

vochtvasthoudend vermogen en CEC. Dit geldt uiteraard het meest voor die gronden die een slechte structuur en een laag vochtvasthoudend vermogen hebben.

- b. Pathogeenvrij zijn is cruciaal voor verstandige toepassing van compost.
- c. Toepassing van specifieke biologische bestrijders heeft een beperkt effect op de bodemkwaliteit – sterker nog, in feite wordt gehoopt dat de biologische bestrijders slechts een specifiek effect hebben op bepaalde bodemgebonden plantenpathogenen.
- d. Nog niet bekend.

Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: aan welke eisen moet compost voldoen om ziekteverend te zijn? Antwoord: de respiratie van de compost moet zo hoog mogelijk zijn. Compostsoorten die snel afbreken hebben het hoogste ziekteverende vermogen voor drie ziekten. Tot op heden zijn er echter geen biotische factoren achterhaald voor dit effect. Dit staat in contrast met de wens van agrariërs om het percentage organische stof naar een voldoende niveau te brengen; daar wordt juist gestreefd naar de toediening van stabiele organische stof.

Opmerkingen: deze ziekteverende werking is aangetoond in potproeven. Op veldniveau kom je hele andere zaken tegen, waardoor er andere problemen optreden en de effecten minder duidelijk zijn. Het ziekteverende effect van compost kan ook erg afhangen van de grondsoort en van het moment van toepassen. Het management op het bedrijf is daarmee van zeer groot belang. In de praktijk zal dit uiteindelijk neerkomen op een bedrijfsspecifiek advies voor het gebruik van compost voor de ziekteverendheid.

Met grote hoeveelheden compost wordt de a-specifieke weerbaarheid van de grond opgekrikt, op zandgronden is deze a-specifieke weerbaarheid vooral afhankelijk van de textuur van de grond. Het werken aan/met organische stof in het veld, (kwaliteit/ziekteverendheid/percentage etc.) is een zaak van een lange adem. Dit maakt het onderzoek aan organische stof op elk niveau moeilijk.

2.3 Ziektevering van plantenpathogenen als één facet van bodemkwaliteit

Joeke Postma, Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen

Inleiding

Bodemkwaliteit is een complex begrip en heeft fysische, chemische en biologische componenten. In dit stuk wordt vooral aandacht besteed aan de biologische aspecten van bodemkwaliteit. In een duurzame landbouw, waar het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen vermeden wordt, is het van eminent belang dat de bodem een zekere weerbaarheid heeft tegen plantenpathogenen, zgn. ziektevering van de bodem. Van bodems met een verstoorde bodemflora (bv. na sterilisatie, stomen of inundatie) is bekend dat de bodem zeer gevoelig is geworden voor het optreden van plantenziekten. Benutting en stimulering van de natuurlijke bodemweerbaarheid is dan ook een belangrijk instrument om bodemziekten beheersbaar te maken.

Hoewel het belang van het fenomeen ziektevering van de bodem onomstotelijk vaststaat, zijn er nog zeer veel vragen ten aanzien van de omstandigheden waaronder ziektevering optreedt. Ook is het effect van ziektevering op de gewasgezondheid niet voor alle pathogenen hetzelfde.

Hieronder worden enkele onderwerpen beschreven, die door de cluster Microbiële Buffering van Plant Research International onderzocht worden, en die sterk aansluiten bij het thema bodemkwaliteit. Per onderwerp wordt achtereenvolgens aangegeven (1) welke handelingen onderzocht worden, (2) wat

voor soort metingen uitgevoerd wordt, en (3) welk effect deze handelingen hebben op de bodemkwaliteit, c.q. ziektevering.

1. Invloed van rotatie op microbiële biodiversiteit in de bodem

In het onderzoek naar agro-biodiversiteit wordt de invloed van rotatieschema's op de diversiteit van schimmel en bacteriepopulaties in de bodem onderzocht. Rotaties varieerden van continu gras, diverse akkerbouwgewassen in rotatie en behandelingen waarin continu gras omgezet werd in andere teelten.

Bepaald zijn de aantallen en diversiteit van micro-organismen van verschillende groepen die op voedingsmedia gekweekt kunnen worden, maar ook de diversiteit van de niet-cultiveerbare groepen met behulp van moleculaire fingerprints (PCR-DGGE-methode). Bovendien is naar aantallen antagonistische organismen en naar ziektevering in biotoetsen gekeken.

De resultaten waren zeer opmerkelijk: de diversiteit van de microbiële populaties in de bodem met continueel gras was significant hoger ten opzichte van een rotatie met akkerbouwgewassen. Bovendien bleek dat de bodem met continueel gras ziekteverender was ten aanzien van *Rhizoctonia solani* AG3 in aardappel dan de grond van de overige rotaties (Paolina Garbeva). Deze data zullen later worden gecombineerd met data betreffende stikstofomzettingen en hieraan gerelateerde bacteriepopulaties.

Belangrijke **conclusie** uit dit onderzoek is dat rotaties de microbiële populaties, inclusief hun diversiteit, beïnvloeden en dat dit tevens invloed heeft op ziektevering van bodempathogenen.

2. Invloed van toevoegingen van organische stof op ziektevering van de bodem

Ziekteverendheid van de bodem kan gestimuleerd worden door toevoeging van organische stof, zoals compost, mest of industriële restproducten zoals papiercellulose. Het meeste onderzoek richt zich momenteel op effecten van compost, waarvan bekend is dat het schade door verschillende bodempathogene schimmels, bacteriën en nematoden kan reduceren. Er worden echter vele soorten compost geproduceerd van diverse uitgangsmaterialen waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende compostingsprocedures. Met andere woorden: de ene compost is de andere niet. Ook moment en dosis van toediening variëren in de praktijk. Compost in zijn algemeenheid heeft dan ook geen consistente werking op bodempathogenen en kan zelfs plantenziekten stimuleren.

Bij onderzoek naar ziektevering wordt over het algemeen gebruik gemaakt van biotoetsen, waarbij het gekozen pathogeen en een geschikte waardplant onder gestandaardiseerde condities samengebracht worden. Een biotoets is dan ook een modelsysteem (lieft een kleine en snelle toets) van wat in de praktijk zou kunnen gebeuren. Ziektevering toetsen onder praktijkomstandigheden is lastig, omdat toevoeging van pathogenen meestal ongewenst is.

Naast het effect van een bepaalde maatregel op ziektevering, worden diverse andere bodemkundige en microbiologische parameters onderzocht, met als doel (1) meer inzicht in het werkingsmechanisme van ziektevering krijgen of (2) het ontwikkelen van indicatoren voor ziektevering.

Voorbeelden van microbiologische metingen die worden uitgevoerd zijn:

- Kwantificeren van verschillende groepen micro-organismen met behulp van plaattellingen (schimmels, bacteriën, specifieke groepen zoals actinomyceten en pseudomonaden waarvan verwacht wordt dat ze correleren met ziektevering).
- Diversiteitsbepalingen en moleculaire fingerprints van de microbiële samenstelling.
- Activiteitsbepalingen, bv. bodemademhaling.
- Vermogen van de microflora om diverse C-bronnen te benutten.

Resultaten van organische-stof toevoegingen op ziektevering zijn moeilijk in het kort samen te vatten, omdat er nog geen algemene stelregels zijn. Resultaten kunnen sterk variëren per keer, per type

organische stof, per organisme en ze zijn afhankelijk van toedieningstijdstip en grondsoort. Wel is het mogelijk een opsomming van diverse resultaten te geven waaruit een aantal trends blijkt:

Hoge compostdoses (nl. 20 % GFT of groencompost van verschillende leeftijden) toegevoegd aan potgrondmengsels of zandgrond gaven een significante ziektevering van *Fusarium oxysporum* in anjer en *Rhizoctonia solani* AG2 in suikerbiet.

Conclusie: bij hoge dosis compost (20 %) is een ziektevering van 30 tot 70 % minder aantasting een realistisch effect.

Met lage compostdoses (1 % groencompost of champost) toegevoegd aan een zandgrond is het veel moeilijker een effect te meten. Ziektevering t.a.v. *Pythium ultimum* treedt soms wel, soms niet op. Er werd geen effect op ziektevering t.a.v. *Rhizoctonia solani* gevonden. Beiden getoetste nematoden, *Meloidogyne hapla* en *Pratylenchus penetrans*, gaven een verminderde aantasting na toevoeging van deze doses compost.

Conclusie: na een eenmalige toediening van een lage dosis compost (1 %) is het effect op ziektevering van schimmelpathogenen nihil, maar er zijn wel interessante perspectieven voor nematoden te verwachten (in het geval van zandgrond).

In het project 'Mest als Kans', uitgevoerd door het LBI, is het effect van de toevoeging van diverse mest- en compostcombinaties aan een kleigrond onderzocht (toegestane en dus lage doses organische stof). Ziektevering van *Rhizoctonia* in een biotoets met bloemkool gaf variabele resultaten tussen de twee toetsjaren. Potstalmest gaf 4 en 27 weken na toediening respectievelijk een negatief en een positief effect op ziektevering. Ook drijfmest in combinatie met GFT of kippenmest met stro gaven positieve effecten 27 weken na toediening.

Conclusie: de trend is dat eventueel te verwachten positieve effecten van organische stof op ziektevering pas na langere tijd zichtbaar worden. Effect van lage doses organische stof op ziektevering is vooral realistisch op lange termijn met herhaalde toepassingen.

Organische stof (in dit geval papiercellulose), toegediend vlak voordat een gewas geplant werd in een veld waar reeds *Rhizoctonia* aanwezig was, gaf verhoogde aantasting, terwijl toediening in de herfst een lichte toename van de ziektevering liet zien.

Conclusie: schimmelpathogenen kunnen soms sneller op organische-stoftoediening reageren dan dat de ziektevering gestimuleerd wordt.

3. Invloed van teeltmaatregelen op ziektevering van de bodem

Ook diverse andere teeltmaatregelen beïnvloeden de ziektevering van een teeltsysteem. Onderzoeksmethodieken zijn in dit geval vergelijkbaar met die in bovengenoemd onderzoek.

Overzicht van enkele resultaten van teeltmaatregelen die de ziektevering bleken te beïnvloeden:

Ziektevering van *Rhizoctonia* in bloemkool was hoger na een herfstbewerking (spitten) dan na voorjaarsbewerking van de bodem.

Conclusie: bodembewerking en het moment hiervan hebben een gering effect op ziektevering.

Ziektevering van *Rhizoctonia* in bloemkool was zeer sterk na vele jaren bloemkoolteelt en heel zwak in een vergelijkbare grond met andere gewassen (peer, gras). Ziektevering in laatstgenoemde gronden nam toe na vijf keer bloemkool planten en *Rhizoctonia*-toevoeging. De ziektevering wordt waarschijnlijk veroorzaakt door micro-organismen.

Conclusie: hoewel in het algemeen een ruime rotatie noodzakelijk is om schade door bodempathogenen te voorkomen, kan in specifieke gevallen (bloemkool op kleigrond) ziektevering worden opgebouwd door continu hetzelfde gewas te telen. Dit is analoog aan het goed gedocumenteerde fenomeen 'Take-all decline' in tarwe.

Toevoeging van de mycoparasiet *Verticillium biguttatum* aan grond rond de stengelvoet van een gewas geeft soms een gering bestrijdend effect van Rhizoctonia.

Conclusie: toevoeging van biologische bestrijders aan een bodem kan ziektevering in lichte mate bevorderen. Het effect is echter overwegend van korte duur, omdat geïntroduceerde micro-organismen in de bodem de concurrentie met andere micro-organismen niet overleven.

Ook de grondsoort is bepalend voor de mate van ziektevering t.a.v. de verschillende pathogenen. Zo zijn diverse nematoden in zijn algemeenheid schadelijker op lichte zandgrond dan op kleigrond. (info Hans Kok en Frans Zoon). Hiernaar wordt echter niet direct onderzoek gedaan in onze projecten, omdat grondsoort veelal een gegeven is. In relatie tot ziektevering kan grondsoort echter een zeer belangrijk kwaliteitscriterium van de bodem zijn.

4. De rol van endofyten

Dat planten van binnen overwegend steriel zouden zijn, is een achterhaald concept. Allerlei bacteriën en schimmels kunnen het inwendige van planten bevolken en worden ook wel endofyten genoemd. Soort(en), hoeveelheid en diversiteit zijn afhankelijk van plantensoort, cultivar, bodem, bemesting en andere teeltmaatregelen. Deze endofyten kunnen de weerbaarheid van de plant verhogen of groeibevordering veroorzaken. Een potentieel negatieve rol spelen endofyten als het humaan-pathogenen betreft die in de plant aanwezig zijn. Endofyten kunnen een aspect van bodemkwaliteit zijn, in het geval de endofytenpopulatie gezien wordt als een afspiegeling van de bodemmicroflora. Onderzoek aan endofyten staat in de kinderschoenen. Het betreft veelal onderzoek naar welke organismen aangetroffen worden, welke factoren van invloed zijn op de endofytenpopulaties en wat hun effecten kunnen zijn (Leo van Overbeek en Jim van Vuurde).

5. Diversen

Andere zaken die de bodemkwaliteit beïnvloeden zijn allerlei ongewenste schadelijke factoren, zoals de aanwezigheid van quarantaine-organismen (bv. de bruinrotbacterie), hoge dosis pathogenen, zware metalen, etc.

Om bodemkwaliteit in de toekomst beter te kunnen karakteriseren, worden DNA-microarrays ontwikkeld die enerzijds een groot scala aan pathogenen kunnen detecteren en anderzijds vele eigenschappen van ziektevering kunnen aangeven. Laatstgenoemde technische ontwikkeling heeft de complicatie dat lang niet alle mechanismen van ziektevering goed gedocumenteerd zijn. (Dick van Elsas en Arjen Speksnijder).

Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: in de presentatie werd gesproken van cultiveerbare micro-organismen. Wat zijn dat? Antwoord: die micro-organismen die in het laboratorium op een plaat gekweekt kunnen worden.

Vraag: zijn er al methoden die het bodemleven kunnen karakteriseren en kan de mate van ziektevering daarmee bepaald worden?

Antwoord: het vermogen van het bodemleven om ziekten te weren is een zeer ingewikkeld proces en is vaak een specifieke relatie van micro-organisme/pathogeen. Een algemene methode is (nog) niet beschikbaar.

Vraag: in het hele verhaal wordt gepraat over de ziektevering van de bodem. Wordt er ook gekeken naar de ziektevering van de plant? Is het effect van teeltmaatregelen en gewaskeuze niet veel belangrijker van de ziektevering van de bodem?

Antwoord: als onderdeel van bodemkwaliteit is ziekteverendheid een belangrijk aspect. Dit wordt echter pas erg belangrijk als alle andere condities binnen het optimale traject liggen. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan de fysische aspecten van de bodem.

Vraag: hoe moet organische stof eruit zien wil het een goede ziekteverende werking hebben?

Antwoord: het materiaal mag niet vlak voor het planten toegediend worden. Ook hier wordt een tegenstrijdigheid geconstateerd, omdat vanuit nutriëntefficiëntie de periode tussen toediening van de organische component en zaaien/planten zo kort mogelijk dient te zijn.

Opmerking: er wordt nogal de nadruk gelegd op ziekteverend vermogen van de bodem. Het gaat ook om het herstelvermogen van de bodem nadat er een 'calamiteit' opgetreden is. Dit kan zijn in de vorm van een ziekte, bodempathogeen, maar ook door bijvoorbeeld een grondbewerking onder te natte omstandigheden. Het herstelvermogen van de grond is een belangrijk onderdeel van bodemkwaliteit.

2.4 Bodemkwaliteit en het bedrijfssystemenonderzoek

Janjo de Haan, PPO-AGV, Postbus 430, 8200 AK, Lelystad

Het bedrijfssystemenonderzoek in een notendop

In het bedrijfssystemenonderzoek wordt gewerkt aan het ontwikkelen van duurzame bedrijfssystemen, zowel geïntegreerd als biologisch. Duurzaam zowel:

- ecologisch, met geen of beperkte schade aan de het milieu;
- sociaal-economisch, met goed financieel resultaat en een gezonde werkomgeving, als
- agronomisch met goede opbrengsten.

Het onderzoekstechnische doel van het bedrijfssystemenonderzoek is het combineren en integreren van kennis uit diverse vakgebieden tot een compleet systeem met betere prestaties. Manco van deze methode is dat het vaak moeilijk is om effecten te kwantificeren van afzonderlijke maatregelen.

Het bedrijfssystemenonderzoek is regionaal van opzet, voorbeelden worden per regio ontwikkeld die homogeen zijn voor grondsoort en bedrijfstype. Vergelijkingen over regio's heen worden daarom slechts beperkt gemaakt.

Het bedrijfssystemenonderzoek is een proces van analyse, ontwerp, testen en verbeteren en verspreiding.

- In de analysefase worden de sterke en zwakke punten en kansen en bedreigingen op een rij gezet
- De analyse vormt de basis voor het ontwerp waarin doelen worden geformuleerd, bedrijfsmethoden worden (her)ontworpen en geïntegreerd tot een theoretisch prototype. De belangrijkste bedrijfsmethoden zijn *vruchtwisseling*, *nutriëntenbeheer*, *gewasbescherming*, *grondbewerking* en *natuurbeheer*.
- Testen en verbeteren houdt in: een aantal jaren het ontwerp testen in de praktijk en meten in hoeverre de doelen gehaald worden. Waar doelen niet gehaald worden wordt het ontwerp bijgesteld.
- Verspreiding is het uitdragen van de resultaten naar buiten door middel van o.a. demonstraties.

Bedrijfssystemen worden beoordeeld op een zestal thema's die zijn onderverdeeld in maatstaven (zie Figuur 1). Aan de maatstaven worden zware eisen gesteld. Een beperkte set maatstaven moet een compleet beeld van het bedrijfssysteem geven. Een maatstaf moet beïnvloedbaar zijn door de bedrijfsmethoden en moet eenvoudig meetbaar zijn. Daarnaast moet er een onderbouwde streefwaarde aan de maatstaf gekoppeld worden.

In de metingen en waarnemingen kan ook onderscheid gemaakt worden tussen de operationele en de tactische/strategische metingen en waarnemingen. De eerste worden gedaan om te bepalen of een handeling of bewerking nodig is. De tweede worden gedaan ter beoordeling van het systeem.