



Weerbaar Substraat: Opstellen Matrix

Bouwstenen voor weerbaar telen

Andre van der Wurff¹, Chris Blok¹, Jan Janse¹, Gerben Messelink¹, Jantineke Hofland-Zijlstra¹, Steven Driever¹, Marieke van der Staaij¹, Joeke Postma², Jos Wubben³, Jaap Bij de Vaate⁴, Wessel Holtman⁵, Berry Oppedijk⁵

¹ Wageningen UR Glastuinbouw (WUR) ² Plant Research International (WUR) ³ Blgg AgroXpertus ⁴ DLV Plant ⁵ Fytagoras BV



Referaat

De sector is op zoek naar nieuwe gewasbescherming zoals “weerbaar telen”. De in de praktijk gebruikte middelen kunnen worden samengevat als compost, micro-organismen, organische extracten en meststoffen. Weerbaar telen biedt perspectief op basis van zowel de wetenschappelijke literatuur als praktijkervaringen van telers. Er wordt echter niet altijd een effect gezien. Telers zijn zelf vooral tevreden over een concept aanpak met een waterbehandeling als onderdeel hiervan, en het gebruik van compost of compostthee en wieren of algen. Er zijn echter belangrijke knelpunten, zoals wettelijke toelating, kennis over optimale omstandigheden voor middelen, homogeniteit in samenstelling en houdbaarheid. Van bacterie- en schimmelpreparaten voor de bodemteelten is voornamelijk een meerwaarde te verwachten als ze worden toegediend in de opkweekfase of worden aangebracht met ondersteunend materiaal. Ook is de werkzaamheid van middelen of maatregelen tegen ziekten en plagen een groot vraagteken omdat er geen snelle meetmethoden zijn. In de natuur is meestal een stapeling van mechanismen verantwoordelijk voor een drastische afname van de schade aan de plant. Ook met het oog op het vergroten van de kans dat een behandeling de doorslag geeft is het aan te raden om te kiezen voor een concept benadering met een stapeling van mechanismen.

Abstract

The greenhouse horticulture sector is looking for new plant protection methods such as “resilient cultivation”. The means that are used in practice are summarized by composts, microorganisms, extracts and nutrients. Resilient cultivation provides perspective based on the basis of both scientific literature and practical experience of growers. It is not always a given effect, but growers are pleased with additives such as especially within a concept approach which includes a water treatment, and the use of compost or compost tea and seaweed or algae. However, major issues exist such as legal authority, knowledge about optimal conditions, homogeneity in composition and durability and shelf life of products. Application of bacterial and fungal preparations for soil cultivation is mainly an expected value when added to planting material or with supporting materials. Also, the efficacy of agents against diseases and pests is a big question mark, because there are no fast methods to assess their effects. In nature it is usually a stack of mechanisms responsible for a drastic reduction in damage to the plant. In addition, as well with respect to an increased probability that a treatment is decisive, it is advisable to use a concept approach that utilizes different mechanisms.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
	Voorwoord	7
1	Problematiek en oplossingsrichtingen	9
1.1	Problematiek	9
1.2	Oplossingsrichting	10
1.3	Definitie, doelstelling en afbakening	12
1.3.1	Definitie	12
1.3.1.1	Weerbaar substraat	12
1.3.1.2	Sterke plant	13
1.3.2	Doelstelling	13
1.3.3	Afbakening	13
1.4	Kansen en bedreigingen	14
1.4.1	Kansen	14
1.4.2	Bedreigingen	14
2	Mechanismen van weerbaarheid	15
2.1	Microbiële antistoffen	15
2.2	Competitie	17
2.3	Verstoorde communicatie	17
2.4	Fysieke bescherming	17
2.5	Onvindbare wortels	18
2.6	Geïnduceerde resistentie	18
2.7	Vraatremming en celwandversteving	19
2.8	Wegvangen stoffen die groeiremming of fytotoxiciteit geven	20
3	Interacties binnen weerbaarheid en plantsterkte	21
3.1	Bodemweerbaarheid: een stapeling van mechanismen	21
3.2	Nutriënten	22
3.3	Organisch materiaal	23
3.4	Micro-leven	23
3.5	Effect substraattype en gewas op micro-leven	24
3.6	Temperatuur	27
3.6.1	Relatie tot gewas	27
3.6.2	Relatie tot micro-organismen	27
3.7	Watergehalte	28
3.7.1	Gashuishouding	28
3.7.2	Zuurstofvoorziening	29
3.7.3	Fysische substraat- en bodemeigenschappen	29
3.7.4	Micro-leven	30
3.8	Zuurstof	31
3.8.1	Gewas	31
3.8.2	Beschikbaarheid zuurstof en watergehalte en substraat	31
3.8.3	Micro-leven	32
3.8.4	Gevoeligheid voor pathogenen	33
3.8.5	Invloed op secundair metabolisme van micro-organismen	33

3.9	Zuurgraad	34
3.9.1	Gewas	34
3.9.2	Substraat	34
3.9.3	Micro-leven en weerbaarheid	34
4	Middelen	37
4.1	Categorieën	37
4.1.1	Compost	37
4.1.2	Micro-organismen	37
4.1.3	Organische extracten	38
4.1.3.1	Dood plantaardig materiaal	38
4.1.3.1.1	Compostthee	38
4.1.3.1.2	Humusstoffen	38
4.1.3.2	Zeewieren en algen	39
4.1.3.3	Overig	39
4.1.4	Meststoffen	39
4.2	Producten	39
5	Matrix: oplossingsrichtingen	41
6	Enquête	47

Samenvatting

Door het wegvallen van gewasbeschermingsmiddelen en de toenemende vraag van consumenten naar milieuvriendelijke en residu-vrije producten is de sector op zoek naar alternatieven voor ziekten-, en plaagbescherming. De laatste jaren is er volop aandacht voor “Weerbaar Telen” met behulp van weerbare substraten. Dit is een substraat dat gebruik maakt van werkingsmechanismen zoals ook in een natuurlijke omgeving aangetroffen en daardoor een preventieve werking heeft op gewasschade dat veroorzaakt wordt door ziekten en plagen.

Levend of niet levend is belangrijk?

Biotische factoren, in de bodem of het substraat, leveren een belangrijke bijdrage aan bodemkwaliteit en bodemgezondheid en meer specifiek aan bodemweerbaarheid. Deze bijdrage is in de meeste gevallen gerelateerd aan het microbiële leven dat aanwezig is. Nutriënten in de bodem kunnen direct of indirect van invloed zijn op de weerbaarheid van het gewas tegen verschillende ziekteverwekkers. De kwaliteit en de hoeveelheid van organische stof in de bodem is zeer bepalend voor de samenstelling van het microbiële bodemleven en daarmee ook de weerbaarheid die als gevolg hiervan verkregen wordt. Door organische toevoegingen, bijvoorbeeld in de vorm van compost of compostthee, is de samenstelling van het microbiële bodemleven stuurbaar. Los van deze toevoegingen heeft het substraattype ook een belangrijk effect op de samenstelling van het microbiële bodemleven. Bijvoorbeeld, kokos is in het algemeen rijk aan bacteriën, schimmels en protozoën, terwijl in steenwol vooral bacteriën aanwezig zijn en schimmels en protozoën in aantallen achterblijven. Het substraattype is bepalend voor de samenstelling van het micro-leven en het lijkt daarom waarschijnlijk dat niet alle substraattypen dezelfde potentie hebben qua weerbaarheid.

Er is een enquête gehouden onder negenendertig bedrijven die iets doen met weerbaar telen. De door de telers genoemde middelen kunnen ingedeeld worden in vier categorieën, namelijk compost, micro-organismen, organische extracten op basis van dood materiaal en meststoffen.

Bied het perspectief?

Dat weerbaar telen perspectief biedt blijkt uit zowel de feitenkennis in de wetenschappelijke literatuur over de middelen die nu gebruikt worden en de praktijkervaringen van telers. Uit de enquête blijkt dat er niet altijd een effect wordt gezien, maar de telers zijn redelijk tevreden over het toevoegen van vooral algen en wieren aan zowel bodem als substraat en over waterbehandeling in de substraatteelt.

Knelpunten.

Er zijn echter een aantal belangrijke knelpunten die opgelost dienen te worden. Een belangrijk knelpunt is er een van wettelijke toelating van producten als gewasbeschermingsmiddel en de maximaal toelaatbare bemesting in een grondgebonden teelt. De mogelijkheid is altijd aanwezig dat er een directe werking wordt aangetoond tegen een ziekte of plaag. Zodra er gesproken wordt over een middel dat goed werkt tegen een ziekte of plaag, dan moet er een toelating aangevraagd worden.

Daarnaast is er het knelpunt van het product zoals aangeleverd door de producent of toeleverancier. De bijbehorende specificaties van middelen voor weerbaar telen zijn in de meeste gevallen niet compleet. Zo kan de producent wel aangeven of een product gevoelig is voor een hoge zuurgraad of een hoge EC, maar de optimale omstandigheden voor het middel zijn vaak niet precies bekend. Het ontrafelen van de diverse interacties, tussen een middel en de omgeving waarin het wordt toegepast, vergt nog onderzoek.

Het karakteriseren van de beoogde werkzame bestanddelen en de homogeniteit in samenstelling en houdbaarheid moet gegarandeerd kunnen worden. Dat is op dit moment vaak niet het geval. Een voorbeeld is de compostthee waarvan de ene keer een “zeer donkere thee” aangeboden werd en een andere keer “zeer transparant”.

Van bacterie-, en schimmelpreparaten voor de bodemteelten is voornamelijk een meerwaarde te verwachten, vooral in de sierteelt, van een verhoogd takgewicht. Het meeste perspectief bieden de preparaten die worden toegediend in de opkweekfase. Over de effectiviteit van een toepassing van deze preparaten door toevoeging direct aan de grond zijn twijfels. Maar voor de teelten op substraat kunnen deze preparaten mogelijk wel een meerwaarde betekenen. De substraten beginnen met een relatief schone start en naar verwachting is er dan nog genoeg levensruimte voor micro-leven dat ingenomen kan worden.

Ook is de werkzaamheid van de middelen tegen ziekten en plantenplagen een groot vraagteken. Er is een duidelijke vraag vanuit de sector, van kwekers tot toeleveranciers, om duidelijke meetmethoden die inzicht kunnen geven in de mate van effectiviteit van een behandeling. Op dit moment zijn die meetmethoden duur en langzaam, relatief ten opzichte van een (on)behandelde controle. Een kwantitatieve meting (dus niet relatief, maar in absolute cijfers uitgedrukt) zou een uitkomst bieden.

Stapeling van mechanismen.

In de natuur is meestal een stapeling van mechanismen verantwoordelijk voor een drastische afname van de schade aan de plant dat veroorzaakt wordt door een ziekte of plaag. Ook met het oog op het vergroten van de kans dat een behandeling succesvol is, is het aan te raden om gebruik te maken van een stapeling van mechanismen. Met andere woorden, er is een voorkeur voor een zogenaamde “concept aanpak”, dus een aanpak waarbij een aantal mechanismen (middelen) worden gestapeld, zoals het gebruik van wettelijk toegelaten antagonisten samen met organische meststoffen (compost-thee, zeewier of algen), stoffen die de nutriëntenopname door de plant verbeteren (fulvine- en huminezuren) en mogelijk de plant versterken (o.a. silicium) tegen bovengrondse ziekten en plagen zoals *Botrytis* of witte vlieg.

Niet alleen antwoorden.

Kortom, niet alle vragen over het weerbaar telen kunnen beantwoord worden. Wel is het duidelijk dat er snel een bewijsbaar resultaat wordt geboekt dat vergelijkbaar is aan een gangbare teelt met synthetische (chemische) gewasbeschermingsmiddelen. Voor veel bovengrondse plagen en ziekten is het aantal studies waar effecten via het substraat zijn aangetoond nog beperkt. Bovendien zijn de effecten tot nu toe niet afdoende om als alternatief te kunnen dienen voor chemische bestrijding. De verwachting is wel dat weerbaarheid via het substraat een steeds belangrijker onderdeel wordt van de bestrijding van bovengrondse ziekten en plagen.

Op dit moment gonst het van de succesverhalen, maar ook de eerste tegenvallers verschijnen voor het voetlicht. Ook is het duidelijk dat er deels een wetenschappelijk achtergrond is voor de beweringen die gedaan worden bij de verkoop van de diverse producten in de diverse categorieën. Het ontbreekt echter aan een duidelijk advies voor de randvoorwaarden, de optima en de kwaliteit van samenstelling en effectiviteit tegen een ziekte of plaag.

Workshop.

In het algemeen waren de bezoekers van de workshop “Weerbaar Telen” redelijk tevreden, met de kanttekening dat de praktische toepasbaarheid van de aangeboden kennis laag was. Het maakte vooral duidelijk dat er kansen zijn voor weerbaar telen en dat er een zeer groot draagvlak was voor een vervolgproject met praktijkproeven: hiervoor was honderd procent draagvlak bij telers en tweeënzeventig procent van de telers meldde deel te willen nemen.

Voorwoord

Het verbeteren van de grond voor de tuinbouw is al heel oud. Op de Veluwe zijn nog steeds de essen te vinden waar jaar na jaar de heideplaggen uit de potstallen werden opgebracht. Aan de kust werd lang geleden al zeewier gebruikt om de akkers te verbeteren. In het westen werden de sloten uitgebaggerd om te profiteren van dit organische materiaal.

De opkomst van de minerale meststoffen en de chemische gewasbeschermingsmiddelen hebben een enorme productiesprong mogelijk gemaakt. Hierdoor verschoof de aandacht voor de bodem en het bodemleven naar de achtergrond. Nu deze productiemiddelen schaarser worden is hernieuwde aandacht voor de bodem van levensbelang.

Het gebruik van bodemverbeteraars en plantversterkers is nodig en neemt een grote vlucht. De wettelijke kaders hiervoor moeten snel helder worden om de innovatie niet te remmen. Op dit moment twijfelt de praktijk of er straks niet een wettelijke toelating nodig is voor biologische middelen, waarnaar nu onderzoek plaatsvindt. De gebruikers en producenten moeten tegelijkertijd wel begrijpen dat de maatschappij huiverig staat tegenover bacteriën en virussen. Niet alles wat biologisch is, is ook per definitie veilig.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de nu bekende mechanismen waardoor de bodem invloed heeft op de plantengroei en de plantweerbaarheid. Met de middelen om dit te bereiken wordt al volop geëxperimenteerd. In de biologische landbouw en steeds meer door 'gangbare' telers. Handvatten om weerbaarheid te meten zijn hard nodig.

Voor vele telers is weerbaarheid via indirecte sturing een nieuwe dimensie. Voor onderzoekers en producenten ligt hier een grote uitdaging. Een goed product verkoopt zichzelf en wordt zeker opgepakt door telers.

Harmen Hummelen, LTO Groeiservice,

Coördinator Effectief Maatregelen Pakket (CEMP), gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

1 Problematiek en oplossingsrichtingen

1.1 Problematiek

Door het wegvallen van gewasbeschermingsmiddelen en de toenemende vraag van consumenten naar milieuvriendelijke en residu-vrije producten is de sector op zoek naar alternatieven voor ziekten- en plaagbescherming.

Sturen op een weerbaar substraat en een sterkere plant leeft nu sterk in de praktijk waar geprobeerd wordt om met bijvoorbeeld compostthee, microleven, planthormonen en organische bemesting het substraat en de planten weerbaarder te maken tegen ziekten en plagen, zoals het toevoegen van fulvine- en humuszuren voor een verhoogde opname van o.a. ijzer en kalium (Van den Berg, 2007). De vraag leeft al langer in de biologische teelt waar chemische gewasbeschermingsmiddelen niet toegelaten zijn en waar de teelt zich nog steeds geconfronteerd ziet met de traditionele bodempathogen zoals het wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) en kurkwortel (*Pyrenochaeta* sp.; Van der Wurff *et al.* 2010). Er wordt gewerkt met bodemverbeteraars, plantversterkers en micro-organismen om de weerbaarheid van de bodem te verbeteren.

De positieve-, maar ook wel negatieve effecten van dit soort maatregelen zijn niet altijd meetbaar en reproduceerbaar (De Kreijf & Van der Hoeven 1997). Hierdoor is het moeilijk voor kwekers om een inschatting te maken van de werkzaamheid van de diverse middelen. Daarom is meer kennis nodig ten aanzien van het substraatleven, bodemweerbaarheid, en plantgezondheid voor het nemen van betrouwbare, reproduceerbare en effectieve teeltmaatregelen.

1.1.1 Afname middelen

Door de verordening (richtlijn 91/414) vanuit het Europees parlement staat het gewasbeschermingspakket onder druk (Drenth 2008). De zogenaamde “cut-off criteria” werden geïntroduceerd: als een werkzame stof bepaalde risico's met zich meebrengt voor de gezondheid van mens en dier of voor het milieu krijgt het geen toelating. Eventuele maatregelen waarmee de risico's kunnen worden verkleind tot een aanvaardbaar risico, zoals toedieningstechnieken en maximale doseringen of de frequentie van toepassing, hebben geen invloed meer. Nieuw is de indeling van de stoffen in vier klassen: basisstoffen, laagrisico stoffen, normale stoffen en substitutiestoffen. De substitutiestoffen moeten op termijn vervangen worden door stoffen die in een van de andere drie klassen vallen. Ook doet de zonale toelating zijn intrede. In de Europese Unie komen drie klimaatzones. Nederland valt in de centrale zone, die loopt van Polen tot Groot-Brittannië. Als een middel in een land is toegelaten, kunnen de andere landen in dezelfde zone deze toelating overnemen. Dit geldt echter niet voor de substitutiestoffen.

Bovengenoemde plannen leiden ertoe dat het aantal beschikbare middelen in de toekomst af zal nemen.

1.1.2 Emissie

Als gevolg van de emissie van productieverhogende middelen als meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen draagt de glastuinbouw bij aan verontreiniging van het oppervlaktewater. Het Platform Duurzame Glastuinbouw (vm. Glastuinbouw en Milieu Overleg; GlaMi) heeft als doel geformuleerd dat in 2027 een nagenoeg nullozing vanuit de glastuinbouw naar riolering, oppervlakte- en grondwater moet zijn gerealiseerd. Het betreft lozing van milieubelastende stoffen vooral nitraat en fosfaat en gewasbeschermingsmiddelen. Met deze doelstelling willen de sector en de waterkwaliteitsbeheerders in gebieden met glastuinbouw voldoen aan de Europese Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn.

Uit recente modelberekeningen (RIVM en WUR) blijkt dat emissiepercentages van gewasbeschermingsmiddelen uit de kas hoger zijn dan waar het toelatingsbeleid nu nog van uitgaat, namelijk 0,1% van de toegediende hoeveelheid. Dit sluit aan bij de metingen van waterschappen in het oppervlaktewater in glastuinbouwgebieden, waarbij regelmatig gewasbeschermingsmiddelen worden aangetroffen in concentraties die hoger zijn dan de waterkwaliteitsnorm (MTR, MAC). Zodra dit model in het toelatingsbeleid doorgevoerd wordt, zal dit negatieve gevolgen hebben voor het beschikbare middelenpakket in de glastuinbouw. Om deze gevolgen te beperken zal de emissie van gewasbeschermingsmiddelen voor 2013 drastisch teruggebracht moeten worden tot in de richting van het oorspronkelijke uitgangspunt van emissie van 0,1%.

1.1.3 Residu-vrij

De harmonisering van de Europese residuwetgeving werd een feit in september 2008. De 'technische' overschrijdingen van de MRL waarden, vooral bij grensoverschrijdende handel, werden officieel gereguleerd. MRL staat voor Maximale Residu Limiet. MRL's zijn de wettelijk toegestane maximale restgehalten (residuen) van stoffen in of op levensmiddelen. De Europese Commissie (EC) stelt MRL waarden vast voor de gewasbeschermingsmiddelen per stof-levensmiddelcombinatie. De hoogte van de MRL's wordt bepaald door wat er maximaal aan residu in primair agrarische producten verwacht wordt wanneer een middel volgens 'goed landbouwkundig gebruik' is toegepast. Zie voor meer informatie de internet pagina van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM 2011).

De gevoelswaarde die door de consument aan het thema residuen gegeven wordt, blijkt eruit dat 'residu-vrij zijn' de belangrijkste motivatie is van een consument voor het kopen van biologische producten. De consumentenbestedingen aan duurzame voeding in de Nederlandse supermarkten zijn in het eerste halfjaar van 2011 met 39,1% gestegen ten opzichte van 2010 naar ruim € 500 miljoen. Biologisch groeide met 29,1% naar € 195 miljoen omzet. In 2002 werd in Nederland 375 miljoen euro uitgegeven aan biologisch voedsel. In de periode tot en met 2010 is de omzet van biologisch voedsel ruim verdubbeld naar 752 miljoen euro. Vrijwel elk jaar is de procentuele groei van de biologische omzet, van vooral dierlijke producten, vele malen hoger dan die van het gangbare voedsel (Bakker *et al.* 2011).

1.2 Oplossingsrichting

1.1.4 Bodem

Een oplossingsrichting voor de geschetste problematiek is het gebruik van duurzame gewasbeschermingstrategieën zoals gebruikt binnen het zgn. "weerbaar telen". Tot voor kort was dit het domein van de biologische teelt, maar door de problematiek ten aanzien van emissie en verkleining van het gewasbeschermingsmiddelenpakket wordt er ook door de gangbare telers gekeken naar biologische alternatieven.

De biologische teelt vindt plaats in de bodem. De bodem is ook van oudsher het meeste gebruikte medium voor de tuinbouw en er is dus het meeste van bekend qua ziekte- en plaag onderdrukkende eigenschappen.

Onderzoek naar weerbaarheid van de bodem is niet nieuw en kent een rijke historie. Het onderzoek, zoals beschreven in de internationale wetenschappelijke literatuur, werd gestart rondom 1960. Een goed voorbeeld hiervan is de wijze waarop, in een wijngaard in Frankrijk, de schade door een bodem gebonden *Fusarium oxysporum* langzaam verdween. Er werd vastgesteld dat een bacteriegroep (een bepaalde *Pseudomonas fluorescens*) en een niet-plantpathogene *Fusarium oxysporum* en diverse bodemparameters verantwoordelijk waren. Het internationale onderzoek nam daarna een enorme vlucht. Dit heeft geleid tot het ontrafelen van een hele reeks aan mechanismen van ziektevering. Op dit moment is het fenomeen bodemweerbaarheid een begrip geworden dat internationaal geaccepteerd wordt. Tot op heden wordt gezocht naar toepassingen, maar voor het grote deel resulteerde het onderzoek in het op de markt komen van (bacteriële-) antagonisten. Het ontbreekt nog aan een eenduidig model of raamwerk om bodems te kunnen classificeren op mate van weerbaarheid en vervolgens te kunnen sturen op weerbaarheid.

Wageningen UR Glastuinbouw heeft in 2011 een eerste model ontwikkeld voor grondteelten om bodemweerbaarheid te kunnen voorspellen voor *Pythium* en *Meloidogyne*. Onderzoek moet uitwijzen of dit model vertaald kan vertaald naar substraat en geldig is voor alle gronden in Nederland. Parameters hierbij zijn o.a. bacteriële bodemactiviteit, en bodemstructuur (Van der Wurff 2011). Het model kan vervolgens als een raamwerk dienen voor verdiepend onderzoek.

1.1.5 Substraten

Ook in substraten, zoals steenwol, potgrond, perliet en kokos, komt leven voor. Daarom ligt het voor de hand dat er ook gekeken wordt naar mogelijkheden voor "weerbaar substraat". In het algemeen kunnen er tot 100 miljoen bacteriële cellen per gram wortel gevonden worden in substraten zoals steenwol. Het microleven wordt aangetrokken door wortellexudaten, zoals citraat en succinaat als belangrijkste koolstofbron. Microleven kan een belangrijke rol spelen in stimulatie van planthormonen en weerbaarheid.

Koolakhan *et al.* (2004) volgde de opbouw van microleven aan tomaatwortels in steenwolmatten. Zij lieten zien dat *et al.* na tien weken een populatiegrootte aan bacteriën kan worden bereikt van 10 miljard kve per gram aan wortels (kve = kolonievormende eenheden). Bij een ander experiment met tomaat veranderde de bacteriële gemeenschap niet meer na zes weken na aanplant (Calvo-Bado *et al.* 2006). Voor schimmels ging dit beduidend trager, en pas aan het einde van een teelt werd er een dichtheid bereikt van 10.000 kve per gram aan wortels bereikt.

Zoals in grondgebonden teelten worden fluorescente pseudomonaden ook veelvuldig aangetroffen in substraat. Deze groep staat bekend om hun belangrijke rol in bodem- of substraatweerbaarheid (Raaijmakers *et al.* 2002). Ze spelen weliswaar een belangrijke rol, maar ze zijn niet de enige groep of factor die bepalend is (Calvo-Bado *et al.* 2006).

Een bekend voorbeeld van weerbaar substraat is de proef die uitgevoerd is door Postma *et al.* (2000). Zij liet zien dat hergebruikte steenwolmatten met komkommer ziekteverende eigenschappen bevatten tegen *Pythium aphanidermatum*. Deze ziektevering is biologisch van aard: door sterilisatie verdwijnt de ziektevering, en door aanenten van gesteriliseerde matten met microbiële populaties uit oorspronkelijke matten wordt ziektevering weer gedeeltelijk hersteld (Postma *et al.* 2000; 2005). Er is een poging gedaan te achterhalen welke microbiële groepen een rol spelen in deze ziektevering. Componenten die met ziektevering correleerden zijn bacteriële diversiteit en aantallen filamenteuze actinomyceten (vnl. streptomyceten; Postma *et al.* 2005).

Ziektevering is ook gevonden in komkommer waarbij meerdere teelten plaats vonden op dezelfde mat. Na een oorspronkelijke toename van de ziekte, nam na enkele teelten de aantasting af (Postma 2004). Hoewel onbruikbaar voor telers, geeft dit wel aan dat ziektevering opgewekt kan worden. In grondteelt wordt dit “*disease-decline*” genoemd, en is dit goed gedocumenteerd voor “*take-all*” in graan. Daar zorgen vooral antibiotica-producerende pseudomonaden (Raaijmakers *et al.* 2000) voor de ziektevering. Bij teruggang in aantasting bij herhaalde teelten van komkommer is het mechanisme echter nooit opgehelderd.

Opbouw van de microbiële populaties in steenwolteelten is uitgebreid onderzocht in een EU-project MIOPRODIS in de jaren 2000-2003. Binnen dit project zijn verschillende ontsmettingsmethoden met elkaar vergeleken. Hypothese was dat eventuele weerbaarheid in het substraat verloren zou gaan door een totale ontsmetting van het recirculatiewater (UV-ontsmetting) en dat bij filtratie systemen, waar niet alles afgedood wordt, het systeem zijn weerbaarheid zou behouden. Metingen toonden aan dat de diversiteit van de microflora in de matten en rond de wortels niet door de mate van ontsmetting beïnvloed werd. Bovendien waren er aanwijzingen dat vooral de plant invloed had op de microflora. Dat volledige ontsmetting geen of weinig invloed op de microflora in het systeem had, werd uiteindelijk verklaard door het feit dat een groot deel van de voedingsoplossing rond de wortels van de plant vastgehouden wordt en niet wordt ontsmet (van Os 2003). Recirculatiewater kan wel een belangrijke rol spelen als verspreider van bacteriën en schimmels (McPherson 1998).

Door Folman *et al.* (2003) is een natuurlijke vijand (antagonist) van *Pythium aphanidermatum* geïsoleerd uit de hierboven beschreven ziekteverende steenwolmatten (Postma *et al.* 2000). Deze antagonist *Lysobacter enzymogenes* was in eerste instantie alleen effectief in biotoetsen van beperkte omvang (Folman *et al.* 2004). Later is de effectiviteit van deze *Lysobacter*, indien toegevoegd samen met chitosan, wel aangetoond bij planten op steenwolblokken (Postma *et al.* 2009; Nijhuis *et al.* 2010).

Veel algemene kennis over ziektevering in substraatsystemen, de opbouw van microbiële populaties, detectie van pathogenen en ontsmettingstechnieken is samengevat in het boek van Raviv & Lieth (2008).

1.1.6 Fysisch-chemische factoren

Ophoping van organisch materiaal en bacteriegroei kan resulteren in plaatselijk lage zuurstofgehalten en mogelijk hoge en schadelijke nitrietgehalten. Dit resulteert in plantenstress en groeiremming. Het belang van zuurstof is tweeledig: allereerst is zuurstof noodzakelijk voor het functioneren van wortels; daarnaast verbruiken ook micro-organismen zuurstof (Gérard & Blok 2001). Het is de verwachting dat juist onder anaerobe (zuurstofarme condities), micro-organismen zich anders gaan gedragen en het microbiologisch evenwicht verandert.

Hoge zuurgraad in het wortelmilieu, vooral in de latere fase van de kweek, zijn geen uitzondering. Dit heeft tot gevolg dat planten sommige nutriënten minder efficiënt of geheel niet meer kunnen opnemen, en groeiremming kan optreden (De Kreij 1995). Diverse factoren zoals de stikstofbron in het voedingsmedium, substraatkeuze, watergiftregime, de microbiologie en niet in de laatste plaats de plant zelf bepalen de uiteindelijke zuurgraad in het wortelmilieu. Deze voorbeelden laten zien dat, naast de biologie, ook fysisch-chemische factoren belangrijk zijn voor het maken van een weerbare bodem of substraat.

1.3 Definitie, doelstelling en afbakening

Een duurzaam alternatief is het gebruik maken van ziekte- en plaag werende groeisubstraten. Hierbij wordt het microleven in groei-substraat zoals grond, potgrond, steenwol, perliet en kokos, gestuurd ten behoeve van:

1. een krachtige ziekte- en plaagonderdrukking;
2. een productie verhogende en sterkere plant.

Met ziektevering wordt bedoeld dat wanneer een gewas op grond of substraat geteeld wordt, er weinig schade optreedt bij aanwezigheid van het pathogeen (Baker & Cook 1974). Verreweg de meeste kennis is opgebouwd op basis van onderzoek in de bodem. Deze kennis kan worden vertaald naar substraten in teelten-los-van-de-grond.

De definitie van een weerbaar substraat wordt geënt op de mechanismen die algemeen in de wetenschappelijke literatuur geaccepteerd zijn. In de praktijk is er veelal sprake van een opeenstapeling van mechanismen waardoor weerbaarheid in de bodem optreedt (Termorshuizen & Jeger 2008; Hoper & Alabouvette 1996). Er is sprake van competitie om biologisch opneembaar ijzer en koolstof, maar dezelfde soorten die hiermee een plant-parasitaire schimmel onderdrukken kunnen ook concurreren om plaats aan de wortel. Een mooi voorbeeld hiervan is de onderdrukking van een plant parasitaire *Fusarium oxysporum* f. sp. door competitie in de bodem om koolstof en om plaats op de wortels door niet plant-parasitaire soortgenoten (*Fusarium oxysporum*). Daarnaast wordt *Fusarium oxysporum* f. sp. ook nog eens onderdrukt worden door fluorescente pseudomonaden door competitie om ijzer en door de productie van een grote diversiteit aan antibiotica (bv. phenazine en anthranilate; Anjaiah *et al.* 1998). Ook kan zowel *Fusarium oxysporum*, zoals fluorescente pseudomonaden, een rol spelen in de versterking van de plant door het aanzetten van een verdedigings mechanisme (Induced Systemic Resistance; Duijff *et al.* 1998). De mechanismen worden uitgebreid beschreven in hoofdstuk 2.

1.3.1 Definitie

1.3.1.1 Weerbaar substraat

Een weerbaar substraat is een substraat dat gebruik maakt van werkingsmechanismen, zoals in een natuurlijke omgeving aangetroffen, en daardoor een preventieve werking heeft op gewasschade door ziekten en plagen, zoals door het hinderen van substraat gebonden ziekten en plagen; door het versterken van de plant door fysieke bescherming; zoals het aanschakelen van de plant-weerstand tegen bovengrondse ziekten en plagen zoals tegen *Botrytis* en spint.

De weerbaarheid wordt hier gedefinieerd op basis van een aantal mechanismen die genoemd worden in de internationale wetenschappelijke literatuur. Veruit de meeste literatuur beschrijft het fenomeen in de bodem, maar eenzelfde mechanismen kunnen ook optreden in potgrond, steenwol en andere substraten. Hieronder (H2) staan de belangrijkste mechanismen die een rol kunnen spelen in met name de weerbaarheid van bodem, maar ook in andere groei-substraten.

1.3.1.2 Sterke plant

Een sterke plant is een plant die voldoende immuun is tegen biotische factoren, zoals boven- en ondergrondse ziekten en plagen, en bovendien adaptief kan reageren op veranderingen van abiotische factoren als temperatuur, CO₂ en licht. In beschermde teelten worden de biotische factoren dusdanig gestandaardiseerd dat er relatief weinig van het adaptieve vermogen van een plant gevraagd wordt. Echter, bij veranderingen van klimaat op dag basis, zoals instraling en luchtvochtigheid, kan dit adaptief vermogen wel degelijk een belangrijke eigenschap van een plant vormen. De resistentie tegen ziekten en plagen is in beschermde teelten wellicht nog belangrijker om een sterke en hoog producerende plant te maken. Een plant moet bij het optreden van een ziekte of plaag voldoende snel reageren, door bijvoorbeeld aanmaak van eiwitten, dat een aantasting of in het ergste geval afsterving na een aanval van een ziekte of plaag voorkomen wordt.

1.3.2 Doelstelling

De doelstelling van dit project is het in kaart brengen met behulp van een matrix/tabel van de bekende werkingsmechanismen van weerbare substraten of grond (in brede zin) en parameters die hier op van invloed zijn:

- a. de belangrijkste parameters die een grote invloed hebben op de weerbaarheid van grond en substraat, namelijk
 1. klimaatomstandigheden
 2. plant karakteristieken,
 3. substraat karakteristieken (grond, potgrond, kokos, perliet e.a.),
 4. microbiologische karakteristieken,
 5. de belangrijkste ziekten en plagen onder- en bovengronds en de bedrijfsvoering;
- b. de belangrijkste mechanismen van bodem- of substraatweerbaarheid. Voorbeelden hiervan zijn:
 1. microbiële productie van enzymen zoals celwandoplossers en antibiotica (antibacteriële stoffen) door schimmels en bacteriën,
 2. onderdrukking door sterke competitie om voedsel zoals biologisch oplosbaar ijzer en koolstof,
 3. fysieke bescherming van wortels en verhogen van de resistentie van het gewas.

1.3.3 Afbakening

De beschikbare en wettelijk toegelaten middelen worden in groepen ingedeeld op basis van hun werkingsmechanisme. Hiervoor wordt onderscheid gemaakt tussen middelen die nu in de praktijk gebruikt worden en middelen die beschikbaar zijn maar die we niet tegengekomen zijn bij het bevragen van de bedrijven genoemd in de enquête. Alleen de middelen die nu in de praktijk gebruikt worden door bedrijven die benaderd zijn voor de enquête staan in de matrix.

De groepen middelen kunnen vervolgens tegen de matrix gelegd worden. Door middel van een workshop, d.d. 6 september 2011 te Bleiswijk, voor kwekers en andere belanghebbenden, zijn op basis van de matrixtabel de mogelijkheden en onmogelijkheden op dit moment en in de toekomst van weerbare substraten geïnventariseerd, verhelderd en samengevat. Op basis van de matrixtabel, het overzicht van middelen en de workshop is een plan van aanpak gedefinieerd voor een pilotexperiment, waarbij een aantal middelen worden getoetst. Dit pilotexperiment zou dan in een vervolgproject uitgevoerd kunnen worden aangevuld met praktijkexperimenten.

1.4 Kansen en bedreigingen

1.4.1 Kansen

Weerbaar telen vormt een duurzame oplossing voor de emissieproblematiek van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater en de bodem. Daarnaast is een tijdrovend- en duur traject van wettelijke toelating niet nodig, zoals voor nieuwe gewasbeschermingsmiddelen, omdat er voornamelijk gewerkt wordt met sturing van de microbiologie dat al in substraten aanwezig is. Ook is er vanuit de maatschappij vraag naar residu-vrije producten. De aanpak biedt de sector een manier om zich (inter-)nationaal te profileren en zich op een duurzame manier te onderscheiden. De verwachting is dat dit de glastuinbouwketen een sterke economische stimulans geeft. Daarnaast kan het “weerbaar” telen leiden door de aanmaak in de plant van biologisch actieve inhoudsstoffen die samenhangen met het aanschakelen van de plantweerstand (o.a. door salicylzuur) tot een toename van smaak, gezondheid en houdbaarheid.

1.4.2 Bedreigingen

De middelen moeten getoetst kunnen worden op mate van weerbaarheidsverhoging van grond of substraten. Op dit moment is er een gebrek aan betrouwbare metingen en wordt de sector geleid door “eerste succesverhalen” van weerbare grond en substraat. Ondanks dat sommige van de teeltmaatregelen die gebruikt worden in het weerbaar telen, zoals compostthee 's, geen toelating nodig hebben, is het belangrijk dat er een preventieve toetsing beschikbaar is om problemen met ongewenste micro-organismen, zoals humaan pathogene *Salmonella*, en plant-pathogene virussen te voorkomen. Daarnaast ziet de sector mogelijkheden doordat er veel informatie over beschikbaar komt en er “succes” verhalen gehoord worden. Ondanks het brede optimistische perspectief moeten er wel op korte termijn duidelijke resultaten geboekt worden om de interesse niet te laten verwateren.

2 Mechanismen van weerbaarheid

Hieronder worden de mechanismen beschreven die betrokken zijn bij de natuurlijke wering van ziekten en plagen van gewassen. De bodem is de grootste bron van inspiratie, omdat er decaden aan onderzoek vooraf is gegaan. Voor de substraten in de teelten-uit-de-grond is er minder informatie beschikbaar, maar er zijn aanwijzingen dat dezelfde mechanismen ook een rol kunnen spelen (Amde & Bohne 2009). De middelen die op dit moment worden gebruikt binnen het “weerbaar telen” zoals toevoegingen van extracten van planten, zeewieren en compost (organische toevoegingen), antagonistische microben of meststoffen, vinden hun basis in onderstaande mechanismen.

2.1 Microbiële antistoffen

De productie van enzymen zoals celwandoplossers, antibiotica (antimicrobiële stoffen) en toxische gasvormige verbindingen door schimmels en bacteriën kunnen een belangrijke rol spelen in de onderdrukking van ziekten en plagen. Celwandoplossers zijn enzymen die in staat zijn om celwandonderdelen van een ziekte of plaag stuk te maken. Een voorbeeld hiervan is het enzym chitinase dat het chitine af kan breken in celwanden van insecten of echte schimmels (Mycota). Andere voorbeelden zijn glucanases en proteasen.

De enzymen zijn vooral betrokken bij het afbreken van complexe polymeren, zoals plantresten en ander dood organisch materiaal. Je kunt je overigens afvragen of de chitinase activiteit een directe maat is voor antagonisme of simpelweg een indicatie is voor de behoefte van microben naar complexe polymeren. Niettemin is er dus een relatie tussen chitinase producerende microben en een onderdrukking van ziekten en plagen (Pal & MacSpaden Garndener 2006). Hierdoor kan de hoeveelheid chitinolytische bacteriën gebruikt worden als een indicator voor ziektevermindering. Voorbeelden van deze soorten zijn *Lysobacter* spp. en *Myxobacteria* spp.

Antibiotica zijn stoffen die in lage concentratie al een remmende werking kunnen hebben op andere bacteriën of schimmels. Veel van deze stoffen hebben een brede werking. Een voorbeeld hiervan is pyrrolnitrine tegen o.a. *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium dahliae* en *Sclerotinia sclerotiorum* (Ligon *et al.* 2000). Andere bekende voorbeelden van antibiotica zijn 2,4-diacetylphloroglucinol (2,4-DAPG) en phenazine-1-carboxylic acid (PCA) die geproduceerd kunnen worden door pseudomonaden, en zwittermycine A door de soort *Bacillus* spp. Een overzicht wordt gegeven in **Tabel 1**. (uit Raaijmakers *et al.* 2002).

Tabel 1. Overzicht van een aantal antibiotica, geproduceerd door een bacterie (geslacht) tegen diverse ziektes (uit Raaijmakers *et al.* 2002).

Antibiotica	Geslacht	Ziekte
DAPG	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> ; <i>Thielaviopsis basicola</i> ; <i>Pythium ultimum</i> ; <i>Septoria tritici</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i>
Phenazine	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> ; <i>F. oxysporum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>G. graminis</i> ; <i>Pythium ultimum</i>
Oomycine A	<i>P. fluorescence</i>	<i>Pythium ultimum</i>
Pyrrolnitrine	diversen	<i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Fusarium sambucinum</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Verticillium dahliae</i>
DDR	<i>P. borealis</i>	<i>Tilletia caries</i> ; <i>Pyrenophora teres</i>
Viscosinamide	<i>P. fluorescence</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Pythium ultimum</i>
Butyrolactones	<i>P. aereofaciens</i>	<i>Pythium ultimum</i> ; <i>Phytophthora cryptogea</i>
N-BBS	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Pythium ultimum</i> ; <i>Botrytis cinerea</i>
AFA	<i>S. violaceusniger</i>	<i>Pythium ultimum</i>
Pantocine A en B	<i>P. agglomerans</i>	<i>Erwinia herbicola</i>
Xanthobaccins	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>Pythium ultimum</i>
AFC-BC11	<i>B. cepacia</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
Kanosamine	<i>B. cereus</i>	<i>Phytophthora medicaginis</i>
Zwittermycine A	<i>B. cereus</i>	<i>Phytophthora medicaginis</i>

Gasvormige verbindingen zoals ethyleen, allylalcohol, trimethylamine, benzaldehyde kunnen ook een onderdrukkend effect hebben in de bodem op vooral schimmels. Deze gassen worden door vooral bacteriën geproduceerd en zijn kleine moleculen die zich relatief eenvoudig in de bodem kunnen verspreiden (Gerbeva *et al.* 2011). Een ander voorbeeld is de productie van ammonium door *Enterobacter cloacae* tegen *Pythium ultimum* in katoen (Pal & MacSpaden Garndener 2006).

Een bepaalde groep fluorescente pseudomonaden, waaronder *P. fluorescence* CHAO, kan waterstofcyanide (HCN) aanmaken onder zuurstofloze omstandigheden. Deze stof remt het cytochroom oxidase en is daardoor zeer giftig voor alle organismen zoals ziekten of plagen die zuurstof nodig hebben.

Zoals in grondgebonden teelten worden fluorescente pseudomonaden ook veelvuldig aangetroffen in substraat. Deze groep staat bekend om hun belangrijke rol in bodem- of substraatweerbaarheid (Raaijmakers *et al.* 2002). Waarschijnlijk zijn deze fluorescente pseudomonaden slechts een onderdeel van ziekteonderdrukking en zijn zij niet als enige soort verantwoordelijk (Calvo-Bado *et al.* 2006).

2.2 Competitie

Competitie ontstaat als verschillende soorten gebruik maken van dezelfde omgeving of voedselbron. In de wetenschappelijke literatuur worden de termen intraspecifieke- en interspecifieke competitie gebruikt. “Intra-“ staat voor competitie binnen een soort, terwijl “inter-“ staat voor competitie tussen soorten. Het laatste is hier, in dit rapport, dus het belangrijkste. Voorbeelden hiervan zijn, de al eerder genoemde, competitie om biologisch beschikbaar ijzer en koolstof. Er is altijd wel een tekort aan voedingsstoffen in de bodem waardoor er geen ongelimiteerde groei van micro-organismen kan plaatsvinden. Het element ijzer (Fe^{3+}) is bijvoorbeeld belangrijk voor groei. Het is altijd aanwezig, maar is sterk gebonden aan de bodem en is moeilijk oplosbaar. Hierdoor is het dus ook niet opneembaar voor microleven. Bacteriën en schimmels beschikken daarom over speciale stoffen die hun helpen om ijzer oplosbaar te maken en op te nemen. Dit zijn de zgn. sideroforen (Grieks: ijzer drager). Bacteriën kunnen sneller groeien dan schimmels, en als er geen gebrek is aan voedingsstoffen, dan zijn het zeer sterke concurrenten. Schimmels zoals *Pythium* spp. en *Fusarium* spp. hebben dan geen kans om te groeien omdat het ijzer snel verbruikt wordt. Dit resulteert in een typisch voorbeeld van een weerbare bodem, namelijk, een ziekteverwekker is weliswaar aanwezig maar groeit niet uit en veroorzaakt ook geen schade. Fluorescente pseudomonaden worden veelvuldig genoemd als een groep bacteriën die verantwoordelijk is voor ziektevering door competitie met ziekteverwekkende *Fusarium*.

Naast de competitie om ijzer, vindt ook competitie om koolstof plaats tussen plantparasitaire schimmels en bacteriën, maar vooral ook tussen schimmels onderling. Een duidelijk voorbeeld van competitie is te vinden binnen de soort *Fusarium*, waarbij er soorten voorkomen die een plantparasitaire levenswijze kennen, maar ook soorten die niet van planten leven. Een goed voorbeeld hiervan is het onderzoek naar ziektevering in de wijngaard Chateau Renard (Frankrijk): dit is een klassiek voorbeeld van ziektevering (Allabouvette 1986). In deze wijngaard werd de onderdrukking van *Fusarium oxysporum* verklaard door met name de competitie om ijzer door een fluorescente pseudomonade (*Pseudomonas putida* WCS358), specifieke antagonisten en de competitie om koolstof door een niet-plant parasitaire *Fusarium oxysporum* (stam Fo47).

Trichoderma schimmels, als laatste voorbeeld, kunnen sneller groeien dan de meeste plant parasitaire schimmels en zijn daardoor belangrijk in de competitie om voedsel in de bodem. *Trichoderma* soorten overigens kunnen enorm van elkaar verschillen, waarbij bijvoorbeeld sommige wel-, en andere geen antibiotica produceren.

2.3 Verstoorde communicatie

De *Erwinia*-bacterie kan vruchtvrot veroorzaken door afscheiding van enzymen die onder meer pectine, eiwitten en cellulose kunnen afbreken. Hier spelen enzymen dus een negatieve rol voor de tuinbouw. Hiermee kan de bacterie celwanden oplossen en levend plantenweefsel aantasten. De productie van deze enzymen is afhankelijk van de grootte van de eigen populatie. Het regulatiesysteem dat bepaald of het enzym geproduceerd wordt, afhankelijk van het aantal *Erwinia* (?) bacteriën in de bodem, wordt ook wel ‘quorum sensing’ genoemd. Pas als er hoge aantallen bacteriecellen aanwezig zijn, komt de productie van deze enzymen op gang. Eén van de voordelen voor de plantparasiet kan zijn dat de plant daardoor niet meteen reageert met allerlei afweerreacties. Mutanten van *Erwinia* soorten met een defect quorum sensing systeem vertoonden een verminderde virulentie en antibiotica productie (Whitehead *et al.* 2002). Componenten van de roodalg, *Delisea pulchra* en de bacterie *Serratia plymuthica* kunnen ook in staat zijn om quorum sensing systemen van veel micro-organismen te verstoren waaronder die van *Erwinia* vruchtvrotbacteriën (Givskov *et al.* 1996, Manefield *et al.* 2006).

2.4 Fysieke bescherming

Soorten zoals endomycorrhiza of ectomycorrhiza kunnen een fysieke bescherming van de wortels geven. Een goed voorbeeld is de rol van deze schimmels in het voorkomen van infectie door wortelknobbelaatjes (Lindeman 1994). Ze spelen een grote rol in het versterken van de plant, zoals verbeterde voeding en het versterken van de wortels door het verhogen van de concentratie aan lignine. Voorbeelden hiervan zijn inoculatie van appelboompjes met *Glomus fasciculatum* en *G. macrocarpum* tegen fytoxische bacteriën en tegen *Pseudomonas syringae* op tomaat (Pal & MacSpaden Gardener 2006). In de praktijk vinden we de meeste toepassing van deze soorten in de boomteelt.

2.5 Onvindbare wortels

Als laatste voorbeeld wordt in de literatuur melding gemaakt van zgn. “onzichtbaarheid” (Engels: *stealth*). Dit betekent dat plantenwortels onzichtbaar zijn voor bodemziekten en plagen. Plant parasitaire schimmels groeien naar de wortels toe onder invloed van een stroom van wortellexudaten. Absorberend materiaal (CAC) in de bodem, zoals de niet in water opgelost organische stof fracties, kleimineralen, humaten of rhizosfeerorganismen kunnen de stroom van wortellexudaten onderbreken en daardoor “onzichtbaarheid” van de wortels veroorzaken. Ook bacteriën kunnen stoffen die uit de wortels komen, zoals vetzuren, afbreken waardoor plant pathogenen niet geactiveerd wordt. Vetzuren zijn belangrijke signaalstoffen voor het activeren van overlevingssporen, zoals oösporen en sporangia van *Pythium* en microsclerotia van *Verticillium dahliae*. Een voorbeeld is de competitie om het wortellexudaat linolzuur tussen *Pythium ultimum* en *Enterobacter cloacae* (Van Dijk & Nelson 2000). Er is in die zin overlap tussen het mechanisme competitie (2.1.2) en onvindbare wortels (2.1.5).

2.6 Geïnduceerde resistentie

Een resistentiereactie is het vermogen van planten om een ziekteverwekker te herkennen en vervolgens een verdedigingsreactie aan te schakelen. Een voorbeeld hiervan is een overgevoeligheidsreactie waardoor de plant cellen laat afsterven waardoor de ziekteverwekker wordt ingekapseld. Daarnaast kunnen afscheiding van antimicrobiële enzymen, eiwitten en zgn. fytoalexinen plaatsvinden en celwanden worden verstevigd.

Als eenmaal de overgevoeligheidsrespons geactiveerd is zijn plantenweefsels voor een langere periode minder gevoelig voor een infectie tegen een brede range van ziekteverwekkers. Dit verschijnsel wordt Systemic Acquired Resistance (SAR) genoemd. Daarbij functioneert salicylzuur als een belangrijke signaalstof in de plant (**Fig. 1**).

Deze verhoogde weerstandsreactie is echter ook zonder ziekteverwekkers aan te schakelen door blootstelling van de plant aan o.a. niet-pathogene ziekteverwekkers, meststoffen, synthetische stoffen, specifieke lichtspectra (UV-C, rood licht) of zelfs vluchtige organische stoffen. Dit wordt geïnduceerde resistentie genoemd. Dit stelt een plant in staat om op het moment dat een ziekteverwekker probeert binnen te dringen het immuunsysteem in een hogere versnelling te brengen en met meer immuunstoffen te reageren.

Hieronder volgen enkele voorbeelden van geïnduceerde resistentie uit de literatuur en resultaten van proeven bij Wageningen UR Glastuinbouw.

Niet-pathogene ziekteverwekkers zoals wortelbacteriën en mycorrhiza's kunnen ook een belangrijke rol spelen bij het aanschakelen van een resistentiereactie die onder meer via de wortels wordt geïnitieerd. Dit wordt Induced Systemic Resistance (ISR) genoemd. Voorbeelden hiervan zijn *Bacillus mycoides* met de productie van peroxidase, chitinase en beta-1,3-glucanase in suikerbiet, *Pseudomonas fluorescence* WCS417 in tomaat door de productie van lipopolysacchariden en *Serratia marcescens* 90-166 in komkommer door de productie van sideroforen (Pal & MacSpadden Gardener 2006). Recent onderzoek van Wageningen UR Glastuinbouw laat zien dat *Pseudomonas fluorescens* bacteriën in komkommer resistentie tegen spint kunnen induceren (Messelink *et al.* 2010). Gemiddeld geeft dit een groeiremming van spintpopulaties van twintig procent. In combinatie met de bestrijder, de roofmijt *Phytoseilus persimilis*, werd spint aanzienlijk beter bestreden dan op planten die niet geïnduceerd waren.

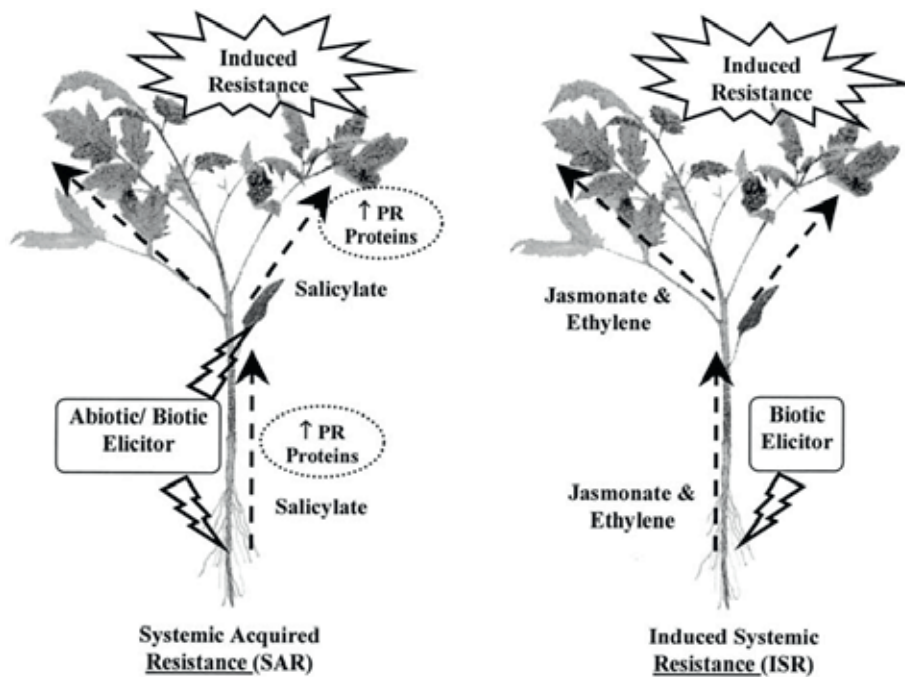
Chemisch zijn planten eveneens in een verhoogde staat van paraatheid te brengen (zgn. *primen*) door lage hoeveelheden van salicylzuur, jasmonzuur of β -aminoboterzuur te doseren (Pieterse & Dicke 2007). Ook meststoffen op basis van H_3BO_3 , $CuSO_4$, $MnCl_2$ of $KMnO_4$, fosfaat en fosfietachtige verbindingen (kaliumfosfiet) kunnen dienen als schakelaar voor het aanzetten van het verdedigingsmechanisme (Reuveni & Reuveni 1998).

Er zijn steeds meer aanwijzingen dat ook vluchtige organische stoffen (VOCs) een bijdrage kunnen leveren aan een geïnduceerde weerstand. Niet alleen tegen vraat door herbivoren, maar ook tegen schimmels, zoals echte meeldauw (Pieterse & Dicke 2007).

In substraatsystemen is er steeds meer belangstelling voor het gebruik van electrochemisch geactiveerd water. Bladbespuitingen met actief water kunnen een bepaalde stressreactie in gang zetten, waardoor de plant meer vrije aminozuren en fenolachtige verbindingen gaat aanmaken en hierdoor minder gevoelig wordt voor ziekteverwekkers (Nobuo *et al.* 2003).

Van UV-C licht zijn zowel lokale als systemische effecten bekend. Zowel planten als producten (bijv. wortels, tomaat) vertonen na behandeling meer antioxidanten, fenolachtige verbindingen en weerstandseiwitten en zijn daardoor minder gevoelig voor infectie ten opzichte van onbehandelde producten (Charles *et al.* 2009, Kunz *et al.* 2008).

De verschillende signaalroutes in een plant zijn met elkaar verbonden en communiceren via signaalstoffen met elkaar. Hierdoor kan het beïnvloeden van de jasmonzuur route een negatief effect hebben op de salicylzuur route en andersom. *Botrytis* maakt hier bijvoorbeeld handig gebruik van door zelf de salicylzuur-aanmaak te stimuleren, zodat de jasmonzuur productie op een lager niveau komt en de plant gevoeliger is voor infectie (El Oirdi *et al.* 2011). Bij het stimuleren van één van de signaalroutes blijft het dus belangrijk om te onderzoeken wat de neveneffecten hiervan zijn op andere-, niet-doel organismen.



Figuur 1. Overzicht van twee belangrijke signaalroutes in planten. Links is de signaalroute die vooral wordt aangestuurd als de plant belaagd wordt door biotrofe organismen, zoals echte meeldauw, bacteriën en virussen. Rechts is de signaalroute die wordt aangestuurd als de plant belaagd wordt door necrotrofe organismen, zoals *Botrytis*, *Phytophthora*, *Alternaria* en (floëemzuigende) insecten (uit Vallad & Goodman 2004).

2.7 Vraatremming en celwandversterking

Weerbaarheid van planten tegen bovengrondse belagers kan vergroot worden door vraatremmende of celwand verstevigende nutriënten in het substraat. Uit onderzoek is bijvoorbeeld bekend dat mangaan een belangrijke rol speelt in het weerbaar maken van de plant. Mangaan is betrokken bij aanmaak van lignine en fenol en is belangrijk voor o.a. de fotosynthese. Calcium speelt een directe rol in de weerbaarheid, tegen o.a. *Botrytis*, *Pythium*, *Sclerotinia* en *Fusarium* (Graham 1993), waarschijnlijk doordat het betrokken is bij de aanmaak van de celwand. Hoge stikstofniveaus maken planten juist weer gevoeliger voor plagen als bladluis en trips en kunnen ook effect hebben op de biologische bestrijding (Chau *et al.* 2005; Chen *et al.* 2010). Het is al langer bekend dat silicium de planten weerbaarder kan maken tegen *Botrytis*, echte en valse meeldauw (cf. literatuurverwijzingen in Hofland-Zijlstra 2011; Blok *et al.* 2011), maar recent is ook gevonden dat bladluis, witte vlieg en spint vlieg geremd kunnen worden door silicium (Ranger *et al.* 2009, Gatarayihya *et al.* 2010). Bepaalde composten kunnen naast nutriënten ook organische fenolen bevatten die remmend werken op bovengrondse plagen als bladluis, wolluis en spint (Edwards *et al.* 2010).

2.8 Wegvangen stoffen die groeiremming of fytotoxiciteit geven

Ook groeiremming door bv. plantsoorteigen stoffen (autotoxiciteit of allelochemicaliën), bacteriële omzettingsproducten of andere toxische stoffen kan een belangrijk probleem vormen, zoals in de teelt van roos op substraat. Autotoxiciteit is vooral bij pioenroos (Slootweg *et al.* 2010) en asperge aangetoond als een belangrijk bron van groeiremming. De plant zelf is verantwoordelijk voor de productie van deze, vaak kleine en gemakkelijk in de bodem verspreidende, moleculen. De plant verspreidt deze stoffen om competitie om licht, ruimte en voedsel met soortgenoten te voorkomen.

Een bekend bacterieel omzettingsproduct dat groeiremming kan veroorzaken is nitriet. Dit wordt gevormd onder zuurstofloze omstandigheden met voldoende organisch materiaal. Dit proces wordt denitrificatie genoemd.

Ook van een aantal micro-organismen, die gebruikt worden als natuurlijke vijand van een ziekte of plaag, is bekend dat er fytotoxiciteit kan optreden. Een voorbeeld is de bacterie *Pasteuria penetrans* tegen het wortelknobbelaaltje (Meloidogynidae) in chrysant (Van der Wurff *et al.* 2010). Deze bacterie is niet wettelijk toegelaten als gewasbeschermingsmiddel.

Op zich is groeiremming op te lossen door deze moleculen uit te spoelen. Bij systemen, zoals roos, die gesloten zijn of waarbij vaak gerecirculeerd wordt kan het wel problemen opleveren (Van Staalduinen 2010). Een aanpak die alleen in substraatteelten te realiseren is, is het werken met peroxide (Van Staalduinen 2010).

3 Interacties binnen weerbaarheid en plantsterkte

In dit hoofdstuk beschrijven we verschillende bodem- en substraateigenschappen die van invloed zijn op de bodemkwaliteit en de bodemgezondheid, en specifiek ziekteverwerendheid. In een literatuurstudie uitgevoerd door Cuijpers (Cuijpers *et al.* 2008) wordt uitgebreid ingegaan op de verschillende definities die we kunnen hanteren en het onderscheid tussen bodemkwaliteit en bodemgezondheid. Bodemkwaliteit is vooral gekoppeld aan wat wij van de bodem verwachten voor de productie van gewassen. Eigenschappen zoals vochthoudend vermogen, doorwortelbaarheid, draagkracht zijn hierbij van belang. Bodemkwaliteit is een breder begrip dan bodemgezondheid. Bij bodemgezondheid wordt vooral ook naar de vitaliteit van de bodem gekeken en het vermogen om te reageren op een veranderende omgeving. Deze definities hebben vooral betrekking op de bodem als grond-, of groeisubstraat.

In de tuinbouw wordt voor een deel uit de grond geteeld in een natuurlijk of kunstmatig substraat. De begrippen kwaliteit, gezondheid en ziekteverwerendheid zijn ook voor substraatteelten van toepassing.

In dit hoofdstuk wordt bestaande informatie beschreven met betrekking tot de rol van nutriënten (abiotisch) en microbieel bodemleven (biotisch) binnen ziekteverwerendheid. Specifiek voor microbieel bodemleven wordt ook de rol van substraattypen in combinatie met de gewassen die er op geteeld worden belicht. Het is duidelijk dat natuurlijke wering van ziekten en plagen van gewassen zich kenmerkt door een veelvoud van interacties, waarbij er een samenspel is van diverse mechanismen (zoals beschreven in H 3.1), waarbij de bodemeigenschappen van groot belang zijn. Met andere woorden: toediening van middelen zal des te efficiënter zijn indien rekening wordt gehouden met de nutriënten samenstelling in de bodem, hoeveelheid organisch materiaal, het bodemleven, substraattype en uiteraard de diverse abiotische factoren.

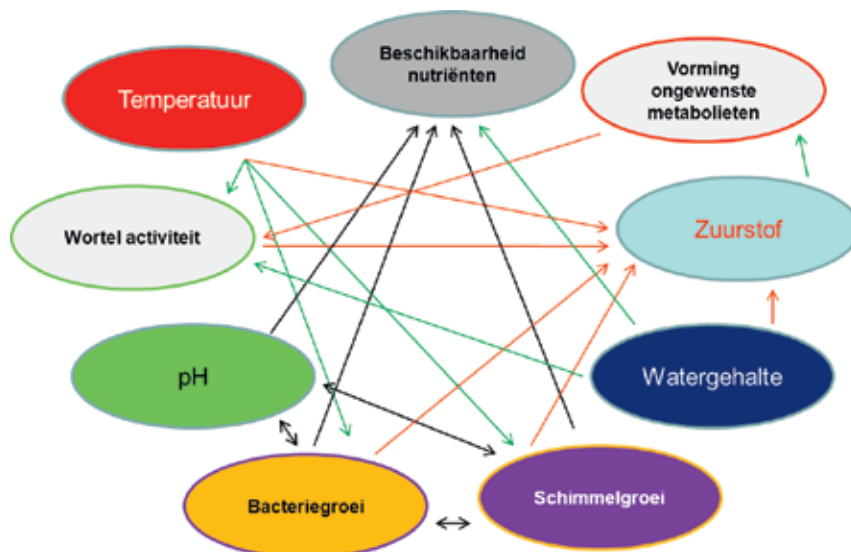
3.1 Bodemweerbaarheid: een stapeling van mechanismen

Het ziekte onderdrukkend vermogen van de grond is een ingewikkeld fenomeen. Dit wordt geïllustreerd met het soms ogenschijnlijk onvoorspelbare succes van diverse ondergrondse natuurlijke vijanden. Een voorbeeld is de schimmel *Trichoderma* sp. Het kan effectief zijn tegen een groot aantal ziekteverwekkende schimmels (Mycota) zoals *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, en andere schimmelachtige (Oömyceten) zoals *Pythium* en *Phytophthora*. Het is niet altijd duidelijk waarom in sommige gevallen de weerbaarheid door *Trichoderma* wel, en in andere gevallen niet goed werkt. Een voorbeeld is voetrot (*Fusarium avenaceum*) in lisianthus (*Eustoma* sp.). Bij lisianthus blijkt een behandeling met *Trichoderma* soms goed te werken, maar in andere gevallen veel minder. De mechanismen van ziekteverwering hangen sterk af van de interacties tussen bodemleven, fysische gesteldheid van de grond, zoals bacteriën en organisch materiaal.

Bacteriën kunnen een direct onderdrukkend effect hebben op *Trichoderma*, of een indirect effect door competitie met andere bacteriën voor voeding. Bacteriën, zoals Pseudomonaden, staan bekend om de productie van fungiciden (ook bodem fungistasis genoemd). Deze stoffen worden alleen aangemaakt als er voldoende pseudomonaden aanwezig zijn (stimulering via DAPG ook tussen soorten). Dit betekent dat het vaststellen van de aanwezigheid van deze groep in de bodem op zich niet genoeg is (identiteit), want het gaat immers om de activiteit, namelijk de productie van onderdrukkende stoffen gericht tegen de ziekteverwekker (de functie).

In biologische *versus* gangbaar (d.i. met bestrijdingsmiddelen) opgekweekte lisianthus was het effect van *Trichoderma harzianum* tegen *Fusarium* voetrot in bio-lisianthus minder groot. Op de bio-lisianthus werd door de producent van *Trichoderma* een grotere diversiteit aan bacteriën aangetroffen wat kan duiden op een (in)direct effect door competitie voor voedsel of door giftige bacteriële stoffen. Ondanks dat *Trichoderma*'s bekend staan om hun snelle metabolisme in vergelijking tot andere schimmels, kunnen ze de competitie om voedsel met bacteriën in het algemeen niet aan. Dit laatste heeft ook te maken met de hoeveelheid *organisch materiaal*. Organisch materiaal is de motor, de energievoorziening, van de grond en veel bodemprocessen zijn hiervan afhankelijk. Vooral bacteriën reageren met een snelle toename in aantal als organisch materiaal wordt toegediend. Bij intensieve bewerking van de grond krijgen schimmels minder kans en nemen bacteriën het snel over. Kortom, het succes van *Trichoderma* spp. hangt af van diverse factoren, zoals fysische gesteldheid van de grond, porie volume, de mate en manier van grondbewerkingen, organisch materiaal, bestrijdingsmiddelen en de bacteriële gemeenschap.

Evenzo zal voor andere middelen en maatregelen die bedoeld zijn om de plantweerbaarheid te verhogen gelden dat het effect afhangt van diverse factoren, die onderling nauw verweven zijn (zie Figuur 2.). Een optimaal effect zal daarom worden verkregen indien de diverse interacties worden begrepen, relevante parameters kunnen worden gemeten en sturing mogelijk is.



Figuur 2. Interacties tussen verschillende biotische en abiotische (niet-levende) factoren in substraten en grond. (Bron Fytogoras 2011; zie ook Honkoop 2011). De groene lijn staat voor een positieve invloed en een rode lijn voor een negatieve invloed.

3.2 Nutriënten

Janvier (2007) heeft een uitgebreid overzichtsartikel geschreven waarbij de rol van abiotische factoren en ziekteverendheid aan de orde komt. Cuijpers *et al.* (2008) hebben een samenvatting van deze beschreven resultaten weergegeven in het eerder genoemde rapport uit 2008. Wat hierbij duidelijk wordt is dat er voor verschillende fysische of chemische parameters positieve relaties gevonden zijn met ziekteverendheid.

Hoger stikstof gehalte in de bodem is gecorreleerd met ziekteverendheid tegen verschillende ziekteverwekkers waaronder vrijlevende aaltjes, *Pseudomonas syringae*, *Gaeumannomyces graminis*, *Rhizoctonia solani* en *Fusarium* sp (Janvier *et al.* 2007). Echter, het stikstofgehalte in de bodem was negatief gecorreleerd met ziekteverendheid van erwten tegen *Fusarium solani* f.sp. *pisi*.

Een belangrijke verhouding die veelvuldig wordt genoemd in de literatuur is de concentratie aan stikstof (N) en de verhouding NH_4 : NO_3 . Schade door *Fusarium* vrucht- en voetrot neemt toe in tomaat zaailingen op steenwol bij een toename van NH_4 en verminderde bij een relatieve toename van NO_3 . Bij een hoeveelheid stikstof (N) van meer dan 100 mg per liter nam de schade weer toe. Bij een proef met *Pythium* in komkommers varieerde de uitval van 22% tot 94% afhankelijk van de NH_4 : NO_3 in samenhang met de zuurgraad (Raviv & Lieth 2008).

Hoger koolstof (C) gehalte was positief gecorreleerd met ziekteverendheid tegen *Fusarium culmorum* op gerst, *Pythium* in tomaat en *Fusarium solani* f.sp. *pisi* op erwten. Maar een hoger koolstof (C) gehalte van de bodem leverde op erwten een zwaardere aantasting op van *Thielaviopsis basicola*. Voor organische koolstof werden vergelijkbare resultaten gevonden waarbij er zowel sprake kon zijn van ziekteverendheid als van een verhoogde gevoeligheid.

Voor verschillende kationen in de bodem (Mg, K, Al, Fe, Na Zn) is ook met regelmaat aangetoond dat een hoger niveau gecorreleerd is met verhoogde ziekteverendheid.

Bovengenoemde voorbeelden hebben specifiek betrekking op de rol van nutriënten op de ontwikkeling van ziekteverendheid in de bodem. Nutriënten zijn natuurlijk belangrijke bouwstenen voor de plant en te veel of te weinig van een bepaald element heeft vaak een direct gevolg op de weerstand van het gewas tegen een ziektebelager. Bekend voorbeeld is calcium (Ca) dat een belangrijke rol speelt in de celwandstructuur. Calcium gebrek kan resulteren een verhoogde gevoeligheid tegen bijvoorbeeld *Botrytis*. Vergelijkbare voorbeelden zijn er ook te geven voor andere elementen en er zijn dan ook hele boeken over dit onderwerp geschreven.

3.3 Organisch materiaal

Er zijn zeer veel onderzoeken naar het effect van organisch materiaal toevoegingen aan bodem of substraat in relatie tot ziekteverendheid. In een recent review door Bonanomi *et al.* (2010) wordt een overzicht gegeven van dit onderzoek. Wat hierbij opvalt, is dat de resultaten die verkregen worden door organische toevoegingen vaak inconsistent zijn. Een bepaald compost kan tegen de ene ziekteverwekker duidelijk onderdrukkend werken, terwijl een andere ziekteverwekker juist bevordert wordt. Deze inconsistentie maakt het moeilijk om algemene richtlijnen op te geven ten aanzien van de ziekteverendheid van bijvoorbeeld composten. Ook wanneer de samenstelling van de compost bekend is, is het vaak onmogelijk om op voorhand een effect te voorspellen.

Een ziekteverende werking van organische toevoegingen kan op verschillende principes berusten namelijk; toenemende activiteit van microbiële antagonisten, competitie met ziekteverwekkers om stoffen die de ontwikkeling van schimmels (fungistasis) beïnvloeden, vrijkomen van schimmeldodende stoffen bij het afbreken (decompositie) van het organisch materiaal en het induceren van de weerbaarheid van de plant (Bonanomi 2010).

Omdat deze vier principes naast elkaar kunnen voorkomen in een bepaalde situatie, is het ook aannemelijk dat in dezelfde situatie de ene ziekteverwekker geremd wordt terwijl een andere juist gestimuleerd wordt. Dit is duidelijk naar voren gekomen in onderzoek uitgevoerd door Termorshuizen *et al.* (2006). In dit onderzoek zijn er meer dan tien verschillende compostmengsels getest. Iedere compost had een eigen uniek effect op de ziekteverendheid. Bonanomi (2007) beschrijft, in een overzichtsartikel, uitgebreid de verschillende aspecten van organische toevoegingen die een rol spelen bij het onderdrukken van schimmelziekten van planten. In dit artikel worden organische toevoegingen onderverdeeld in verschillende typen te weten, vers organisch afval, compost, gewasresten en veen. In het algemeen gaf organisch afval een grotere mate van ziektevering dan compost, gevolgd door gewasresten en veen. Met betrekking tot de ziekteverwekkers zagen zij dat *Verticillium dahliae* en *Thielaviopsis basicola* het best onderdrukt werden door organische toevoegingen, terwijl *Rhizoctonia solani* het minst beïnvloed werd. Vaak was de ziekteverendheid gerelateerd aan een onderdrukking van de populatie van ziekteverwekkende schimmels (Bonanomi 2007). Dit is vooral het geval bij toevoeging van organisch afval en gewasresten. In het geval van compost toevoegingen is de ziekteverendheid vaak het gevolg van fungistasis of verhoogde weerbaarheid van het gewas.

Veensubstraten hebben goede eigenschappen ten behoeve van de groei van een gewas, echter ze bevatten weinig potentie voor ziekteonderdrukking.

3.4 Micro-leven

Er bestaat geen twijfel over de rol van microbiel bodem- en substraatleven in ziekteverendheid. Zowel met betrekking tot algemene ziekteverendheid, als bij specifieke ziekteverendheid spelen bodemorganismen, en vooral het microbiële bodemleven, een belangrijke rol (Janvier *et al.* 2007).

Er zijn verschillende methoden om de hoeveelheid microbiel bodemleven vast te stellen. Hierbij kan totaal microbiel bodemleven bepaald worden, maar er kunnen ook tellingen uitgevoerd worden waarbij specifieke groepen geteld worden. Technieken die gehanteerd worden zijn onder andere, kweekmethoden, microscopische technieken gekoppeld aan specifieke kleurmethoden, enzymatische bepalingen en meer recent worden ook steeds vaker DNA technieken ingezet om de hoeveelheid en de samenstelling van het bodemleven te bepalen.

Wanneer verschillende niveaus ("wie eet wie") van het bodemleven bepaald worden, en er wordt ook naar onderlinge verhoudingen gekeken, dan spreken we over bodemvoedselweb analyse. Uit het overzichtsverhaal van Janvier (2007) komt duidelijk naar voren dat een toename van verschillende kwantitatieve microbiële parameters correleert met ziekteweerbaarheid. Dit geldt niet alleen voor toename van absolute hoeveelheden microbiële bodemleven maar ook voor de diversiteit die er gevonden wordt.

De algemene gedachte is dat een toename van het microbiële bodemleven resulteert in competitie in de bodem die nadelig is voor ziekteverwekkers (onderdrukking; zie H2).

Diversiteit wordt vaak ook gerelateerd met een verhoogde ziektewerendheid. Hoe meer soorten of groepen organismen aanwezig zijn, des te meer ziektewerend is de bodem. Dit heeft te maken met de kans dat er soorten aanwezig zijn die een rol spelen in ziektewering. Hoe meer verschillende soorten er in de bodem zijn, des te groter de kans dat er eentje tussen zit die een hogere bodemweerbaarheid veroorzaakt. Een bodemvoedselwebanalyse is dus een indirecte methode om de ziektewerendheid van de bodem te kunnen voorspellen.

Maatregelen om de ziektewerendheid van een bodem te verhogen werken in de meeste gevallen via een verrijking van het bodemleven en het bodemvoedselweb. Bodemvoedselwebanalyse zijn dus vaak een eerste indicatie of beoogde effecten gerealiseerd worden.

3.5 Effect substraatype en gewas op micro-leven

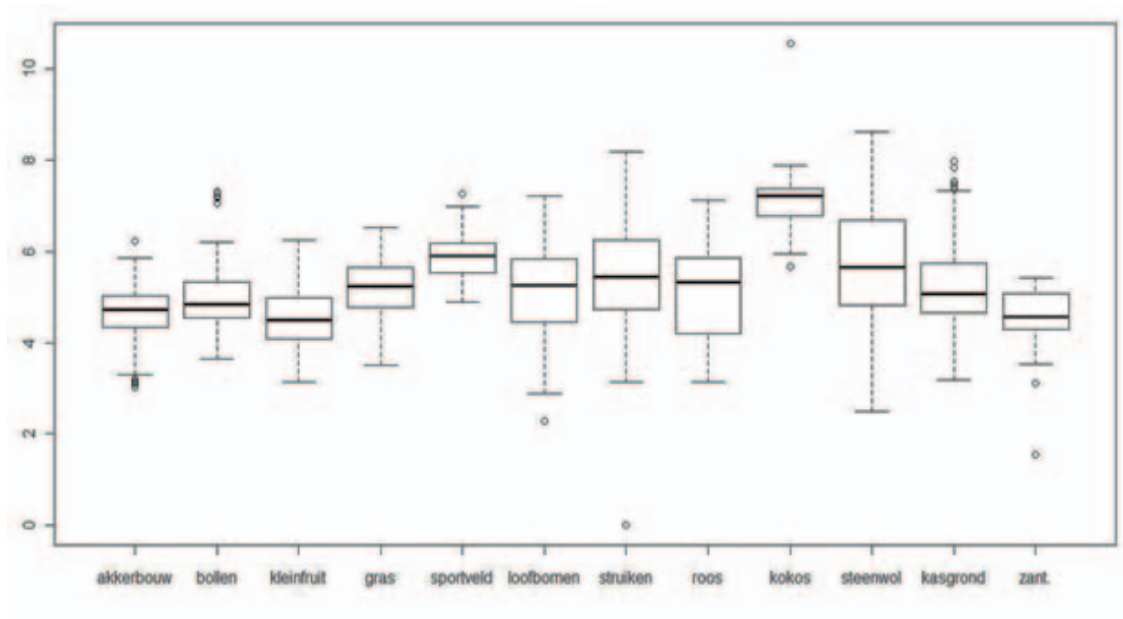
Dat micro-leven een belangrijke rol speelt binnen weerbaarheid is duidelijk weer gegeven in de voorafgaande hoofdstukken. Het is dus belangrijk om te weten waardoor de samenstelling van het micro-leven beïnvloed wordt. Dit geldt voor o.a. antagonisten, maar ook voor micro-leven dat verantwoordelijk is voor competitie met de ziekte of plaag.

Grondsoort en beplanting bepalen in belangrijke mate de samenstelling van het bodemleven (Bezemer *et al.* 2010). Er is een uitgebreide analyse uitgevoerd (Jos Wubben, pers. mededeling) op een groot aantal bodemvoedselweb analyses, waarbij gekeken is naar de rol van substraatype en gewas op de samenstelling van het bodemvoedselweb. Deze analyse zijn zowel voor open teelten als voor kasteelten uitgevoerd. Bij deze analyses is geen rekening gehouden met eventuele teeltmaatregelen die een boer of tuinder uitgevoerd heeft om het bodemleven te stimuleren.

Voor de bodemvoedselweb analyse worden verschillende parameters bepaald namelijk de actieve bacteriële biomassa, de totale bacteriële biomassa, de actieve schimmel biomassa, de totale schimmel biomassa, de diameter van schimmeldraden, het aantal protozoën onderverdeeld in flagellaten, ciliaten en amoeben, het aantal en samenstelling van nematoden populaties en mycorrhiza bezetting van de eventueel aanwezige wortels.

Met deze bepalingen kunnen ook onderlinge verhoudingen berekend worden en deze worden ook op verslag weergegeven. In de statistische analyses die uitgevoerd zijn op alle analyses zijn uitsluitend resultaten meegenomen wanneer minimaal vijftien verschillende monsters van een type substraat en gewas beschikbaar waren.

Bij een eerste analyse werd duidelijk dat er een groepsindeling gemaakt kon worden op basis van herkomst en overeenkomstige resultaten. Voor verschillende vruchtgroente gewassen bleek dat het substraatype meer van invloed was op de samenstelling van het bodemleven dan het gewas dat geteeld werd. Het bodemleven van een paprikagewas op kokos vertoonde meer overeenkomsten met het bodemleven van een tomatengewas op kokos dan met een paprikagewas op steenwol. Een voorbeeld van een analyse op basis van de hoeveelheid schimmel biomassa in het monster is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3. Boxplot met waarbij voor verschillende herkomst de hoeveelheid schimmelbiomassa in het monster berekend is. De dikke balk geeft de gemiddelde waarde aan. (Bron Jos Wubben, Blgg AgroXpertus).

Kokos wordt sneller gekoloniseerd door schimmels. Evenzo vertoont een tomatengewas op steenwol meer overeenkomsten met een paprika of komkommengewas op steenwol dan met een tomatengewas op kokos. Op basis van deze resultaten is een nieuwe groepsindeling gemaakt. Het gemiddelde bodemleven voor deze groepen is in onderstaande tabel weergegeven (Tabel 2.).

Tabel 2. Effect van substraattypen op de samenstelling van het microbiële leven in het substraat. Aantal plusjes is de relatieve hoeveelheid / aantal voor de verschillende substraten.

	actieve bacteriële biomassa	totale bacteriële biomassa	actieve schimmel biomassa	totale schimmel biomassa	diameter van schimmel-draden	protozoën flagellaten	protozoën amoeben	protozoën ciliaten	totaal aantal aaltjes
kokos	++	++	++	++	+	++	++	++	+++
steenwol	++	++	+	+	+	+ / ++	+ / ++	+	+
kasgrond	+	++	-/+	+	++	++	++	+ / ++	++
roos	+ / ++	++	+	+	+	+	+	+	+
zantede-schia	+	+	-/+	+	++	+ / ++	+ / ++	+ / ++	++

Kokos is als substraat rijk aan bodemleven. Dit geldt zowel voor bacteriën en schimmels, als voor protozoën en de aaltjes. Steenwol is wel rijk aan bacterieleven maar de hoeveelheid schimmel biomassa blijft bij steenwol achter ten opzichte van kokos. Ook de aantallen protozoën en aaltjes zijn bij steenwol lager dan bij kokos. Kasgrond is vooral lager in totale schimmel biomassa.

Opvallend is dat de diameter van de schimmeldraden bij kasgrond hoger is dan bij kokos en steenwol. De diameter van de schimmeldraden zegt iets over de soortensamenstelling van de schimmelbiomassa. Roos en Zantedeschia zijn hier als aparte groepen weergegeven omdat de waarden duidelijk afwijkend waren. Roos is meerjarige teelt, voornamelijk op steenwol. Met de jaren neemt de hoeveelheid dood wortelmateriaal in de steenwolmat toe en dit is mogelijk een verklaring voor de afwijkende waarden. Zantedeschia wordt in kasgrond geteeld en deze teelt vertoont ook veel overeenkomsten met andere kasgrond teelten, echter de bacteriële biomassa is bij Zantedeschia aanzienlijk lager.

In deze dataset ontbreekt informatie om uitspraken te kunnen doen over andere substraattypen zoals over veensubstraat of perliet. In onze analyses is geen rekening gehouden met de gewasleeftijd die op het substraat geteeld is. Calvo-Bado *et al.* (2006) laten zien bij hun onderzoek aan tomaat in steenwol dat zes weken na aanvang van de teelt al een redelijk stabiele microbiële populatie aanwezig is.

Vooraf over het effect van veensubstraat op de samenstelling van het bodemleven is veel informatie in literatuur beschreven. In literatuur zijn diverse onderzoeken beschreven waarbij het effect van type teeltsubstraat op samenstelling van het bodemleven aan de orde komt. Deze resultaten worden bevestigd door onderzoek uitgevoerd door Koohakan *et al.* (2004). Zij zien eveneens dat een kokossubstraat relatief rijk is aan schimmel biomassa terwijl een steenwolsubstraat verhoudingsgewijs rijker is aan bacterie biomassa.



Figuur 4. Interacties tussen verschillende groepen bodemleven. (Bron Blgg AgroXpertus).

De samenstelling van de organische stof in substraten is van doorslaggevende betekenis. Bij hoge gehalten aan stikstof overheersen bacteriën. Schimmels zijn afhankelijk van het aanbod aan grotere, niet door bacteriën te verteren koolstofverbindingen. Hierbij is de kwaliteit van de organische stof, dus de verteerbaarheid van het materiaal door de betreffende schimmel, van doorslaggevend belang voor de verteringssnelheid (Blok *et al.* 2011). Eerder onderzoek liet al aanwijzingen zien dat de organische stof in fracties wordt afgebroken door micro- organismen (Weerheim & Blok 2008). Het is te verwachten dat de verteringssnelheid samenhangt met de omvang van de ondersteunde populatie micro- organismen.

Ook is er een duidelijke relatie tussen ziekte en plaag en het type substraat. Zo toetste Van der Gaag *et al.* (2002) het effect van steenwolmatten, perliet, kokos en puimsteen op de ziekteverwekker *Pythium aphanidermatum* in komkommer. Ze concludeerde dat steenwol een zeer lage weerstand heeft tegen *Pythium*. De verschillen tussen kokos, puimsteen en perliet waren klein, maar toch verwachten ze een hogere weerstand in kokos door een actiever micro-leven. Verschil in zuurstof of temperatuur tijdens deze proeven in de diverse substraten lieten geen relatie zien met uitval door *Pythium*. Ze concluderen dat het risico op *Pythium* duidelijk verminderd kan worden door de substraatkeuze.

3.6 Temperatuur

In het wortelmilieu zijn niet alleen de individuele factoren van belang voor succes. Vooral de samenhang en balans tussen de diverse factoren lijkt essentieel. In het kennen van deze factoren en begrijpen hoe deze samenhangen, ligt een sleutel tot een succesvoller weerbare teelt. In dit hoofdstuk wordt de rol van temperatuur in het wortelmilieu behandeld in hun samenhang met gewas, microbiologie en teeltmedium of substraattype.

3.6.1 Relatie tot gewas

Het metabolisme van plantenwortels wordt door diverse factoren beïnvloed. Ook temperatuur speelt hier een belangrijke rol in. Naarmate de temperatuur stijgt, zal ook het metabolisme toenemen tot een zeker maximum. Naast het metabolisme wordt ook de worteldruk voor een groot deel bepaald door de temperatuur in de wortelomgeving.

Een optimale worteltemperatuur heeft ook invloed op de groei van het gewas. Bij roos is op hydrocultuur aangetoond dat een verhoogde temperatuur van 20 °C naar 26 °C een positieve invloed heeft op de ontwikkeling van zowel aantal als drooggewicht van de scheuten (Dieleman 1998). Fytogoras heeft aangetoond dat een verhoogde worteltemperatuur ook bij paprika leidt tot grotere planten met hoger nat- en drooggewicht. In dit experiment werden paprikaplanten op hydrocultuur gekweekt bij worteltemperaturen van resp. 22, 26 en 28 °C overdag (PT rapport “Wortelfunctie glasgroenten” 2010).

De hoeveelheid maar ook het type uitgescheiden wortellexudaten wordt niet alleen bepaald door de hoeveelheid licht die het gewas ontvangt maar ook de worteltemperatuur heeft hierop een grote invloed. Zo zijn bij komkommer bij verschillende temperaturen significante verschillen gevonden in de samenstelling en hoeveelheid van fytotoxische exudaten. Bij 30 °C kwamen meer van deze exudaten vrij dan bij 25 °C. Ophoping van deze exudaten leidde tot remming van de wortelgroei (Pramanik 2000).

3.6.2 Relatie tot micro-organismen

Evenals bij planten is ook het metabolisme en de groei van de populatie aan micro-organismen afhankelijk van de temperatuur. Bij diverse pathogenen is uitgebreid onderzoek gedaan naar de invloed van temperatuur op het door hen veroorzaakte ziektebeeld. Aantasting van zaden door *Pythium ultimum* blijken in diverse gevallen sterker te zijn bij lagere bodemtemperaturen. Zo bleken zaden van suikerbiet en watermeloen bij een temperatuur tussen 30 en 35 °C minder te worden aangetast dan bij temperaturen tussen de 12 en 25 °C (Leach 1947). Ook bij bonen werd een minder sterk ziektebeeld geconstateerd bij hogere temperaturen (27 to 28 °C) dan bij temperaturen onder de 21 °C (Piecarka & Aabawi 1978, Sippell & Hall 1982).

De intensiteit van het ziektebeeld bij bepaalde temperaturen verschilt ook per waardplant. Zo vindt aantasting van zaden door *P. ultimum* plaats tussen de 15 en 25 °C bij tarwe, tussen de 10 en 25 °C bij linzen en tussen 5 tot 25 °C bij erwt (Ingram & Cook 1990).

In een onderzoek is de relatie van onder andere temperatuur en weerbaarheid tegen *Pythium* in met *Trichoderma* sp. behandelde kleigrond bepaald. Bij een temperatuur van 19 °C was de weerbaarheid van deze grond aanzienlijk lager dan bij een temperatuur van 26 °C (Ahmad & Baker 1986) .

Phytophthora cryptogea heeft in vitro een optimale groei tussen 20 en 25 °C, maar werd boven de 30 °C volledig onderdrukt. De meeste zoösporen kwamen vrij bij 10 °C (Kennedy & Pegg 1990). De ernst van ziektebeelden bij tomatenteelten op steenwol geïnfecteerd met *P. cryptogea* bleek sterk afhankelijk van de temperatuur. Bij een teelt bij 15 °C traden zeer sterke ziektebeelden maar bij 25 °C bleven de planten symptoomvrij.

De indruk ontstaat dat een optimale worteltemperatuur een belangrijke factor is in het onderdrukken van door *P. cryptogea* ontstane ziektebeelden ondanks dat de optimum groeitemperatuur van dit pathogeen in dit geval in hetzelfde temperatuurbereik ligt als dat van de plant.

Dit beeld zien we in meerdere onderzoeken terugkeren. In veel gevallen treden ziektebeelden op onder of juist boven de optimale worteltemperatuur voor het gewas. Een optimale groei van *Pythium aphanidermatum* ligt bijvoorbeeld boven de 30 °C terwijl ziektebeelden juist vaak bij een veel lagere, maar voor de plant minder optimale temperatuur optreden.

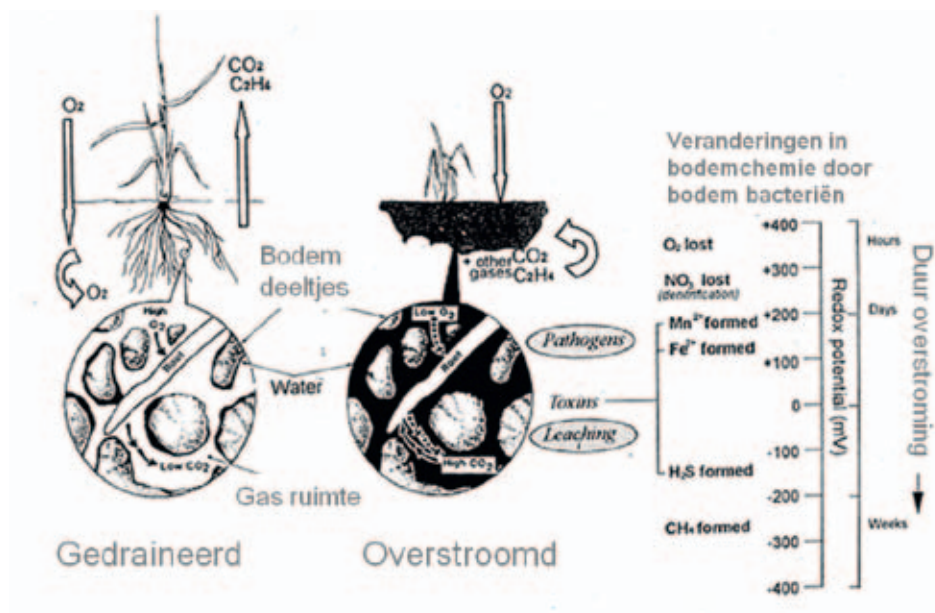
3.7 Watergehalte

Water is een belangrijke factor in de wortelzone. Het zorgt ervoor dat het gewas bovengronds zijn temperatuur kan reguleren, is de drager van voedingsstoffen (zouten) en zuurstof en CO₂, en zorgt ervoor dat de wortels exudaten kunnen afstaan waardoor deze beschikbaar komen voor micro-organismen welke in symbiose leven met de wortels. Vooral grond- en substraateigenschappen zijn bepalend voor de verdeling en beschikbaarheid van water voor de wortels. De complexe interacties tussen vochtgehalte, temperatuur, voedingsaanbod, groeisnelheid en *Pythium*-gevoeligheid zijn voor chrysant in verschillende substraten per factor gemeten (Blok *et al.* 2011). Hierbij bleek de *Pythium aphanidermatum* schade toe te nemen met temperatuur (Paternotte 1992), hoog vochtgehalte of laag luchtgehalte, een lager voedingsaanbod en lagere groeisnelheid. Bij *Fusarium* aantasting was de relatie met hoog vochtgehalte veel minder duidelijk dan de relatie met lage lichtintensiteit (Blok & Van Winkel, 2004).

3.7.1 Gashuishouding

Het watergehalte in een substraat is voor een groot deel bepalend voor de gashuishouding. De uitwisseling van gassen vindt voornamelijk plaats op het grensvlak tussen water en lucht. Een voldoende gedraineerde grond of substraat heeft een groot water/lucht contactoppervlak waardoor aanvoer van zuurstof en afvoer van gassen als bijvoorbeeld CO₂ en ethyleen kan plaatsvinden. Een hoger watergehalte leidt tot een kleiner water/lucht contact oppervlak waardoor bij te hoge watergehaltes anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden kunnen ontstaan. Dit leidt er toe dat wortel en micro-organismen moeten overschakelen naar een anaeroob metabolisme waarbij toxische metabolieten kunnen ontstaan (Figuur 5.).

Vooraf bij lange lichtperiodes en hogere worteltemperaturen worden meer fytotoxische wortel-exudaten uitgescheiden (Pramanik 2000). Een slechte waterhuishouding waarbij het watergehalte hoog is en de dynamiek laag zal de concentratie van deze exudaten toenemen. In de tuinbouwpraktijk zijn veel ziekten het gevolg van een slechte plantconditie door een te lage aanvoer van zuurstof naar de wortels (Blok *et al.* 2011; Blok 2001).



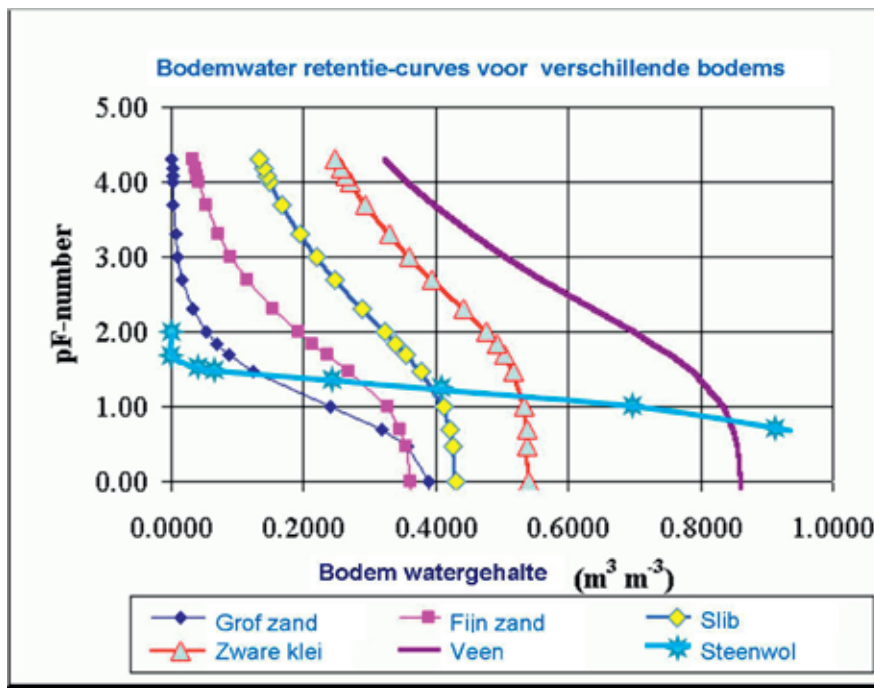
Figuur 5. Effect van overvloedig water op (i) verplaatsing en verdrijving van zuurstof uit de bodem, en opsluiten van afvalgasen in de bodem en (ii) de gevolgen, in de tijd, van bacteriële ademhaling voor de bodem redox-potentiaal, verlies van vrij nitraat en de daaruit volgende productie van chemisch gereduceerde, niet wenselijke stoffen (Uit Setter & Belford 1990).

3.7.2 Zuurstofvoorziening

In teelten op steenwolsubstraat wordt slechts 10% van de opgeloste zuurstof aangevoerd via het gietwater. De overige 90% wordt aangevoerd via de poriën in het substraat (Blok en Wever, 2001; PT onderzoek "Wortelkwaliteit Roos, DLV/Fyttagoras 2009). Deze aanvoer kan alleen plaatsvinden bij voldoende dynamiek en watergehaltes die niet te hoog zijn.

3.7.3 Fysische substraat- en bodemeigenschappen

De fysische bodem- en substraateigenschappen bepalen zowel de hoeveelheid water die het substraat kan bevatten als ook de pF-waarde (zuigspanning van de bodem: hoe sterk houdt de bodem het water vast). Steenwolsubstraat kan een zeer hoog watergehalte bevatten terwijl de zuigspanning ook bij lagere vochtgehaltes relatief laag blijft (Wever *et al.* 2001; zie ook Fig. 6).



Figuur 6. pF-curves in diverse grondsoorten en steenwol. (Bron Soil and Ground Water Technology, T. Karvonen, Helsinki University of Technology; PPO, Naaldwijk).

3.7.4 Micro-leven

Samengevat kunnen we stellen dat de substraateigenschappen in combinatie met het watergehalte een duidelijke invloed hebben op het bodemklimaat. Dit heeft op zijn beurt weer invloed op de aanwezige micro organismen en interacties met het gewas.

Ziektebeelden als gevolg van pathogene schimmels worden regelmatig in verband gebracht met hogere vochtgehaltes dan wel te lage zuurstoftoevoersnelheden. In volle grondteelt zijn diverse voorbeelden bekend waarbij een verhoogd vochtgehalte in de bodem leidt tot ziektebeelden veroorzaakt door *Pythium*. Gewassen waarbij dit is gerapporteerd zijn o.a. peer, gerst, tarwe, sojaboon en kerstster (Martin & Loper 2010). WUR Glastuinbouw heeft aangetoond dat uitval bij komkommer door *Pythium* met 60% werd verlaagd door te telen op een verhoogd (verhoging van 7 cm; dus droger) steenwol substraat (Van der Gaag *et al.* 2002).

Er zijn een aantal mogelijk oorzaken aan te wijzen voor het verband tussen watergehalte en het verhoogde ziektebeeld. Als eerste zorgt een hoger watergehalte ervoor dat de zoösporen zich gemakkelijker door het substraat of bodem kunnen voortbewegen. Daarnaast kan een verhoogd watergehalte ervoor zorgen dat de aanvoer van zuurstof belemmerd wordt. Veel schimmels kunnen zich aanzienlijk beter aanpassen aan lage zuurstofconcentraties dan planten. Ook wortellexudaten kunnen gemakkelijker door een nat dan een droog substraat migreren. Veel micro- organismen zijn in staat deze exudaten, die zij gebruiken als koolstofbron, te detecteren en hier naartoe te groeien.

3.8 Zuurstof

3.8.1 Gewas

Plantencellen hebben zuurstof nodig voor hun metabolisme. In dit zuurstofafhankelijke proces worden suikers omgezet waarna uiteindelijk ATP wordt gevormd wat de belangrijkste energiebron is in de cel. Wanneer een zuurstofgebrek optreedt, kunnen de wortels overschakelen op een anaeroob metabolisme waarvoor geen zuurstof nodig is. De ATP-opbrengst ligt in dit proces echter aanzienlijk lager en er ontstaat alcohol als afvalproduct wat toxisch is voor het gewas.

Naast een minder efficiënt metabolisme wat er tevens toe leidt dat de lengtegroei van wortels wordt geremd (Trough & Drew 1980; Huang *et al.* 1997; Box *et al.* 1989) is de wortel ook niet meer in staat om nutriënten (ionen) op te nemen en te transporteren in de volgorde Kalium> Stikstof> Fosfor> Magnesium> Calcium (Morard & Silvestre 1996; Morard *et al.* 2000; Fischer & Stone 1990)

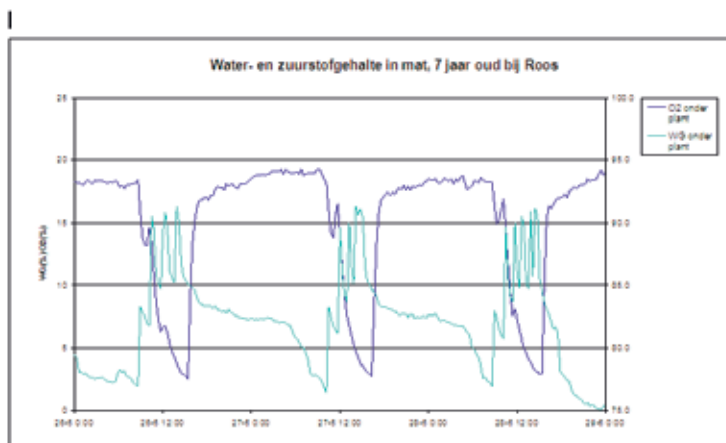
Sommige gewassen zijn enigszins aangepast aan lage zuurstofomstandigheden en zullen een deel van de cellen in de wortels opofferen zodat luchtkanalen, het zogenaamde aerenchym, ontstaat waardoor zuurstof kan worden aangevoerd van boven de grond. Gewassen die “van nature” met hun wortels in het water staan, zoals rijst, zijn goed in staat om aerenchym te maken. Chrysant is in mindere mate ook in staat om aerenchym te maken onder zuurstofarme omstandigheden (TNO/APS/Fyttagoras 2004, ongepubliceerde resultaten). Zuurstof heeft daarnaast ook invloed op de hormoonproductie in de wortels. Zo zal onder laag zuurstof omstandigheden de cytokinine productie afnemen wat leidt tot een minder sterk groeisignaal bovengronds. ABA kan worden gevormd wat een signaal kan geven naar de huidmondjes om te sluiten waardoor de verdamping van het gewas verminderd. (Morard & Silvestre, 1996; Ray *et al.* 1998; Huang *et al.* 1997; Schussler & Longstreth 1996; Hunt *et al.* 1981; Blok 2001).

3.8.2 Beschikbaarheid zuurstof en watergehalte en substraat

Voldoende zuurstof is alleen beschikbaar als de aanvoer van zuurstof gelijk of hoger is dan het verbruik. Het verbruik wordt bepaald door de wortels maar ook voor een groot deel door de aanwezige micro-organismen in de omgeving van de wortel. De aanvoer van zuurstof vindt plaats via het gietwater en door diffusie aan het oppervlak tussen water en lucht. De efficiëntie van de diffusie wordt bepaald door de grootte van dit oppervlak. In ondergelopen bodems of een sterk waterverzadigde substraten neemt het contactoppervlak sterk af waardoor de aanvoer van zuurstof stagneert. In steenwol, wat door de fysische eigenschappen hoge watergehaltes kan bevatten, wordt slechts 10% van de benodigde hoeveelheid zuurstof aangevoerd via het gietwater. De overige 90% zal moeten worden aangevoerd via diffusie wat uitsluitend kan plaatsvinden met een voldoende vochtig maar niet te nat substraat met voldoende dynamiek in de watergift (Fyttagoras/DLV, onderzoek PT wortelfunctionaliteit roos 2009). Onderzoek toont aan dat bij een stijgend watergehalte de kans op te lager zuurstofwaarden toeneemt. Vooral overdag, als het substraat natter is, de temperatuur hoger en het gewas en microleven actiever, worden vaker lage zuurstofwaarden aangetroffen (Fig. 7)

Wortels kunnen uitsluitend zuurstof opnemen in opgeloste vorm. Ook in de plantencel zelf, in het cytoplasma, wordt zuurstof in opgeloste vorm gebruikt voor het metabolisme. De oplosbaarheid van zuurstof is afhankelijk van de temperatuur. Water van 15 °C kan maximaal 10 mg/liter zuurstof bevatten. Bij 30 °C is dit met 25% afgenomen tot 7,5 mg/liter.

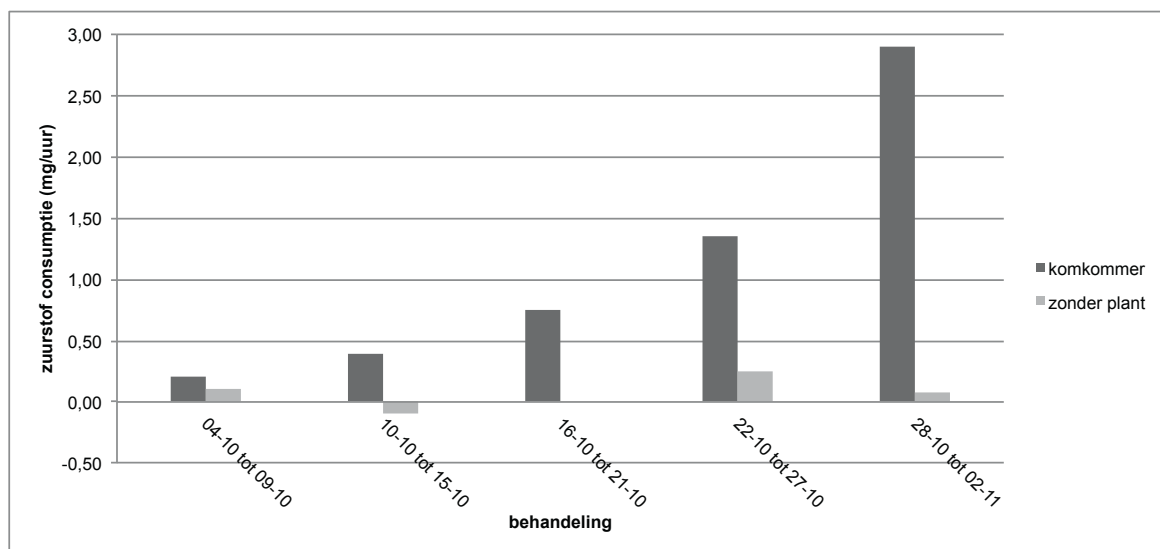
De hoeveelheid beschikbare lucht in bodem of substraat kan worden aangegeven in volume AFP (air filled pores). De Boodt & Verdonck (1972) , Guttormsen (1974) en Scharpf (1997) noemen verschillende optimale volume bereiken voor tomaat (resp., 0,20 – 0,30; 0,20 – 0,39; 0,06- 0,32). Ouimet *et al.* (1990) vinden echter geen verschil tussen 0.03 en 0.32. De verschillen kunnen waarschijnlijk worden toegeschreven aan vorm en hoogte van de toegepaste substraten. Berekeningen van zuurstoftransportsnelheid zijn te vinden in Gerard & Blok (2001), Blok (2001) en Wever *et al.* (2001).



Figuur 7. Relatie tussen watergehalte en zuurstof in een rozenteelt tussen de wortels op de bodem van een steenwolmat (Bron Fytogoras/DLV PT onderzoek wortelkwaliteit roos, "Inzicht in- en het optimaliseren van de wortelfunctie bij Roos," projectnr. 13039 in opdracht van het productschap Tuinbouw, 2009). Zuurstofgehalte donkerblauw lijn, linker y-as. Watergehalte lichtblauw lijn, rechter y-as).

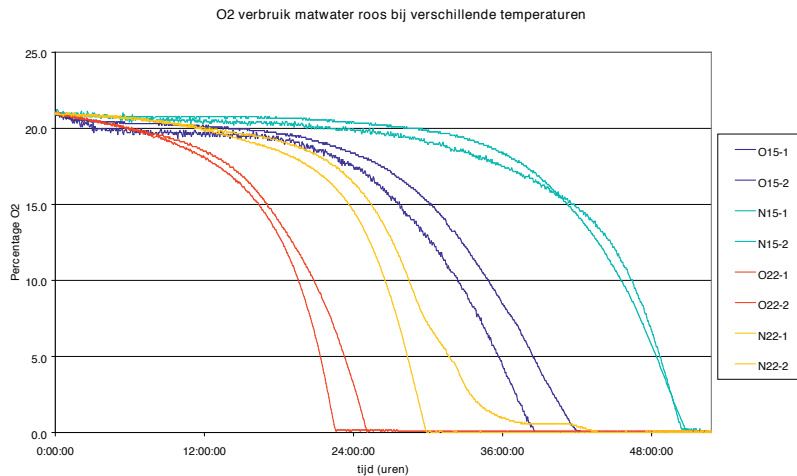
3.8.3 Micro-leven

Van alle vastgelegde koolstof door planten wordt 5 tot 21% weer als exudaten uitgescheiden door de wortels (Marschner 1995). Deze exudaten, voornamelijk organische zuren, suikers en aminozuren kunnen door micro-organismen worden gebruikt als voedingsstoffen. Wortels worden dan ook gekoloniseerd door zowel bacteriën als schimmels. Een deel hiervan, bijvoorbeeld de mycorrhiza en diverse plant groei promotende rhizobacteriën (PGPR) leven in symbiose met de plant. Deze bacteriën en schimmels verbruiken evenals de wortels zuurstof. Hoewel de genoemde schimmels en bacteriën diverse positieve effecten hebben op de groei en weerbaarheid van de plant vindt er ook competitie plaats om zuurstof.



Figuur 8. Zuurstof consumptie gedurende vijf perioden (Uit Cassamassimo & Blok 2001).

Het verbruik van zuurstof in bodem en substraat is afhankelijk van de temperatuur. In een meting van zuurstofverbruik in matwater bij een rozenteelt is aangetoond dat het verbruik afhankelijk is van temperatuur en matleeftijd. Bij een temperatuur van 22 °C kunnen de micro-organismen in het matwater al het aanwezige zuurstof binnen 24 uur consumeren. Het grootste deel van de micro-organismen zal echter gebonden zijn aan het substraat en de wortels waardoor de zuurstofconsumptie door micro-organismen in de praktijk nog hoger zal liggen.



Figuur 9. Verbruik van zuurstof door micro-organismen in matwater van een respectievelijk 1 en 8 jaar oude mat. N=1 jaar oude mat, O=8 jaar oude mat. 15=meting uitgevoerd bij 15 °C, 22= meting uitgevoerd bij 22 °C. (Bron Fyttagoras/DLV "Inzicht in- en het optimaliseren van de wortelfunctie bij Roos", projectnr 13039 in opdracht van het productschap Tuinbouw, 2009).

3.8.4 Gevoeligheid voor pathogenen

Er zijn aanwijzingen dat een laag zuurstofgehalte kan leiden tot een verhoogde gevoeligheid voor ziektes. Bij tomaat is aangetoond dat de gevoeligheid voor *Pythium* sterk toenam onder zuurstofstress (Cherif 1997). Burges *et al.* (1999) trekken ook de conclusie dat een lage zuurstofconcentratie de gevoeligheid voor *Phytophthora* verhoogd bij *Eucalyptus marginata*. Van der Gaag & Wever (2005) zagen dat vooral het watergehalte in het substraat een grote invloed had op ziektebeelden veroorzaakt door *Pythium*. Hierbij moet worden opgemerkt dat in hun experimenten geen kritische zuurstofconcentraties optraden en de substraattemperatuur overdag tijdens de experimenten erg hoog lag (30 – 35 °C).

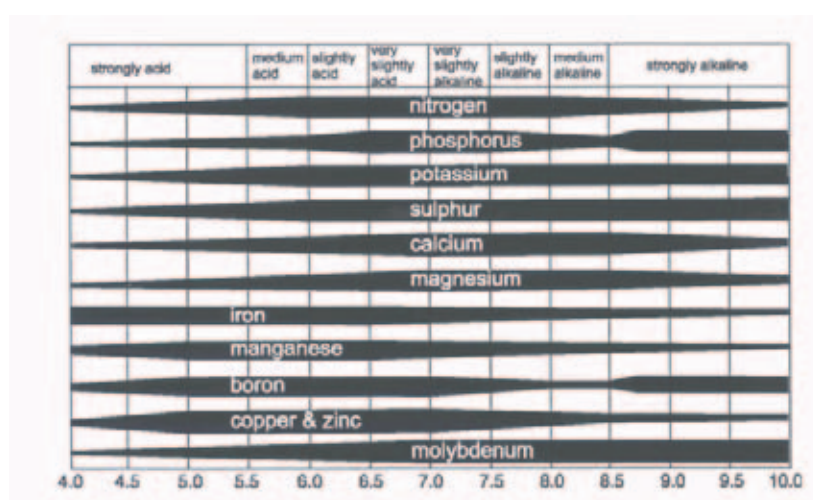
3.8.5 Invloed op secundair metabolisme van micro-organismen

Zuurstof en pH lijken belangrijke factoren te zijn in de productie van secundaire metabolieten door micro-organismen. Beide factoren zijn bepalend voor de productie van het mycotoxine Fumonisine B1 door *Fusarium proliferatum*. Het toxine wordt alleen onder zure omstandigheden geproduceerd met een pH optimum tussen de 3 en 4 en uitsluitend onder zuurstofrijke condities. Onder zuurstofarme condities wordt het toxine niet geproduceerd (Keller 1997). Van *Pseudomonas fluorescens* is bekend dat zij HCN (waterstofcyanide / blauwzuurgas) produceren als antibioticum maar dat dit alleen gebeurt onder anaerobe omstandigheden (Haas & Defago 2005).

3.9 Zuurgraad

3.9.1 Gewas

Vrijwel alle celbiologische processen zijn afhankelijk van de zuurgraad (pH). De oplosbaarheid van ionogene voedingselementen, en daarmee dus ook de beschikbaarheid voor het gewas is hier ook van afhankelijk (fig. 10). Naarmate de pH verder boven de 7 komt zal de beschikbaarheid van ijzer, mangaan, koper en zink afnemen. Bij een lagere pH zal het fosfaatevenwicht verschuiven van het tweewaardige HPO_4^{2-} naar het eenwaardige H_2PO_4^- . Eenwaardige ionen zijn over het algemeen gemakkelijker op te nemen dan tweewaardige ionen. Bij een hogere pH neemt de opname van fosfaat juist weer af. Diverse calciumzouten, waaronder ook calciumfosfaat zijn bij hogere pH niet oplosbaar en kunnen neerslaan waardoor beschikbaarheid van beide voedingselementen voor het gewas afneemt. Bij een te lage pH neemt de oplosbaarheid van mangaan juist sterk toe. Dit spore element kan toxisch zijn in te grote hoeveelheden. Daar staat tegenover dat mangaan ook in verband wordt gebracht met verhoogde weerbaarheid van de plant tegen *Fusarium* (Elmer 1995).



Figuur 10. Effect van zuurgraad (pH) op de oplosbaarheid van voedingselementen in water. (Uit *How soils work*, Paul Syltie, 2002).

3.9.2 Substraat

Het substraat kan zelf ook invloed uitoefenen op de zuurgraad. In veen wordt doorgaans een lagere pH waarde gevonden dan in niet-organische substraten, terwijl compost gemiddeld een pH heeft van 7,5 à 8. Vooral in de opkweek op steenwolpotten zijn grote pH-verschillen gevonden (ongepubliceerde metingen Fytargoras 2007). De pH in de bovenste centimeters van de pot kan 2 pH-eenheden hoger liggen dan onderin de pot. De bovenste centimeters zijn droger, hebben een hogere EC en door de eb/vloed-watrigheid is er minder verversing dan bij druppelen van bovenaf.

3.9.3 Micro-leven en weerbaarheid

Er zijn mechanismen bekend die er toe leiden dat de weerbaarheid van het gewas en zijn omgeving tegen ziektes wordt verhoogd. Een aantal van deze mechanismen zijn afhankelijk van de pH.

Een belangrijke groep bacteriën die verantwoordelijk is voor een verhoogde weerbaarheid zijn de plant groei promotende rhizobacteriën (PGPR). Deze groep kenmerkt zich door een snelle kolonisatie van plantenwortels, stimulatie van plantengroei en biologische vijanden. Voornamelijk bepaalde *Pseudomonas* en *Bacillus* soorten behoren tot deze groep. Er is een lange historie van onderzoek bekend aan de weerbaarheid mechanismen van fluorescente pseudomonas (zie 2.1.1 en 2.1.2; Haas & Defago 2005).

Fluorescente pseudomonaden onttrekken op efficiënte wijze ijzer uit hun omgeving waardoor deze niet meer beschikbaar is voor concurrerende pathogene micro-organismen. Dit weerbaarheidsmechanisme is echter pH-afhankelijk. Bij hogere pH is ijzer minder goed oplosbaar en dus minder beschikbaar. Dit verhoogt de effectiviteit van het weerbaarheidsmechanisme. Competitie om ijzer als mechanisme werkt dan ook aanzienlijk beter bij pH 8 dan bij pH 6. Dit is onder andere aangetoond bij teelt van Anjer (Scher 1980). Zowel groei als productie van antibiotica bij *Pseudomonas fluorescens* is ook afhankelijk van de pH. Vooral productie van antibiotica ligt significant hoger bij pH 6,4 dan bij pH 4,4.

4 Middelen

4.1 Categorieën

De middelen en maatregelen die kunnen worden ingezet om de natuurlijke wering van gewassen tegen ziekten en plagen te verhogen kunnen worden ingedeeld in de categorieën compost, micro-organismen, organische extracten en overig. Hieronder worden deze categorieën uitgelegd.

4.1.1 Compost

Compost kan ingezet worden als een bemester, als structuurverbeteraar, maar ook als middel om ziekten en plagen te onderdrukken (Elsas & Postma 2007). Maar er is ook bewijs voor een toename van bepaalde ziekten en plagen bij het gebruik van compost. Onderzoek hiernaar maakt duidelijk dat er op dit moment nog (geen ???) duidelijke richtlijnen zijn om compost een weerbaarheid te geven tegen specifieke ziekten en plagen. Een overzicht van ziektevering door gebruik van compost in grond en organische substraten staat beschreven in boek over compost (Elsas & Postma 2007). De weerbaarheid van een compost kan optreden door a. chemische/fysieke eigenschappen, b. door micro-organismen, c. door het stimuleren van antagonisten in de grond, d. door het versterken van de plant (o.a. inductie van resistentiemechanismen). Het is duidelijk dat er in eerste instantie niet teveel kan worden verwacht van de micro-organismen die met de compost worden toegediend. Het aanvoeren van 1% w/w/ compost met ongeveer 10^8 tot 2×10^9 kve per gram drooggewicht naar een grond met gemiddeld 10^7 tot 10^8 zuurstof minnende bacteriën per gram grond, zal niet resulteren in een enorme toename van micro-organismen. Wel kan de compost als ent dienen, maar dat moet de omgeving wel een “draagkracht” hebben voor dit type organismen. Zo is op dit moment veel onderzoek gericht op het faciliteren van micro-organismen in plaats van toevoeging. Dit kan door middelen van het aanbrengen van micro-organismen in “dragers” of door toevoeging van materialen zoals schors om bepaalde groepen of een ent te stimuleren. Composten kunnen enorm van elkaar verschillen door het uitgangsmateriaal dat gebruikt is, zoals de rijpheid, de identiteit van het organisch materiaal (labiele en stabiele fracties), zuurgraad, de verhouding koolstof tot stikstof. Daarnaast kan het tijdstip van toedienen ook een rol spelen bij de effectiviteit van het compost. Het toedienen van compost direct voorafgaande aan de aanplant kan leiden tot extra aantasting met *Rhizoctonia* die op de organische materialen kunnen groeien (Joeke Postma, ongepubliceerde gegevens).

Op dit moment is er volop bewijs voor de ziekteveringende eigenschappen van compost, maar bepalingen of een certificering is nu nog niet mogelijk. Ook Termorshuizen *et al.* (2006) lieten zien dat compost een goede ziektevering kan vertonen, maar dat het werkingsmechanisme en dus de voorspelbaarheid niet mogelijk is. Met het toedienen van compost moet rekening gehouden worden met de mestwetgeving.

Ook het gebruik van composten in de substraatteelt is bekend en goed onderzocht. Hier blijkt wel dat composten ziekten en plagen kunnen onderdrukken (Vesteberg *et al.* 2009; Blok & Messelink 2009).

4.1.2 Micro-organismen

Onderzoek en toepassing van micro-organismen vindt voortdurend plaats. Het gebruik van microbiële gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong is nog niet ver gevorderd. Dit komt doordat wettelijke toelating kostbaar is en een aantal jaren in beslag neemt. Daarnaast is het moeilijk om een kweekproces te realiseren voor massa productie en het product lang houdbaar te maken. Niet op de laatste plaats hebben veel potentiële GNO's nauw verwante soorten die een gevaar kunnen vormen voor de mensgezondheid, voorbeelden hiervan zijn *Burkholderia* spp., *Enterobacter* spp. en *Pseudomonas* spp. Daarnaast spelen de hoge kosten voor registratieonderzoek een obstakel voor een snelle toelating als gewasbeschermingsmiddel (Köhl *et al.* 2011). Naast een directe en antagonistische werking kunnen micro-organismen ook belangrijk zijn voor groei en het aanschakelen van het resistentiemechanisme van een plant. Voorbeelden zijn *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., actinomyceten, *Coniothyrium miitansmiitansminitans* en voorbeelden van produktnamen zijn Trianum, Proradix (*Pseudomonas* sp stam DSMZ 13134; Koppert), *Bacillus Subtilis* (Orgentis), Biomentor (Orgentis), Complete Plus (PHC), Effectieve Micro-organismen (Agriton), Mycostop (Vedera).

4.1.3 Organische extracten

4.1.3.1 Dood plantaardig materiaal

4.1.3.1.1 Compostthee

Een alternatief voor een toevoeging van microbiële gewasbeschermingsmiddelen is het gebruik van organisch materiaal voor het stimuleren van microbiële activiteit in substraten. Een voorbeeld hiervan is compostthee. Compostthee is een extractie van in water oplosbare elementen, schimmels en bacteriën uit de vaste fractie van compost. De extractie kan op verschillende manieren worden uitgevoerd en dit heeft grote consequenties voor de samenstelling. Van belang hierbij zijn o.a. de zuurstoftoevoer en de temperatuur tijdens het proces en de rijpheid van de compost (Scheuerell & Mahaffee 2002).

Compostthee wordt gebruikt als bron van diverse bacteriën en schimmels. Daarnaast wordt het ook gebruikt als bladbespuiting tegen *Botrytis* omdat *Botrytis* gevoelig is voor concurrentie om voedsel op het blad. Maar er zijn nog veel vragen over de voedselveiligheid bij het gebruik op het blad.

Door o.a. Koppert B.V., Grondgezond maar ook HortiNova, Van Iersel, PuraNatura, RosaNatura *et al.* wordt compostthee gebruikt bij het weerbaar telen in komkommer, paprika, aubergine, tomaat en roos. Koppert B.V. heeft als extra behandelingen Amin en Quality, respectievelijk een aminozuurcomplex en een mix van plantversterkers, waaronder planthormonen om opname van belangrijke stoffen zoals calcium te stimuleren. Het maken van compostthee gebeurt door het incuberen van compost in water, waarbij soms ook andere extracten worden toegevoegd, zoals zeewier extracten, vis extracten (hydrolyse met enzymen van bij-producten van de visindustrie, zoals tonijn en makreel) of molassen. Het extract kan vervolgens worden toegediend op het blad of substraat. Producenten zijn o.a. Koppert, Van Iersel (Soil Tech Solutions), GrondGezond. De samenstelling is meestal niet streng vastgelegd maar bestaat uit een reeks verwante stoffen in min of meer vaste verhoudingen en een aantal niet te vermijden bijgesloten stoffen. Het onderzoek krijgt met moeite zicht op de werkzame componenten (Blok & Van Os 2011).

4.1.3.1.2 Humusstoffen

Humusstoffen worden gevormd als organisch materiaal wordt omgezet (decompositie). Omdat dit een zeer diverse groep is, is er geen duidelijke definitie mogelijk. Op basis van hun oplosbaarheid (afhankelijk van zuurgraad) kunnen ze worden ingedeeld in drie groepen, namelijk a. humuszuren, b. fulvinezuren en c. humine. Fulvinezuren zijn relatief goed oplosbaar, grotendeels onafhankelijk van de zuurgraad. Humuszuren, daarentegen, zijn alleen oplosbaar bij een lage pH-waarde en humine is onoplosbaar (Sala *et al.* 2000; Hayes & Clapp 2001). Deze stoffen worden geëxtraheerd uit bijv. gecomposteerd en gevermicomposteerd (compost met behulp van regenwormen) organisch materiaal, bruin/houtskool en veen. Deze stoffen kunnen een rol spelen in het stimuleren van micro-organismen, wortelademhaling en wortelgroei, verbeterde nutriënten opname door de plant in hydroculturen, verhoogd de verblijftijd van calcium in de bodem (Quilty & Cattle 2011). Productnamen zijn o.a. PowHumus, Humiron (Humintech).

4.1.3.2 Zeewieren en algen

Bekende zeewieren (macroalgen) die gebruikt worden als gewasbeschermingsmiddel, bodemverbeteraar, meststof of plantversterker zijn *Ecklonia maxima* en *Durvillaea potatorum*. De extractie is dusdanig uitgevoerd (bv. "cold burst method") dat de hoeveelheden hormonen en enzymen relatief hoog zijn. Deze enzymen, cytokinines en auxines, sporeelementen en vitaminen zouden een rol spelen voor een verbeterde groei (Stirk *et al.* 2004; Sivasankari *et al.* 2006) en een verbeterde opname van nutriënten. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van cyanobacteriën. Dit is een groep blauw-groene algen die bekend staat om hun giftig effect op mensen in recreatieplassen. Onder andere de soort *Nostoc muscorum* bevat actieve ingrediënten die werkzaam zijn tegen *Rhizoctonia solani* en *Sclerotinia sclerotiorum* (de Caire *et al.* 1987; 1990). Productnamen zijn o.a. Cropcare, eQuirein (Ecoprotecta), Profortum, Profunda (Koppert) en producten van Dolf Vijverberg.

4.1.3.3 Overig

In Azië wordt van oudsher veel gewerkt met plantenextracten in de bestrijding van aaltjes. Een bekend voorbeeld van middelen met een lange traditie zijn extracten van de Neem boom, dat door sommigen beschouwd wordt als het symbool van de bioteelt. Er is veel onderzoek gedaan naar plantaardige stoffen met een nematicide werking en er zijn een aantal die even effectief zijn als chemische middelen. Sommige van die stoffen verhogen bovendien de weerstand van het gewas. Deze natuurlijke stoffen kunnen op verschillende manieren worden toegepast. De meeste bekende toepassing is het toedienen in de vorm van een extract (Van der Wurff *et al.* 2010).

In de literatuur staat een enorme hoeveelheid aan opties beschreven. Voorbeelden van natuurlijke werkzame stoffen kunnen ingedeeld worden naar functionele groepen zoals fenylpropanoiden (eenvoudige fenolen en flavonoiden), polyfenolen, (mono)terpenoïden en alkaloiden. Deze stoffen resulteren in een verdoving, activering, doding, afstoting (repellent) of een bevroering van de levenscyclus zoals door stilleggen van het eistadium van wortelknobbelaaltjes (Wuyts *et al.* 2006). Productnamen zijn o.a. Savitan (Deruned), Proterrum (Koppert).

4.1.4 Meststoffen

Meststoffen op basis van H_3BO_3 , $CuSO_4$, $MnCl$ of KMn , fosfaat en fosfietachtige verbindingen (kaliumfosfiet) kunnen dienen als schakelaar voor het aanzetten van het verdedigingsmechanisme (Reuveni & Reuveni, 1998). Daarnaast kan er van kaliumfosfiet een directe toxische werking worden verwacht tegen oömyceten, zoals *Pythium*, *Phytophthora* en *Valsa* Meeldauw. Voorbeelden van producten zijn o.a. kalifosfiet (Horticoop, TCN), Pentakeep (Pentagrow).

4.2 Producten

Onderstaande Tabel 3. geeft een overzicht van de producten die genoemd werden in de enquête gehouden onder kwekers.

Tabel 3. Overzicht van producten met belangrijkste componenten.

leverancier	product	Opmerkingen
Micro-organismen		
Belchim	Contans	Coniothyrium minitans
Humintech	Biohealth (Bacillus subtilis)	Bacillus subtilis
JH Biotech	Promot Plus	Trichoderma harzianum + Trichoderma koningii
Koppert	Trianum	Trichoderma harzianum stam T-22
Koppert	Natugro	Trianum met voeding
Orgentis	Biomentor (Bacillus subtilis)	Biomentor Bacil "diverse bacteriestammen"
Orgentis	Biomentor	Verschillende varianten: bacteriën, actinomyceten, schimmels
Plant Health Care	Complete Plus	w.o. Bacillus, Trichoderma, actinomyceten
RVG Bioproducts	Nemago	selectie enzymen met bacteriën

leverancier	product	Opmerkingen
Extracten van zeewier en algen		
Dolf Vijverberg	Zeewier	zeewier
Ecoprotecta	Cropcare	natuurproduct op basis van alginaten, organische vetzuren, spoor-elementen, natuurlijke plantenhormonen zoals cytokinines, auxines betaines en vitamines afkomstig uit zeewier en natuurlijke plantex-tracten.
Ecoprotecta	eQuirein	natuurproduct op basis van alginaten, organische vetzuren, spoor-elementen en vitamines afkomstig uit zeewier en natuurlijke plantex-tracten en plantenhormonen.
Ecostyle	Algan (Algeco)	natuurlijke vetzuren, silicium en spoorelementen
Ecostyle	Vital	natuurlijke vetzuren, silicium en spoorelementen.
Koppert	ProFortum	bevat: zeewieren, kruiden, huminezuren; werking: (extra) toevoer exudaten, stimuleert activiteit rhizosfeer: ziekteverende schimmels, mineraliserende bacteriën
Koppert	ProFunda	bodemverbeteraar; plantaardige aminozuren, natuurfosfaat, kalium-fosfaat; biologisch evenwicht bodem herstellen: schimmels (ziekte-wering, slow release nutriënten)
Extracten van dood organisch materiaal		
Grondgezond	compostthee	onderdeel van concept voor stimuleren van bodemleven
Humintech	Humiron	humuszuren
Humintech	PowHumus	Humine en fulvine zuren; biologisch actieve spoorelementen
Koppert	compostthee	compostthee
Koppert	ProSatus C/F	C: compost voor maken compostextract; bevat schimmels, bacte-riën, protozoa; vergroot snel hoeveelheid en diversiteit micro-orga-nismen in de rhizosfeer F: bevat div. voedingscomponenten; voedt micro organismen tijdens het extraheren uit Prosatus C met de BioMotus
Extracten van overige planten		
Deruned	Savitan	woestijnplantextracten; salicylzuur
Koppert	ProParva	organische elementen: amino-, humine- fulvozuren, enzymen; stimuleert wortelgroei en wortelkwaliteit, verbetert voedingsopname, verhoogt gehaltes aan eiwit, suikers en chlorofyl in de plant
Koppert	ProTerrum	bevat: opneembare aminozuren, peptiden; bevordert activiteit (ziekte-verende) schimmels rond wortels
Overige producten (verschillende soorten componenten, ongedefinieerd)		
Div. leveranciers	Kalifosfiet	
Pentagrow	Pentakeep	toelating als meststof? 5-aminolevulinezuur
Quaron	Bindzil	Silicium
RVG Bioproducts	Phytgo	?
Grondgezond	Amin	onderdelen van concept voor stimuleren van bodemleven; deze middelen passen waarschijnlijk onder één van de andere categorieën
Grondgezond	Impulse +	
Grondgezond	Plus	

5 Matrix: oplossingsrichtingen

Met behulp van een matrix zijn de bekende werkingsmechanismen van weerbare substraten of grond en parameters die hier op van invloed zijn in kaart gebracht. Hierbij is uitgegaan van de volgende middelen en maatregelen, namelijk: micro-organismen: antagonisten; micro-leven: plantversterkers; micro-organismen: bodemverbeteraars; organische extracten (zeewier en algen); organische extracten (compostthee); compost; overig.

De diverse middelen en maatregelen zijn afgezet tegen een aantal parameters die een grote invloed hebben op de weerbaarheid van grond en substraat, namelijk: 1.) klimaatomstandigheden, 2.) plant karakteristieken, 3.) substraat karakteristieken (grond, potgrond, kokos, perliet e.a.), 4.) microbiologische karakteristieken, 5.) de belangrijkste ziekten en plagen waartegen het werkt.

In de matrix (zie Tabel 4.) wordt het principe, d.w.z. het werkingsmechanisme waaronder het middel valt, beschreven, en verder worden in de matrix beknopt ervaringen uit de praktijk genoemd.

De ervaringen uit de praktijk voor de diverse middelen worden in H6 in het rapport in detail beschreven.

Voor elke groep van middelen worden onderin de tabel, ter illustratie, een aantal commerciële middelen genoemd (NB, per groep zijn er veel middelen beschikbaar, maar het voert te ver om alle bekende middelen in deze matrix te noemen). Een uitgebreide lijst met middelen wordt opgesomd in hoofdstuk 4.2, en een uitgebreide beschrijving met ervaringen vanuit de praktijk in hoofdstuk 6.

Het idee van de matrix (Tabel 4.) is dat de middelen van diverse kanten worden belicht, waardoor op grond van zoveel mogelijk feiten kan worden besloten welke oplossingsrichtingen perspectief bieden voor de tuinbouwpraktijk. Dus, in de tabel is gebruik gemaakt van zowel literatuur, als ervaringen uit praktijk.

Grofweg kan worden gesteld dat zowel in de groep micro-organismen, als organisch extracten diverse middelen beschikbaar zijn, waarvan beredeneerd kan worden dat ze effect sorteren op substraat weerbaarheid, en daarnaast kunnen bogen op positieve ervaringen uit de praktijk. In de beoogde pilotexperimenten en praktijkproeven dient de werking en effectiviteit nog wel verder te worden getoetst. Ook dient in dit onderzoek te worden onderzocht hoe de werking het beste kan worden gemonitord.

De keuze van middelen die worden ingezet voor vervolgonderzoek is op basis van de huidige informatie niet eenvoudig te maken. Informatie die beschikbaar is over de middelen, of werd vrijgegeven door producenten was veelal summier (zie Tabel 3.) Dit betrof vooral informatie hoe de middelen het beste kunnen worden toegepast. De schrijvers van dit rapport stellen daarom voor om samen met een begeleidingscommissie (waarin behalve telers, ook producenten aanwezig zijn) een aantal middelen te selecteren, die worden ingezet in vervolgonderzoek. Op basis van de matrix zijn middelen te selecteren voor diverse gewasgroepen, en diverse substraat typen. Het lijkt voor de hand liggend om daarbij uit te gaan van een concept benadering (zie H 3.1), waarbij rekening wordt gehouden met een stapeling van mechanismen. De toediening van een middel wordt daarbij afgestemd, voor zover mogelijk, met parameters die van belang zijn voor de effectiviteit (zie ook Figuur 2.). In H7 (vooral in H 8.7 - H 8.10) zijn de diverse overwegingen die van belang zijn bij het maken van keuzes bij het opstellen van een teeltplan voor weerbaar telen nog eens op een rij gezet. In bijlage 1, tabel B, zijn op basis van de nu beschikbare informatie voor elke groep van middelen van alvast een commerciële preparaten benoemd; nogmaals dit is indicatief, en een definitieve selectie van te toetsen middelen volgt in overleg met de begeleidingscommissie van eventueel vervolgonderzoek.

Het is een illusie om te veronderstellen dat alle interacties in de wortelomgeving die van belang zijn voor plantweerbaarheid op korte termijn worden begrepen. Wel is het mogelijk om op grond van de informatie uit dit rapport een teeltplan op te stellen voor diverse gewassen, en gebruik makend van een aantal toetsingsparameters, een aantal diverse middelen te testen. De meeste belovende middelen kunnen daarna verder worden geëvalueerd in pilotexperimenten en praktijkonderzoek.

Tabel 4. Overzicht van de middelen, samengevat in categorieën, en de bijbehorende kenmerken.

		Micro-organismen: antagonisten	Micro-organismen: plantversterkers	Micro-organismen: bodemverbeteraar
Conditie's	pH	5 - 7	5 - 7	5 - 7
	Vochtgehalte	Grenzen groter dan gewas	Grenzen groter dan gewas	Grenzen groter dan gewas
	EC	Geen info	Geen info	Geen info
	Zuurstof	> 2mg (ivm gewas)	> 2mg (ivm gewas)	> 2mg (ivm gewas)
	Temperatuur	4 - 37 °C optimum bij 25 °C	4 - 37 °C optimum bij 25 °C	4 - 37 °C optimum bij 25 °C
	Overig			
	Steenwol	+ (afh. van soort)	+ (afh. van soort)	+ (afh. van soort)
	Kokos	++ (afh. van soort)	++ (afh. van soort)	++ (afh. van soort)
	Perliet	+ (afh. van soort)	+ (afh. van soort)	+ (afh. van soort)
	Vollegrond	+++ (afh. van soort)	+++ (afh. van soort)	+++ (afh. van soort)
	Gewas specificiteit	Niet gewasspecifiek	Niet gewasspecifiek	Niet gewasspecifiek
Principe / Mechanisme	Competitie	+		
	Predatie/Parasitisme	+++		
	Antibiotica	+++		
	Inductie systemische resistentie	++	++	
	Bevordering groei	+	++	+
	Wortels onvindbaar maken			
	Verbetering structuur		+	++
	Bevordering microflora	+	+	++
Bescherming tegen		Breed scala bacteriele en schimmel patho- genen - zowel specifieke antagonisten als breder werkende organismen	Breed scala bacteriele en schimmel patho- genen - zowel specifieke antagonisten als breder werkende organismen	Breed scala bacteriële en schimmel patho- genen - zowel specifieke antagonisten als breder werkende organismen
	Beschikbare kennis literatuur Beschikbare ervaring praktijk Meest geschikt voor vervolg onderzoek	+++	+++	+++

Organische extracten: Zeewier extracten	Organische extracten: Compost thee	Organische extracten: overige planten	Compost	Overige
NVT	NVT	NVT	NVT	pentakeep: pH < 7; kalifosfiet: ca. 5,5 (heeft pH-verhogende invloed).
bescherming tegen extremen	NVT	NVT	NVT	Kalifosfiet: vereist actieve wortel dus niet te vochtig
bescherming tegen extremen	NVT	NVT	NVT	Kalifosfiet: vereist actieve wortel dus niet te hoge EC
NVT	NVT	NVT	NVT	Kalifosfiet: vereist actieve wortel dus niet te laag O2
NVT	NVT	NVT	NVT	Kalifosfiet: vereist actieve wortel dus niet te laag koud, niet te warm (18-25 gr.C)
NVT				
+	+	+	NVT	+
++	++	+	NVT	+
+	+	+	NVT	+
++	++	+	+	+
Vooral glasgroenten	Waarschijnlijk laag	waarschijnlijk laag	niet gewas specifiek	niet gewas specifiek
	bevat micro-organismen. Onduidelijk welke, waarschijnlijk variabel afh. van compostkwaliteit (samenstelling - herkomst, leeftijd/rijpheid)	nvt		
	?	nvt		
	?	?		+ ?
	?	Ja (bv. Savitan)	+	+ ?
++ (diverse plant hormonen)			+	
++ (in grond)			+	
+	+			
	+	+		
	Meest op blad toegepast, met name werkzaam tegen Botrytis, op zaden ook tegen Pythium			divers: aanzetten verde- digingsmechanismen; toxische werking tegen pathogenen
+++	+	+	+++ (voor volle grond)	

		Micro-organismen: antagonisten	Micro-organismen: plantversterkers	Micro-organismen: bodemverbeteraar
Ervaringen uit de praktijk	Toegepast bij: (gewas)	diverse sierteelt en vruchtgroenten\gewassen	diverse sierteelt en vruchtgroenten\gewassen	diverse sierteelt en vruchtgroenten\gewassen
	Teeltmedium:	steenwol, kokos, perliet, foam, volle grond	steenwol, kokos, perliet, foam, volle grond	steenwol, kokos, perliet, foam, volle grond
	etc.	Wisselende geluiden: ca. de helft van de telers is positief. Men ervaart dikwijls minder ziekte problemen	Wisselende geluiden: ca. de helft van de telers is positief. Men ervaart dikwijls minder ziekte problemen	Wisselende geluiden: ca. de helft van de telers is positief. Men ervaart dikwijls minder ziekte problemen
Commercieel middel		Trianum, Contans, Biomentor, Biohealth, Promot Plus, Compete Plus etc.	Trianum, Promot Plus, BioMentor, Complete Plus	Biomentor, Complete Plus
Extra aandacht t.a.v. semi-praktijk onderzoek		Koolstofbron / moment en frequentie van toediening	Koolstofbron / moment en frequentie van toediening	Koolstofbron / moment en frequentie van toediening
aantal plusjes is geschatte effectiviteit op basis van info uit literatuur				

Organische extracten: Zeewier extracten	Organische extracten: Compost thee	Organische extracten: overige planten	Compost	Overige
alleen glasgroenten	sierteelt en glasgroenten	glasgroenten	sierteelt, groente	
perliet, steenwol, volle grond	steenwol, kokos, volle grond, foam	vollegrond	volle grond	
algemene tevredenheid: betere groei, kleur en gewasgezondheid	ervaringen zijn niet eensluidend. De helft van ondervraagden ervaart betere bloemkleur, evenwicht gewas, weersbestendigheid, betere voedingsopname, lagere kunstmestgift	resultaten onduidelijk	positieve ervaringen: betere groei	niet duidelijk
	Meegieten met voedingsoplossing; soms ook negatieve effecten bv groeiexplosie,			
Algan, Cropcare, Profunda, Profortum	compostthee van Koppert, Grondgezond, SoilTech Solutions	Savitan, Nemago (tegen aaltjes, weerstandverhogend); ProParva, Proterrum	diverse leveranciers	kalifosfiet, pentakeep, vitaal water
Invloed van alginaten op steenwol/perliet kan ook negatief uitpakken	Methode van compost productie, thee productie en extractie			Vitaal water: controleerbaarheid - onbekende mechanismen
Werking is aangetoond. Werkingmechanismen deels hypothetisch en deels bewezen.	Opm. Werking is aangetoond maar de resultaten zijn wisselend. De genoemde mechanismen zijn grotendeels gebaseerd op hypothesen en mechanismen zijn niet wetenschappelijk bewezen.			

6 Enquête

In aanvulling op de beschrijving van de mechanismen die betrokken zijn bij weerbaar telen (H2), de uiteenzetting van de diverse middelen (H4), en de definitie van oplossingsrichtingen (H5), is er door adviseurs van DLV Plant een enquête uitgevoerd bij telers van wie bekend was dat ze bezig waren met weerbaar telen en toepassingen in het wortelmilieu. Het idee achter de enquêtes was tweeledig: enerzijds komt er informatie beschikbaar over toepassing van diverse middelen in de praktijksituatie, die als onderbouwing kan dienen voor het definiëren van oplossingsrichtingen. Daarnaast is het belangrijk om continue feeling te houden met de sector, zodat het onderzoek en de praktijk hand in hand gaan in het vinden van oplossingen. Zo hebben ook enkele telers die de enquête hadden ingevuld verteld over hun ervaringen op het gebied van natuurlijk telen op de workshop, d.d. 6 september 2011.

De resultaten van de enquête zijn het startpunt geweest voor het definiëren van groepen van producten en middelen zoals is gebeurd in hoofdstuk 4. Hiervoor is gekozen, om een hanteerbare limiet te hebben voor het aantal te betrekken middelen en te voorkomen dat overbodige aandacht wordt gegeven aan middelen die toch niet worden toegepast.

Uiteindelijk heeft een aantal van negenendertig bedrijven die iets doet met weerbaar telen de enquête ingevuld. Sommige bedrijven teelden meerdere gewassen, waardoor de som van de gewassen groter is dan het aantal bedrijven. Hiervan waren er achtentwintig bedrijven die alleen glasgroenten teelden, tien bedrijven die alleen sierteeltproducten teelden en een bedrijf met glasgroenten en snijbloemen.

De enquête had tot doel inzicht te krijgen in de gebruikte middelen, hun leveranciers; de randvoorwaarden voor toepassing en ten laatste of de telers de toepassing als succesvol ervaren en waaraan dit werd afgemeten. De enquête is opgenomen in de bijlage II.

De verdeling van de invullers van de enquêtes over gewassen en gebruikte substraatsoorten is weergegeven in bijlage IV A. Bijlage IV B geeft de namen van de gebruikte producten en hun leveranciers per gewas waarin ze werden gebruikt. In dit hoofdstuk zullen we ingaan op de ervaringen van de telers per productgroep, zoals ze in een eerder hoofdstuk zijn gekozen, en alleen informatie per product toevoegen wanneer dit relevant is.

In deze analyse is een categorie “concepten voor stimuleren van het bodemleven” toegevoegd. In enkele aanpakken gaat het niet om toedienen van het middel maar om het realiseren van een bepaalde situatie qua microbiologie in het wortelmilieu. Deze wordt gemonitord met o.a. een bodemvoedselwebanalyse en beïnvloed met verschillende soorten middelen. Met de beschikbare kennis kunnen we deze middelen niet afzonderlijk beschouwen. Het gaat hier vooral om de aanpak van GrondGezond (GezondGroep; Arno Duijvesteijn) en Koppert B.V. met Natugro.

Tabel 5. Aantal bedrijven dat producten uit een bepaalde productgroep toepast.

Middelengroep	aantal bedrijven	glasgroenten					Sierteelt						
		aubergine	bladgewassen	komkommer	paprika	tomaat	Alstroemeria	Bouvardia	chrysant	Matricaria	roos	violieren,	Zantedeschia Aethiopica
organische mest	1			1	1	1							
compost	2			1	1	1			1				
concept: stimuleren bodemleven	10			1	3	6					1		1
micro-organismen	15		2	6	5	4			1	1	3		
organische extracten													
wieren en algen	7	1		3	5	1							
dood organisch materiaal	6			1	3	1		1					1
overige planten	3		1	2	3	1							1
overige producten	10												
w.v. kalifosfiet	6				1		1				3		
w.v. pentakeep	3				3								
waterbehandeling	7			1	2	1				1	2		

Tabel 6. Ervaringen van telers per productgroep. 4/5 betekent dat 4 telers uit een totaal van 5 telers een bepaalde ervaring hebben.

Middelengroep	aantal bedrijven	Ervaring van telers of het een succes is of niet - en hoe ze dat waarnemen.
organische mest	1	1/1 tevreden, goede groei.
compost	2	2/2 tevreden vanwege goede groei. Chrysant: verwacht niet te hoeven stomen.
concept: stimuleren bodemleven	10	7 steenwol (allen met ontsmetting van drainwater), 2 kokos (1 met, 1 zonder ontsmetting), 1 grond. Allen tevreden of nog onbeslist. Roos (steenwol): tevreden, noemt lager Na en fungicidegebruik. Paprika/zantedeschia teler: resultaten onduidelijk. Paprikateler noemt lager meststoffenverbruik. Er wordt vaak gemonitord met bodemvoedselwebanalyse.
micro-organismen	15	Triatum: 12 telers, vv. 4 onbeslist (perliet, volle grond en 2 steenwol), 4 (allen steenwol-telers) vinden het niet succesvol en 4 zijn tevreden (3 volle grond, 1 foamteler) vanwege minder ziekte problemen. Andere producten: men is tevreden over de meeste producten, ervaring dat er minder ziekte problemen zijn (3 volle grond en 2 steenwol), behalve: Biomentor heeft 1/2 wisselend resultaat tussen 2 jaren en 1/2 onduidelijk bij een andere teler.
organische extracten		
wieren en algen	7	De gebruikende telers zijn 6/7 tevreden, vanwege goede groei, gewaskleur en gewasgezondheid. Geen referenties bij toepassing. Allen glasgroenten: 4 perliet, 2 steenwol, 1 volle grond
dood organisch materiaal	6	3/6 toepassing van compostthee, resultaten onduidelijk. Bij Humintech-producten waren alle 3/6 telers tevreden vanwege gewaskleur (Bouvardia op kokos) of bloemkleur (tomaat - steenwol) en evenwicht gewas (komkommer - steenwol) resp. bestendigheid tegen weersovergangen (tomaat - steenwol).
overige planten	3	3/3 resultaten onduidelijk
overige producten	10	1 Silicium: minder meeldauw, aangetoond in analyse blad/vrucht.
w.v. kalifosfiet	6	resultaten niet benoemd 4/5 of niet duidelijk. 4 steenwol, 1 organisch substraat.
w.v. pentakeep	3	1/3 noemt betere groei en minder Pythium. 1/3 resultaat onduidelijk, 1/3 niet benoemd.
waterbehandeling	7	3/7 noemen hogere productie; 1/7 betere houdbaarheid snijbloemen; 1/7 beter vertakt wortelstelsel. Bij 3/7 is het een onderdeel van het totaal concept van stimuleren van het bodemleven.

De bedrijven hebben ook vermeld welke andere toevoegingen aan het gietwater ze gebruikten, bv. om de leidingen schoon te houden. Dit was divers: 2 bedrijven gebruikten Super-FK; 5 bedrijven gebruikten (soms) waterstofperoxide; 3 bedrijven gebruikten (soms) chloor/hypochloriet; 6 bedrijven gebruikten Optidrain om het watergeefstelsel schoon te houden; 1 bedrijf gebruikte antibloc mineral/clearoxyl - idem reden.

De meeste telers met substraatteelt ontsmetten het recirculatiewater voor hergebruik, behalve paprikabedrijven die het drainwater niet ontsmetten. De grondteelten recirculeerden niet. Er was geen enkele relatie te ontdekken tussen telersteveiligheid en ontsmetting van drainwater of toegevoegde middelen aan het watersysteem. Er was wel een relatie tussen Trianum en substraattype: de 4 steenwoltelers vinden de toepassing van Trianum niet succesvol. Tabellen 7 tot en met 10 laten zien, respectievelijk, een overzicht van de bevraagde telers en de belangrijkste leveranciers, een overzicht van de genoemde middelen met het aantal telers dat daarvan gebruikt maakt en de resultaten in het gewassen en middelen met de bijbehorende producent.

Tabel 7. Overzicht van de bevraagde telers, aantallen ingedeeld naar substraat en gewas.

aantal telers	27	substraten			
		grond	steenw.	kokos	perliet
		6	12	8	1
gewassen		22%	44%	30%	4%
paprika	8	1	2	5	
roos	3		3		
tomaat	5		5		
komkommer	7	1	2	3	1
bladgewassen	1	1			
chrysant	2	2			
bouvardia	1	1			

Tabel 8. Overzicht van de belangrijkste leveranciers als gekeken wordt naar het aantal middelen dat gebruikt wordt door telers die de enquête hebben ingevuld.

leverancier	aantal middelen	
Koppert	10	7
Grondgezond	2	3
Ecoprotecta	6	2
Humintech	2	2
Orgentis	2	2
Belchem	1	1
Deruned	1	1
Pentagrow	1	1
Plant Health Care	1	1

Tabel 9. Overzicht van de genoemde middelen met het aantal telers dat daarvan gebruikt maakt en de resultaten in het gewas.

middelen	paprika	roos	tomaat	komk.	bladgew.	chrysant	bouvardia	Resultaten
Amin	2		2					niet meetbaar in productie/kwaliteit. Soil food web analyse wordt genoemd.
Biohealth. (Bacillus Subtilis)			1					2 jaar geen Previcur/AATerra meer gebruikt
Biomentor		1	1	2				Roos: geen wortelfungiciden en lager Na; 2/3 ervaart positief; effect op meeldauw?
Complete Plus (proef)			1					?
compost	1					1		2/2 tevreden teler, ervaart goede groei. Hoger org. Stof van bodem
compostthee	3	1	2					5/5 positieve ervaring; minder kunstmestgebruik, geen wortelfungiciden, lager Na
Contans				2	1			2/2 tevreden: minder Sclerotinia
Cropcare	3			3				6/6 strekking van gewas, kleur
eQuirein	3			3				6/6 verhogen weerbaarheid van de plant
geitenmest (hoge concentraties nutriënten)	1							1/1 tevreden: goede groei.
Humiron			1				1	2/2 teler tevreden - 1/2 gewas zou beter bestand zijn tegen weersovergangen. 1/2 betere gewaskleur
impulse +	1							onderdeel van totaalaanpak, geen afzonderlijk oordeel over product
Kalifosfiet	1	3						2/4 tevreden; 2/4 kunnen geen oordeel geven - resultaat niet duidelijk.
Natugro trianum met voeding		2						2/2 geen zichtbaar resultaat; 1/2 noemt dat onbehandeld gewas beter groeit.
organische meststoffen, 8-5-8 en 12,1,0 meer bij paprika	1							?
Pentakeep	2							1/2 positief: betere groei, vruchten ,minder Pythium; 1/2 geen resultaat, ongeloof.
Plus			1					?
PowHumus			1					1/2 beter gewas; 1/2 betere bloemkleur
ProFortum	1		2					? Onduidelijk. (Proef Koppert genoemd). (SoilFoodWeb analysis)
ProFunda			1					?
ProParva			1					?
ProSatus C/f			1					? Meting in soil food web analysis
ProTerrum			2					1/2 tevreden = goede groei. 1/2: geen resultaat in analyse
Quality	2		1					geen meetbaar resultaat.
Savitan				1				?
Promot+: Trichoderma harzianum + T. koningi						1		Groei is zeer goed, gewichten idem dito (kwalitatieve beoordeling)
Trianum	4		3	4				Zeer wisselend. 3/11 ontevreden (geen resultaat of wel wortelproblemen); 3/11 tevreden (gewasstand, minder ziektenproblemen); overigen ??
Zeewier		1		1				1/2: betere gewaskleur

Tabel 10. Overzicht van middelen met bijbehorende producent.

Naam	Producent
Contans	Belchem
Savitan	Deruned
Zeewier	Dolf Vijverberg
Cropcare	Ecoprotecta
eQuirein	Ecoprotecta
Amin	Grondgezond
compostthee	Grondgezond
impulse +	Grondgezond
Plus	Grondgezond
Kalifosfiet	Horticoop
Biohealth. (Bacillus Subtilis)	Humintech
Pow Humus	Humintech
ProFortum	Humintech
Amin	Koppert
compostthee	Koppert
Natugro trianum met voeding	Koppert
ProFortum	Koppert
ProFunda	Koppert
ProParva	Koppert
ProSatus C/f	Koppert
ProTerrum	Koppert
Quality	Koppert
Trianum	koppert
Bacillus Subtilis	Orgentis
Biomentor	Orgentis
Pentakeep	pentagrow
Complete Plus (proef)	Plant Health Care
Humiron	Powhumus
Kalifosfiet	TCN

7 Workshop “Weerbaar telen: praktijk ontmoet wetenschap”

7.1 Programma

Op 6 september 2011 is een workshop georganiseerd bij WUR glastuinbouw, in Bleiswijk. De workshop was vooraf aangekondigd via vakbladen en websites, de netwerken en websites van de projectpartners en sociale media (Twitter). Men kon zich aanmelden via DLV Plant. Voor de workshop hadden zich 85 geïnteresseerden aangemeld, van wie 49 telers (van 40 bedrijven), 19 adviseurs en 17 toeleveranciers van substraat-, en weerbaarheid bevorderende producten. Op de presentielijst van de bijeenkomst hebben 18 siertelers zich gemeld, 22 vruchtgroente telers, 13 medewerkers van kennis- en adviesbedrijven en 15 toeleveranciers. Het programma van de workshop staat in Tabel 11.

De projectpartners hadden voor de workshop de volgende doelen gesteld:

- Bewustwording van kansen van concepten/middelen voor verhoging gewasweerbaarheid
 - o Informatieoverdracht over kansrijke oplossingsrichtingen
 - o Informatieoverdracht over kritische succesfactoren
- Bewustwording van knelpunten
 - o m.b.t. bewijsbaarheid van werking/resultaten
 - o m.b.t. toelatingsbeleid
- Draagvlak voor en feedback voor projectvoorstel onderzoek

Tabel 11. Programma workshop Weerbaar Telen Praktijk ontmoet wetenschap d.d. 6 september 2011 te Bleiswijk.

Tijd	Onderwerp	Wie
16:00	doelstelling / probleemschets / inleiding project	WUR Glastuinbouw
16:15	Telers delen ervaringen (vorm: interview), Testimonial gebruikende telers over hun aanpak, Één paprikateler met enkele jaren positieve ervaring, Één rozenteler met kortere ervaring en tegenslag in de aanpak	DLV Plant
16:30	Presentatie van enquêteresultaten, Vragenlijst, Resultaat gewassen, substraten, Overzicht middelen, Overzicht ervaringen/resultaten	DLV Plant
17:00	Korte pauze met koffie/thee/fris	
17:15	Bespreking met inbreng van wetenschappelijke resultaten en objectieveerbare gegevens, Componenten vs. werkingsmechanismen, potentiële resultaten, wat zou (wetenschappelijk gezien) resultaat kunnen geven in welke gewassen/omstandigheden, Beïnvloedende omgevingsfactoren, uitmondend in lijstje kritische succesfactoren (klimaat, gewas, substraat en omstandigheden) – onder welke omstandigheden is resultaat te verwachten	Blgg AgroXpertus Fytagoras
17:45	Problematiek c.q. motivatie (ontbreken van) toelatingen	LTO Groeiser-vice – Harmen Hummelen
18:00	vragen op papier inleveren	Deelnemers
18:15	Maaltijdbuffet	WUR
19:00	vragen bespreken – panelsessie.	
	Presentatie voorgesteld vervolgonderzoek met integratie van praktijk/telers, Aannames / keuzes akkoord?, Welke onderdelen van voorstel kunnen worden beïnvloed?	WUR
20:00	Afsluiting	

7.2 Discussies en reacties

De inhoud die tijdens de workshop werd gepresenteerd door de sprekers is verwerkt in dit rapport te vinden. De discussies met deelnemers en reacties zijn in deze paragraaf beschreven

Tijdens de workshop zijn verschillende vragen gesteld en discussies gevoerd. Dit ging over:

1. Controleerbaarheid van de kwaliteit van compost en compostthee. De ene compost is de andere niet en kwaliteitscriteria ontbreken. Dat dit ernstig effect kan hebben op de toepasbaarheid van compost is door de aanwezigen duidelijk opgepakt, gezien ook enkele opmerkingen in de uitgangsenquête.
2. Er werd opgemerkt dat er vanuit het project teveel in middeltjes en producten werd gedacht, terwijl juist de integrale benadering (alles hangt met alles samen en er moet een balans zijn) belangrijk en zinvol is. Reactie: de projectpartners erkennen dat de werkelijkheid complexer is dan de aanpak van problemen met middeltjes, en dat deze integrale benadering inderdaad noodzakelijk is.

De volgende vragen werden aan het eind van de middagsessie schriftelijk gesteld:

1. Wat zijn waarden voor kokos i.v.m. voedselwebanalyse voor bacteriën, schimmels en protozoa?
 - a. Antwoord van Blgg AgroXpertus: hier zijn geen duidelijke waarden voor te geven, op dit moment kunnen ze alleen gemiddelde waarden uit ervaringscijfers geven maar nog geen betrouwbare gegevens over wat goed zou zijn.
2. In paprika: wat is er te doen tegen flesjesschimmel? Is het te voorkomen?
 - a. Hier kon tijdens de sessie geen antwoord op gegeven worden en is door Blgg AgroXpertus naderhand nog gereageerd: Diporotheca is een hardnekkige schimmel die langdurig kan overleven in grond. Er zijn ons geen toegelaten fungiciden in de teelt van paprika bekend die tegen deze schimmel ingezet kunnen worden. Maatregelen zullen dus vooral op vlak van preventie moeten liggen (teeltwisseling en hygiëne) en zorgen dat aantasting gedurende teelt niet verspreid wordt. Er is wereldwijd weinig tot geen onderzoek naar deze schimmel gedaan en er is geen informatie over bijvoorbeeld teeltomstandigheden (vb watergift of klimaat) die van invloed kunnen zijn op ontstaan van aantasting. Er is dus geen kant en klare oplossing voor het probleem flesjesschimmel. (Dit wordt bevestigd door DLV Plant – Ewoud v.d. Ven, die advies geeft dat alleen betrekking heeft op preventie door optimale hygiënemaatregelen).
3. “Weerbaar telen” geeft (naar mijn ervaring) extra groei. In de glasgroententeelt is dit echter lang niet altijd gewenst. Een evenwichtig bodemleven gaat dus niet per definitie hand in hand met een productief gewas. Hoe denkt men hiermee om te gaan? (Vraag van een aubergineteler).
 - a. Antwoord van Blgg AgroXpertus: Middelen die momenteel ingezet worden om het bodemleven te beïnvloeden, kunnen direct of indirect ook een effect op de groei van de plant hebben. In het onderzoek zal naar beide zaken gekeken worden door bijvoorbeeld (1) In het eerste jaar worden geselecteerde producten getest op effect van de plant (2) Gedurende de verschillende proeven in praktijk en op de onderzoek locatie van Wageningen UR zullen uitgebreide teelt- en gewasregistraties bijgehouden worden waarbij effecten op het gewas snel opgemerkt worden en waar mogelijk verklaard.
4. Weerbaarheid, alleen bekeken binnen het project – de matrix – vanuit de bodem/wortel, of ook plaats voor inductie van systemische resistentie via de bovengrondse delen? (Vraag van een toeleverancier)
 - a. Antwoord: daar is ook ruimte voor in de rapportage.
5. Is er wat bekend over geitenmest en Q-koorts?
 - a. Antwoord: de AID geeft aan dat na enkele maanden de mest veilig is te gebruiken.
6. Wilt u wat verder ingaan op bestrijding van *Fusarium* in monoteelten?
 - a. Antwoord van Blgg AgroXpertus: Op dit moment is *Fusarium* in veel monoteelten lastig te bestrijden. Hygiënische maatregelen moeten genomen worden om besmetting te voorkomen. Daarnaast spelen teeltomstandigheden vaak een belangrijke rol, bijvoorbeeld een vochtig klimaat, waardoor de plant of delen van de plant vatbaarder zijn. Beide aspecten zijn goed te integreren met Weerbaar telen. Mogelijk dat het gewas als gevolg van weerbaar telen ook minder vatbaar is voor *Fusarium* waardoor de overige bestrijdende maatregelen achterwege kunnen blijven.
7. Dan is mij niet duidelijk wat de beste compost is, natuur- of GFT-compost.
 - a. Antwoord: daar ontbreken ook duidelijke kwaliteitskenmerken voor weerbaarheidsbevordering.

7.3 Exit-enquete

Bij uitgang van de workshop is deelnemers gevraagd een enquête in te vullen. In bijlage III zijn de vragen te vinden en de resultaten van de 22 telers die de enquête hebben ingeleverd. De dertien ingevulde telersevaluaties met adressen betreffen 7 glasgroenten (3 tomaat; 3 paprika; 1 tomaat/paprika/komkommer), 1 plantenkweker, 5 snijbloemen (Alstroemeria; anemonen; Gerbera; lelie; Delphinium); 9 zonder adres.

In het algemeen was men redelijk tevreden over de workshop, met de kanttekening dat de praktische toepasbaarheid van de aangeboden kennis zeer laag was. Dit was ook niet het doel van de workshop. Het maakte vooral duidelijk dat er kansen zijn voor weerbaar telen en dat er een zeer groot draagvlak was voor een vervolgproject met praktijkproeven: hiervoor was 100% draagvlak bij telers en 72% van de telers meldde deel te willen nemen.

8 Synthese

In dit hoofdstuk wordt op basis van de voorgaande hoofdstukken een leidraad beschreven voor natuurlijk telen, en hoe daarbij de diverse middelen en maatregelen het beste kunnen worden toegepast. In H 8.1 en 8.3 wordt ingegaan op de condities in het substraat die van belang zijn voor natuurlijk telen, terwijl in H 8.2 wordt ingegaan op de intrinsieke planteigenschappen die van belang zijn voor een weerbaarder gewas. In hoofdpijnen wordt nog even ingegaan op de beschikbare middelen die kunnen worden ingezet (H 8.4), en hoe daarbij rekening gehouden dient te worden met de leefomgeving van micro-organismen (H 8.6). In het verdere verloop van dit hoofdstuk wordt beschreven welke systematiek een teler kan hanteren om keuze te maken wanneer hij over gaat tot natuurlijk telen (H 8.7 en 8.8), hoe er in de teelt gestuurd kan worden (H 8.9), en hoe de weerbaarheid vervolgens gemonitord kan worden (H 8.10).

8.1 Weerbaar substraat

Voor natuurlijk telen moet in eerste instantie de wortelomgeving op orde zijn. Dat wil zeggen een goede vochtbalans, nutriënten, temperatuur *etcetera*. Daarnaast kan de weerbaarheid verhoogd worden. De weerbaarheid van bodem of substraten wordt grotendeels veroorzaakt door mechanismen waarin het micro-leven een belangrijke rol speelt. Denk aan het onderdrukken van *Pythium* of *Fusarium* door competitie met micro-leven om biologisch beschikbaar ijzer en koolstof, of door microbiële antistoffen zoals celwandoplossers, antibiotica, toxische (gasvormige) verbindingen, verstoorde communicatie door de bacterie *Serratia* spp., fysieke bescherming van de wortels door endo- of ectomycorrhiza, onvindbaar maken van wortels en het aanzetten van de resistentie van de plant tegen een ziekte of plaag.

Naast deze biologische factoren kunnen meststoffen ook een belangrijke rol spelen in het “versterken” van de plant. Denk aan de verhouding NO_3^- : NH_4^+ en de hoeveelheid totale stikstof in de bodem of substraat.

Maar ook substraatsamenstelling is van doorslaggevend belang, niet alleen doordat het substraat een optimale leefomgeving moet bieden voor de plant en de antagonisten, maar ook kunnen substraateigenschappen zorgen voor een fysisch-chemische weerbaarheid tegen ziekten en plagen. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld het belang van een optimale poriegrootte en het daarmee samenhangend “vrije water gehalte” en zuurstofgehalte tegen *Pythium aphanidermatum* in komkommer en mobiele teelt van chrysant en een hoge EC of een fosfide tegen *Phytophthora*.

8.2 Plantsterkte

Optimalisatie van de abiotische factoren en daarmee de teeltomstandigheden hebben een positief effect op groei, productie en weerbaarheid van de plant. Een goede balans en samenhang is daarbij erg belangrijk. Bij verandering van slechts één abiotische factor zal dit invloed hebben op een breed scala van overige factoren.

Verhoging van worteltemperatuur zal onder optimale omstandigheden leiden tot een sterkere groei van de wortel. Een goed groeiend wortelstelsel is belangrijk voor opname en transport van nutriënten. Verhoging van temperatuur heeft echter ook effect op de groei en deling van micro-organismen in de wortelomgeving. Dit leidt tot competitie om zowel nutriënten maar ook om zuurstof. Ook kan het uitscheiden van fytotoxische componenten toenemen wat juist weer groeiremming in de hand werkt.

Opname van water en diffusie van nutriënten verloopt gemakkelijker naarmate het watergehalte toeneemt, wat gunstig is voor het gewas. Verhoging van watergehalte leidt echter ook tot gemakkelijker transport van o.a. zoösporen van pathogenen (oömyceten zoals *Pythium* en *Phytophthora*) waardoor ziektedruk kan toenemen. Een te natte wortelomgeving is ook minder goed in staat om zuurstof uit de lucht op te nemen waardoor zuurstoftekorten kunnen ontstaan. Micro-organismen kunnen wortellexudaten gemakkelijker vinden in een nattere omgeving. Ook diffusie van wortellexudaten verloopt gemakkelijker bij een hoger watergehalte.

Een te laag zuurstofgehalte is per definitie ongunstig voor het gewas. Wortelgroei, opname van nutriënten, transport van nutriënten, productie van cytokinines zullen allen geremd worden. Ook toxische stoffen kunnen onder zuurstofarme omstandigheden worden gevormd. Veel micro-organismen kunnen zich beter handhaven onder zuurstofarme condities waardoor de onder deze omstandigheden toch al verzwakte plantenwortel moeilijker kan concurreren met deze organismen. Verandering van zuurgraad heeft invloed op diverse factoren. Een deel van de voedingszouten zijn beter oplosbaar bij een lagere pH, andere juist weer bij een hogere. Weerbaarheid wordt in diverse onderzoeken toegeschreven aan competitie om nutriënten, waarbij pH een belangrijke rol speelt.

8.3 Weerbaarheid tegen bovengrondse ziekten en plagen

Weerbaarheid van planten tegen bovengrondse belagers kan vergroot worden door vraat remmende of celwand verstevigende nutriënten in het substraat. Uit onderzoek is bijvoorbeeld bekend dat mangaan, silicium en calcium in het substraat een belangrijke rol spelen bij bescherming van de plant tegen soorten zoals bladluis, witte vlieg, spint, *Botrytis* en echte meeldauw. Hoge stikstofniveaus maken planten juist weer gevoeliger voor plagen als bladluis en trips. Ook kunnen nutriënten ook betrokken zijn bij het induceren van een resistentie-reactie. Bepaalde composten kunnen naast nutriënten ook organische fenolen bevatten die remmend werken op bovengrondse plagen als bladluis, wolluis en spint. Vooral van soorten die zich voeden met floëem wordt verwacht dat er een invloed kan zijn van weerbaarheid verhogende stoffen die aan het wortelmilieu zijn toegevoegd.

8.4 Categorieën van middelen

Er is een groot scala aan middelen voorhanden die als doel hebben “het weerbaar maken van substraat of plant”. De middelen en maatregelen kunnen ingedeeld worden in de categorieën compost, micro-organismen, organische extracten en overig.

Compost wordt toegepast in de grond en potgronden. Het geeft een verbetering van de structuur en heeft duidelijk ziekte- en plaag onderdrukkende eigenschappen. Het exacte werkingsmechanisme hiervan is nog steeds grotendeels onbekend. Ook de voorspelbaarheid van de mate van ziekte en plaagonderdrukking laat nog wel te wensen over. Daarnaast kan de uitval door een ziekte zoals *Verticillium dahliae* juist versterkt worden.

Er komt in toenemende mate meer kennis beschikbaar over indicatoren die een uitspraak kunnen doen over het nut van compost voor weerbaarheid. Maar daarin is nog wel het nodige te doen en het beste zou zijn om een certificeringsmethode te hebben om composten te karakteriseren op weerbaarheid. Ook wordt er melding gemaakt van ziekteverwekkers die aanwezig zouden zijn in compost en compostthee. Een voorbeeld hiervan was *Fusarium solani* in een compostthee (pers. mededeling DLV Plant). Het is niet bekend of dit een uitzondering betrof of dat dit vaker voorkomt.

Er zijn diverse antagonisten verkrijgbaar, zoals *Bacillus* sp., *Trichoderma* sp., en *Coniothyrium minitans*. In het algemeen is het erg kostbaar voor producenten om een wettelijke toelating te bemachtigen. Daarnaast kost het, afhankelijk van de al bestaande kennis van het organisme, een aantal jaren voordat die toelating verkregen kan worden. Voor de producenten is het dan ook nog vaak moeilijk om de organismen in grote aantallen op de markt te krijgen en ook nog in een constante samenstelling. Vaak worden micro-organismen aangeboden in assemblages als plantversterker of bodemverbeteraar. In de praktijk wordt kan een verhoging van de productie gezien in grondteelten, zoals bij gebruik van *Trichoderma* sp. in chrysant (pers. mededeling R. Corsten DLV Plant).

Het maken van compostthee gebeurt door het incuberen van compost in water, waarbij soms ook andere extracten worden toegevoegd, zoals zeewier extracten en vis extracten. De samenstelling is niet streng vastgelegd en bestaat uit een reeks verwante stoffen en een aantal niet te vermijden bijgesloten stoffen.

Humusstoffen worden gevormd als organisch materiaal wordt omgezet. Omdat dit een zeer diverse groep is, is er geen duidelijke definitie mogelijk. Deze stoffen kunnen een rol spelen in het stimuleren van micro-organismen, wortelademhaling en wortelgroei, verbeterde nutriënten opname door de plant in hydroculturen, en het verhoogd de verblijftijd van calcium in de bodem.

Bij zeewieren (macroalgen) kunnen enzymen, cytokinines en auxines, sporelementen en vitaminen mogelijk een rol spelen voor een verbeterde groei van het gewas en een verbeterde opname van nutriënten. Ingrediënten van cyanobacteriën kunnen werkzaam zijn tegen *Rhizoctonia solani* en *Sclerotinia sclerotiorum*.

Er is veel onderzoek gedaan naar plantaardige stoffen met een bestrijdende werking en er zijn een aantal die even effectief zijn als chemische middelen. Sommige van die stoffen verhogen bovendien de weerstand van het gewas.

Meststoffen op basis van H_3BO_3 , $CuSO_4$, MnC of KMn, fosfaat en fosfietachtige verbindingen kunnen dienen als schakelaar voor het aanzetten van het verdedigingsmechanisme of hebben een directe toxische werking.

8.5 Leefomgeving

Bij natuurlijk telen is het van groot belang om te realiseren dat microleven eisen stelt aan hun (a)biotische leefomgeving. Dit betekent dat micro-leven niet zomaar geïntroduceerd kan worden. Dit verklaart waarom er niet vaak een effect wordt gezien ten aanzien van weerbaarheid van het toevoegen van organismen direct op de bodem. Mogelijkheden om dit op te lossen is door aanpassingen aan de bodem of substraat of door het maken van een zogenaamde “carrier” (dragermateriaal of coating van zaden) waardoor de microbe bij introductie beschermd wordt door het nieuwe, en mogelijk vijandige milieu. Voorbeelden hiervan zijn het aanbrengen van microleven in pluggen en planten in de opkweek. Al eerder is aangetoond dat antagonisten, maar ook ziekte onderdrukkende stoffen zoals chitosan, een betere werking hebben als ze worden toegevoegd aan pluggen in de opkweek dan het toevoegen aan bodem of substraten zoals steenwol.

Substraten die met een “schone” start beginnen zoals steenwol, perliet en kokos bieden mogelijk meer perspectief. De aandacht hiervoor gaat uit naar wortel koloniseerders die zich een eigen plek (“niche”) toe-eigenen en door snelle vermenigvuldiging een gelijke tred houden met de wortelgroei. Binnen deze substraten kan er dus nog meer ruimte zijn voor nieuwe koloniseerders. Een beperkende stap is natuurlijk altijd of er voldoende voeding aanwezig is en de microbe de competitie aan kan gaan met andere bacteriën of schimmels. Substraattype speelt hierbij een belangrijke rol. Kokos biedt algemeen meer kansen voor de ontwikkeling van een rijk microbieel bodemleven dan een steenwol substraat en kan dus een grote rol spelen in het voorkomen van uitval door competitie. De plant (tot zelfs de identiteit van de cultivar) bepaald in grote mate de samenstelling van het microleven, echter het belang van substraattype is groter. De concurrentiekracht van de microbe komt dan op de tweede plaats.

Recirculatie van de drain kan de opbouw van de weerbaarheid versterken. Een ontsmetting van de drain kan waarschijnlijk wel een effect hebben op de snelheid waarmee de weerbaarheid wordt opgebouwd, maar omdat de wortelomgeving de belangrijkste plaatsen zijn voor het vestigen van “weerbaar” microleven hoeft dit niet een belemmering te zijn. Van het gebruik van ontsmettingsmiddelen (chloor e.d.) wordt echter wel verwacht dat het een grote invloed heeft op de mate van weerbaarheid in substraat.

In de enquête gehouden onder telers kwam naar voren dat de meeste telers met een substraatteelt het recirculatiewater ontsmetten voor hergebruik. Uitzonderingen waren de paprikabedrijven die het drainwater niet ontsmetten. De grondteelten recirculeerden niet. Er was geen enkele relatie te ontdekken tussen telerstevredenheid en ontsmetting van drainwater of toegevoegde middelen aan het watersysteem. Dit laatste ondersteunt de bevindingen dat ontsmetten geen invloed hoeft te hebben op het weerbaar maken van substraten.

Biologische systemen reageren daarnaast sterk op de zoutconcentraties in hun omgeving (Zahran 1997). Dit wordt routinematig gemeten als een zgn. EC-waarde. Deze EC waarde speelt een belangrijke rol in het weerbaar maken van substraten door een direct effect op een ziekte of indirect door het verbeteren van de leefomgeving van antagonisten. Onderzoek in gerbera laat bijvoorbeeld zien dat een hoge EC een verhoogde weerbaarheid geeft tegen *Phytophthora* spp. (Thinggaard & Anderssen 1995). De interactie tussen EC en de diverse antagonisten is vaak niet goed onderzocht. De bodemschimmel *Coniothyrium minitans* kan slecht tegen extreme EC waarden. *Trichoderma* spp. geeft een betere weerbaarheid geeft bij een optimum op 3.5 mS cm^{-1} bij een pH 5.2 in aanwezigheid van een plantparasiet zoals *Pythium* sp. Deze weerbaarheid wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verhoogde productie van celwand-afbrekende enzymen, zoals cellulases en glucanases, en heeft ook bij deze EC het hoogste plantversterkend effect (Khalil 2011). Overigens geeft de producent van Trianum aan dat *Trichoderma harzianum* T22 (Trianum) veel beter bestand zou zijn tegen extreme EC en zuurgraad waarden (tot wel 15 mS cm^{-1}). In de enquête die gehouden werd ondervraagde telers kwam een relatie naar voren tussen Trianum en substraattype. De vier steenwol-telers die Trianum gebruikte vinden de toepassing niet succesvol.

8.6 Stapelen van mechanismen

De weerbaarheid die aangetroffen wordt in de volle grond kenmerkt zich door een complexiteit van interacties. Vaak is er sprake van een opeenstapeling van mechanismen, zoals al eerder genoemd, waardoor een ziekte of plaag succesvol onderdrukt wordt. Een voorbeeld hiervan is *Trichoderma*. De in de natuur voorkomende soorten staan bekend als organismen die een groot scala aan mechanismen kunnen inzetten, zoals productie van antibiotica, fysieke bescherming van wortels, competitie om nutriënten. Maar ook de goed gedocumenteerde onderdrukking van *Fusarium* in de wijngaard Chateau Renard (Frankrijk). *Fusarium* werd daar onderdrukt door een combinatie van een niet-plant pathogene *Fusarium* (stam Fo47; door competitie), een fluorescente pseudomonade (antagonisme) en een aantal randvoorwaarden in bodemsamenstelling waarvan onduidelijk is of die een directe wering gaven of belangrijk waren als randvoorwaarde voor de vestiging van de *Fusarium* Fo47 en de fluorescente pseudomonade.

8.7 Beslissingssystematiek: toediening middelen

De keuze van het substraat is dus logischerwijs een eerste stap in het sturen op weerbaarheid. Een tweede stap is jezelf af te vragen welke mogelijkheden er zijn om de weerbaarheid te verhogen. Sommige factoren zijn immers makkelijker te sturen dan andere. Het lijkt voor de hand liggend dat substraten makkelijker te manipuleren zijn dan bodems. Daarnaast is het duidelijk dat er een aantal belemmeringen zijn voor de inzet van microben voor de bestrijding van ziekten en plagen. Daar is wettelijke toelating er een van.

Een belangrijke randvoorwaarde voor de inzet van middelen of meststoffen is een wettelijke toelating als gewasbeschermingsmiddel. Daarnaast moet een gift aan meststoffen voldoen aan de mestwetgeving. Binnen de biologische teelt moeten de middelen getoetst worden aan de richtlijnen zoals gecontroleerd door SKAL.

8.8 Beslissingssystematiek: lokale soorten stimuleren

Een alternatief op het toedienen van middelen is het sturen op de leefomgeving van de gewenste microben, met andere woorden: het geschikt maken van een bodem of substraat. Een belangrijke aanname daarbij is dat deze groep van gewenste micro-organismen altijd en overal aanwezig is, desnoods in lagere hoeveelheden. Dat lijkt onwaarschijnlijk. Kennis van de potentieel nuttige microben en hun leefomgeving is dus van doorslaggevend belang. Er wordt aangenomen dat bijvoorbeeld een belangrijke groep "*Rhizoctonia* weerbare" microben zoals *Lysobacter* spp. zich vooral vestigt op zwaardere gronden met klei. Deze bacterie kan in aantallen toenemen als er klaver op de bodem staat. Het zaaien van klaver, als bijvoorbeeld een tussengewas, op lichtere gronden heeft dus geen zin. Om een andere belangrijke groep van de actinomyceten te stimuleren kan materiaal aangebracht worden met een complexe koolstofstructuur zoals stro.

8.9 Teeltsturing

Zoals eerder vermeld stellen biologische vijanden eisen aan hun leefomgeving. Het zou de teelt enorm vergemakkelijken als er van alle beschikbare biologische vijanden "*factsheets*" zouden zijn met een beschrijving van de optimum waarden voor functioneren, zoals optima in temperatuur, EC en zuurgraad (pH). De teelt moet zelf ook de nodige aanpassingen krijgen omdat er rekening gehouden moet worden met eisen van microbiologie in het substraat en dus niet te sturen op bijv. een verhoging van de EC tot 8 – 10 mS cm⁻¹ om een te weelderige groei van tomaat op de onderstam te voorkomen. Het voordeel van kunstmatig substraat is dat de interacties met micro-leven en de diversiteit veel minder complex zijn, en via het watermanagent veel meer sturing mogelijk is dan in de volle grond. Dit biedt dus grote kansen voor weerbaar telen omdat de leefomgeving in het substraat nog niet ingevuld is en er nog plaats is voor betreffende micro-organismen. Wat er nu grotendeels (uitzonderingen daargelaten) ontbreekt is kennis over deze interactie tussen "nuttig" microleven en de eisen die ze stelt aan de leefomgeving.

8.10 Mogelijkheden voor sturen en monitoren van weerbaarheid

De complexiteit aan levend en niet-levende eigenschappen van de bodem of substraat bepaald in grote mate het succes van nieuwe micro-organismen. Je kunt stellen dat hoe hoger de complexiteit aan interacties, des te lager de kans dat een nieuw organisme zich kan vestigen. Alleen een nieuwe of een verstoorde bodem (zoals mogelijk na grondstomen of andere vorm van grondontsmetting) kan mogelijk een plaats bieden aan nieuwe organismen.

Deze gedachte volgend, kun je stellen dat nieuwe substraten, zoals steenwol, perliet en kokos, meer mogelijkheden bieden voor een introductie van nieuwe soorten. Maar er moet wel een geschikte leefomgeving zijn. In de praktijk betekent dit dat in steenwol vooral de plantenwortels bepalen welke soorten zich kunnen vestigen en welke niet. De wortels leveren een bron voor voedsel (exudaten als koolstofbron). Kokos heeft, in tegenstelling tot steenwol, waarschijnlijk door zijn complexe koolstofverbindingen meer draagkracht voor schimmels dan voor bacteriën. Ook is kokos in het algemeen rijker aan bodemleven. Hierdoor kun je verwachten dat de kans dat er een ziektevering optreedt dus groter is in kokos dan in steenwol, omdat een hogere diversiteit aan soorten deze kans vergroot.

9 Conclusie

Het weerbaar telen lijkt op dit moment een antwoord op de problematiek van de glastuinbouw, waarin een sterke vraag is naar een teelt zonder emissie, een beperking van de beschikbare gewasbeschermingsmiddelen en de vraag van de consument naar “groene” producten zonder residu vorming op de producten.

Dat weerbaar telen perspectief biedt blijkt uit zowel de feitenkennis in de wetenschappelijke literatuur over de middelen die nu gebruikt worden en de praktijkervaringen van telers. De middelen die genoemd worden door telers die nu weerbaar telen kunnen ingediend worden in vier categorieën, namelijk compost, micro-organismen, organische extracten en meststoffen. Deze middelen worden ook genoemd in de internationale wetenschappelijke literatuur als middelen of stoffen die werkzaam zijn tegen een ziekte of plaag of beide of een plantversterkend effect hebben. Ook een groep telers werd gevraagd om hun mening te geven over de middelen die ze gebruikten voor het weerbaar telen. Daaruit blijkt dat er niet altijd een effect wordt gezien, maar de telers zijn redelijk tevreden over het toevoegen van algen en wieren aan zowel bodem als substraat en over waterbehandeling in de substraatteelt.

Er zijn echter nog een aantal belangrijke knelpunten die opgelost dienen te worden. Een belangrijk knelpunt is er een van wettelijke toelating van producten als gewasbeschermingsmiddel en de maximaal toelaatbare bemesting in een grondgebonden teelt. Vooral de middelen van biologische oorsprong zweven in een grijs gebied waarin het onduidelijk is of er een toelating moet worden aangevraagd; nu of in de toekomst. Het gaat daarin om de claim die de betreffende producent vermeldt. Zodra er genoemd wordt dat een middel goed werkt tegen een ziekte of plaag, dan moet er een toelating aangevraagd worden. Van het merendeel van de middelen wordt een plantversterkende werking of een bodem verbeterende werking geclaimd. Hiervoor is dus geen toelating vereist. Maar het risico is altijd aanwezig dat er een werking wordt aangetoond. Dat geldt natuurlijk voor bacteriën en schimmels, maar ook voor organische extracten zoals van zeewieren en compost. Op zich gaat het natuurlijk om het principe: een wettelijk toelating zorgt voor bescherming tegen ongewilde neveneffecten op mens, dier en milieu. Dat moet nooit uit het oog verloren worden ook al is de wens naar een bestrijdend middel, helemaal als het voortbestaan van een onderneming wordt bedreigd, soms groot.

Daarom is het aan te bevelen om extracten die een onduidelijke achtergrond hebben zoals die van compost routinematig te analyseren op humane-, en plantpathogenen. Op zich zou een compost met een goede voorbereiding geen probleem hoeven te geven, maar in de praktijk wordt signaleerd dat er pathogenen aanwezig kunnen zijn. Voor de ander genoemde categorieën, zoals plantextracten, zeewieren en algen en meststoffen, is de kans op het introduceren van ziekteverwekkers zeer klein.

Daarnaast is er het knelpunt van het product zoals aangeleverd door de producent of toeleverancier. De bijbehorende “factsheets” van middelen voor weerbaar telen zijn in de meeste gevallen niet compleet. Zo kan de producent wel aangeven of een product gevoelig is voor een hoge zuurgraad of een hoge EC, maar de optimale omstandigheden voor het middel zijn vaak onduidelijk. Op zich is dat niet vreemd, omdat er met het gebruik van deze middelen de effectiviteit in sterke mate afhangt van diverse relaties tussen micro-leven onderling en het type gewas. Dat maakt het complex. Onderzoek hiernaar kan een raamwerk opleveren waarbij een duidelijke stelling kan worden ingenomen, zoals dit product heeft een optimale werking bij zuurgraad van 5.2 en een EC van 3.5. Dit betekent dat het betreffende product bij een aantal teelten, of binnen bepaalde perioden in een teelt, niet kan worden gebruikt. Binnen dit project is een begin gemaakt van zo 'n raamwerk, maar door een gebrek aan details van betreffende producten kan dit niet worden afgemaakt. Het ontrafelen van de diverse interacties, tussen een middel en de omgeving waarin het wordt toegepast, vergt veel onderzoek. Wellicht verklaard dit ook waarom deze factsheets, zoals beschikbaar gesteld door de bedrijven, dikwijls onvolledig zijn.

Er is zonder twijfel wetenschappelijk bewijs voor de werkzaamheid van de genoemde categorieën in het algemeen. Dat is niet verwonderlijk, omdat de meeste, zo niet alle middelen geïnspireerd zijn door de internationale wetenschappelijke literatuur. Karakteriseren van de beoogde werkzame bestanddelen en de homogeniteit in samenstelling en houdbaarheid moet dan nog wel gegarandeerd kunnen worden. Dat is op dit moment vaak niet het geval. Een voorbeeld is de compostthee waarvan we bij gebruik de ene keer een “zeer donkere thee” aangeboden kregen en een andere keer “zeer transparant”. Van bacterie en schimmelpreparaten voor de bodemteelten is voornamelijk een meerwaarde van een verhoogd takgewicht te verwachten, vooral in de sierteelt. De preparaten worden dan vooral toegediend in de opkweekfase. Van de effectiviteit van een toepassing van deze preparaten op de grond om de weerbaarheid te verhogen hebben wij twijfels. Voor de teelten op substraat kunnen deze preparaten echter een meerwaarde betekenen. De substraten beginnen met een relatief schone start en naar verwachting is er dan nog levensruimte die ingenomen kan worden. Ook kan de leefomgeving voor een groot

deel worden gecontroleerd. Er moet dan wel “draagkracht” voor het organisme zijn. Dit betekent in de praktijk geschikte nutriënten en specifiek organisch materiaal, zoals complexe koolstofverbindingen voor actinomyceten en streptomyceten en eenvoudig labiel koolstof en micronutriënten voor de opportunisten die de competitie kunnen aangaan met een ziekteverwekkende *Pythium* of *Fusarium*. Dit zou dan bij de aanvang van de behandeling kunnen worden toegevoegd.

Ook is de werkzaamheid tegen ziekten en planten een groot vraagteken. Er is een duidelijke vraag vanuit de sector, van kwekers tot toeleveranciers om duidelijke meetmethodemeetmethoden die inzicht kunnen geven in de mate van effectiviteit van een behandeling. Op dit moment zijn die meetmethoden duur en langzaam. Zo wordt er nu in de praktijk routinematig gebruik gemaakt van een zgn. Bodemvoedselweb analyse. Hierin worden fracties aan (actieve) schimmels en bacteriën, protozoën e.d. bepaald. Een duidelijk relatie met weerbaarheid van substraat of plant is er niet. De redenering stoelt op een aanname dat o.a. diversiteit aan soorten in bodem of substraat de kans op een weerbaarheid verhogend effect verhoogd. Daarnaast zijn er nog een tal aan bio-toetsen waarin een ziekte of plaag wordt toegediend na een behandeling van een middel. De snelheid waarmee een gevoelige plant de schade laat zien is dan een maat voor weerbaarheid van substraat en plant. Deze biotoetsen worden eigenlijk alleen gebuikt in het onderzoek. Voornamelijk door de kosten, arbeid en proefduur. Deze toetsen zijn ook altijd relatief, ze worden gewaardeerd door een behandeling te vergelijken met een onbehandelde controle. Een kwantitatieve meting (hoeveelheid aangegeven absolute eenheden) zou een enorme uitkomst betekenen.

In de natuur wordt gezien dat veelal een stapeling van mechanisme verantwoordelijk is voor een drastische afname van de schade aan de plant dat veroorzaakt wordt door een ziekte of plaag. Ook met het oog op het vergroten van de kans dat een behandeling de doorslag geeft is het handig om een stapeling van middelen en maatregelen te gebruiken. In de ecologie wordt ook wel gesproken van een “redundantie” in functies, zoals het onderdrukken van ziekten en plagen: Er zijn dan meerdere soorten aanwezig in een levensgemeenschap die een verschil vertonen in optimale omstandigheden ten aanzien van ziekteonderdrukking. Dit betekent dat als de ene soort wegvalt, dan wordt de taak overgenomen door een ander. Met andere woorden, er is een voorkeur voor een zogenaamd “concept aanpak”, dus een aanpak waarbij een aantal middelen worden gestapeld binnen een bepaalde visie, zoals het gebruik van wettelijk toegelaten antagonisten samen met organische meststoffen (compostthee, zeewier of algen), stoffen die dan de plantopname van deze stoffen verbeteren (fulvine-, en huminezuren) en de plant versterken (silicium) tegen bovengrondse ziekten en plagen zoals *Botrytis* of witte vlieg.

Kortom, niet alle vragen over het weerbaar telen kunnen beantwoord worden. Wel is het duidelijk dat er snel een bewijsbaar resultaat moet worden geboekt dat vergelijkbaar is met een gangbare teelt met gebruik van synthetische (chemische) gewasbeschermingsmiddelen. Dat resultaat kan worden verwacht op basis van de wetenschappelijke achtergronden. Op dit moment gonst het van de succesverhalen, maar ook de eerste tegenvallers verschijnen onder het voetlicht. Ook is het duidelijk dat er een wetenschappelijk achtergrond is voor de beweringen die gedaan worden bij de verkoop van de diverse producten in de diverse categorieën. Het ontbreekt echter aan een duidelijk advies voor de randvoorwaarden, de optima en de kwaliteit van samenstelling en effectiviteit tegen een ziekte of plaag.

10 Dank

Dit rapport is tot stand gekomen dankzij een groot aantal collega's binnen Wageningen UR, W.O. Marjan de Boer (PPO-/BBF), Gerard Korthals (PPO-AGV), Frank van der Helm (WUR-GLAS), Leo van Overbeek (PRI), DLV Plant, Bggg AgroXpertus en Fytagoras B.V. Daarnaast hebben een aantal personen op ons verzoek gekeken naar een voorlopig manuscript. Deze mensen willen wij graag bedanken, namelijk Pius Floris (PHC), Roger Boer (Koppert BV), Daan Verbeek (Horticoop BV)

11 Referenties

- Amde Yosef, A. and Bohne, H. 2009.
Nitrogen balance of three organic potting media in relation to the added carbon sources. *Acta Hort.* (ISHS) 819:419-426
- Bakker, J. (2011)
Monitor Duurzaam Voedsel. Kennis Online, Oktober, <http://www.kennisonline.wur.nl/News/newsItem?8675>.
Rapport Monitor Duurzaam Voedsel 2010.
- Bezemer, T. M., M. T. Fountain, *et al.* (2010). "Divergent composition but similar function of soil food webs of individual plants: Plant species and community effects." *Ecology* 91(10): 3027-3036.
- Blok, C. (2001). "Root architecture, oxygen stress and oxygen transport. Literature and proposed experiments."
- Blok, C. and E. A. Van Os (2011). Niet chemische vervuilingen in gietwater. Notitie voor het project Evaluatie zuiveringstechnieken Spuiwater, 09 augustus 2011.
B. Wageningen UR Glastuinbouw, the Netherlands
- Blok, C. and G. J. Messelink (2009). "Improving Control of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) by Rooting Media Related Strategies." *Acta Horticulturae* 819: 203-208.
- Blok, C. and G. Wever (2001). "Zuurstoftekort in wortelstelsel zien aankomen." *Groenten + fruit* 8-9
- Blok, C. and v. Winkel, A. (2004). Propagation of tomato with different levels of *Fusarium* pressure. N. PPO, The Netherlands.
- Blok, C., & van Winkel, A. 2010.
Jiffy/ELKEM experiments on peat and coir slabs. Substrate and silicon effects on cucumber. WUR Greenhouse Horticulture, the Netherlands.
- Blok, C., A. Elings, *et al.* (2011). Balansen voor substraat in de champignonsteelt. Metingen per laag en in de tijd. . B. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, the Netherlands.
- Blok, C., A. van Winkel, *et al.* (2011). "Foamed glass granulate as rooting medium for tomato and cucumber." *Acta Horticulturae* 891(215-222).
- Blok, C., H. Shao, *et al.* (2011). "System and climate related *Pythium* problems in mobile chrysanthemum growing systems." *Acta Horticulturae* 891: 41-50.
- Bonanomi, G., V. Antignani, *et al.* (2007). "Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments." *Journal of Plant Pathology* 89(3): 311-324.
- Bonanomi, G., V. Antignani, *et al.* (2010). "Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases." *Soil Biology and Biochemistry* 42(2): 136-144.
- Calvo-Bado LA, Petch G, Parsons NR, Morgan JAW, Pettitt TR, Whipps JM (2006)
Microbial community responses associated with the development of oomycete plant pathogens on tomato roots in soilless growing systems. *J Appl Microbiol* 100:1194–1207.
- Charles, M.T., K. Tano, A. Asselin and J. Arul (2009)
Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. V. Constitutive defence enzymes and inducible pathogenesis-related proteins. *Postharvest Biology and Technology* 51: 414-424.
- Chau, A., K. M. Heinz, and F. T. Davies. 2005.
Influences of fertilization on population abundance, distribution, and control of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 117:27-39.
- Chen, Y., D. Olson, and J. Ruberson. 2010.
Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interactions* 4:81-94.
- Cuijpers, W., F. Smeding, *et al.* (2008). "Bodemgezondheid in de biologische kasteelt. Deel 1: definitiestudie." Louis Bolk Instituut rapport LB 24: 1-35.
- Dijk, K. van, E.B. Nelson (2000)
Fatty acid competition as a mechanism by which *Enterobacter cloacae* suppresses *Pythium ultimum* sporangium germination and damping-off. *Applied and environmental microbiology* 66(12): 5340-5347.

- Dik, A.J., J.J. Amsing, C.M.J. Bloemhard, B.C. Broertjes, D.J. van der Gaag (2001)
Inventarisatie van natuurlijke gewasbeschermingsmiddelen voor de glastuinbouw. Rapport PPO & Omgeving sector Glastuinbouw.
- Drenth, H. (2008)
Schrappen van middelen eindelijk becijferd \ Akker magazine : onafhankelijk vakblad voor de akkerbouw.
- Edwards, C. A., N. Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar, G. Keeney, and B. Little. 2010.
Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. *Crop Protection* 29:80-93.
- El Oirdi, M.E., T.A. El Rahman, L. Rigano, A. El Hadrami, M.C. Rodriguez. F. Daayf, A. Vojnov and K. Bouarab (2011)
Botrytis cinerea manipulates the antagonistic effects between immune pathways to promote disease development in tomato. *The Plant Cell* 23: 2405-2421.
- Folman L.B., M.J.E.M. de Klein, J. Postma, J.A. van Veen, 2004.
Production of antifungal compounds by *Lysobacter enzymogenes* isolate 3.1.T8 under different conditions in relation to its efficacy as a biocontrol agent of *Pythium aphanidermatum* in cucumber. *Biological Control* 31: 145-154.
- Folman, L.B., J. Postma and J.A. Van Veen, 2003.
Characterization of *Lysobacter enzymogenes* (Christensen and Cook 1978)
strain 3.1.T8, a powerful antagonist of fungal diseases of cucumber. *Microbiological Research* 158: 107-115.
- Gatarayiha, M. C., M. D. Laing, and R. M. Miller. 2010.
Combining applications of potassium silicate and *Beauveria bassiana* to four crops to control two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Pest Management* 56:291-297.
- Gérard, S. and C. Blok (2001). Non-destructive root oxygen use measurement III. Cucumber propagation in rockwool in a climate chamber, July-August 2001.
Naaldwijk, Applied Plant Research.
- Givskov M., R. De Nys, M. Manefield, L. Gram, R. Maximilien, L. Eberl, S. Molin, P.D. Steinberg, S. Kjelleberg (1996)
Eukaryotic interference with homoserine lactone mediated prokaryotic signalling. *Journal of Bacteriology* 178: 6618-6622.
- Graham D.R. (1983)
Effects of nutrients stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements, *Adv. Bot. Res.* 10, 221–276.
- Hofland-Zijlstra, J.D. (2011)
Alternatieven voor de beheersing van echte meeldauw zonder pijpzwavel. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw GTB-1073.
- Holtman, W., B. van Duijn, Blaakmeer, A. and blok, C (2005). "Optimalization of oxygen levels in root systems as effective cultivation tool" *Acta Horticulturae* 697: 57-64.
- Hoper, H, Alabouvette, C (1996)
Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soils to plant diseases. *Eur. J. of Soil Boil.* 32:41-58
- Janvier, C., F. Villeneuve, *et al.* (2007). "Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators?" *Soil Biology and Biochemistry* 39(1): 1-23.
- Khalil, S. (2011)
Influence of electrical conductivity on biological activity of *Pythium ultimum* and Binab T in a closed soilles system. *J. Plant Disease and Protection* 118, 102-108.
- Kohl, J., Postma, J., Nicot, P., Ruocco, M. (2011)
Stepwise screening of microorganisms for commercial use in biological control of plant pathogenic fungi and bacteria. *Biological Control* 57 (1). - p. 1 - 12.
- Koohakoan *et al.* (2004)
Evaluation of the indigenous microorganisms in soilless culture: occurrence and quantitative characteristics in the different growing systems. *Scientia Horticulturae* 101: 179–188.
- Kreij de, C. (1995). "Latest insight into water and nutrient control in soilless cultivation." *Acta Hort.* 408: 47-61.

- Kreijde, C. and B. Hoeven van der (1997). "Effect of humic substances, pH and its control on growth of chrysanthemum in aeroponics." ISOSC Proceedings, 9th international congress on soilless culture, Jersey: 207-230.
- Kunz, B.A. P.K. Dando, D.M. Grice, P.G. Mohr, P.M. Schenk and D.M. Cahill (2008)
UV-Induced DNA damage promotes resistance to the biotrophic pathogen *Hyaloperonospora parasitica* in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 148: 1021-1031.
- Linderman, R.G. (1994)
Role of AM fungi in biocontrol In: *Mycorrhizae and Plant Health*. F.L. Pfeleger and R.G. Linderman eds. APS Press, St Paul, MN.
- Manefield, M., M. Welch, M. Givskov, G.P.C. Salmond en S. Kjelleberg (2006)
Halogenated furanones from the red alga, *Delisea pulchra*, inhibit carbapenem antibiotic synthesis and exoenzyme virulence factor production in the phytopathogen *Erwinia carotovora*. *FEMS Microbiology Letters* 205: 131-138.
- Messelink G.J., de Groot E. & van Holstein-Saj- R. 2010.
Verbeterde spintbestrijding door inductie van plantweerbaarheid in komkommer. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport GTB-1045.
- Nijhuis, E.H., Pastoor, R., Postma, J., 2010.
Specific detection of *Lysobacter enzymogenes* (Christensen and Cook 1978) strain 3.1T8 with TaqMan PCR. *Journal of Applied Microbiology* 108: 1155-1166.
- Nobuo, A., Y. Yukie and A. Kazuhiro (2003)
Spray application of electrolyzed water on leaf surfaces for growth promotion and quality improvement of Mitsuba (Japanese Honewort) in solution culture. *Food Preservation Science* 29: 203-209.
- Pal, K.K., B. McSpadden Gardener (2006)
Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor* 1-25. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
- Pieterse, C.M.J. & M. Dicke (2007)
Plant interactions with microbes and insects: from molecular mechanisms to ecology. *Trends in Plant Science* Vol. 12:564-569.
- Paternotte, S.J. (1992)
Influence of growing conditions on disease development of *Pythium* in glasshouse cucumbers on rockwool. *Mededelingen Fac. Landbouw. Univ. Gent*, 57/2b.
- Postma, J, M.J.E.I.M. Willemsen-de Klein, J.D. van Elsas, 2000.
Effect of indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. *Phytopathology* 90:125-133.
- Postma, J., 2004.
Suppressiveness of root pathogens in closed culture systems. *Acta Horticulturae* 644: 503-510.
- Postma, J., 2010.
The status of biological control of plant diseases in soilless cultivation. In: Gisi, U., Chet, I., Gullino, M.L. (eds) *Recent developments in disease management*. Springer, Chapter 11, p. 133-149.
- Postma, J., B.P.J. Geraats, R. Pastoor, and J.D. van Elsas, 2005.
Characterization of the microbial community in the suppression of *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. *Phytopathology* 95: 808-818.
- Postma, J., E.A. van Os, and P.J.M. Bonants, 2008.
Microbial and phytopathological aspects in closed growing systems. In: M. Raviv and J.H. Lieth (eds). *Soilless Culture: Theory and Practice*, Elsevier, Amsterdam, Chapter 10, pp. 425-457.
- Postma, J., Stevens, L.H., Nijhuis, E.H., Davelaar, E, and Wiegers, G.L., 2009.
Biological control of *Pythium aphanidermatum* in cucumber with a combined application of *Lysobacter enzymogenes* strain 3.1T8 and chitosan. *Biological Control* 48: 301-309.
- Raaijmakers JM, Vlami M, de Souza JT (2002)
Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Antonie Van Leeuwenhoek* 81:537-547.
- Ranger, C. M., A. P. Singh, J. M. Frantz, L. Canas, J. C. Locke, M. E. Reding, and N. Vorsa. 2009.
Influence of Silicon on Resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 38:129-136.

- Raviv, M. (2009). "Recent Advances in Soil-Borne Disease Control Using Suppressive Media " *Acta Horticulturae* 819: 125-134.
- Raviv, M. and J. H. Lieth (2008). *Soilless Culture: Theory and Practice*. Amsterdam, the Netherlands.
- Reuveni R., Reuveni M. (1998)
Foliar-Fertilizer therapy – a concept in integrated pest management, *Crop Prot.* 17, 111–118.
- RIVM (2011)
Risico's van stoffen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. <http://www.rivm.nl/rvs/normen/cons/mrl/>
- Slootweg, G. ; Breeuwsma, S.J. ; Helm, F.P.M. van der (2010)
Herinplantziekte en groeiproblemen in zomerbloemen. Rapport WUR.
- Termorshuizen, A. J., E. van Rijn, *et al.* (2006). "Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response." *Soil Biology and Biochemistry* 38(8): 2461-2477.
- Termorshuizen, AJ, Jeger MJ (2008)
Strategies of soilborne plant pathogenic fungi in relation to disease suppression. *Fungal Ecol.* 1: 108-114.
- Thinggaard, K. & H. Anderssen (1995)
Influence of watering frequency and electrical conductivity of the nutrient solution on *Phytophthora* root rot in pot plants of *Gerbera*. *Plant disease* 79, 259-263.
- Valad, G.E. & R.M. Goodman (2004)
Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science* 44: 1920-1934.
- Van den Berg, G. (2007). "Humuszuren maken meststoffen beter opneembaar voor wortels." *Vakblad voor de Bloemisterij* 12: 34-35.
- Van der Gaag, D.J., Bloemhard, C., Wever, G., Vellekoop, K. (2002)
Effect van substraat op *Pythium* bij komkommer. Rapport PPO 566, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. sector Glastuinbouw.
- Van Os, E. A. (2003). "Prevention of root diseases in closed soilless growing systems by microbial optimisation, a replacement for methyl bromide. Microbial Optimisation to Prevent Root Diseases: MIOPRODIS. " EU-IVth Framework programme 1994-1998, Agriculture and Fisheries, 6th Call; CT98-4309; duration 1999-2003.
- Van Staalduinen, J. and C. Blok (2010). "Remedie tegen groeiremming in roos is niet zonder risico's. UV-ontsmetting plus toediening van waterstofperoxide maakt korte metten met verontreinigen. ." *Onder Glas*(3): 66-67.
- Vestberg, M., Kukkonen, S., Rantala, S., Prochazka, P., Tuohimetsa S. (2009). " Suppressiveness of Finnish commercial Compost against Soil Borne Disease." *Acta Horticulturae* 819: 59-66.
- Weerheijm, A. and C. Blok (2008). Zuurstof verbruikssnelheid gemeten met de OUR methode. Venige substraten en toeslagstoffen voor de potgrondindustrie. . B. WUR Glastuinbouw, the Netherlands.
- Wever, G., R. Baas, *et al.* (2001). "Oxygen supply and gas exchange in the root environment of growing media in horticulture." *Acta Hort* 554: 149-155.
- Whitehead, N.A. *et al.* (2002)
The regulation of virulence in phytopathogenic *Erwinia* species: quorum sensing, antibiotics and ecological considerations. *Antonie van Leeuwenhoek* 81: 223-231.
- Wurff, A.W.G. van der, M.A. van Slooten, G. van Os, R. Hamelink, S. Böhne, W. van Wensveen (2011)
Soil suppressiveness towards *Meloidogyne*, *Verticillium* or *Pythium* in greenhouse horticulture. Accepted *Acta Hort.*
- Wurff, A.W.G. van der; Janse, J. ; Kok, C.J. ; Zoon, F.C. (2010)
Biological control of root knot nematodes in organic vegetable and flower greenhouse cultivation - State of Science: Report of a study over the period 2005-2010.
- Wurff, A.W.G., van der (2011)
Natuurlijke ziekteonderdrukking in grondteelten : model, weerbaar telen en nieuwe substraten. *Gewasbescherming* 42 (4). - p. 164 - 168.
- Zahran, H.H. (1997)
Diversity adaptation and activity of the bacterial flora in saline environments. *Biol. Fert. Soil* 25, 211-223.

12 Publicaties

Honkoop, E. (2011)

Project op zoek naar werking en nut biologische preparaten. Groenten en Fruit Actueel 2011 (37), p. 11.

Sleegers, J. (2011)

Onderzoek naar biomiddelen voor weerbaar telen: Wat werkt en wat niet? Vakblad voor de Bloemisterij 66 (35), p. 30 - 31.

Wurff, A.W.G. van der (2011)

Weerbare bodem en substraat. Presentatie op Gewasgezondheidsdag Zuid-Nederland, 3 oktober, Botany, Horst.

Bijlage I Lijst van middelen voor weerbaar telen

Tabel A. Overzicht van middelen voor weerbaar telen met werkzame stof, categorie volgens "Genoeg" (Dik et al. 2001) of op basis van informatie dat gegeven is door de producent.

merknaam	werkzame stof	firma	Genoeg	Producent
Contans	Coniothyrium minitans	Belchem	2	
Savitan	woestijnplantenextracten en salicylzuur	Deruned	3a/3b	
Zeewier	zeewier en algen	Dolf Vijverberg	3b	
Cropcare	zeewierextracten en plantaardige oliën	EcoProtecta	3b	
eQuirein	zeewier en algen	EcoProtecta	3b	
Amin		Grondgezond	?	
compostthee	organische extracten	Grondgezond	3a	
Impulse +		Grondgezond	?	
Plus		Grondgezond	?	
	kalifosfiet	Horticoop	3a	
Biohealth	Bacillus subtilis	Humintech	3a	
Pow Humus	organische extracten	Humintech	3a	
Natugro trianum met voeding	Trichoderma	Koppert	2	Koppert
ProFortum	zeewier en algen	Koppert	3b	Koppert
ProFunda	zeewier en algen	Koppert	3b	Koppert
ProParva	organische extracten	Koppert	3a	Koppert
ProSatus C/f	organische extracten	Koppert	3a	Koppert
ProTerrum	organische extracten	Koppert	3a	Koppert
Trianum	Trichoderma	Koppert	1	koppert
Bacillus Subtilis	Bacillus subtilis	Orgentis	3a	
Biomentor	Bacillus subtilis	Orgentis	3a	
Pentakeep	Harpin protein (eiwitten)	Pentagrow	1/3b	
Complete Plus (proef)	Bacillus, Trichoderma, actinomyceten	Plant Health Care	3a	
Humiron	organische extracten	Humintech	3a	
	kalifosfiet	TNC	3a	
		PureG4Green	?	Horticoop
AgricinPlus	ureum, zilver, natuurlijk salicine	PlantoSys	3a	Horticoop
FerrumPlus	ijzerchelaat, zilver, salicine	PlantoSys	3a	Horticoop
Algan	zeewier en algen	Ecostyle	2/3b	Brinkman
Vital	kalifosfiet	Ecostyle	2/3a	Brinkman
SB Plant	sulfanaat, ijzerchelaat, stikstof e.a.		3a	Brinkman
Aqua Grow	organische extracten		3a	Brinkman
Inventarisatie Genoeg				
Mycostop	Streptomyces griseovirides	Kemira	1	
Chitosan	Chitosan	Sigma	2	
Proradix	Pseudomonas fluorescens (DSMZ 13134)	Koppert	1	Koppert
silicium			3a	
Tagetes			3a	
Ricinus			3a	
Sincocin	cytorinine en vetzuren		4	
BioBooster	plantenextracten, vetzuren		3a	

merknaam	werkzame stof	firma	Genoeg	Producent
Neem	azadirachtine		1/2/4	
Enzicur	kaliumjodide en kaliumthiocyanaat	Koppert	1	
	Agrobacterium		2	
	Metarizium	Bayer	1	
	Beauveria	Certis	1	
	Arthrobotrys		3a	
	Pasteuria		3a	
	Verticillium		3a/4	
	Myrothecium		?	
	Fusarium (Fo47)		3a	
PreStop	Gliocladium	Kemira	.2/4	
	mycorrhiza sp		3b	

categoriën volgens "Genoeg" (Dik et al. 2001):
1 = heeft toelating in Nederland
2 = perspectiefvol
3a = mogelijk perspectiefvol, gegevens over effectiviteit aanwezig, maar onvoldoende informatie
3b = mogelijk perspectiefvol, maar geen gegevens gevonden
4 = perspectiefloos

Tabel B. Werkingsmechanismen en condities van middelen.

		Belchim Contans	koppert Trianum	Orgentis Biomentor, Tricho	Orgentis Biomentor, Lysobacter	Humintech Bioheath. (Bacillus Subtilis)	JH biotech promot plus
Bestanddelen	micro-organismen	Conio- thyrium minitans	Trichoderma harzianum	Trichoderma viride	Lysobacter	Bacillus subtilis	Trichoderma harzianum, Trichoderma koningii
	algen- en zeewierextracten					ja	
	enzymen						
	plant- en compostextracten - humuszuren						
	overig						
Condities voor optimaal resultaat	pH-bereik voor optimale werking	pH mag zelfs flink afwijken	4-8.5	nb	nb		nb
	Vochtgehalte bodem/substraat	zaaiklaar		nb	nb		nb
	EC-bereik	extreme EC kan schade- lijk zijn	tot EC 15 mS	nb	nb		nb
	Zuurstofgehalte bodem/substraat	voldoende hoog	voldoende O2 belang- rijk	nb	nb		nb
	Temperatuurbereik	0-40 °C	10-34°C	nb	nb		nb
	Overig						
	Toepasbaar op steenwolsubstraat?	nvt	ja	ja	ja		ja
	Toepasbaar op kokossubstraat?	nvt	ja	ja	ja		ja
	Toepasbaar op perliet?	nvt	ja	ja	ja		ja
	Toepasbaar in de vollegrond? Grondtypen?	ja	ja	ja	ja		ja
	Specifiek toepasbaar op welke gewassen?	kan in alle teelten	alle	alle	alle		alle
	Toepassingsfrequentie: continu meedoseren?	is mogelijk, bij voorkeur preventief	N	nee	nee		nee
	Toepassingsfrequentie: interval [aantal] weken?	1-2 x/ jaar	4-10	ja (1 x 4 weken)	ja (1 x 4 weken)		ja (1 x 4 weken)
	OVERIG, NL ...			nvt	nvt		nvt
Principe / Mechanisme	Micro-organismen in preparaat concurreren met scha- delijke organismen in bodem om nutriënten en ruimte		ja	ja	ja	ja	ja
	Micro-organismen in preparaat maken schadelijke organismen in bodem onschadelijk door predatie of parasitering	ja	ja	nee	nee	ja	ja
	Het preparaat bevat antibiotica of organismen die anti- biotica produceren, waardoor schadelijke organismen in hun ontwikkeling worden geremd	nee	nee	nee	nee	?	nee
	Het preparaat wekt een plantreactie op waardoor de plant een verhoogde weerstand tegen schadelijke organismen heeft	nee				ja	
	Het preparaat bevordert de bovengrondse planten- groei en productie	nee	ja	ja	ja		ja
	Het preparaat bevordert de wortelgroei van het gewas	nee	ja	ja	ja	ja	ja
	Het preparaat maakt de wortels onvindbaar voor schadelijke organismen door stoffen weg te nemen die door wortels worden uitgescheiden.	nee	ja	ja	ja		
	Het preparaat verbetert de bodemstructuur	nee		ja	ja	ja	
	Het preparaat bevordert de ontwikkeling van gunstige microflora in de bodem	nee		ja	ja	ja	
	Het preparaat verbetert de beschikbaarheid van voeding	nee		ja	ja	ja	
	Het preparaat bevordert de opname van voeding door het gewas	nee		ja	ja	ja	
	ANDERS, NL ...	nee		nvt	nvt		
Het preparaat biedt bescherming tegen:		Sclerotonia sclerotiorum	pythium, fusarium	schadelijke bacterien en schimmels	schadelijke bacterien en schimmels		

		Ecostyle Algan/ Algeco	Koppert ProFortum	Koppert ProFunda	Dolf Vijver- berg Zeewier	Ecoprotecta Cropcare
Bestanddelen	micro-organismen					
	algen- en zeewierextracten	zeewierextract sporenele- menten oligosachariden betaine	zeewieren, kruiden, huminezuren, sporelementen en vitamines	plantaardige aminozuren, natuurfosfaat, kaliumfosfaat	zeewier	alginaten, organische vetzuren, sporele- menten, planthormonen
	enzymen					
	plant- en compostextracten - humuszuren					
	overig					
Condities voor optimaal resultaat	pH-bereik voor optimale werking				relevant	niet relevant
	Vochtgehalte bodem/substraat				niet relevant	wel belangrijk: niet te vochtig. Beter op een droger substraat, actieve wortel.
	EC-bereik				relevant	niet relevant
	Zuurstofgehalte bodem/substraat				relevant	hoe hoger, hoe beter
	Temperatuurbereik				relevant	boven 15 gr; actieve wortel!
	Overig					..
	Toepasbaar op steenwolsubstraat?	ja	ja	ja	ja	ja
	Toepasbaar op kokossubstraat?	ja	ja	ja	ja	nee
	Toepasbaar op perliet?	ja	ja	ja	ja	nee
	Toepasbaar in de vollegrond? Grondtypen?	ja	ja	ja	ja	nee
	Specifiek toepasbaar op welke gewassen?	alle	alle	alle	alle	alles
	Toepassingsfrequentie: continu meedoseren?		mogelijk	N	mogelijk	nee
	Toepassingsfrequentie: interval [aantal] weken?		1	in onderzoek	'''	2-4 weken
	OVERIG, NL ...				voeding	
Principe / Mechanisme	Micro-organismen in preparaat concurreren met schadelijke organismen in bodem om nutriënten en ruimte	nvt			ja	nee
	Micro-organismen in preparaat maken schadelijke organismen in bodem onschadelijk door predatie of parasitering	nvt			nee	nee
	Het preparaat bevat antibiotica of organismen die antibiotica produceren, waardoor schadelijke organismen in hun ontwikkeling worden geremd	nvt			ja	nee
	Het preparaat wekt een plantreactie op waardoor de plant een verhoogde weerstand tegen schadelijke organismen heeft	ja				ja
	Het preparaat bevordert de bovengrondse plantengroei en productie	ja	in onderzoek	in onderzoek	ja	ja
	Het preparaat bevordert de wortelgroei van het gewas	ja	ja	ja	ja	ja
	Het preparaat maakt de wortels onvindbaar voor schadelijke organismen door stoffen weg te nemen die door wortels worden uitgescheiden.	nee	in onderzoek	in onderzoek	ja	nee
	Het preparaat verbetert de bodemstructuur	nee	in onderzoek	in onderzoek	ja	nee, wel via betere beworteling
	Het preparaat bevordert de ontwikkeling van gunstige microflora in de bodem	nee		ja	nee	ja- als reactie op betere wortelgroei
	Het preparaat verbetert de beschikbaarheid van voeding	ja	ja	ja	ja	ja
	Het preparaat bevordert de opname van voeding door het gewas	ja	ja	ja	ja	ja
ANDERS, NL ...			ja	ja	a	
Het preparaat biedt bescherming tegen:			geen claims	geen claims		

		Koppert compostthee	Grondge- zond compostthee	Horticoop Kalifosfiet	pentagrow Pentakleep	TCN Kalifosfiet
Bestanddelen	micro-organismen					
	algen- en zeewierextracten					
	enzymen					
	plant- en compostextracten - humuszuren	compostthee	compostthee			
	overig			kalifosfiet		kalifosfiet
Conditie voor optimaal resultaat	pH-bereik voor optimale werking			ca. 5,5. Product laat pH oplopen	<7	ca. 5,5. Product laat pH oplopen
	Vochtgehalte bodem/substraat			niet te vochtig	nvt	niet te vochtig
	EC-bereik			niet te zout om actieve plant te hebben - gewasricht- lijnen	nvt	niet te zout om actieve plant te hebben - gewasricht- lijnen
	Zuurstofgehalte bodem/substraat			niet te laag = actieve wortel	Voldoende voor goed opname voedings- stoffen.	niet te laag = actieve wortel
	Temperatuurbereik			actieve wortel	bij voorkeur boven 15 °C	actieve wortel
	Overig					
	Toepasbaar op steenwolsubstraat?	ja	ja	ja	ja	ja
	Toepasbaar op kokossubstraat?	ja	ja	ja	ja	ja
	Toepasbaar op perliet?	ja	ja	ja	ja	ja
	Toepasbaar in de vollegrond? Grondtypen?			ja	ja	ja
	Specifiek toepasbaar op welke gewassen?			ja	Toepasbaar op alle gewassen.	ja
	Toepassingsfrequentie: continu meedosereren?	ja	ja	ja, ca. 5 l/ ha.week	nee	ja, ca. 5 l/ ha.week
	Toepassingsfrequentie: interval [aantal] weken?			nee	7-14 dagen	nee
	OVERIG, NL ...				Dosering 0.5-1 liter per ha	
Principe / Mechanisme	Micro-organismen in preparaat concurreren met schadelijke organismen in bodem om nutriënten en ruimte	ja	ja	nee		nee
	Micro-organismen in preparaat maken schadelijke organismen in bodem onschadelijk door predatie of parasitering			nee	nee	nee
	Het preparaat bevat antibiotica of organismen die antibiotica produceren, waardoor schadelijke organismen in hun ontwikkeling worden geremd			nee	nee	nee
	Het preparaat wekt een plantreactie op waardoor de plant een verhoogde weerstand tegen schadelijke organismen heeft			ja	nee	ja
	Het preparaat bevordert de bovengrondse plantengroei en productie			nee	ja	nee
	Het preparaat bevordert de wortelgroei van het gewas	ja	ja	ja	ja	ja
	Het preparaat maakt de wortels onvindbaar voor schadelijke organismen door stoffen weg te nemen die door wortels worden uitgescheiden.			nee	ja	nee
	Het preparaat verbetert de bodemstructuur			nee	nee	nee
	Het preparaat bevordert de ontwikkeling van gunstige microflora in de bodem	ja	ja	nee	nee	nee
	Het preparaat verbetert de beschikbaarheid van voeding			nee	nee	nee
	Het preparaat bevordert de opname van voeding door het gewas	ja	ja	j - door gezonde wortel	nee	j - door gezonde wortel
	ANDERS, NL ...				nee	
Het preparaat biedt bescherming tegen:				*		

* Pentakleep bevat 5-aminolevulinezuur. Dit aminozuur is essentieel voor de aanmaak van chlorofyl. Doordat de plant meer chlorofyl kan aanmaken, zal de fotosynthese toenemen, daardoor heeft de plant meer energie. Dit geeft betere kwaliteit, meer productie en betere groei. De vatbaarheid van ziektes zal hierdoor verminderen.

Bijlage II Enquête - Vragenlijst voor telers voor inventarisatiefase

Doel = inventariseren welke middelen telers gebruiken voor toepassing in het wortelmilieu om het gewas sterker en weerbaarder te maken.

Uit te voeren via teeltadviseurs bij enkele eigen klanten van wie ze weten dat ze dit soort middelen toepassen. Ca. 5 telers per adviseur.

Tomaat, paprika: Arjan Vijverberg (i.o.m. Henk Kalkman)

Komkommer: Ewoud v.d. Ven

Roos: Ben Hartog

Divers: Eric Kerklaan

Chrysant: René Corsten.

Gewas						
Evt. Plantdatum						
Oppervlak						
Substraattype	Grond - Steenwol – perliet – potgrond – kokos – ov. Organisch / ov. anorganisch					
Uitgangswater	Regenwater – bronwater – leidingwater - oppervlaktewater					
Toepassen geïntegreerde bestrijding	Ja/ nee					
Gebruik van middelen voor planten sterker en weerbaarder te maken (via substraattoediening)	Ja / nee					
Welke middelen ↓	wijze van toediening	frequentie van toediening	leverancier	Verwacht effect op ...	Wel/geen succes	Succes is zichtbaar door:
Recirculatie	Ja/nee					
Ontsmetting van drainwater voor recirculatie	Verhitter / UV / ozon /					
Gebruik van middelen om watergeefstelsel schoon te houden	Nee / ja, nl (middelen noemen + aankruisen?)					
Omstandigheden waaronder beter resultaat verkregen wordt						
Omstandigheden waaronder minder resultaat verkregen wordt						

Bijlage III Evaluatie workshop “Weerbaar telen: praktijk ontmoet wetenschap”

Ik ben een teler / toeleverancier / adviseur / anders* nl. .

*Omcirkelen wat van toepassing is

1= heel erg oneens | 2 = oneens | 3 = eens | 4 = erg mee eens*

1 2 3 4

Over de workshop

Ik heb nieuwe dingen geleerd over weerbaar telen

1 2 3 4

Bv.:

Ik heb meer praktisch toepasbare informatie opgedaan over weerbaar telen

1 2 3 4

Zoals:

Ik heb geleerd waarop ik moet letten om weerbaar telen succesvol te maken

1 2 3 4

Ik heb geleerd welk soort producten een goede succeskans bieden

1 2 3 4

De organisatie van de workshop was goed

1 2 3 4

Deze workshop heeft aan mijn verwachtingen voldaan

1 2 3 4

De informatie die is verstrekt was duidelijk

1 2 3 4

Over een mogelijk vervolgproject

Een project met praktijkexperimenten over weerbaar telen is nuttig

1 2 3 4

Ik vind het belangrijk dat het voorgestelde project zal plaatsvinden

1 2 3 4

Ik wil graag deelnemen in het voorgestelde project voor weerbaar telen

1 2 3 4

Ik zou graag het volgende aangevuld/gewijzigd zien in het voorgestelde project:

Opmerkingen, suggesties:

Graag volledig invullen wanneer u evt. in 2012 wilt deelnemen aan het project Weerbaar telen

Bedrijfsnaam.....

Contactpersoon

Adres

Postcode + Woonplaats.....

Telefoonnummer..... E-mail:

Gewas: Oppervlak:

Substraatsoort:

Producten of concepten voor verhoging weerbaarheid:

.....

Leverancier(s):

Bijlage IV Resultaten enquête

A. Teelten en substraten

De enquête is uitgevoerd door adviseurs van DLV Plant bij telers van wie ze wisten of vermoedden dat ze op één of andere manier bezig waren met weerbaar telen en toepassingen in het wortelmilieu. Vervolgens hebben enkele deelnemers aan de workshop van 6 september nog een enquête ingevuld. Uiteindelijk heeft een aantal van 39 bedrijven die iets doet met weerbaar telen de enquête ingevuld. Sommige bedrijven teelden meerdere gewassen, waardoor de som van de gewassen groter is dan het aantal bedrijven.

De tabel hieronder toont welke gewassen er werden geteeld en op welke substraten.

Aantal bedrijven	39					
aantal teelten	48					
		substraten				
		grond	steenw.	kokos	perliet	foam
		18	18	4	7	1
gewassen	aantal	38%	38%	8%	15%	2%
glasgroenten	37					
aubergine	1			1		
bladgewassen	2	2				
komkommer	11	4	3		4	
paprika	14	4	4	2	3	1
tomaat	9	2	7			
Sierteelt	11					
Alstroemeria	1			1		
bouvardia	1	1				
chrysant	2	2				
matricaria	1	1				
roos	4		4			
violieren en lelies	1	1				
Zantedeschia Aethiopica	1	1				
aantal bedrijven met groenten	29	32%	38%	8%	19%	3%
aantal bedrijven met sierteelt	11	55%	36%	9%	0%	0%

B. Producten die door telers worden toegepast. Het cijfer geeft het aantal gewassen aan waar het product werd gebruikt.

Leverancier(s)	Welke middelen (merknaam of werkzame stof)	glasgroenten					Sierteelt						
		aubergine	blad- gewassen	komkommer	paprika	tomaat	Alstroemeria	bouvardia	chrysant	matricaria	roos	violieren, lilies	Zantedeschia Aethiopica
Grondgezond	Amin				2	2							
Orgentis	Bacillus Subtilis					1							
Quaron	bindzil (Silicium)				1								
Humintech	Biohealth					1							
Orgentis	Biomentor			1	1	1					1		
Plant Health Care	Complete Plus					1							
diverse leveranciers	compost			1	1	1			1				
diverse leveranciers	compostthee			1	5	3					1		1
Belchim	Contans		1	2	1								
Ecoprotecta	CropCare	1		3	4	1							
Ecoprotecta	eQuirein	1		3	4	1							
diverse leveranciers	geitenmest			1	1	1							
Grander (via Grondgezond)	waterbehandeling				1	1							
diverse leveranciers	huminezuur, fulvinezuur				1								1
Humintech	Humiron					1		1					
Grondgezond	impulse +				1								
diverse leveranciers	kalifosfiet				1		1	1			3		
RVG Products	Nemago				1								1
Soiltech	Nutritech				1								1
diverse leveranciers	organische mest- stoffen			1	1	1							
Pentagrow	Pentakeep				3								
RVG Products	Phytgo				1								1
Grondgezond	Plus					1							
Humintech	Powhumus			1		1							
Koppert	ProFortum			2	1	4							
Koppert	ProFunda					1							
JHBIotech	Promot Plus								1				
Koppert	ProParva					1							
Koppert	ProSatus C/f					1							
Koppert	ProTerrum					2							
Deruned	Savitan			1	1								
Koppert	Trianum		1	6	6	6				1	2		
Acqua Universo	Vitaal Water				1					1	2		
Ecostyle	Vital / Algan											1	
Dolf Vijverberg	Zeewier			1							1		

C. Tabel overzicht van betrokken leveranciers c.q. producenten.

Leverancier(s)	Welke middelen (merknaam of werkzame stof)
Acqua Universo	Vitaal Water - waterbehandeling
Belchim	Contans
Deruned	Savitan
diverse leveranciers	compost, compostthee, huminezuur, fulvinezuur, organische meststoffen
diverse leveranciers	geitenmest
diverse leveranciers	kalifosfiet
Dolf Vijverberg	Zeewier
Ecoprotecta	CropCare, aQuirein
Ecostyle	Vital / Algan
Grondgezond	Amin, Impulse+, Plus; Grander waterbehandeling
Humintech	Biohealth, Powhumus, Humiron
JHBiotech	Promot plus
Koppert	ProFortum, Profunda, ProParva, ProSatus C/F, Proterrum, Trianum
Orgentis	Bacillus subtilis; Biomentor
Pentagrow	Pentakeep
Plant Health Care	Complete Plus
Quaron	bindzil (Silicium)
RVG Products	Nemago, PhytGo
Soiltech	Nutritech

Bijlage V Evaluatie workshop

Antwoorden van telers (23 evaluatieformulieren ingevuld teruggekregen van telers; alleen deze zijn hier verwerkt. Evaluaties van toeleveranciers worden hier buiten beschouwing gelaten).

1= heel erg oneens | 2 = oneens | 3 = eens | 4 = erg mee eens

1

2

3

4

Over de workshop

Gem.

	1	2	3	4	Gem.
Ik heb nieuwe dingen geleerd over weerbaar telen	0%	14%	64%	23%	3,09

1. meer inzicht in voedselweb in relatie naar de middelen
2. welke toepassingen het best zouden werken op welk substraat
3. Over het algemeen breder bijgepraat over weerbaar telen.
4. We moeten nog veel leren
5. De complexiteit van het gebeuren
6. competitiegevoeligheid van *Pythium* en *Fusarium*
7. het leukste is dat er een hoop kennis bij elkaar komt, de stof vond ik interessant
8. Compostthee in de juiste rijpheid toedienen
9. Invloed zeewierextracten op vochtinhoud in het substraat
10. dat ook bacteriën weerbaarheid geven tegen schimmels
11. Compostthee kan een groeiexplosie geven

Ik heb meer praktisch toepasbare informatie opgedaan over weerbaar telen	0%	64%	36%	0%	2,36
--	----	-----	-----	----	------

1. dat je uit moet kijken met compostthee
2. Bestrijding *Fusarium*
3. Geen nieuws
4. dat je uit moet kijken met compostthee

Ik heb geleerd waarop ik moet letten om weerbaar telen succesvol te maken	4%	35%	61%	0%	2,57
---	----	-----	-----	----	------

Ik heb geleerd welk soort producten een goede succeskans bieden	17%	48%	30%	4%	2,22
---	-----	-----	-----	----	------

De organisatie van de workshop was goed	0%	0%	74%	26%	3,26
---	----	----	-----	-----	------

Deze workshop heeft aan mijn verwachtingen voldaan	0%	30%	65%	4%	2,74
--	----	-----	-----	----	------

De informatie die is verstrekt was duidelijk	4%	9%	83%	4%	2,87
--	----	----	-----	----	------

Over een mogelijk vervolgproject**Gem.**

Een project met praktijkexperimenten over weerbaar telen is nuttig	0%	0%	13%	87%	3,87
Ik vind het belangrijk dat het voorgestelde project zal plaatsvinden	0%	0%	22%	78%	3,78
Ik wil graag deelnemen in het voorgestelde project voor weerbaar telen	0%	27%	45%	27%	3,00

Ik zou graag het volgende aangevuld/gewijzigd zien in het voorgestelde project:

1. Weerbaar telen concreet: hoe meet je dit, hoe beoordeel je dit, wat houdt het in. Nu is het te vaag.
2. Indicatoren voor weerbaarheid plant.
3. Ik zou ook grondgebonden teelten meenemen in het project. Nu is het alleen tomaten en paprika op substraat! Wij telen Alstroemeria's in de grond en daar zouden we de bodem weerbaarder willen maken voor Fusarium en Pythium.
4. In hoeverre is het zinvol om bepaalde middelen juist constant te doseren of juist in behandeling met een hogere concentratie mee te geven?
5. Metingen
6. we staan open voor het mee-ontwikkelen van nieuwe kennis (Beekenkamp jonge planten)
7. weerbaar telen van paprika met als doel tegen de luis beschermen van de plant
8. controle kwaliteit van het product (Red.: waarschijnlijk wordt de compost en compostthee bedoeld)
9. het effect van de dosering met middel dmv meten zichtbaar maken
10. Praktische toediening ivm filters: Trichoderma, compostthee.
11. Omdat de plant heel veel bepaalt, uitgangswater kan een dergelijke proef nooit een recept voor succes opleveren. Daarom is het belangrijker om de plantenfysiologie te leren begrijpen. Als je dat snapt kun je daarop sturen. Daar is nog een groot gat. Misschien een idee om daar een cursus mee parallel aan het onderzoek te laten lopen.
12. het zou toch mooi zijn als het wat meer uit de hoek van het vage zou komen en er gewoon advies kan komen (onderzocht) van bij deze bodemgesteldheid moet je dit toedienen.
13. Proeven met bladbespuiting (bloementeelt)

