

# Natuurlijke ziekteonderdrukking in grondteelten: model, weerbaar telen en nieuwe substraten

André van der Wurff

Wageningen UR  
Glastuinbouw

**Wageningen UR Glastuinbouw toont aan dat bodemweerbaarheid in de glastuinbouw bestaat. In een onderzoek onder veertien glastuinbouwbedrijven en een proefveld werden, met behulp van biotoetsen, verschillen zichtbaar gemaakt in de mate van bodemweerbaarheid tegen het wortelknobbelaaltje en de bodemschimmels *Pythium* en *Verticillium*. De resultaten van een vervolgprouf laten zien dat er gestuurd kan worden op weerbaarheid tegen het wortelknobbelaaltje. Analyse van de databank van Wageningen UR Glastuinbouw van meer dan zestig metingen aan diverse kastuinbouwgronden leidde tot een model dat de bodemweerbaarheid tegen het wortelknobbelaaltje en *Pythium* voorspelt. De waarde van het model moet in vervolgonderzoek beproefd worden. Het voorspelbaar maken van de mate van weerbaarheid kan een belangrijke rol spelen in het terugdringen van gebruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen, bij het maken van een bestemmingsplan, de aankoop van tuinbouwgebied, of bij het sturen op bodemweerbaarheid. Daarnaast kan deze kennis gebruikt worden voor het maken van nieuwe weerbare teeltsubstraten voor teelten los-van-de-grond.**

## Inleiding

Door een combinatie van factoren is er binnen de (glas)tuinbouw een hernieuwde aandacht voor bodemweerbaarheid. De aanleiding is de afname van middelen in het beschikbare middelenpakket, de onvoorspelbaarheid van biologische vijanden, de problematiek van emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar oppervlaktewater en de toenemende vraag van de consument om residuvrije producten.

Als sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw staat bodemweerbaarheid in de belangstelling. Dit resulteerde in diepgaande analyses van diverse locaties waarbij er een natuurlijke afname van schade door een ziekte of plaag werd gesignaleerd. Een bekend voorbeeld is de wijngaard Chateau Renard (Fr.), waarbij een natuurlijke afname van *Fusarium* werd toegekend aan een fluorescente pseudomonade en een niet-pathogene *Fusarium* (Alabouvette, 1986).

Overigens werd de term niet meteen geaccepteerd

(Hornsby, 1983). Tot op de dag van vandaag leidt het tot metafysische discussies en rijst bij sommigen de vraag of het bestaat. De kern van het begrip wordt weergegeven door Baker & Cook (1974). Zij beschrijven bodemweerbaarheid als het fenomeen waarbij zelfs een pathogeen aanwezig kan zijn zonder schade aan te richten aan het gewas.

De onderliggende mechanismen zijn o.a. de afname van plant-parasitaire organismen door natuurlijke vijanden, competitie tussen plantenparasiet en bacteriën om biologisch beschikbaar ijzer of koolstof en geïnduceerde resistentie van de plant.

## Specifieke en algemene weerbaarheid

Door het ontrafelen van achterliggende mechanismen ontstaat er weliswaar een algemeen beeld van bodemweerbaarheid, maar dit is nog geen synthese. Wat is bijvoorbeeld het aandeel van specifieke *versus* algemene weerbaarheid, van weerbaarheid in bulkgrond *versus* de wortelomgeving (rhizosfeer), van het levende (biotiek) *versus* het niet-levende milieu (abiotiek)? En is bijvoorbeeld de plantsoort of cultivar belangrijk?

Bij specifieke weerbaarheid wordt de ziekte of plaag onderdrukt door antagonisten in de vorm van predatie of door antibiotica. Weerbaarheid door bijvoorbeeld competitie om nutriënten is algemene weerbaarheid, zoals om biologisch beschikbaar ijzer en koolstof tussen bacteriën en *Fusarium* of *Pythium*. Een gevolg hiervan is dat specifieke weerbaarheid overgedragen kan worden op een gesteriliseerde grond. Bij algemene weerbaarheid kan dat niet. Verwarring, vooral in de oudere literatuur, wordt veroorzaakt doordat auteurs soms specifieke soorten aanwijzen die een rol spelen in competitie (algemene weerbaarheid) en dit vervolgens beschrijven als specifieke weerbaarheid.

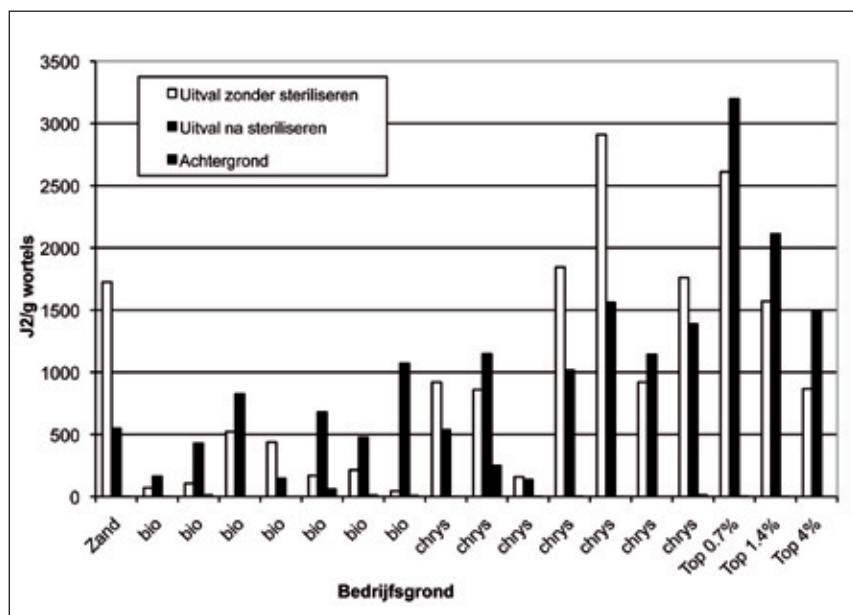
Het grootste probleem, en representatief voor het bodemonderzoek in het algemeen, is: hoe haal je effecten van fysische chemie en van biologie uit elkaar? Traditionele methoden, zoals het pasteuriseren en steriliseren (gammastraling of hete stoom) van grond om microleven te verwijderen of selectief uit te schakelen met middelen zoals methylbromide of nitrificatieremmers, bieden beperkt soelaas omdat er vaak neveneffecten optreden zoals de indirecte invloed van steriliseren

op groeisnelheid van de (toets)plant of de wortels (Troelstra *et al.*, 2001). Door sterilisatie van de grond worden o.a. de aanwezige micro-organismen gedood en hierdoor komen nutriënten vrij die weer gebruikt kunnen worden voor versterking van de plant (Tabel 1).

### Wat kan de praktijk ermee?

Een belangrijk aandachtspunt is de praktische toepassing: Wat kan de tuinder ermee? Eigenlijk zoeken we naar een synthese van resultaten waardoor weerbaarheid voorspelbaar wordt. Daarnaast moet een kweker ook nog de mate van het ziekteonderdrukkend vermogen kunnen verhogen. De afgelopen jaren heeft Wageningen UR Glastuinbouw in samenwerking met PPO, PRI en Alterra zich opnieuw verdiept in het onderzoek naar de toepassing van bodemweerbaarheid. Hierbij stonden vijf vragen centraal:

1. Bestaat het in grondteelten onder glas?
2. Bestaat het alleen in biologische teelten of ook in gangbare teelten?
3. Kunnen we de mate van bodemweerbaarheid verhogen?
4. Kunnen we bodemweerbaarheid ook voorspellen?
5. Kunnen we bodemweerbaarheid op een eenvoudige manier meten in plaats van met die dure, en arbeidsintensieve biotoetsen?



Figuur 1. Overzicht van verschillen in bodemweerbaarheid tegen het warmteminend wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne incognita*), tussen gronden afkomstig van biologische kwekers van vruchtgroenten en gangbare kwekers van chrysanten, de Topsoil-gronden en grof zand. De schade veroorzaakt aan de toetsplant staat aangegeven als het aantal juvenielen (J2) per gram wortels. Achtergrond betekent de hoeveelheid wortelknobbelaaltjes al aanwezig in de grond (in de onbehandelde controle).

### Bedrijvenonderzoek

In 2009–2010 is onderzocht of bodemweerbaarheid in glastuinbouwbedrijven voorkomt. Er werden grote verschillen gevonden tussen bedrijven in bodemweerbaarheid tegen *Meloidogyne incognita* (Nematoda), *Pythium aphanidermatum* (Heterokontophyta) en *Verticillium dahliae* (Ascomycota; Van der Wurff *et al.*, 2011). De gangbare bedrijven deden niet onder voor de bio-teelt in termen van weerbaarheid tegen *Pythium* maar wel in weerbaarheid tegen *Meloidogyne* (Figuur 1). Mogelijk heeft jarenlange problematiek met *Meloidogyne* in de bio-sector een aanpassing van teeltstrategie en/of een opbouw van weerbaarheid veroorzaakt. Ter controle werd grond van het Topsoil-experiment in het proefveld van PPO-BBF (Lisse) meegenomen in de experimenten. Binnen het Topsoil-experiment werd in 2005 organisch materiaal aangebracht tot een niveau van 0,7, 1,4 en 4,0%. De mate van weerbaarheid werd over meerdere jaren bepaald met behulp van biotoetsen. Daarnaast werd aangetoond dat de resultaten van de biotoetsen correspondeerden met uitval in het veld. Bij het wortelknobbelaaltje was er een duidelijk verband te zien tussen toename in weerbaarheid en organische stof. Dit werd in de experimenten van WUR Glastuinbouw bevestigd. Dit resultaat is enorm belangrijk want dit betekent dat de bepaling van bodemweerbaarheid met onze biotoetsen betrouwbaar was en, op basis van de bevindingen van PPO-BBF, correspondeerde met de mate van bodemweerbaarheid in het veld. Opvallend was dat de resultaten niet beïnvloed werden door de identiteit van de toetsplant en de identiteit van het pathogeen: door PPO-BBF werd een combinatie gebruikt van *M. hapla* met sla (*Lactuca sativa*) en *P. intermedium* met hyacint (*Hyacinthus orientalis*), terwijl in Bleiswijk een combinatie werd gebruikt van *M. incognita* met paprika en *P. aphanidermatum* met een komkommerachtige.

### Sturen op weerbaarheid

In een vervolproef werd in 2011 gekeken naar middelen waarmee de bodemweerbaarheid tegen *Meloidogyne* kan worden verhoogd (Tabel 1). Nieuw aan de opzet van deze proeven is dat regressiemodellen getoetst worden. Een voorbeeld hiervan is het regressiemodel met chitinolytische bacteriën, organische stof en zuurgraad van de grond. Chitinolytische bacteriën zijn soorten die in staat zijn om chitine te gebruiken als koolstofbron. Insecten en “echte” schimmels (Mycota) bevatten ook chitine in de celwand. Hierdoor lijkt het aannemelijk dat chitinolytische bacteriën

een antagonistische werking hebben. Maar het is ook denkbaar dat chitinolytische bacteriën de antibiotica produceren om hun “niche” te behouden en dat dit een belangrijk mechanisme is voor onderdrukking van ziekten en plagen. In de literatuur staan diverse relaties tussen deze groep en zuurgraad beschreven. Om het regressiemodel te toetsen is champignoncompost gebruikt en chitine in combinatie met zuurgraad. Champignoncompost bevat veel chitine en organische stof.

Uit de proeven bleek dat er inderdaad een effect was van zuurgraad op het effect van chitine op bodemweerbaarheid (Tabel 1). Opmerkelijk was dat een pH 6,8 met 1 % chitine en een pH 7,2 met 10% chitine resulteerde in een hogere bodemweerbaarheid. Het mechanisme is vooralsnog onduidelijk. Het is mogelijk dat de zuurgraad indirect beïnvloed wordt.

Tabel 1. Voorlopige resultaten met effecten van teeltmaatregelen op een afname van wortelschade (WKI), stengeldikte als een indicator voor groei­kracht en wortelgewicht.

N1	N2	Maatregelen	significante effecten*		
			WKI	Stengel­dikte	Wortel­gewicht
<b>A. Sturen op chitinolytische bacteriën en pH</b>					
40	38	1. 1% chitine met pH 6.8	+		
37	28	2. 1% chitine met pH 7.2			+
38	38	3. 10% chitine met pH 6.8		+	
39	34	4. 10% chitine met pH 7.2	+		+
<b>B. Chitine als onderdeel van organische compost</b>					
36	39	5. 1% champignoncompost			+
39	39	6. 20% champignoncompost	+		
<b>C. Stomen</b>					
36	37	7. grondstomen (10 min. 100oC)			+
<b>D. Controle onbehandeld</b>					
37	36	8. controle onbehandeld			

\*Significante effecten van de maatregelen op wortelschade (wortelknobbelin­dex, WKI), stengeldikte, en wortelgewicht. N1 = aantal bio­toetsen in experimenteel blok 1; en N2 = aantal bio­toetsen in experimenteel blok 2. + betekent een hogere bodem­weerbaarheid (dus een lagere WKI), dikkere stengels of zwaardere wortels.

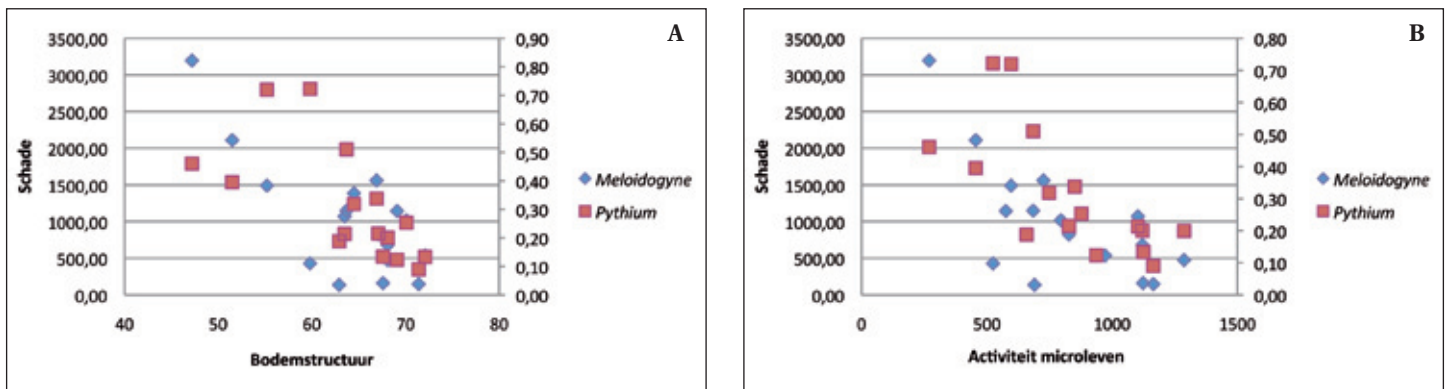
### Voorspellen met Bodemweerbaarheidsmodel

Op basis van de experimenten met grond van de glastuinbouwbedrijven en het experimenteel veld in Lisse is een dataset opgesteld met meer dan zestig biotische- en abiotische parameters. Na uitvoerige analyse van de dataset was er in sprake van bevestiging en verwarring. Het beeld dat verscheen van weerbaarheid tegen *Pythium* werd bevestigd door de wetenschappelijke literatuur. De verwarring bestond eruit dat er relaties gevonden werden van weerbaarheid met een groot scala aan parameters zonder, op het eerste gezicht, een logisch verband. Na het bestuderen van de ruwe data en een reeks aan simpele grafieken en naslag van literatuur werd een patroon duidelijk dat uiteindelijk heeft geleid tot het Bodemweerbaarheidsmodel. Het model is dus gebaseerd op empirische data maar moet nog gevalideerd worden met nieuwe proeven.

Zowel bodemstructuur als activiteit van het microleven lijken hierin een voorspellende waarde te hebben. De spreiding die zichtbaar is in figuren 2A en B worden aanzienlijk verminderd door weging, en toevoeging van een aantal andere bodemparameters. Opmerkelijk is dat ook *M. incognita* een relatie vertoont met microleven (Figuur 2B). Ondanks dat de mechanismen nog niet altijd even duidelijk zijn, kan het model wel helpen om de complexiteit van bodemweerbaarheid te ontrafelen en het belang van specifieke weerbaarheid te onderzoeken. Daarnaast kan een voorspelling van de mate van weerbaarheid van een grond belangrijk zijn voor het bepalen van een geschikt gewas of gewasrotatie, de inzet van gewasbeschermingsmiddelen of de aankoop van nieuw tuinbouwgrond.

### Weerbaar substraat

In de glastuinbouw worden de grondteelten langzaam verdrongen door teelten los-van-de-grond die gebruik maken van substraten zoals steenwol, kokos en perliet. Binnen de vruchtgroenten is dat al een feit, met uitzondering van de biologische vruchtgroenten, omdat teelt in de bodem een belangrijke randvoorwaarde is voor het biologisch telen. Ook binnen de substraatteelten van vruchtgroenten en siergewassen is er op dit moment volop aandacht voor ‘weerbaar’ telen. Hierbij worden ziekten en plagen op een biologische manier bestreden, zoals met behulp van natuurlijke plantversterkers, waterige extracten van compost voor het aanbrengen van nutriënten en nuttig bodemleven en bovengrondse natuurlijke vijanden. De belangstelling vloeit onder andere voort uit de toenemende vraag van de consument naar (gewasbeschermingsmiddel) residu-vrije producten, de afname van het beschikbare mid­delenpakket, maar ook om emissie van middelen



Figuur 2. Het Bodemweerbaarheidsmodel met bodemstructuur (A) en activiteit van het bodemleven (B) als parameters in relatie tot *Meloidogyne* (verticale as links; aantal J2(juvenielen)/gram wortels) en *Pythium*-schade; fractie uitval van 0 (geen uitval) tot 1 (verticale as rechts) in een niet-resistent gewas.

uit de glastuinbouw naar het oppervlaktewater te voorkomen.

De vraag om een weerbaar kunstmatig substraat lijkt op het eerste gezicht vreemd. Maar onderzoek uit eind vorige eeuw heeft duidelijk aangetoond dat ook substraten zoals steenwol een grote diversiteit bevatten aan micro-organismen zoals bacteriën, schimmels, aaltjes en protozoa. In die tijd was er echter nog weinig animo vanuit de sector om weerbaar te telen omdat er toen nog veel middelen beschikbaar waren voor de bestrijding van ziekten en plagen. De resultaten uit het bodemonderzoek

laten zich gemakkelijk vertalen. Op basis van de bodemweerbaarheid-dataset kunnen substraten samengesteld worden die de weerbaarheid tegen ziekten en plagen zoals *Phytophthora*, *Pythium* en *Fusarium*. De eerste pilot studies worden dit jaar nog ingezet. Ook kunnen kunstmatig samengestelde substraten een zeer goed onderzoeksobject vormen voor onderzoek naar de bodemecologie van diverse ziekten en plagen en hun interactie met het abiotische milieu, maar ook voor fundamenteel onderzoek naar de rol van de bodem abiotiek in ecosysteem functies en -diensten.



*Biotoets voor het bepalen van weerbaarheid van steenwolmatten tegen Pythium in komkommer (links). Alleen de eerste plant wordt besmet. De snelheid waarmee de andere drie komkommerplantjes Pythium-symptomen laten zien is een maat voor substraatweerbaarheid. Bij de bodemweerbaarheidstoets (rechts) wordt elke pot besmet.*

### Conclusie & Discussie

De mate van bodemweerbaarheid die is aangetoond met de inzet van biotoetsen lijkt niet afhankelijk van de identiteit van de waardplant en het parasitaire organisme (*Pythium* of wortelknob-belaaltje). Hierdoor is het aannemelijk dat er een algemene weerbaarheid beschreven wordt. De resultaten ondersteunen dat de gebruikte methode met name inzicht biedt in “algemene weerbaarheid”: het steriliseren van de grond door hete stoom heeft namelijk geen invloed op de weerbaarheid (Tabel 1). Meteen na sterilisatie wordt de grond snel gekoloniseerd door bacteriën en dit kan verklaren dat de activiteit van het microleven ook hier weer een rol kan spelen. Helaas is de weerbaarheid tegen *Verticillium dahliae* slechts getoetst op elf gronden. Het belang van het model voor *Verticillium* is daarom nog onduidelijk.

Het onderzoek laat zien dat bodemweerbaarheid bestaat tegen *Meloidogyne*, *Pythium* en *Verticillium* in grondteelten onder glas. Zowel in gangbare als in biologische teelten is er sprake van verschillen in weerbaarheid tussen gronden. Dit betekent dat het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen niet *per se* hoeft te resulteren in een afbraak van bodemweerbaarheid. Alleen voor de weerbaarheid tegen *Meloidogyne* scoort de biologische teelt beter. Experimenten met behulp van biotoetsen laten zien dat er gestuurd kan worden op het ziekteonderdrukkend vermogen tegen *Meloidogyne* met materialen die chitine bevatten, zoals champignoncompost als er rekening gehouden wordt met de zuurgraad van de bodem. Het doel is om organismen die betrokken zijn in de bodemweerbaarheid, zoals chitinolytische bacteriën, te stimuleren. Hierbij is belangrijk dat de middelen, zoals champignoncompost, sturen op de bodemcompetentie. De samenhang binnen die competentie speelt een beslissende rol voor de mate van succes. Dit betekent dat er binnen de visie van dit onderzoek gebruikt wordt gemaakt van de micro-organismen die al in de bodem aanwezig zijn en dat er gestuurd wordt op meerdere factoren tegelijk. In de vervolgprouwen later dit jaar wordt er gekeken naar middelen om de weerbaarheid tegen *Pythium* te verhogen. Er kan een raamwerk gemaakt worden voor weerbaarheid, waarbij de uitval van een gewas door

bijvoorbeeld *Pythium*, *Fusarium* en *Meloidogyne* beschreven kan worden door het Bodemweerbaarheidsmodel (Figuur 3). Bij voorkeur moet het vervolgonderzoek plaatsvinden binnen een raamwerk met toetsbare werkingshypothesen zoals bij het model naar voren komen.

Het bodemweerbaarheidsmodel kan ook gebruikt worden om kunstmatige teeltsubstraten samen te stellen die weerbaar zijn tegen bodemziekten en -plagen. Ook voor de onbedekte teelten is dat interessant, omdat er op dit moment ook in die sector veel aandacht is voor telen-los-van-de-grond, zoals voor aardbei en prei, als oplossing voor de emissie van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater.

De dure en arbeidsintensieve biotoetsen kunnen mogelijk vervangen worden door een set aan goedkope metingen aan de grond, zoals beschreven in het Bodemweerbaarheidsmodel. Het model moet nog wel gevalideerd worden. De bepalingen kunnen aangevuld worden om de mate van specifieke weerbaarheid tegen soorten zoals *Rhizoctonia* en *Verticillium* te bepalen. Dit is mogelijk met DNA-toetsen zoals die nu ontwikkeld worden binnen het EL&I project Bodemindicatoren voor Plantgezondheid. Dit project is mogelijk gemaakt binnen het beleids-ondersteunend- en het kennisbasis-programma van het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie (EL&I).

### Referenties

- Alabouvette C (1986) Fusarium-wilt suppressive soils from the Chateaufort region - review of a 10-year study. *Agronomie* 6: 273-284
- Baker KF & Cook RJ (1974) *Biological Control of Plant Pathogens*, 433 pp. Freeman, San Francisco
- Hornsby D (1983) Suppressing soils. *Annual Review of Phytopathology* 21: 65-85
- Troelstra SR, Wagenaar R, Smant W & Peters BAM (2001) Interpretation of bioassays in the study of interactions between soil organisms and plants: involvement of nutrient factors. *New Phytologist* 150(3): 697-706
- Wurff AWG van der, Slooten MA van, Hamelink R, Böhne S & Wensveen W van (2011) Soil suppressiveness towards *Meloidogyne*, *Verticillium* or *Pythium* in greenhouse horticulture. *Acta Horticulturae* (accepted).



Figuur 3. Eenvoudig overzicht van het Bodemweerbaarheidsmodel met enkele parameters en hun samenhang.