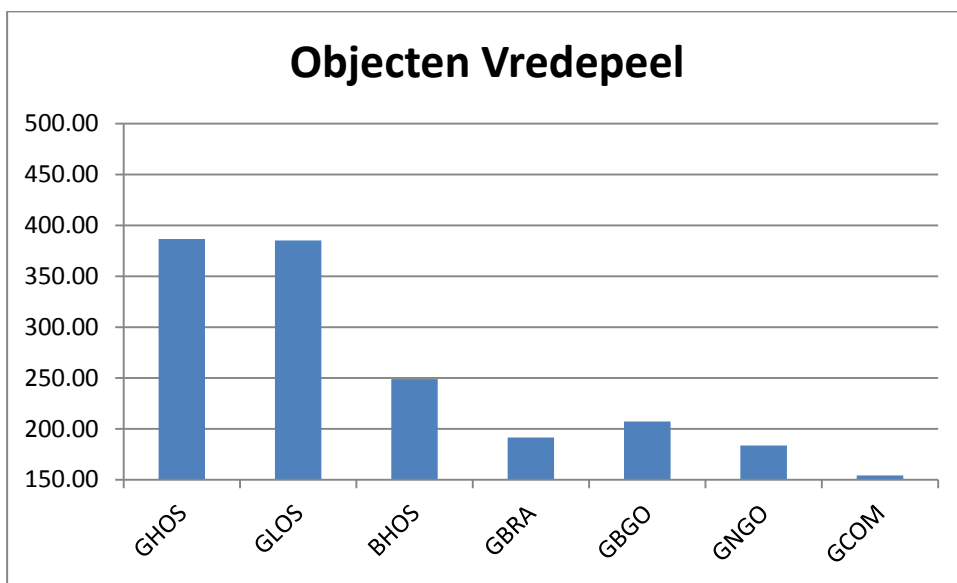
Vervolgens is een multilineaire regressie uitgevoerd, om de relatie te onderzoeken tussen de bodemparameters en de resultaten van de bodemweerbaarheid uit de biotoets. De gemeten set bodemparameters op de 17 locaties is eerst beoordeeld op volledigheid. In een aantal gevallen ligt een hoog aantal waarden (van de chemische parameters) onder de detectiegrens van de meetapparatuur. Wanneer er meer dan 5 waarden onder de detectiegrens liggen (in geval van chemische parameters) of gelijk zijn aan 0 (biologische parameters) is de parameter niet meegenomen bij verdere regressie analyse. In het geval dat er maar op een beperkt aantal percelen een meetwaarde onder de detectiegrens ligt, is deze gehalveerd voorafgaand aan verdere analyse. De meetwaarden van de chemische en biologische parameters zijn gecontroleerd op normaliteit met behulp van een Shapiro-Wilk test. Bij een niet-normale verdeling kan een transformatie van de data nodig zijn. Biologische en chemische bodemparameters zijn vaak niet-normaal verdeeld, bijvoorbeeld omdat de groei van organismen exponentieel verloopt. Bij een niet-normale verdeling is een Box-Cox power transformatie toegepast (waarbij $y = (x^\lambda - 1)/\lambda$ (als $\lambda < 0$) en $y = \log(x)$ als $\lambda = 0$). Vervolgens is een globale check op correlaties uitgevoerd. Sterk gecorreleerde variabelen zijn niet tegelijkertijd meegenomen in de multilineaire regressie analyse. Vervolgens is met behulp van de procedure RSEARCH in Genstat gezocht naar de beste modellen met 1, 2 en 3 bodemparameters die een verklaring geven voor de verschillen in bodemweerbaarheid (AUDPC). In de regressie-analyse zijn geen bladsap-analyses meegenomen die uitgevoerd zijn aan de aardbeien uit de bakkenproef. In de bakkenproef is direct na planten (16 juli) een bemesting uitgevoerd, en de bladsapanalyses zijn in de periode van 2 augustus – 15 november uitgevoerd. Het is moeilijk te bepalen wat het aandeel van de bodemchemie is in de plantsapanalyses, en wat het aandeel is van de uitgevoerde bemesting. Hierdoor zijn de meetgegevens uit de bakkenproef en de potproef niet in een regressie-analyse met elkaar vergelijkbaar.

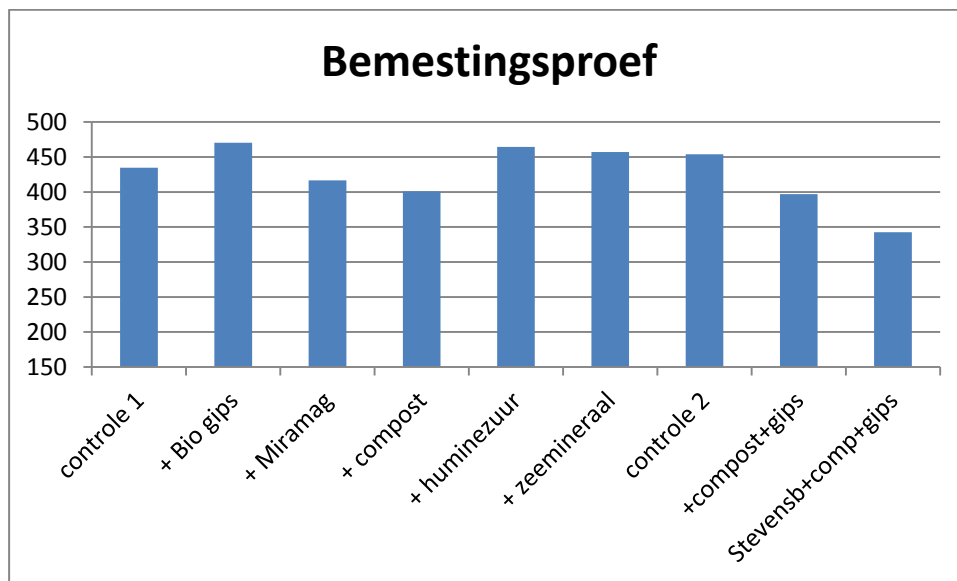
4 Resultaten

4.1 Productie bakkenproef

Om de productie van alle 26 objecten in de loop van de tijd weer te kunnen geven zijn ze opgesplitst in:

- 7 behandelingen PPO Vredepeel;
- 9 bemestingsvarianten (op 2 grondsoorten) (Hortinova);
- 5 praktijkklocaties (perceel als 'goed' beoordeeld);
- 5 praktijkklocaties (perceel als 'matig' beoordeeld).





Figuur 10. De totale aardbeienproductie per plant (gram; Y-as) voor PPO Vredepeel (boven), voor grond die door telers als 'goed' en 'matig' is beoordeeld (midden) en grond die door Hortinova gebruikt is voor de bemestingsobjecten (onder).

Omdat de bakkenproef in 2 herhalingen is uitgevoerd, kunnen de opbrengstgegevens statistisch geanalyseerd worden. Wel moet enige voorzichtigheid in acht worden genomen bij het beoordelen van de betrouwbaarheid van de verschillen. Van de gronden van PPO Vredepeel leveren de gronden met gangbaar hoog organische stof (GHOS) en gangbaar laag organische stof (GLOS) een gemiddelde productie van resp. 387 en 385 gram/plant. De grond met de herkomst biologisch hoog organische stof (BHOS) heeft een productie van 250 gram/plant. Deze 3 gronden komen van PPO Vredepeel uit het bedrijfssysteemonderzoek. De overige vier gronden zijn afkomstig van een ander proefveld en hebben een gemiddelde productie van 154–207 gram/plant. Mogelijk speelt het proefveld (perceel) een grotere rol dan de jarenlang uitgevoerde behandelingen.

Hortinova heeft bij het onderzoek naar toevoegingen gebruik gemaakt van grond van 2 praktijklocaties, hier aangeduid als Loon op Zand (8 behandelingen) en Stevensbeek (1 behandeling). De productie van de bemestingsbehandeling (4 ton gips en 100 m³ compost/ha) op de grond van de locatie Stevensbeek ('goede'perceel) (340 gram/plant) ligt lager dan de verschillende bemestingsbehandelingen op de grond van locatie Loon op Zand, maar ook lager dan de standaard productie van locatie Stevensbeek (430 gram/plant). De behandelingen met 1 ton/ha bio gips, of 30 l/ha huminezuur of 50 kg/ha zee mineralen leverden de hoogste productie per plant op. Deze liggen hoger dan de controle.

De verschillende praktijklocaties laten in het algemeen hogere opbrengsten zien dan de 4 grondsoorten van de bodemgezondheidsproef van locatie Vredepeel. De praktijklocaties laten ook onderling verschillen zien. Grond van het goede perceel van locatie Horst-Meterik scoort met een productie van 495 gram/plant het hoogst. Grond van locatie Etten-Leur /JP (goede perceel) produceert het geringste gewicht aardbeien, namelijk 304 gram/plant gevolgd door grond (goede perceel) van locatie Etten-Leur /MM met 344 gram/plant.

De verschillen tussen de percelen die als matig zijn beoordeeld, zijn minder groot. Tussen de grond van het beste 'matige' perceel van locatie Grashoek en het slechtste 'matige' perceel van locatie Stevensbeek zit een productieverschil van 100 gram/plant.

Per praktijklocatie kunnen de opbrengsten van het goede en het matige perceel vergeleken worden. Op de locatie Etten-Leur /JP leverde de matige grond een hogere productie dan de goede grond (62 gram/plant). Op de locaties Etten-Leur /MM en Grashoek waren de opbrengstverschillen tussen de goede en matige percelen klein. Op de locaties Stevensbeek en Horst-Meterik produceerden de goede gronden beter, (115 en 103 gram/plant) dan de matige gronden.

4.2 Bodemanalyses

4.2.1 Bodembioologische analyses

Door het PPO AGV lab zijn van de 17 objecten de plant-parasitaire aaltjes bepaald (Tabel 5). De monsters zijn gespoeld en de organische fractie is vier weken geïncubeerd. Van een aantal aaltjes zijn de aantallen zo gering dat ze niet zijn opgenomen in de tabel. Het gaat om de soorten *Rotylenchus*, *Helicotylenchus* en *Hemicycliophora*. *Meloidogyne chitwoodi* en *M. naasi* leveren geen problemen op in de aardbeienteelt. Met name *M. hapla*, *Pratylenchus penetrans* en *Trichodoridae* zijn pathogeen voor aardbei. Onduidelijk is of de andere *Pratylenchus* soorten en *Tylenchorynchus* pathogeen zijn voor aardbei.

Tabel 5. Aantallen aaltjes per 100 ml grond *g=goed, m=matig (beoordeling perceel door telers).

Object	kwaliteit perceel*	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	<i>Meloidogyne naasi</i>	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Pratylenchus spp</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Trichodoridae</i>	<i>Tylenchorynchus</i>	Niet plant-pathogene aaltjes
Vredepeel GHOS		16	0	0	50	18	3	0	3760
Vredepeel GLOS		88	0	10	0	15	1	0	3310
Vredepeel BHOS		3	0	0	0	202	2	370	7563
Vredepeel GBGO		0	0	0	0	197	0	30	985
Vredepeel GBRA		0	0	0	0	918	0	35	2020
Vredepeel GNGO		0	0	0	0	251	0	20	1565
Vredepeel GCOM		0	0	0	0	156	0	140	1375
Stevensbeek	g	0	0	0	0	0	0	5	1415
Stevensbeek	m	0	0	0	0	0	0	10	600
Etten-Leur /JP	g	0	75	0	0	0	0	5	405
Etten-Leur /JP	m	0	5	0	90	6	0	0	2425
Etten-Leur /MM	g	0	0	0	0	0	0	0	1785
Etten-Leur /MM	m	0	0	75	0	35	8	5	900
Grashoek	g	0	0	0	0	0	0	0	1495
Grashoek	m	0	0	0	0	8	1	0	2370
Horst-Meterik	g	0	0	12	0	19	1	5	1685
Horst-Meterik	m	0	41	0	0	1	0	15	1470

In alle gronden van PPO Vredepeel wordt *Pratylenchus penetrans* gevonden, met name in de vier behandelingen van de Bodemgezondheidproef (GBGO, GBRA, GNGO en GCOM). De hoogste aantallen worden gevonden in de controle / braakbehandeling (GBRA) (918 aaltjes/100 ml). Op GCOM is een combinatie van maatregelen (inzaai van *Tagetes* + toedienen van chitine en compost) uitgevoerd om de bodemgezondheid te vergroten en de aaltjespopulatie te reduceren. Hier worden 156 *Pratylenchus penetrans* in 100 ml grond waargenomen. Ook de behandelingen gangbaar biologische grond ontsmetting (GBGO) en gangbaar natte grond ontsmetting (GNGO) hebben geleid tot een geringer aantal respectievelijk 197 en 251 *Pratylenchus penetrans* in 100 ml grond.

De objecten GHOS, GLOS en BHOS zijn afkomstig van percelen uit het bedrijfssystemenonderzoek. Opvallend is dat in het object BHOS (biologisch hoog organische stof) veel meer *Pratylenchus penetrans* wordt waargenomen (197 aaltjes/100 ml grond) dan in gangbaar hoog organische stof (GHOS) en gangbaar laag organische stof (GLOS) (resp. 18 en 15 aaltjes/100 ml grond). Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een verschillende vruchtwisseling die in het verleden op de gangbare en biologische percelen is aangehouden. Tegenwoordig is er geen verschil meer in vruchtwisseling.

Meloidogyne hapla wordt alleen waargenomen bij PPO Vredepeel laag organische stof (GLOS) en in grondmonsters van de locaties Etten-Leur /MM en Horst-Meterik.

De populatie niet-pathogene aaltjes bestaat meestal voor het grootste gedeelte uit bacterie-eters. Dit zijn aaltjes met een snelle voortplantingscyclus, die ook snel kunnen reageren op een veranderend voedselaanbod, in dit geval bacteriën. Omdat de hoeveelheid bacteriën sterk kan fluctueren ten gevolge van bemesting, het onderwerken van organisch materiaal zoals gewasresten of stro, en grondbewerking, zijn verschillen in aantallen niet-pathogene aaltjes lastig te interpreteren. Opvallend zijn de uitschieters: het goede perceel van de locatie Etten-Leur /JP heeft een erg geringe hoeveelheid niet-pathogene aaltjes (405/100 ml grond). Dit perceel heeft een jaar braak gelegen. Daarentegen heeft het biologische perceel met hoog organische stofgehalte van locatie Vredepeel een heel grote hoeveelheid niet-pathogene aaltjes (7563/100 ml grond).

4.2.2 Bodemchemische analyses

De bodemchemische analyses zijn door Hortinova, BLGG Oosterbeek en BLGG Naaldwijk uitgevoerd.

4.3 Biotoets bodemweerbaarheid

4.3.1 Verloop biotoets

De aardbeienplanten zijn op 4 en 5 september geplant, in een semi-geconditioneerde kasruimte met dag/nacht temperatuur (T) van 22/19°C, gekoppeld aan assimilatie belichting van 16/8 uur licht/donker en een relatieve vochtigheid van 65%. De eerste week van de biotoets wordt gekenmerkt door hoge temperaturen, met een piek van 32.8°C op 9 september. Vanaf 11 september wordt het temperatuurverloop gelijkmatiger, met maxima tussen 24-26°C. Over de hele periode was de gemiddelde maximum T 26,1°C en de minimum T 18,8°C.

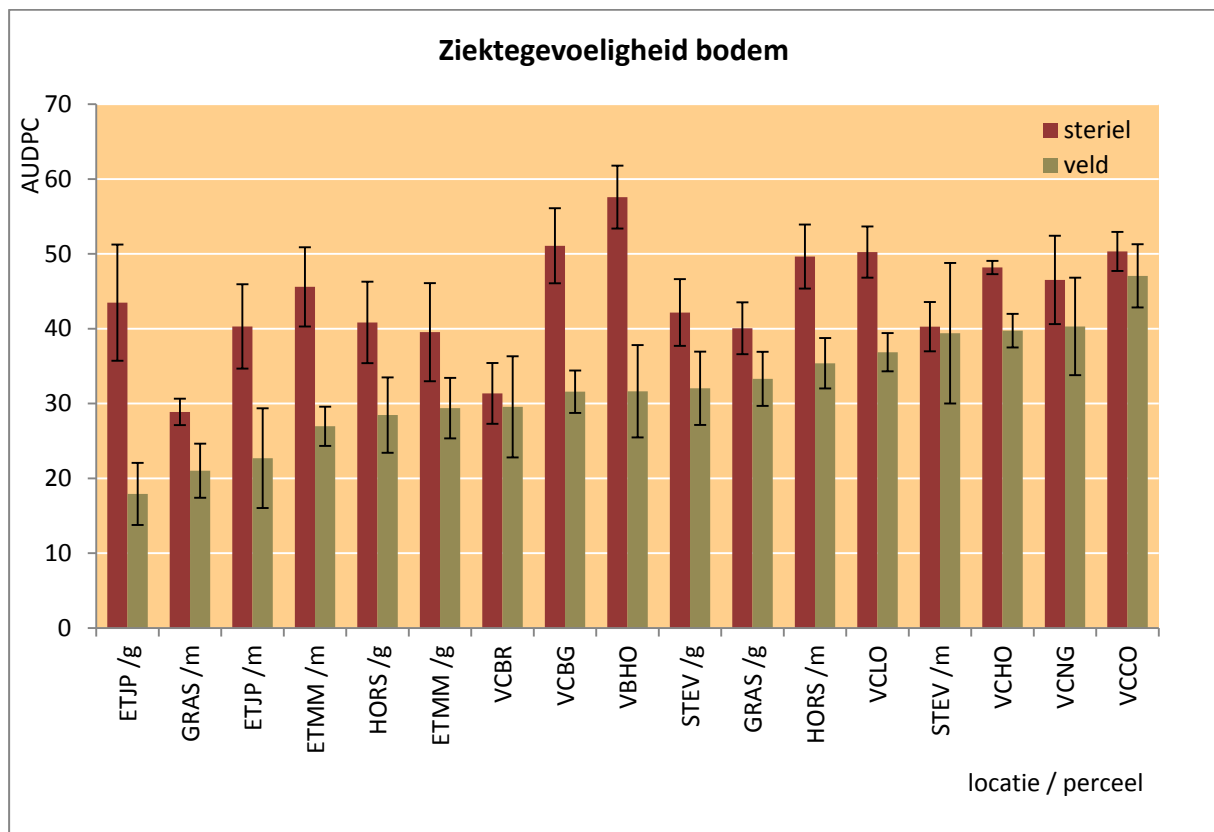


Figuur 11. Testen van de bodemweerbaarheid onder gecontroleerde omstandigheden in een biotoets.

De ziekte-ontwikkeling in de planten verloopt snel. De eerste symptomen werden na 10 dagen zichtbaar. De proef is binnen 4 weken beëindigd, op 1 oktober. De gemiddelde ziekte-index aan het eind van de proef was 4.5 voor

de gesteriliseerde gronden en 3.7 voor de niet-gesteriliseerde. In de niet-gesteriliseerde gronden werd de laagste ziekte-index (2.2) aan het eind van de proef gevonden op het goede perceel van de locatie Etten-Leur/J.P. De hoogste ziekte-index (4.6) in de niet-gesteriliseerde gronden werd gevonden op het perceel gangbaar/combinatie van maatregelen van proefbedrijf Vredepeel.

Voor de bepaling van de weerstand tegen ziekten is niet alleen de ziekte-index aan het eind van de proef van belang, maar ook de snelheid waarmee de ziekte zich ontwikkeld heeft op de verschillende bedrijven. Als gecombineerde maat voor snelheid en sterkte van ziekte-ontwikkeling, wordt de oppervlakte onder de ziekte-curve gebruikt (de AUDPC: Area Under the Disease Progressive Curve). Hoe hoger de AUDPC, des te sneller en ernstiger heeft de ziekte zich ontwikkeld. Om de verschillen tussen gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde monsters, tussen bedrijven, en tussen goede en matige percelen te beoordelen, is een variantie analyse uitgevoerd. Deze is in eerste instantie uitgevoerd voor alle 17 varianten. Hieruit blijkt dat er zeer significante verschillen zijn ($P < 0.001$) tussen de gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde gronden. De gesteriliseerde gronden hebben een gemiddelde AUDPC van 43.9 en de niet-gesteriliseerde veldgronden een AUDPC van 32.0. Ook tussen de 17 locaties bestaan zeer significante verschillen ($P < 0.001$), waarbij er geen interactie is tussen locatie en wel/geen sterilisatie.

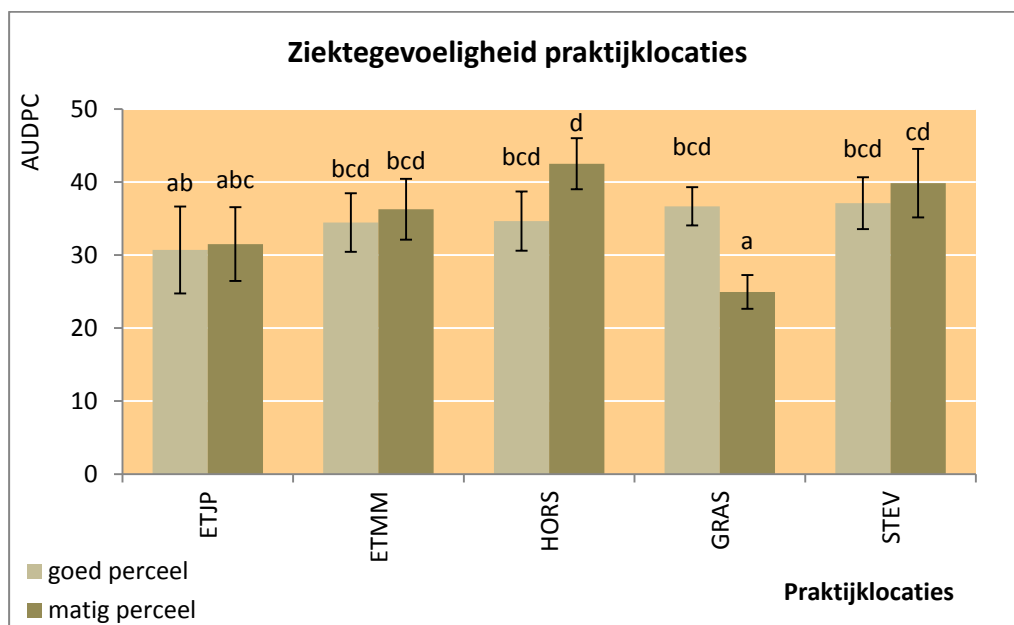


Figuur 12. Overzicht van de resultaten van de AUDPC voor alle 17 proefobjecten in de biotoets naar bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum*. Op alle locaties scoort de steriele grond slechter dan de niet-steriele. Voor omschrijving van de codering zie achteraan bijlage 1.

Vervolgens is een aparte variantie-analyse uitgevoerd om naar de verschillen tussen praktijkbedrijven en de goede en matige percelen op de bedrijven te kijken. Daarnaast is ook een aparte variantie-analyse uitgevoerd om naar de verschillen tussen de percelen op proeflocatie Vredepeel te kijken. Deze twee analyses worden in de volgende paragrafen behandeld.

4.3.2 Bodemweerbaarheid praktijklocaties

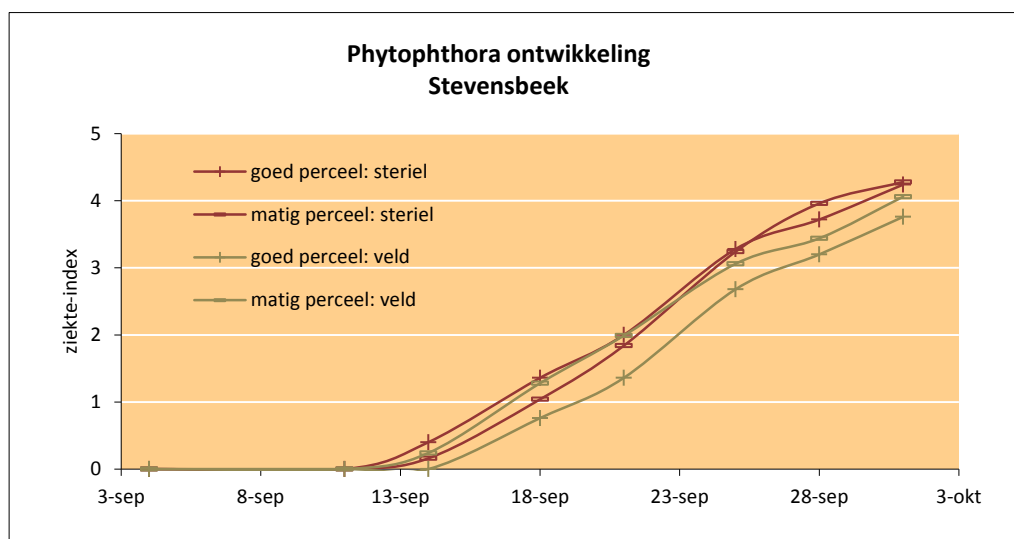
De verschillen tussen gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde grond zijn zeer significant ($P < 0.001$). Daarnaast zijn er significante verschillen tussen de bedrijven, en is er een significante interactie tussen bedrijf en kwaliteit van het perceel. Op sommige bedrijven is de bodemweerbaarheid van het goede perceel significant beter dan op het matige perceel. Maar op een aantal bedrijven is de bodemweerbaarheid van het goede perceel juist significant slechter dan op het matige perceel. Vanwege deze interactie is het zinvol om per bedrijf de resultaten te bespreken.



Figuur 13. Ziektegevoeligheid (uitgedrukt als AUDPC – Area Under Disease Progressive Curve) van de goede en matige percelen van praktijklocaties. ETJP = Etten-Leur /JP, ETMM = Etten-Leur /MM, HORS = Horst-Meterik, GRAS = Grashoek, STEV = Stevensbeek. Letters geven significante verschillen in bodemweerbaarheid weer ($p < 0.05$). Omdat de waarden het resultaat weergeven van de ANOVA, met een significante interactie tussen bedrijf en kwaliteit van het perceel, is de AUDPC waarde het gemiddelde van de gesteriliseerde- en niet-gesteriliseerde grond.

4.3.2.1 Locatie Stevensbeek

Op locatie Stevensbeek zien we geen significante verschillen tussen het matige en het goede perceel wat betreft ziekteverendheid. Het goede perceel (groene +++ lijn in de grafiek) heeft een iets minder sterke ziekte-ontwikkeling dan het matige perceel (groene – lijn), maar de verschillen zijn niet significant. Op deze locatie zijn de monsters in hetzelfde perceel uitgevoerd, waarbij in het ‘matige’ gedeelte van het perceel structuurschade is opgetreden na wateroverlast ca. 7 weken voorafgaand aan de monsternamen.



Figuur 14. Phytophthora ontwikkeling in de biotoets op locatie Stevensbeek. Er zijn geen significante verschillen tussen het ‘goede’ en het ‘matige’ gedeelte van het bemonsterde perceel op dit bedrijf.

Tabel 6. Biologische en chemische verschillen tussen het goede en matig perceel op locatie Stevensbeek. In onderstaande tabel staat een overzicht van de biologische en chemische parameters die in beide percelen een factor 2 of meer van elkaar verschillen. Nem. tot. = totaal aantal nematoden, pp = plant pathogeen.

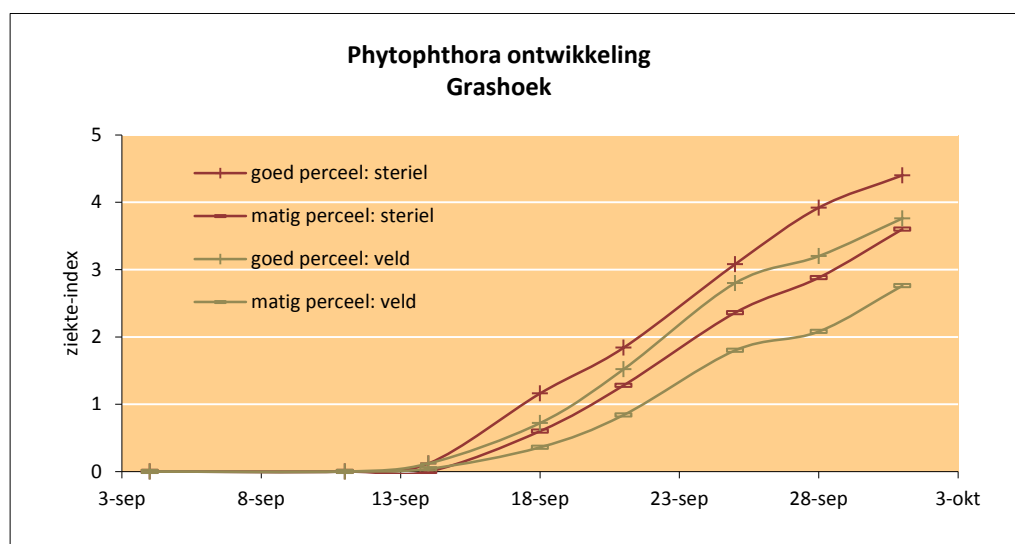
Perceel	Chemische bodemfactoren							Biologische bodemfactoren			
	Ca extr	Co besch	EC	Fe kg/ha	Mg extr	NO3 extr	S besch	Nem. tot.	Nem. niet pp.	Nem. pp tot.	Tylench
Goed	0,4	1,3	0,3	254	0,3	1,6	2,3	1420	1415	5	5
Matig	2,1	5,3	1,0	753	1,4	5,5	43,5	610	600	10	10

Biologische verschillen De twee gedeelten van het perceel verschillen in aantallen niet-pathogene aaltjes (zie Tabel 6). De bulk van de niet-pathogene aaltjes wordt in het algemeen door bacterie-eters gevormd. Een hoog aantal kan een aanwijzing zijn voor een grotere hoeveelheid bacteriën in de bodem. Dit zou weer tot een betere weerbaarheid (concurrentie) kunnen leiden. De milieu-aaltjes zijn echter niet op soortniveau geanalyseerd, waardoor we hieruit geen conclusies kunnen trekken.

Chemische verschillen De chemische verschillen zijn opvallend, aangezien in het perceel maar op een afstand van 50 meter bemonsterd is. Alle nutriëntengehalten die een factor 2 of meer van elkaar verschillen, geven hogere waarden in het 'matige' perceel, dan in het 'goede' perceel. Het is onduidelijk wat hier de oorzaak van is. De anaërobe situatie tijdens de natte periode, mogelijke uitspoeling van nutriënten, menging met de ondergrond tijdens de grondbewerking, onttrekking door de aardbeien in de ruggen in het 'goede' perceel, en algemene heterogeniteit in het perceel kunnen deze verschillen veroorzaken. Uit de regressie analyse komen met name zwavel, magnesium en calcium naar voren als factoren die een effect hebben op de bodemweerbaarheid. Het is onduidelijk wat het effect van calcium en magnesium in dit geval is. De verhouding tussen de twee elementen verschilt niet sterk in de twee gedeelten van het perceel, maar de gehalten zijn in het 'matige' perceel wel hoger. In het matige gedeelte van het perceel is de hoeveelheid zwavel een factor 19 hoger dan in het goede gedeelte van het perceel. Dit kan een positief effect hebben op de weerbaarheid.

4.3.2.2 Locatie Grashoek

Op locatie Grashoek heeft het 'matige' perceel een significant betere bodemweerbaarheid dan het 'goede' perceel (zie Figuur 15). De keuze voor de twee percelen is gemaakt op basis van fysische bodemstructuur en ligging. Het 'goede' perceel Belspiet / Lorbaan is een lichtere grond en is hoger gelegen. Het 'matige' perceel Langs Kas is lager gelegen, met pleksgewijs harde lagen in de grond waar het heel vetig kan zijn. Vooral bij nat weer ontstaan hier problemen. De twee percelen hebben ook een verschillende historie, waarbij Belspiet / Lorbaan een lange geschiedenis van aardbeienteelt kent, en het perceel Langs Kas de laatste jaren onder permanent grasland heeft gelegen.



Figuur 15. *Phytophthora* ontwikkeling in de biotoets op locatie Grashoek. Het 'matige' perceel heeft een significant betere bodemweerbaarheid dan het 'goede' perceel (de ziekte-ontwikkeling gaat er minder hard en is minder sterk). Het verschil in de ziekte-index van de steriele percelen wijst op verschil in chemische/fysische eigenschappen van de percelen.

Tabel 7. Chemische verschillen tussen het goede en matig perceel op locatie Grashoek. In onderstaande tabel staat een overzicht van de biologische en chemische parameters die in beide percelen een factor 2 of meer van elkaar verschillen.

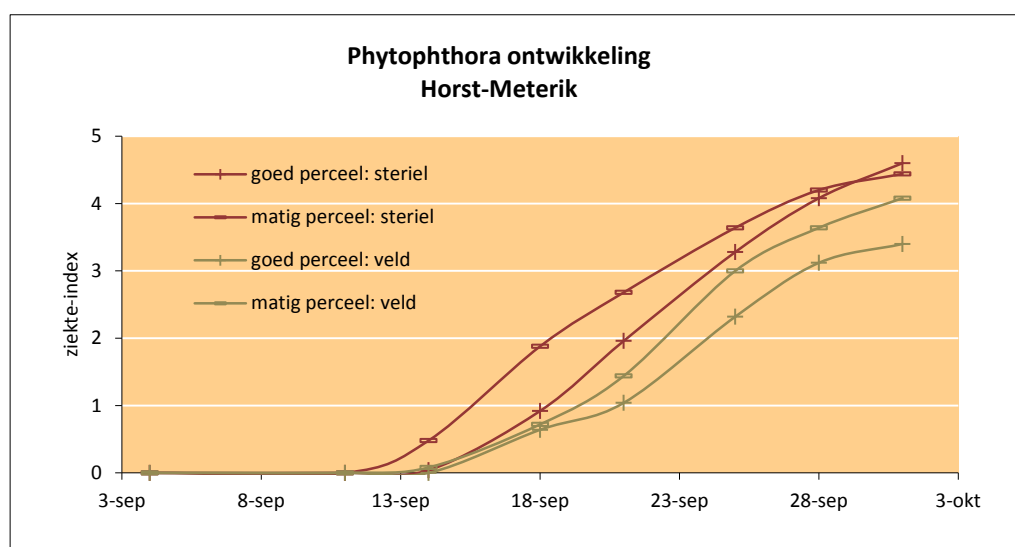
Chemische bodemfactoren										
Perceel	Ca extr	Cu besch	EC	Fe kg/ha	K extr	Mg extr	Mn besch	NO3 extr	S besch	Zn besch
Goed	0,4	29	0,3	462	0,7	0,2	1330	1,5	2,9	1790
Matig	1,3	60	0,7	192	1,6	0,6	3760	4,2	20,4	3850

Biologische verschillen In het perceel Belspiet / Lorbaan komt een kleine hoeveelheid plant-pathogene aaltjes voor (9), voornamelijk *Pratylenchus penetrans*, terwijl er in het perceel Langs Kas geen pathogene aaltjes gemeten worden. De totale hoeveelheid niet-pathogene nematoden is in het perceel Belspiet / Lorbaan hoger (2370) dan in het perceel Langs Kas (1495).

Chemische verschillen De twee percelen verschillen in chemische samenstelling. Op grond van de regressie analyse die op de totale dataset is uitgevoerd, zijn vooral de verschillen in zwavel, kalium, calcium en magnesium van belang. De hoeveelheid calcium is in het 'goede' perceel lager, evenals de hoeveelheid magnesium. De Ca/Mg verhouding is op het 'matige' perceel hoger (5.0) dan op het 'goede' perceel (4.4). Dit zou een positief effect kunnen hebben op de weerbaarheid in het 'matige' perceel. Daarnaast is de hoeveelheid kalium in het 'matige' perceel hoger. Het meest opvallend is ook hier weer het hogere gehalte aan beschikbaar zwavel (20.4 versus 2.9) in het 'matige' perceel. Dit zou ook op dit bedrijf een verklaring kunnen geven voor de verschillen in bodemweerbaarheid.

4.3.2.3 Locatie Horst-Meterik

Op locatie Horst-Meterik meten we een significant verschil in bodemweerbaarheid tussen het goede en het matige perceel. Het goede perceel heeft een significant betere bodemweerbaarheid dan het matige perceel. De keuze voor de twee percelen is ingegeven door problemen met gewasgroei en stilstand van de groei van stekplanten op het 'matige' perceel in het voorjaar van 2011. In het najaar van 2011 is op dit perceel Chinese kool geteeld door een andere teler. Tot het tijdstip van bemonstering in 2012 heeft het perceel braak gelegen.



Figuur 16. *Phytophthora* ontwikkeling in de biotoets op locatie Horst-Meterik. Het 'goede' perceel heeft een significant betere bodemweerbaarheid dan het 'matige' perceel.

Tabel 8. Chemische verschillen tussen het goede en matig perceel op locatie Horst-Meterik. In onderstaande tabel staat een overzicht van de biologische en chemische parameters die in beide percelen een factor 2 of meer van elkaar verschillen.

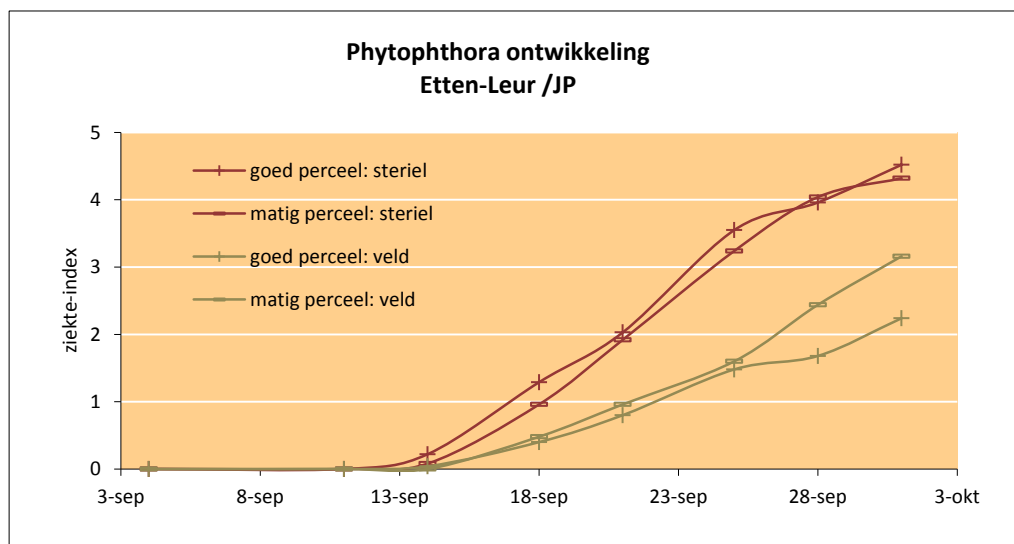
	Chemische bodemfactoren								Biologische bodemfactoren			
Perceel	Ca extr	Co besch	Cu besch	EC	K kg/ha	Mg extr	NO ₃ extr	S besch	Melo tot	Prat pen	Trich	Tylenc h
goed	0,8	11,0	63	0,4	279	0,3	2,1	11,6	12	19	1	5
matig	0,3	3,0	<10	0,2	698	0,1	0,9	2,4	41	1	0	15

Biologische verschillen De hoeveelheden niet-plant pathogene aaltjes verschillen nauwelijks tussen de twee percelen (1685 en 1470 in het goede resp. matige perceel). De totale hoeveelheid plant-pathogene aaltjes is in het matige perceel iets hoger (57) dan in het goede perceel (37). Het verschil zit vooral in het type aaltjes, waar in het matige perceel *Meloidogyne* domineert, en in het goede *Pratylenchus*.

Chemische verschillen De meeste verschillen zijn zichtbaar in de chemische bodemeigenschappen. In de regressie analyse komen vooral zwavel, kalium, calcium en magnesium naar voren. Kalium zou positief werken op de bodemweerbaarheid, maar is op deze locatie op het 'matige' perceel juist hoger. Ook hier is het effect van calcium en magnesium gezamenlijk weer moeilijk te interpreteren. Het verschil in het (beschikbaar) zwavelgehalte is ook hier weer mogelijk het sterkst verbonden met de verschillen in bodemweerbaarheid. De totale hoeveelheid zwavel is op beide percelen gelijk.

4.3.2.4 Locatie Etten-Leur/JP

Op de locatie Etten-Leur zijn de verschillen tussen de gamma-gesteriliseerde gronden en de veldgronden heel sterk, maar de verschillen tussen het goede en het matige perceel zijn niet significant. Hoewel er tussen de percelen een aantal biologische en chemische verschillen zijn, hebben deze uiteindelijk niet tot een meetbaar effect op de bodemweerbaarheid geleid.



Figuur 17. *Phytophthora* ontwikkeling in de biotoets op het bedrijf Etten-Leur/JP. Er zijn geen significante verschillen tussen het 'goede' en het 'matige' perceel op dit bedrijf. Wel zijn de verschillen tussen de gesteriliseerde en de niet-gesteriliseerde gronden groot (de groene en de rode lijnen).

Tabel 9. Biologische en chemische verschillen tussen het goede en matige perceel op locatie Etten-Leur/MM. In onderstaande tabel staat een overzicht van de biologische en chemische parameters die in beide percelen een factor 2 of meer van elkaar verschillen.

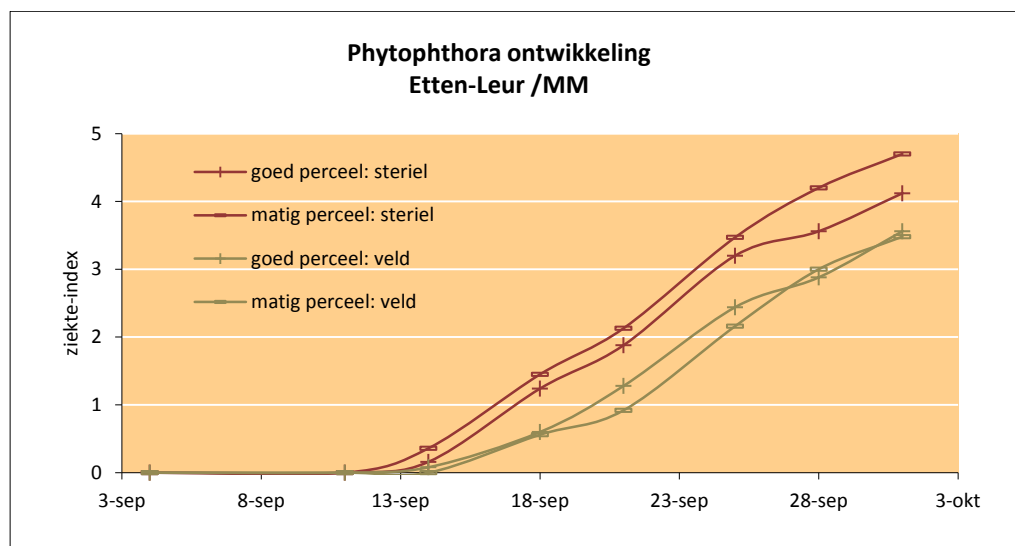
	Chemische bodemfactoren							Biologische bodemfactoren				
Perceel	Co besch	EC	K extr	Mg extr	Mn besch	NO3 extr	Zn besch	Nem tot	Nem niet pp	Melo tot	Prat. pen.	Tylenc h
Goed	9,0	0,1	0,4	<0,05	1390	0,8	730	485	405	75	0	5
Matig	1,3	0,3	0,8	0,1	480	1,6	260	2526	2425	5	6	0

Biologische verschillen De biologische verschillen tussen de twee percelen lijken groot, met name de hoeveelheid niet-pathogene aaltjes. Deze is op het 'goede' perceel aan de lage kant, wat kan wijzen op een lage bacteriële biomassa. Het grootste gedeelte van de niet-pathogene aaltjes wordt in het algemeen gevormd door bacterie-eters, en hoge aantallen treden op na een bacteriële 'flush', bijvoorbeeld na het onderwerken van organisch materiaal. Het percentage organische stof ligt in het goede perceel echter hoger (3.5%) dan in het matige perceel (2.2%). Het is onduidelijk waardoor deze grote verschillen in niet plant-pathogene aaltjes ontstaan. Tussen de percelen zijn daarnaast grote verschillen in pathogene aaltjes, waarbij in het goede perceel meer *Meloidogyne* aanwezig is.

Chemische verschillen Uit de regressie-analyse volgt dat met name de gehalten kalium en magnesium effect kunnen hebben op de bodemweerbaarheid. Daarnaast speelt zwavel een rol, maar de verschillen in (beschikbaar) zwavel tussen de percelen zijn niet zo sterk (5.3 op het matige perceel en 2.9 op het goede perceel). Op het matige perceel is iets meer kalium aanwezig, wat de bodemweerbaarheid positief zou kunnen beïnvloeden. Het gehalte magnesium (in het 1:2 extract) op het goede perceel is onder de detectiegrens. Hoewel de Ca/Mg-verhouding niet meer dan een factor 2 verschilt, is deze op het goede perceel (6.6) lager dan op het matige perceel (9.4).

4.3.2.5 Locatie Etten-Leur/MM

Op locatie Etten-Leur/MM zien we geen significante verschillen tussen het matige en het goede perceel wat betreft ziekteveredheid. De fysieke verschillen tussen het matige huurperceel en het als goed beoordeelde huiskavel waren bepalend voor de perceelkeuze. We meten op de percelen een aantal biologische en chemische verschillen (Tabel 10).



Figuur 18. *Phytophthora* ontwikkeling in de biotoets op het bedrijf Etten-Leur/MM. Er zijn geen significante verschillen tussen het 'goede' en het 'matige' perceel op dit bedrijf.

Tabel 10. Biologische en chemische verschillen tussen het goede en matig perceel op locatie Etten-Leur/MM. In onderstaande tabel staat een overzicht van de biologische en chemische parameters die in beide percelen een factor 2 of meer van elkaar verschillen.

perceel	Chemische bodemfactoren						Biologische bodemfactoren				
	C-totaal	K besch	K extr	N besch	S besch	Zn besch	Nem. pp tot.	Melo. totaal	Prat. pen	Trich.	Tylenc h.
goed	1,1	36	0,2	750	0,5	680	10	0	0	0	0
matig	2,2	83	0,5	1540	6,5	250	123	75	35	8	5

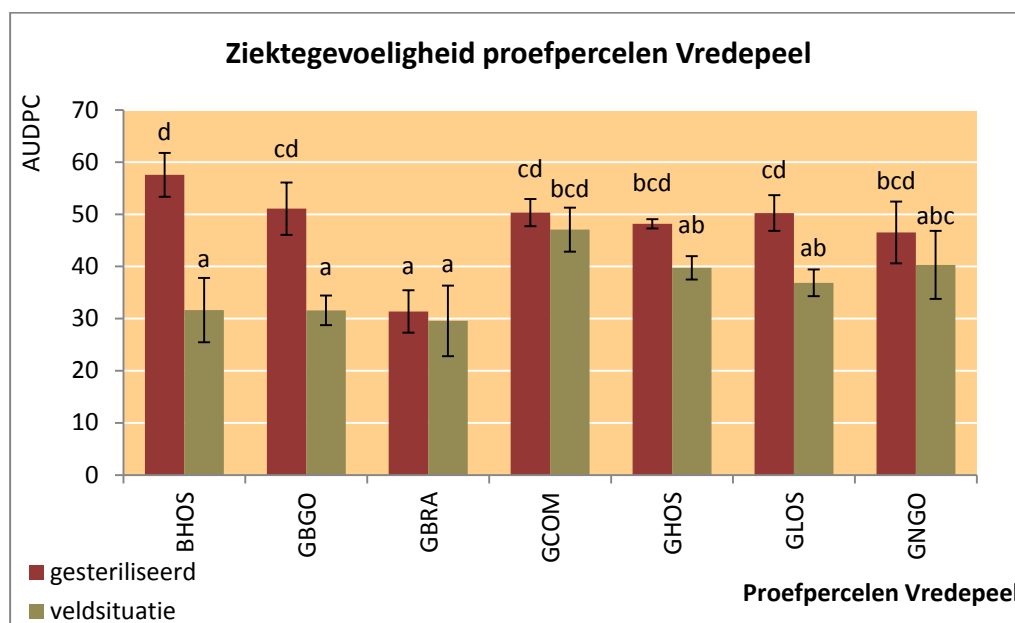
Biologische verschillen In het (matige) huurperceel is relatief kort voor de monsternamen (ca. 2 mnd) grondontsmetting toegepast. De verwachting is, dat dit met name de biologie van het perceel sterk beïnvloedt. We zien verschillen in plant-pathogene nematoden tussen de twee percelen. Het goede perceel heeft nauwelijks plant-pathogene aaltjes. In het slechte perceel vinden we, ondanks de grondontsmetting, hoge aantallen *Meloidogyne* en *Pratylenchus*. Dit kan veroorzaakt zijn door een slechte grondontsmetting, maar kan ook veroorzaakt zijn door de bemonstering, die op de rand van het perceel aardbeien is uitgevoerd (zie foto's monsternamen). Hoge aantallen plant-pathogene aaltjes zouden de weerbaarheid tegen *Phytophthora* negatief kunnen beïnvloeden. In het 'matige' perceel zien we een hoger gehalte aan C-totaal (gekoppeld aan organische stof), wat de algemene bacterie-activiteit, en daarmee de weerstand, positief zou kunnen beïnvloeden.

Chemische verschillen De percelen kennen een sterk verschillende gewashistorie en bemesting, met boomteelt op het matige perceel en aardbei op het goede perceel. Dit kunnen belangrijke factoren zijn die de chemische samenstelling van de bodem beïnvloeden. De factoren die het sterkst van elkaar verschillen

staan in Tabel 10. In de uitgevoerde regressie-analyse komen kalium en zwavel naar voren als factoren die van belang zijn in de weerbaarheid tegen Phytophthora. Hogere gehalten in de bodem zorgen voor een betere bodemweerbaarheid. We zien in het 'goede' perceel dat het kaliumgehalte, maar met name het zwavelgehalte lager is dan in het 'matige' perceel.

4.3.3 Bodemweerbaarheid percelen Vredepeel

Variantie analyse van de proefpercelen van locatie Vredepeel laat zeer significante verschillen zien tussen de gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde grond ($P < 0.001$) en tussen de verschillende behandelingen ($P = 0.005$). Omdat de interactie tussen behandeling en sterilisatie bijna significant is ($P = 0.055$) is deze in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 19. Ziektegevoeligheid van proefpercelen op locatie Vredepeel bij besmetting met *Phytophthora cactorum*, uitgedrukt in de Area Under the Disease Progressive Curve (AUDPC). De letters geven (bijna) significante verschillen aan tussen de behandelingen bij $P = 0.055$.

Wat betreft de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum* scoort het braakperceel (GBRA) het in dit geval het beste, met de laagste AUDPC, samen met het perceel dat met biologische grondontsmetting behandeld is (GBGO), en het biologische perceel met een hoog organische stofgehalte (BHOS). Opvallend is dat dit proefveld percelen zijn met hoge gehalten *Pratylenchus penetrans*, die desondanks in de biotoets goed scoren. In de veldsituatie scoort het perceel GCOM, met een combinatie van maatregelen (chitine, Tagetes, compost) het slechtste wat betreft bodemweerbaarheid, terwijl er ook relatief veel *Pratylenchus penetrans* aanwezig is. Opvallend zijn verder het kleine verschil in bodemweerbaarheid tussen gesteriliseerde en veldgrond van het braakperceel (waarbij sterilisatie het blijkbaar geringe biologische deel van de bodemweerbaarheid zou kunnen uitschakelen). En het grote verschil tussen de gesteriliseerde grond van het BHOS perceel en de niet-gesteriliseerde grond hiervan.

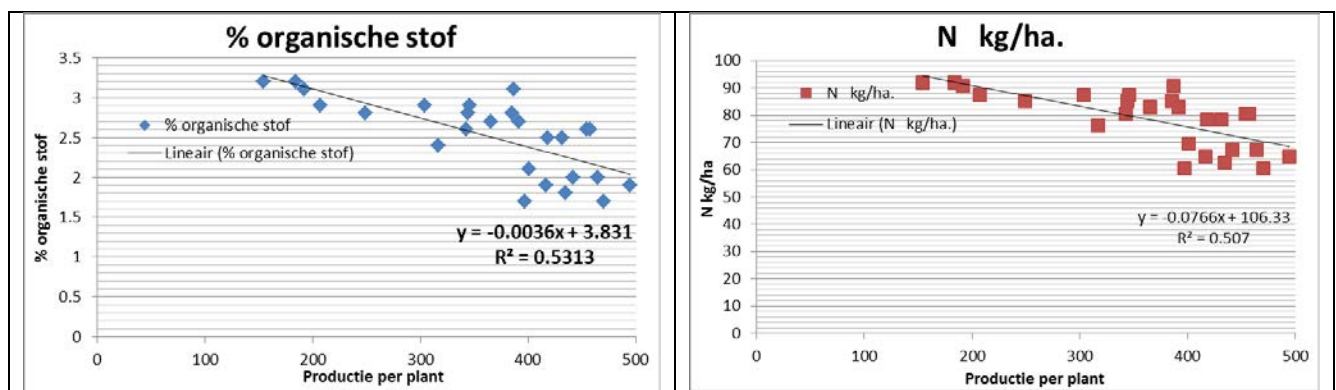
4.4 Relatie opbrengst, bodemparameters en bladanalyse

4.4.1 Enkelvoudige regressie

Met behulp van een correlatiematrix en regressie analyse in Genstat, zijn de relaties tussen chemische en biologische bodemparameters, bladanalyses en opbrengstgegevens van de 26 objecten bepaald. In deze dataset (n=26) treden significante verschillen ($P < 0.05$) op bij een correlatie-coëfficiënt (r) groter dan 0.388. Relaties met een r -waarde groter dan 0.60-0.65 zijn verder onderzocht door middel van regressie-analyse.

Hieruit komen de volgende relaties tussen bodemparameters en opbrengst naar voren:

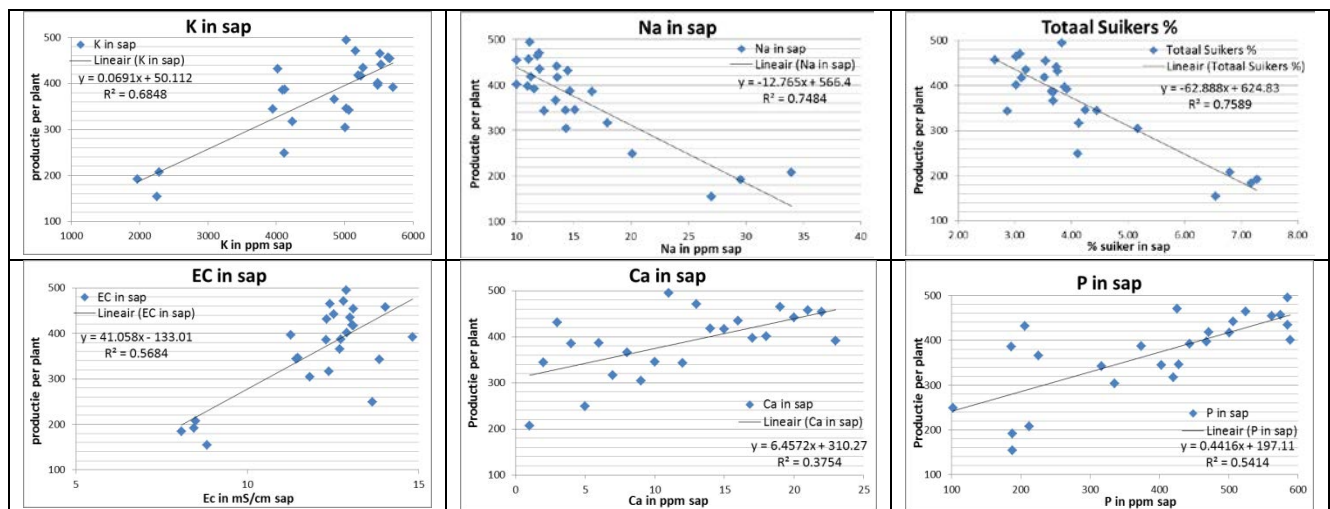
- Organische stofgehalte bodem. Hoe hoger het organische stofgehalte in de bodem, hoe lager de opbrengst. De organische stof analyse van Hortinova geeft een iets betere R^2 dan de organische stof analyse van BLGG. ($R^2 = 0,53$)).
- Stikstofgehalte bodem. Hoe hoger het stikstofgehalte in de bodem (kg/ha), hoe lager de opbrengst. ($R^2 = 0,51$)).
- Verder bleek bij de uitvoering van de bakkenproef dat vele objecten van Vredepeel vroeg stopten met produceren, dus de laagste opbrengst lieten zien (hoge niveaus van *Pratylenchus penetrans*). Dus de relaties met organische stof en N kunnen beïnvloed zijn door *Pratylenchus*. Dit komt bij de multiple regressie analyse beter naar voren.



Figuur 20. Relatie tussen organische stofgehalte en stikstof in de bodem en de productie (gram per plant). Zie ook bijlage 1.

Uit de relatie tussen bladsapanalyses en opbrengst komen de volgende verbanden:

- Kalium. Op vrijwel alle bemonsteringstijdstippen zien we dat wanneer het kaligehalte in het sap van jonge bladeren en oudere bladeren toeneemt ook de productie toeneemt. De cumulatieve productie wordt goed voorspeld tot ongeveer 1 oktober ($R^2=0.68$). In figuur 21 wordt de relatie sterk bepaald door drie 'afwijkende' punten.
- Natrium. Bij latere bemonsteringstijdstippen (vanaf 17 september) zien we bij een hoog natriumgehalte in het sap van jonge en oudere bladeren, vruchten en rhizoom, een daling van de productie ($R^2=0.75$).
- Totaal suikers. Hoe hoger het totaal gehalte aan suikers in de jonge en oudere bladeren en vruchten, hoe lager de productie ($R^2=0.76$).
 - EC. Een hogere EC van het sap van jonge en oudere bladeren aan het begin van de teelt (tot 30-8) is gerelateerd aan een hogere productie ($R^2 = 0.57$). In figuur 21 wordt de relatie sterk bepaald door vier 'afwijkende' punten.
- Calcium. Een hogere concentratie calcium (Ca) in het sap van jonge en oude bladeren is gerelateerd aan een lagere productie ($R^2 = 0.38$).
- De concentratie fosfor (P) in het sap van jonge en oude bladeren lijkt een positief effect te hebben op de productie ($R^2 = 0,54$).



Figuur 21. Lineaire relaties tussen plantsapanalyses (Hortinova) aan het begin van de proef en aardbeienproductie.

4.4.2 Multiple regressie analyse

Doordat de objecten in de Hortinova bemestingsproef allemaal dezelfde lang-termijn geschiedenis hebben, zullen een aantal parameters (met name biologische, maar ook chemische parameters waarmee niet specifiek in de bemestingsproef gewerkt wordt) in deze objecten niet of nauwelijks verschillen. Dit kan ervoor zorgen dat de dataset scheefgetrokken wordt en de waarden niet meer normaal verdeeld zijn. Wanneer de 17 objecten (uitgezonderd de 9 bemestingsobjecten van Hortinova) met een multilineaire regressie onderzocht worden, vinden we een aantal modellen die de opbrengst verklaren uit de bodemparameters en/of bladsapanalyses. Alleen de eerste bladsapanalyses aan het begin van de proef zijn meegenomen. In de volgende twee tabellen staan de beste modellen met 1 en 2 parameters vermeldt. Omdat vrijwel alle parameters een transformatie hebben ondergaan voordat ze statistisch geanalyseerd werden (om te zorgen voor een normale verdeling), is in de tabellen ook aangegeven hoe de relatie zou zijn als de parameters niet getransformeerd zouden zijn. In de meeste gevallen blijft de relatie in stand, in een paar gevallen worden variabelen in de modellen met 2 parameters dan niet-significant.

De belangrijkste relaties die we vinden in de dataset met 17 objecten en met modellen met 1 parameter in relatie tot opbrengst (tabel 11) hebben te maken met:

- Bladsuikers aan het begin van de proef. Hoe hoger de gehalten, hoe lager de opbrengst.
- Stikstof in de bodem. Hoe hoger het gehalte, hoe lager de opbrengst.
- Plant-pathogene nematoden. Hoe hoger de aantallen, hoe lager de opbrengst.

We vinden in de modellen met 1 parameter al hele hoge percentages verklaarde variantie: 75.5% (bladsuiker), 57.2% (bodemstikstof) en 53.0% (plant-pathogene nematoden).

Aanvullende relaties die we vinden in modellen met 2 parameters (tabel 12) zijn:

- P-gehalte in het blad aan het begin van de proef. Hoe hoger het gehalte, hoe hoger de opbrengst.
- Mangaangehalte van de bodem (kg/ha). Hoe hoger het gehalte, hoe hoger de opbrengst.
- Niet-pathogene nematoden. Hoe hoger de aantallen, hoe lager de opbrengst.

De beste modellen met 2 parameters geven niet heel veel extra verklaarde variantie in vergelijking met het model met alleen bladsuiker (max. 8.2% extra).

Tabel 11. Beste modellen met 1 parameter ter verklaring van de opbrengst van aardbei in de bakkenproef (gram/plant). Voor de analyse zijn alle bodemparameters en de bladsapanalyses aan het begin van de bakkenproef gebruikt. De parameters in de 3 beste

modellen zijn getransformeerde parameters. De parameters zijn getransformeerd om een (voor de statistiek noodzakelijke) normale verdeling te krijgen. Om de interpretatie makkelijker te maken zijn ook de relaties weergegeven wanneer de parameters niet-getransformeerd zijn (laatste 3 rijen).

% verklaarde variantie	Model voor aardbei productie
75.5	$14283^{***} - 43765^{***} \times [\text{bladsuiker}^1]$
57.2	$570.5^{***} - 1.92 \cdot 10^5 \times [\text{N}^2]$
53.0	$452.4^{***} - 17.85^{***} \times [\text{plant-pathogene nematoden}^3]$
74.8	$634.6^{***} - 64.97^{***} \times [\text{bladsuiker}]$
53.0	$1121^{***} - 9.51^{***} \times [\text{N}]$
42.3	$377.9^{***} - 0.2742^{**} \times [\text{plant-pathogene nematoden}]$

^{*}P<0.05, ^{**}P<0.01, ^{***}P<0.001

¹bladsuiker gehalte aan het begin van de proef, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = -3.1$)

²stikstofgehalte in kg N/ha, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 4.0$)

³totale aantal plant-pathogene nematoden, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 0.2$)

Tabel 12. Beste modellen met 2 parameters ter verklaring van de opbrengst van aardbei in de bakkenproef (gram/plant). Voor de analyse zijn alle bodemparemeters en de bladsapanalyses aan het begin van de bakkenproef gebruikt. De bovenste 5 modellen bevatten getransformeerde parameters. In de onderste 5 modellen zijn dezelfde relaties weergegeven, maar met niet-getransformeerde parameters.

% verklaarde variantie	Model voor aardbei productie
83.7	$15647^{***} - 48257^{***} \times [\text{bladsuiker}^1] + 1.56 \cdot 10^{-9} \times [\text{Pblad}^2]$
83.1	$10726^{***} - 32251^{***} \times [\text{bladsuiker}^1] - 9.13 \cdot 10^{-6} \times [\text{N}^3]$
82.9	$11547^{***} - 39287^{***} \times [\text{bladsuiker}^1] + 868^{*} \times [\text{Mn}^4]$
82.4	$16347^{***} - 49534^{***} \times [\text{bladsuiker}^1] - 101.5^{*} \times [\text{niet-pathogene nematoden}^5]$
82.3	$11047^{***} - 33438^{***} \times [\text{bladsuiker}^1] - 8.2^{*} \times [\text{pathogene nematoden}^6]$
80.1	$488.9^{***} - 71.14 \times [\text{bladsuiker}] + 0.278^{*} \times [\text{Pblad}]$
83.1	$945^{***} - 49.3^{***} \times [\text{bladsuiker}] - 4.62 [\text{N}]$
76.3	$556.5^{***} - 58.8^{***} \times [\text{bladsuiker}] + 0.884^{n.s.} \times [\text{Mn}]$
81.4	$694.7^{***} - 70.31^{***} \times [\text{bladsuiker}] - 0.017^{*} \times [\text{niet-pathogene nematoden}]$
76.0	$603.4^{***} - 55.2^{***} \times [\text{bladsuiker}] - 0.085^{n.s.} \times [\text{pathogene nematoden}]$

^{*}P<0.05, ^{**}P<0.01, ^{***}P<0.001, ^{n.s.} =niet significant

¹bladsuiker gehalte aan het begin van de proef, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = -3.1$)

²fosfaatgehalte in het blad aan het begin van de proef, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 4.0$)

³stikstofgehalte (kg/ha), Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 4.0$)

⁴mangaangehalte in de bodem (kg/ha), Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = -0.6$)

⁵niet-pathogene nematoden (aantal/100 g grond), Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 0$), dit is gelijk aan een log-transformatie

⁶totale aantal plant-pathogene nematoden, Box-Cox transformatie toegepast ($\lambda = 0.2$)

4.5 Relatie bodemweerbaarheid en bodemparameters

4.5.1 Bodemweerbaarheid in veldmonsters

Met behulp van multilineaire regressie is gezocht naar de beste modellen om de bodemweerbaarheid van de veldmonsters tegen *Phytophthora cactorum* te verklaren. In de regressie-analyse komen we geen sterke verbanden tegen. Het percentage verklaarde variantie met behulp van 1 parameter blijft onder de 25% (zie Tabel 13). De beste modellen met 2 parameters verklaren minder dan 35% van de variantie.

Tabel 13. Beste modellen met 1 bodem-parameter ter verklaring van de AUDPC van niet-gesteriliseerde veldgrond bij besmetting met *Phytophthora cactorum*.

% verklaarde variantie	Model voor AUDPC _{veld}
24.9	$39.56^{***} - 0.12^* \times [\text{beschikbaar K}]$
23.1	$16.98^* + 1.07^* \times [\text{percentage Mg in kationen-complex}]$
21.6	$79.8^{**} - 60.6^* \times [\text{Ca/Mg verhouding}]$

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

4.5.2 Bodemweerbaarheid in steriele bodem

De weerbaarheid is ook gemeten wanneer de verschillende grondsoorten gesteriliseerd zijn. In de gesteriliseerde bodem is het bodemleven door middel van gamma-sterilisatie gedood. Tijdens de wachttijd tussen sterilisatie en besmetting met het pathogeen, en het vervolgens planten van de aardbeien, kan de grond weer (in beperkte mate) gekoloniseerd worden door micro-organismen die zich bijvoorbeeld via sporen in de lucht verspreiden. De grond zal dus waarschijnlijk niet volledig 'levenloos' zijn, maar de hoeveelheid en diversiteit is zeer sterk gereduceerd door de sterilisatie. Vervolgens is gekeken hoe snel de planten ziek worden, en welke factoren in de bodem gerelateerd zijn aan de bodemweerbaarheid. De beste modellen met 1 en 2 parameters staan in Tabel 14.

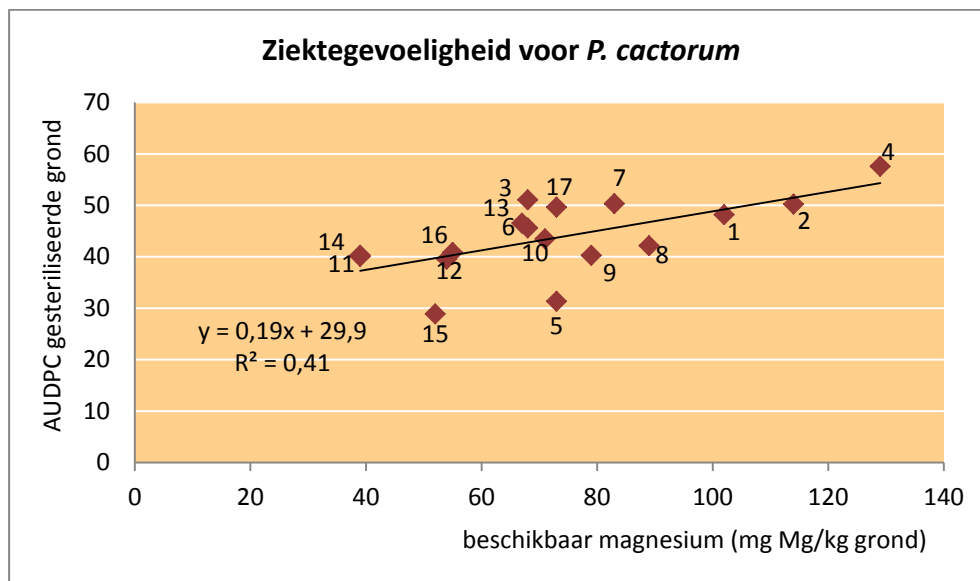
Tabel 14. Beste modellen met 1 en 2 bodem-parameters ter verklaring van de AUDPC van gesteriliseerde grond bij besmetting met *Phytophthora cactorum*.

% verklaarde variantie	model voor AUDPC _{steriel}
37.1	$29.9^{***} + 0.19^{**} \times [\text{beschikbaar Mg}]$
60.9	$328.2^{**} - 315.1^{**} \times [S^1] + 0.20^{***} \times [\text{beschikbaar Mg}]$

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

¹S gehalte in kg/ha, getransformeerd volgens Box-Cox transformatie

In de regressie analyse vinden we een positieve relatie tussen de AUDPC en de hoeveelheid beschikbaar magnesium in de bodem. Hoe meer beschikbaar magnesium, hoe sneller en sterker de planten ziek worden. Er is een grote variatie in de hoeveelheid beschikbaar magnesium op de verschillende percelen, variërend van 39 tot 129 mg Mg/kg grond. De hoogste waarden vinden we in 3 varianten op Vredepeel: het biologische perceel met een hoog organische stofgehalte (129 mg/kg), het gangbare perceel met laag organische stofgehalte (114 mg/kg) en het gangbare perceel met een hoog organische stofgehalte (102 mg/kg). Lage waarden vinden we op het betere perceel in Grashoek (39) en het minder goede perceel in Etten-Leur / JP (39).

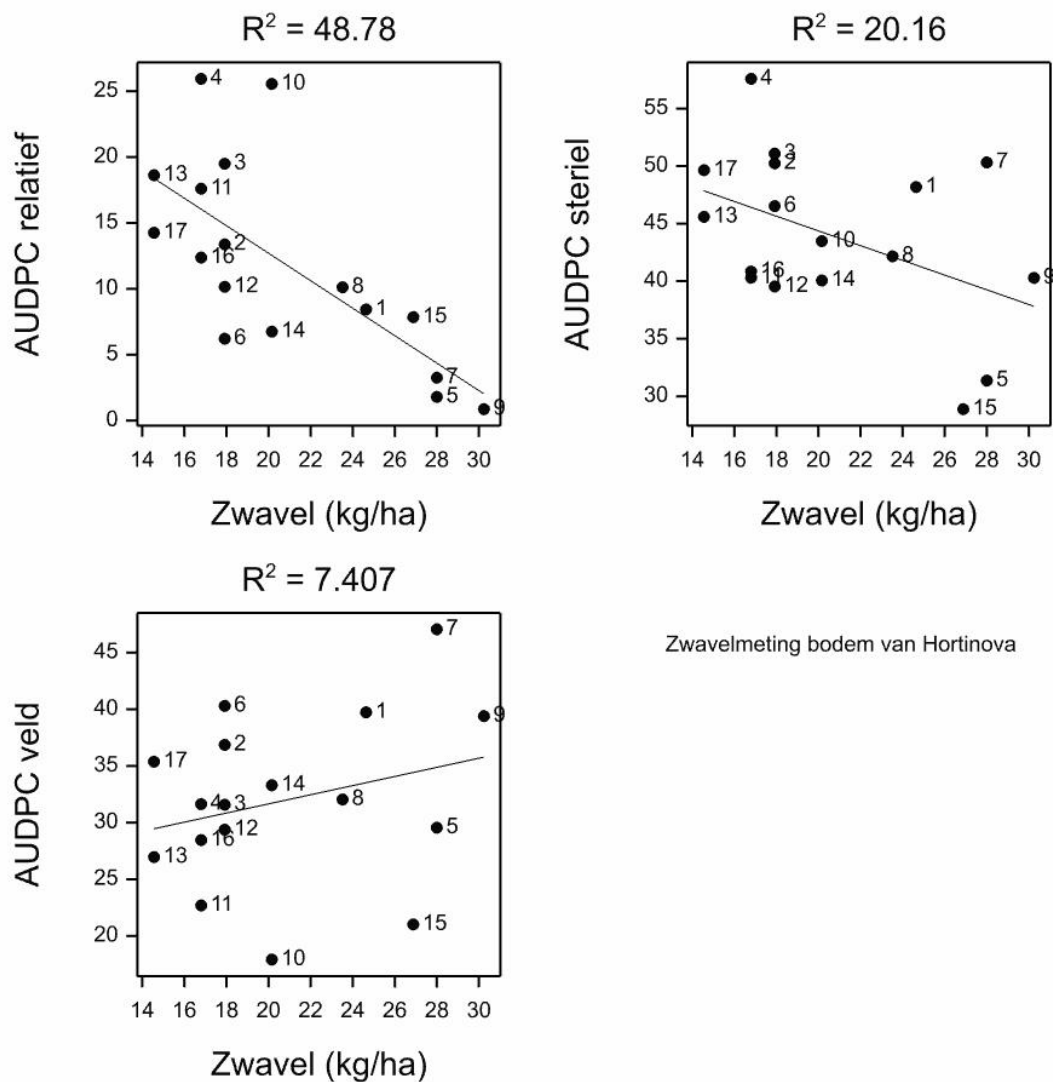


Figuur 22. Ziektegevoeligheid voor *P. cactorum* (uitgedrukt als de Area Under the Disease Progressive Curve: AUDPC) in relatie tot de hoeveelheid beschikbaar magnesium in de grond, bij besmetting van gesteriliseerde gronden. De codering van de bedrijven staat vermeld in bijlage 1.

4.5.3 Relatieve bodemweerbaarheid

In geval van relatieve bodemweerbaarheid vergelijken we de bodemweerbaarheid van veldmonsters met die van de gesteriliseerde bodem. De relatieve AUDPC is gelijk aan de AUDPC van gesteriliseerde grond minus de AUDPC van de niet-gesteriliseerde grond. Wanneer een grond na sterilisatie veel sneller ziek wordt dan in de veldsituatie, heeft de grond een hoge relatieve AUDPC. Wanneer een grond na sterilisatie juist minder ziekte vertoont, versterkt het bodemleven in die grond juist de ziekte-gevoeligheid voor *Phytophthora*, waardoor het verschil tussen gesteriliseerd en veldgrond bij elkaar komt. Dit kan bijvoorbeeld door de aanwezigheid van andere bodempathogenen, die elkaar versterken. Deze gronden hebben een lage, of zelfs negatieve waarde voor de relatieve AUDPC. Ook hier is weer gekeken, welke bodemparameters de beste verklaring geven voor de relatieve AUDPC. De beste modellen staan in Tabel 15.

Uit deze modellen blijkt dat bij een hoger zwavelgehalte van de bodem, het effect van sterilisatie op de AUDPC kleiner wordt. Het verschil tussen de AUDPC van de 'verse' grond en van de 'gesteriliseerde' grond wordt kleiner. De biologie van de grond, het bodemleven, draagt dan minder bij aan de gevoeligheid voor *Phytophthora*. Bij lagere zwavelgehalten in de bodem, draagt de biologie juist meer bij aan de gevoeligheid en neemt de weerbaarheid af. Omdat de zwavelgehalten in de percelen niet normaal verdeeld waren, zijn deze getransformeerd met behulp van een Box-Cox transformatie. Zonder de transformatie zijn de gevonden relaties sterker. De zwavelgehalten op de onderzochte percelen variëren tussen 15 en 30 kg S/ha. Volgens de bodembalans analyse van Hortinova liggen deze niveaus onder de streefwaarden (67-112 kg/ha).



Figuur 23. Ziektegevoeligheid voor *P. cactorum* (uitgedrukt als Area Under the Disease Progressive Curve: AUDPC). De ziektegevoeligheid voor veldgrond (veld) en gesteriliseerde grond (steriel) staat aangegeven. Het verschil in ziektegevoeligheid tussen veld en gesteriliseerde grond is hier aangeduid als relatief. De codering van de percelen staat vermeld in bijlage 1.

In de modellen met twee parameters komt ook borium als verklarende factor naar boven. De toegevoegde waarde van deze parameter in vergelijking met zwavel is echter niet heel groot (53% verklaarde variantie van de 2 factoren samen, ten opzichte van 40% met alleen zwavel).

Uit het model zou je kunnen afleiden dat bij hogere boriumgehalten van de grond, de biologie meer gaat bijdragen aan de gevoeligheid voor *Phytophthora*, omdat het verschil tussen de AUDPC van gesteriliseerde grond en niet-gesteriliseerde veldgrond dan groter wordt. De boriumgehalten op de verschillende percelen variëren maar licht: tussen 1.38 en 1.86 kg B/ha. Ook deze gehalten liggen onder de streefwaarden volgens de bodembalans analyse van Hortinova (2.2-6.7 kg/ha).

Tabel 15. Beste modellen met 1 en 2 bodem-parameters ter verklaring van de relatieve AUDPC bij besmetting met *Phytophthora cactorum*.

% verklaarde variantie	model voor de relatieve AUDPC bij besmetting met <i>P. cactorum</i>
45.4	$33.6^{***} - 1.04 \times [S^1]$
40.2	$428^{**} - 439^{**} \times [S^2]$
58.9	$3.9^{n.s.} - 1.17^{***} \times [S^1] + 19.6^* [B^3]$
53.0	$451^{***} - 497^{***} \times [S^2] + 19.8^* \times [B^3]$

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001, n.s. = niet significant

S¹ gehalte in kg/ha

S² gehalte in kg/ha, getransformeerd volgens Box-Cox transformatie

B³ gehalte in kg/ha

4.6 Relatie bodemweerbaarheid en productie

Er is geen verband gevonden tussen de bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum* en de cumulatieve productie zoals die gemeten is in de bakkenproef. De correlatie-coëfficiënten voor deze relaties zijn -0.20 (AUDPCveld) en -0.27 (AUDPCsteriel). Dit betekent dat de relaties niet-significant zijn.

De relatie met de opbrengst wordt ook niet verwacht aangezien de opbrengst in de bakkenproef niet door *Phytophthora cactorum* is beïnvloed.

5 Discussie

In de discussie zullen we met name aandacht geven aan de verschillende relaties tussen bodemweerbaarheid, bodemfactoren, opbrengst en plantsapanalyses.

5.1 Relaties opbrengst en bodemfactoren

Nematoden In de regressie-analyse met 26 objecten komt geen verband naar voren tussen opbrengst en plant-pathogene nematoden, maar wanneer de 9 bemestingsproef objecten uit de analyse worden gelaten, zien we een sterk verband tussen het totale aantal plant-pathogene nematoden in de percelen en de totale aardbei productie.

In de bodemgezondheidsproef op proefbedrijf Vredepeel liggen behandelingen die onder andere bedoeld zijn om de nematodendruk te verlagen: biologische grondontsmetting (GBGO), braak (GBRA), natte grond ontsmetting (GNGO) en een combinatie van maatregelen met o.a. gebruik van *Tagetes* en chitine (GCOM). Het proefveld is in het verleden geselecteerd vanwege de hoge ziektedruk van *Verticillium dahliae* en *Pratylenchus penetrans*. Uit de bodemanalyse komt naar voren dat in de bemonsterde behandelingen van deze proef ook hoge aantallen *Pratylenchus penetrans* voorkomen (156- 918 aaltjes/100 ml grond). Ook in het biologische perceel met een hoog organische stofgehalte (BHOS) uit het Bedrijfssystemenonderzoek komen hoge aantallen *Pratylenchus* voor (202 aaltjes/100ml grond). Dit in tegenstelling tot de percelen gangbaar hoog (GHOS) en laag (GLOS) organische stof, waar resp. 18 en 15 aaltjes/100 ml voorkomen. De schadedrempel waarbij *Pratylenchus* een negatief effect op de opbrengst kan hebben, ligt op ca. 50 aaltjes/100 ml grond. Een aantal percelen van praktijklocaties heeft ook een matige nematodendruk. Voorbeelden zijn de percelen Etten-Leur /JP (matig) (*Pratylenchus*), en Etten-Leur /MM (matig) (*Meloidogyne hapla*).

Organische stof In de regressie-analyse met de 26 objecten vinden we een negatief verband tussen de hoeveelheid organische stof in de bodem en de opbrengst in de bakkenproef. Dit is tegengesteld aan de verwachting. De praktijkervaring is dat organische stof zorgt voor een betere bodemstructuur, een betere vochthuishouding, en een grotere biologische activiteit in de bodem. Dat zijn allemaal factoren die bij kunnen dragen aan een goede bodemkwaliteit met een positief effect op de opbrengst. Een goede verklaring voor dit resultaat is lastig te vinden. Wel is het zo dat een aantal objecten met een hoog organisch stofgehalte komen van Vredepeel waar ook veel *Pratylenchus* aaltjes aanwezig zijn. Het effect hiervan zou dan in de multiple regressiemodellen met twee parameters beter naar voren moeten komen.

Stikstof In beide analyses (26 en 17 objecten) vinden we een negatief verband tussen de hoeveelheid stikstof in de bodem, en de opbrengst in de bakkenproef. Hierbij zouden verschillende mechanismen een rol kunnen spelen. Allereerst kan een overmaat aan stikstof zorgen voor een sterke vegetatieve groei van het gewas, waardoor de generatieve groei en productie in het geding komt. Daarnaast kan een (te) grote hoeveelheid stikstof het gewas ook gevoeliger maken voor ziekten, waardoor de productie lager wordt.

Mangaan In de multilineaire regressie (17 objecten) vinden we ook een relatie met het mangaangehalte in de bodem. Hoe hoger het mangaangehalte, hoe hoger de productie. Mangaan is naast ijzer, borium en zink één van de belangrijkste sporenelementen in de bemesting van aardbei. Mangaan is nodig voor de productie van bladgroen, waarmee de fotosynthese plaatsvindt (Lieten, 2008).

Niet plant-pathogene nematoden In de multilineaire regressie (17 objecten) vinden we ook een negatieve relatie tussen het aantal niet plant-pathogene nematoden en de opbrengst. Hoe hoger het aantal overige aaltjes, hoe lager de opbrengst. De hoeveelheid niet-pathogene aaltjes wordt voor een groot deel bepaald door bacterie-etende nematoden, en kan sterk fluctueren onder invloed van bemesting en grondbewerking. Net zoals voor de relatie met organische stof, is hier niet makkelijk een verklaring voor te vinden.

5.2 Relatie plantsapanalyses en opbrengst

Bij de plantsapanalyses vinden we sterke relaties tussen verschillende hoofd- en sporenelementen in het bladsap, en de opbrengst. Ook zien we een sterk verband met de hoeveelheid bladsuikers.

De opbrengst wordt bevorderd door:

- De hoeveelheid kalium in zowel het oude als het jonge blad, voor de analyses tot 1 oktober.
- Een laag natriumgehalte in het sap van jonge en oudere bladeren, vruchten en rhizoom (vanaf 17 september)
- Een laag totaal gehalte aan suikers in de jonge en oudere bladeren en vruchten.
- Een hogere EC in het bladsap van jonge en oudere bladeren aan het begin van de teelt (tot 30 augustus)
- Een lagere concentratie calcium in zowel jonge als oudere bladeren
- Een hogere concentratie fosfaat in zowel jonge als oude bladeren

5.3 Relatie bodemweerbaarheid en bodemparameters

In het onderzoek naar de relatie tussen bodemweerbaarheid tegen *Phytophthora cactorum* en bodemparameters, hebben we weinig biologische parameters gemeten. De bodemfactoren waarmee we de verschillen tussen de bedrijven kunnen verklaren, zijn hiermee beperkt tot chemische factoren. Bij het beoordelen van het effect van chemische factoren op de ziekte-ontwikkeling in de plant spelen verschillende mechanismen een rol:

- De chemische parameters zijn **voedingsstoffen van de plant**. Hoge en lage waarden van die parameters hangen rechtstreeks samen met de voedingstoestand van de plant. Zowel een teveel als een tekort aan voedingsstoffen kan de plant kwetsbaarder maken voor ziekten;
- De chemische parameters hebben effect op de **weerstand** van de plant, zonder dat er persé sprake is van een zichtbaar nutriëntentekort/overschot. Chemische parameters kunnen noodzakelijk zijn voor de productie van secundaire metabolieten in planten die een rol spelen bij plantweerstand;
- De chemische parameters hebben invloed op de **nutriëntenvoorziening van micro-organismen** in de bodem. Zowel pathogenen als antagonisten kunnen erdoor beïnvloed worden.

Deze 3 factoren zijn niet makkelijk uit elkaar te trekken, tenzij er een heel duidelijk zichtbaar tekort aan bepaalde nutriënten in de plant aanwezig is. Alleen in het laatste geval is er sprake van een effect van chemie op bodemweerbaarheid. Maar het verschil tussen effecten op plantweerstand en effecten op bodemweerbaarheid, is in het type onderzoek dat we hier gedaan hebben niet te maken. Mogelijke verklaringen voor de verschillende chemische elementen op bodemweerbaarheid en/of plantweerstand staan hieronder vermeld.

Magnesium, Ca/Mg verhouding en weerbaarheid

Er is relatief weinig bekend over de directe relatie tussen magnesium en weerbaarheid. In de bodem heeft magnesium een duidelijke relatie met de andere belangrijke kationen: kalium, calcium en mangaan. Een overschot in de bodem aan magnesium, remt de opname van calcium, kalium en mangaan in de plant. Het is mogelijk dat een hoger gehalte aan magnesium, een signaal is dat er bijvoorbeeld minder calcium beschikbaar is voor de plant. In de modellen hebben we ook calcium en de Ca/Mg verhouding meegenomen. In veldgrond vonden we dat het percentage Mg in de grond 23.1% verklaarde variantie gaf van de AUDPC (hoe hoger het percentage, hoe lager de weerbaarheid), en de Ca/Mg verhouding een verklaring van 21.6%. Hoe hoger de Ca/Mg verhouding, hoe beter de bodemweerbaarheid.

Zwavel en weerbaarheid

Zwavel en zwavelverbindingen kunnen op verschillende manieren zorgen voor een grotere weerstand tegen ziekten. Ze kunnen direct toxisch werken als biocides, of indirect de plantweerstand vergroten. Verschillende vormen van zwavel hebben een werking als biocide: elementair zwavel (S), sulfides, thiosulfaten en zoutachtige xanthaten (Haneklaus et al., 2007). Omdat in vrijwel alle onderzochte praktijkpercelen zwavel een belangrijke rol lijkt te spelen in de mate van bodemweerbaarheid, is het een element waar wellicht meer aandacht aan moet worden gegeven in de bemestingsstrategie. Omdat de mechanismen waardoor zwavel resistentie van de plant bevordert wordt langs verschillende, soms ingewikkelde, routes lopen, wordt dit in een apart kader uitgewerkt. Specifiek voor *Phytophthora* in aardbei, is er onderzoek gedaan dat laat zien dat fytoalexines een rol spelen in de resistentie van de plant. Voor de productie van fytoalexines is zwavel nodig.

Box 1. Rol van zwavel in het bevorderen van plantweerstand

Elementair zwavel (S) wordt al sinds het eind van de 19e eeuw toegepast als fungicide, en is met name effectief tegen echte meeldauw ('het wit'). Pas aan het eind van de 20e eeuw wordt de rol van zwavel in de weerstand tegen plantenziekten zichtbaar. Door de sterke reductie in SO₂ emissies beginnen zich in de bodem voor het eerst tekorten aan zwavel te ontwikkelen. Terwijl er in 1985 nog 32 kg S/ha door atmosferische depositie in de bodem terecht kwam, was dat in 2012 nog maar 8 kg S/ha. Vooral op lichte zandgronden met lage organische stofgehalten ontstaan hierdoor zwaveltekorten. (Pauw, 2002).

Zwavel geïnduceerde resistentie Veel ziekten worden beïnvloed door zwavelcomponenten of het zwavelmetabolisme in de plant. Het versterken van de natuurlijke weerstand van planten tegen schimmelpathogenen door het stimuleren van processen in de plant waar zwavel bij betrokken is, wordt zwavel geïnduceerde resistentie genoemd (Sulfur Induced Resistance - SIR). Planten gebruiken soms elementair zwavel als verdediging tegen schimmels. Zwavel wordt bijvoorbeeld afgezet in de vaatbundels, als reactie op infectie met *Verticillium dahliae*. De rol van zwavel kan via verschillende verbindingen en routes in de plant plaatsvinden. Verdedigingsmechanismen die gerelateerd zijn aan het zwavel metabolisme van planten kunnen te maken hebben met de productie van glutathion (GSH), glucosinolaten (GSLs) en fytoalexinen (Haneklaus et al., 2007).

Glutathion Planten reageren op schimmelinfecties met de productie van glutathion (GSH). Glutathion is een thiol: een organische verbinding die is afgeleid van een alcohol, waarbij de -OH groep is vervangen door een -SH groep. Een groot gedeelte van de zwavel in planten die niet in eiwitvorm is opgeslagen, wordt in de vorm van GSH opgeslagen. Een hoger GSH gehalte in de plant beschermt tegen schimmels. Bemesting met zwavel kan zorgen voor hogere GSH niveaus in de plant. Planten met een zwaveltekort, hebben hele lage GSH gehalten. GSH wordt opgeslagen in de plant, maar kan ook heel snel in de plant aangemaakt worden. Het is betrokken bij het wegvangen van reactieve zuurstof, die ontstaat als reactie op stress. Daarnaast speelt het mogelijk ook een rol bij de signaaloverdracht in de plant, en het in gang zetten van verdedigingsmechanismen. (Haneklaus et al., 2007).

Glucosinolaten Glucosinolaten (GSLs) zijn secundaire metabolieten die al vóór infectie met een pathogeen in de plant aanwezig zijn. Ze spelen in de landbouw vooral een rol in de Kruisbloemigen familie (Brassicaceae). Glucosinolaten verhogen de plantweerstand door toxische effecten op parasieten en predatoren. De beschikbare hoeveelheid zwavel in de bodem heeft een sterke invloed op de hoeveelheid glucosinolaten in de plant. Bij het toepassen van biofumigatie met Kruisbloemigen, wordt gebruik gemaakt van het toxische afbraakproduct van GSLs, de isothiocyanaten, om schadelijke pathogenen te onderdrukken. Kruisbloemigen, die bijvoorbeeld als groenbemester in de vruchtwisseling zijn opgenomen (mosterd, bladrammenas), kunnen wel het zwavelgehalte van de bodem sneller omlaag brengen, door hun grotere zwavelbehoefte.

Fytoalexinen Fytoalexinen zijn secundaire metabolieten in planten, die nieuw aangemaakt worden als een reactie op stress. Ze vormen de primaire factor in de verdediging van planten. Meestal is dit type immuniteit maar van korte duur, en speelt het vooral een rol in het geïnfecteerde gebied. De snelheid en kracht waarmee fytoalexinen geproduceerd worden, is cruciaal voor de mate van weerstand. Vooral in de Kruisbloemigen familie worden fytoalexinen gevonden die zelf zwavelgroepen bevatten, en die als antibioticum werken. In andere plantenfamilies spelen andere fytoalexinen een rol, waarin géén zwavelgroepen aanwezig zijn. Voorbeelden van dit soort fytoalexinen zijn bijvoorbeeld flavonoïden. Toch is zwavel ook van cruciaal belang bij de vorming van flavonoïden. Het zwavel bevattende glutathion (GSH) is namelijk van invloed op de productie van het enzym chalcone synthase (CHS). En chalcone synthase is op haar beurt nodig voor de eerste reactie in een serie die leidt tot de productie van flavonoïden (Wingate et al., 1988). In de verdedigingsreacties van aardbei spelen verschillende flavonoïden een rol (Amil-Ruiz et al., 2011).

In onderzoek naar *Phytophthora fragaria* worden in de wortels verschillende phytoalexine-achtige stoffen gevonden die door de plant geproduceerd worden na besmetting met de schimmel. Cultivars die binnen 48 uur fytoalexinen produceren zijn resistent tegen *Phytophthora*. Cultivars die gevoelig zijn voor *Phytophthora* produceren minder van dit soort stoffen, en doen dat veel langzamer, pas 5-8 dagen na infectie (Mussell and Staples, 1970). In onderzoek naar bodempathogenen in aardbei (*Pythium irregulare*, *Rhizoctonia solani* en *Alternaria alternata*) wordt de aanmaak van het fytoalexine quercetine (een flavonoïde) als cruciaal gezien in het opbouwen van resistentie (Nemec, 1973;1976). Ook hiervoor is zwavel nodig. (Amil-Ruiz et al., 2011).

Kalium en weerbaarheid

De rol van kalium in het ontstaan van weerbaarheid is niet goed bekend. In een opsomming van de bekende effecten van kalium op plantenziekten, worden voor verschillende Phytophthora soorten zowel positieve als negatieve effecten van kalium op de ziekte vermeld. Er is bijv. een afname van de ziekte door kalium gemeld voor Phytophthora cinnamomi in avocado en ananas, maar ook een toename van de ziekte door kalium voor Phytophthora parasitica in citrus en Phytophthora megasperma in soja (Prabhu et al., 2007). Er zijn mechanismen bekend waardoor kalium ook de weerstand van planten kan beïnvloeden. Een voorbeeld is de vergrote afzetting van silicium in celwanden, die door kalium bevorderd wordt. Kalium zorgt ook in combinatie met fosfor voor dikkere celwanden.

Borium en weerbaarheid

In dit onderzoek vinden we een relatie tussen borium en de relatieve bodemweerbaarheid. Hoe hoger het boriumgehalte, hoe hoger de relatieve AUDPC, dus hoe groter het verschil tussen de gesteriliseerde en de niet-gesteriliseerde grond. Dit effect is moeilijk te interpreteren. Het zou kunnen betekenen dat een hoger borium gehalte ervoor zorgt dat de weerbaarheid van de gesteriliseerde percelen slechter wordt, of dat van de niet-gesteriliseerde beter, of een combinatie. Maar een directe relatie met de bodemweerbaarheid in de gesteriliseerde, of in de veldgrond hebben we in dit onderzoek niet gevonden.

In eerder onderzoek naar bodemweerbaarheid tegen Phytophthora cactorum in aardbei door het Louis Bolk Instituut, verklaarde borium zeer sterk de bodemweerbaarheid van niet-gesteriliseerde veldgrond. Gronden met hogere boriumgehalten hadden een betere bodemweerbaarheid in de veldsituatie. Alléén de factor borium zorgde voor 60.9% van de verklaarde variantie tussen de verschillende bedrijven. Deze boriumgehalten zijn gemeten in een 1:2 extract (Cuijpers et al., 2012). Van de totale hoeveelheid borium in de grond is maar zo'n 10% beschikbaar voor de plant, afhankelijk van pH, organische stof en type kleimineralen. Voor borium geldt echter dat er maar een kleine 'range' is tussen bodemwaarden waarbij een tekort optreedt en waarden waarbij borium toxisch wordt voor de plant.

Uit de literatuur blijkt dat de onderdrukking van ziekten door borium-bemesting al heel lang bekend is. Borium speelt een belangrijke directe rol in de samenstelling en structurele integriteit van de celwand, doordat het essentieel is voor bepaalde verbindingen tussen celwand componenten. Daarnaast bevordert het de vorming van calcium verbindingen in de celwand. Borium speelt ook een rol bij de vorming van lignine in de plant. Daarnaast wordt aangenomen dat pathogene bodemschimmels zelf geen behoefte hebben aan borium, maar dat borium wel toxisch kan werken bij hogere concentraties.

5.4 Relatie opbrengst en bodemweerbaarheid

In zeker opzicht is het niet verrassend dat er geen verband gevonden wordt tussen de bodemweerbaarheid en het productieniveau. De bodemweerbaarheid geeft vooral aan hoe het bodemsysteem reageert op het moment dat het getriggerd wordt door een pathogeen. Op dat moment kunnen de planten sterker of minder sterk ziek worden, en daarmee ook de productie meer of minder beïnvloeden. Maar zolang het systeem niet met een 'uitdaging' geconfronteerd wordt, zijn waarschijnlijk andere factoren van groter belang voor het bereiken van een bepaald productieniveau.

6 Conclusies

In dit onderzoek vinden we significante verschillen in bodemweerbaarheid en opbrengstniveaus tussen praktijklocaties en proefveldpercelen. Ook zijn een aantal relaties gevonden tussen bodemparameters, plantsapanalyses, bodemweerbaarheid en opbrengst.

6.1 Conclusies aardbeiproef

De belangrijkste bodemfactoren die een verklaring geven voor het opbrengstniveau van de verschillende percelen, zijn de hoeveelheid plant-pathogene nematoden, het stikstofgehalte van de bodem, en het organische stofgehalte van de bodem. Hoge aantallen of gehalten van de genoemde factoren beïnvloeden de opbrengst negatief. Plant-pathogene nematoden hebben boven een bepaalde drempelwaarde een negatief effect op de productie. Ook stikstof kan de productie negatief beïnvloeden, doordat hoge gehalten kunnen leiden tot veel vegetatieve groei, en minder productie. Daarnaast kunnen hoge stikstofgehalten de gevoeligheid voor ziekten doen toenemen. De interpretatie van de gevonden relatie voor organische stof is onduidelijk, en tegengesteld aan praktijkervaring die juist een positieve rol aan organische stof in de bodem toekennen.

Er zijn veel factoren in de bladsapanalyses die een sterke relatie met de opbrengst vertonen. De sterkste relaties worden gevonden met kalium, natrium, bladsuikers, EC, calcium en fosfor. Voor een aantal factoren geldt dat deze gedurende de hele productieperiode een rol spelen, andere factoren laten alleen aan het begin of einde van de teelt een verband zien.

De belangrijkste bodemfactoren die een verklaring geven voor de bodemweerbaarheid van de percelen tegen *Phytophthora cactorum*, zijn zwavel, kalium, calcium en magnesium. Borium komt als een relatief minder belangrijke factor naar voren in de relatieve bodemweerbaarheid. Met name zwavel is een element dat mogelijk meer aandacht van telers verdient. Enerzijds lijkt voldoende zwavel nodig te zijn voor een goede weerbare bodem (weerbare plant), anderzijds lijkt de biologische component van de bodemweerbaarheid af te nemen bij toename van zwavel. Door deze tegengestelde effecten kan zwavel een belangrijke factor zijn in het verklaren van de bodemweerbaarheid, afhankelijk van welk effect overheerst.

In het onderzoek vinden we geen directe relatie tussen de bodemweerbaarheid zoals we die meten in de biotoets, en de productie van aardbeien in de bakkenproef. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat in de biotoets de grond aan een stress-situatie (introductie van een pathogeen) wordt blootgesteld, terwijl dit in de bakkenproef niet gebeurt is. Zolang een dergelijke stress-situatie niet optreedt, zijn andere factoren van groter belang in het bepalen van de opbrengst niveaus.

6.2 Uitstraling naar andere gewassen

In dit onderzoek is gekeken naar de weerbaarheid van verschillende bodems tegen *Phytophthora cactorum* in aardbeien. De kennis die hierbij is opgedaan kan ook in andere gewassen van belang zijn.

De gevonden relatie van het stikstofgehalte van de bodem met de productie is complex. Meer stikstof doet de productie in de meeste gevallen toenemen, in deze proef nam de opbrengst af, mogelijk door een disbalans in vegetatieve / generatieve ontwikkeling van de plant, of door een grotere gevoeligheid voor ziekten bij hogere N-gehalten. De ervaring dat een te hoge bemesting met stikstof de gevoeligheid voor ziekten doet toenemen wordt ook wel bij andere gewassen gevonden.

De relatie van de bodemweerbaarheid met het zwavelgehalte in de bodem is eveneens van belang. Het zwavelgehalte in de bodem is de afgelopen jaren snel gedaald, als gevolg van de afname van depositie uit de atmosfeer. Ook als er geen zichtbare tekorten in de voedingstoestand van de plant zijn, zou toch de ziekte-resistentie van de plant negatief beïnvloed kunnen worden door lagere zwavelgehalten van de bodem.

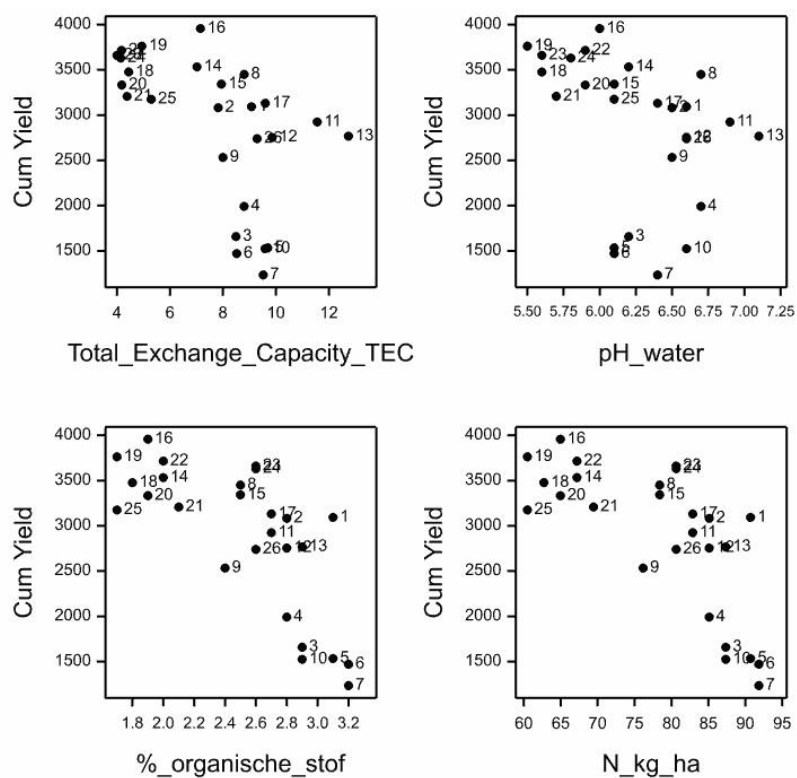
Anderzijds is het negatieve effect van zwavel in relatie tot de relatieve bodemweerbaarheid, een aspect dat verder onderzoek verdient.

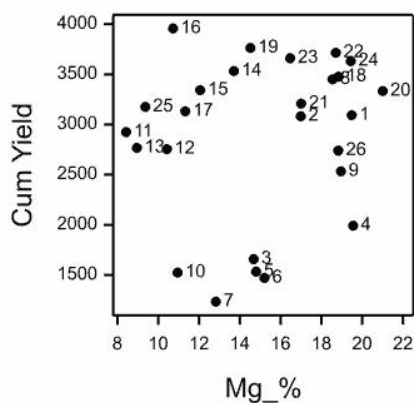
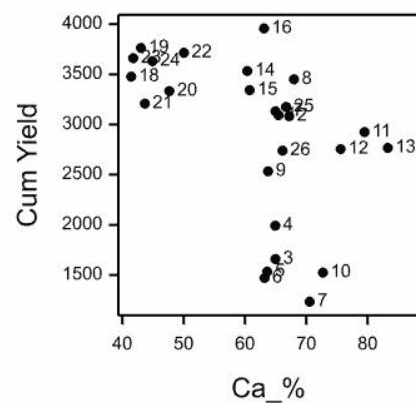
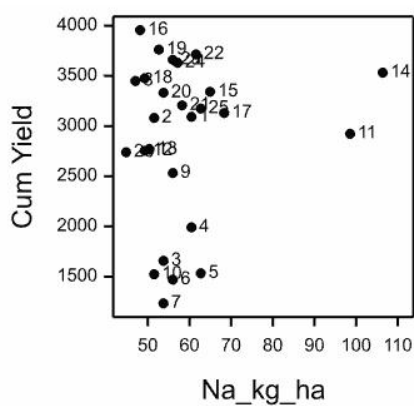
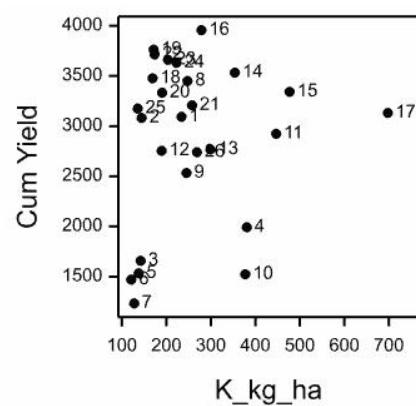
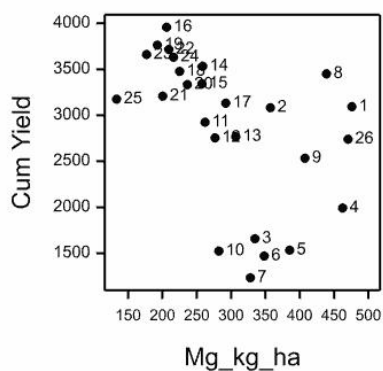
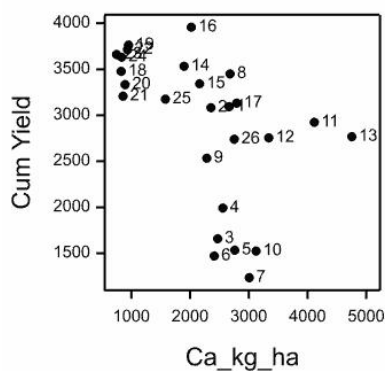
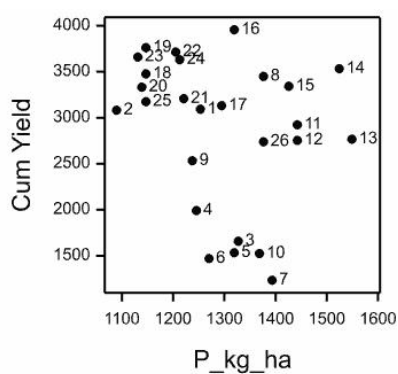
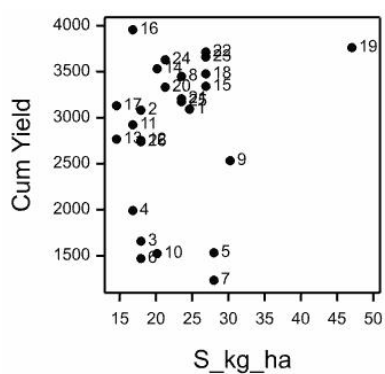
7 Literatuur

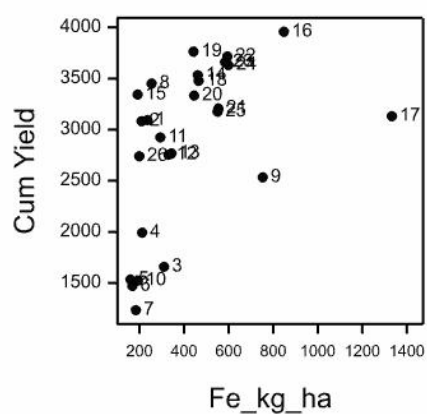
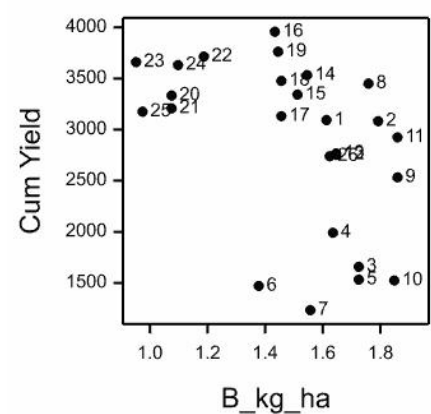
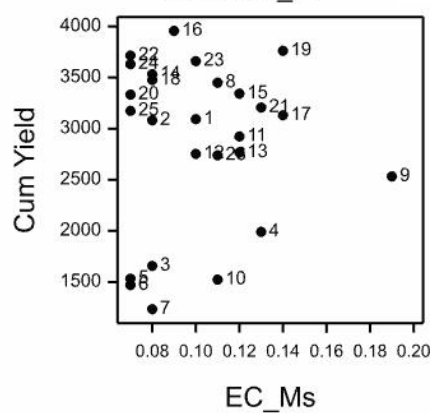
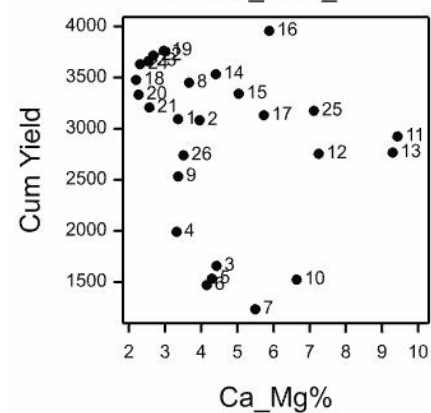
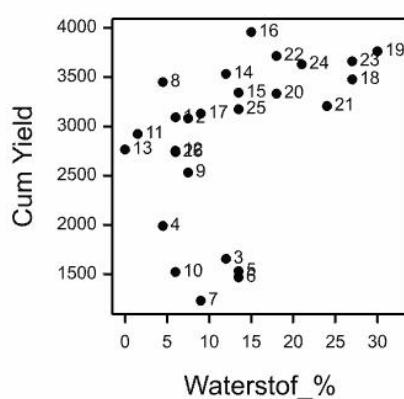
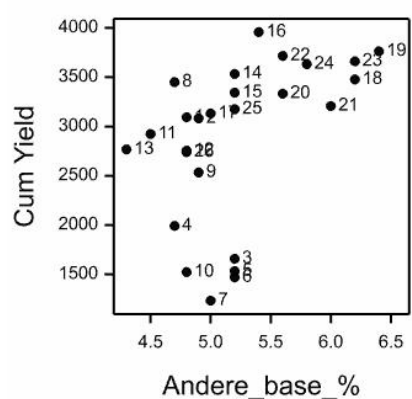
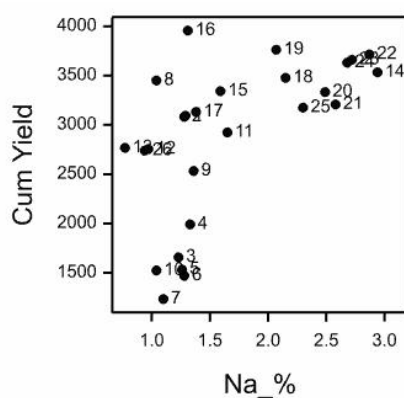
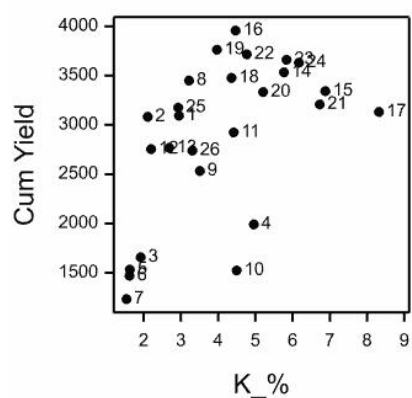
- Amil-Ruiz, F., R. Blanco-Portales, J. Muñoz-Blanco and J.L. Caballero (2011) The Strawberry Plant Defense Mechanism: A Molecular Review. *Plant and Cell Physiology* 52(11): 1873-1903.
- Cuijpers, W., P. Belder en M. Zanen (2012) Aardbei op weerbare bodem: Benutten van natuurlijke functies voor het leveren van ecosysteemdiensten. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 48 pp.
- Govrin, E.M. en A. Levine (2000) The hypersensitive response facilitates plant infection by the necrotrophic pathogen *Botrytis cinerea*. *Current Biology* 10(13): 751-757.
- Haneklaus, S., E. Bloem and E. Schnug (2007) Sulfur and Plant Disease. In: L.E. Datnoff, W.H. Elmer en D.M. Huber. *Mineral Nutrition and Plant Disease*. The American Phytopathological Society, St. Paul, U.S.A. p. 101-118.
- Hirai, N., M. Sugie, M. Wada, E.H. Lahlou, T. Kamo, R. Yoshida, M. Tsuda and H. Ohgashi (2000) Triterpene phytoalexins from strawberry fruit. *Bioscience, Biotechnology, and biochemistry* 64(8): 1707-1712.
- Korthals, G., M. de Boer, J. Visser en L. Molendijk (2010) Bodemgezondheid binnen bedrijfssystemen. *Gewasbescherming* 41(6): 281-284.
- Lieten, Philip. (2008) Rol van Mangaan in de bemesting van aardbeien. *Belgische Fruitrevue*, augustus 2008: 24-26.
- Thompson, J.P. (1990) Soil sterilization methods to show VA-mycorrhizae aid P and Zn nutrition of wheat in vertisols. *Soil Biology and Biochemistry* 22(2): 229-240.
- McNamara, N.P., H.I.J. Black, N.A. Beresford en N.R. Parekh (2003) Effects of acute gamma irradiation on chemical, physical and biological properties of soils. *Applied Soil Ecology* 24: 117-132.
- Mussell, H.W. and R.C. Staples (1971) Phytoalexinlike Compounds Apparently Involved in Strawberry Resistance to *Phytophthora fragariae*. *Phytopathology* 61:515-517.
- Nemec, S. (1973) Response of Three Root Rot Fungi to Strawberry Phenolics and the Relationship of Phenolics to Disease Resistance. *Mycopathologia* 59(1): 37-40.
- Paauw, J.G.M. (2002) Het belang van magnesium-, mangaan- en zwavelbemesting in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Prabhu, A.S., N.K. Fageria, D.M. Huber en F.A. Rodrigues (2007) Potassium and Plant Disease. In: L.E. Datnoff, W.H. Elmer and D.M. Huber (eds.) *Mineral Nutrition and Plant Disease*. The American Phytopathological Society, St. Paul, USA, pp. 57-78.
- Ramsay, A.J. en A.D. Bawden (1983) Effects of sterilization and storage on respiration, nitrogen status and direct counts of soil bacteria using acridine orange. *Soil Biology and Biochemistry* 15(3): 263-268.
- Salonius, P.O., J.B. Robinson en F.E. Chase (1967) A comparison of autoclaved and gamma-irradiated soils as media for microbial colonization experiments. *Plant and Soil* 27(2): 239-248.
- Vargas, W.A., J.M. Sanz Martín, G.E. Rech, L.P. Rivera, E.P. Benito, J.M. Díaz-Mínguez, M.R. Thon and S.A. Sukno. (2012) Plant Defense Mechanisms Are Activated during Biotrophic and Necrotrophic Development of *Colletotricum graminicola* in Maize. *Plant Physiology* 158: 1342-1358.

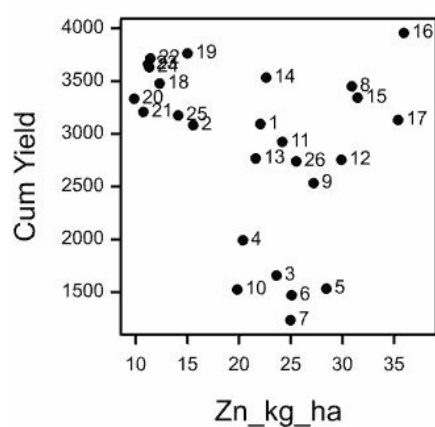
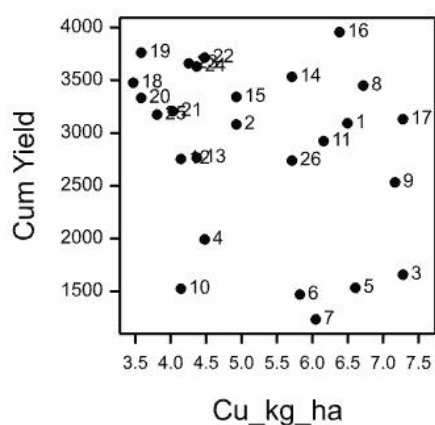
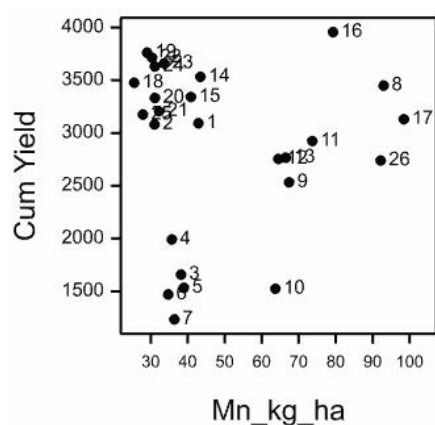
Wingate, V.P.M., M.A. Lawton en C.J. Lamb (1988) Glutathione Causes a Massive and Selective Induction of Plant Defense Genes. *Plant Physiology* 87: 206-210.

Bijlage 1. De relatie tussen de bodemanalyses en de totale opbrengst aan aardbeien









Veldnr	Naam perceel	Naam figuur 12 etc.	Naam fig 19
1	PPO Vredepeel Gangbaar Hoog O.S.	VCHO	GHOS
2	PPO Vredepeel Gangbaar Laag O.S.	VCLO	GLOS
3	PPO Vredepeel Gangbaar BP BGO	VCBG	GBGO
4	PPO Vredepeel Bio Hoog O.S.	VBHO	BHOS
5	PPO Vredepeel Gangbaar BP Braak	VCBR	GBRA
6	PPO Vredepeel Gangbaar BP NGO	VCNG	GNGO
7	PPO Vredepeel Gangbaar BP Combi	VCCO	GCOM
8	Stevensbeek Goed	STEV/g	
9	Stevensbeek Matig	STEV/m	
10	Etten-Leur /JP Goed	ETJP/g	
11	Etten-Leur /JP Matig	ETJP/m	
12	Etten-Leur /MM Goed	ETMM/g	
13	Etten-Leur /MM Matig	ETMM/m	
14	Grashoek Goed	GRAS/g	
15	Grashoek Matig	GRAS/m	
16	Horst-Meterik Goed	HORS/g	
17	Horst-Meterik Matig	HORS/m	

18	Aardbeien en weerbaarheid, bak 18		
19	Aardbeien en weerbaarheid, bak 19		
20	Aardbeien en weerbaarheid, bak 20		
21	Aardbeien en weerbaarheid, bak 21		
22	Aardbeien en weerbaarheid, bak 22		
23	Aardbeien en weerbaarheid, bak 23		
24	Aardbeien en weerbaarheid, bak 24		
25	Aardbeien en weerbaarheid, bak 25		
26	Stevensbeek Goed + Gips en Compost		

