

Biotoetsen voor bodemweerbaarheid: heel klassiek, nog steeds relevant!

Joeke Postma &
Mirjam Schilder

Wageningen Plant Research,
Wageningen UR

Een ziekteverende bodem is een bodem waarin weinig of geen aantasting optreedt in een vatbaar gewas, ondanks de aanwezigheid van een ziekteverwekker (zie Figuur 1). We noemen dit ook wel bodemweerbaarheid. Abiotische bodemfactoren zoals pH en bodemtextuur kunnen leiden tot ziekteverendheid. Maar veel vaker speelt het bodemleven hierbij een belangrijke rol; competitie, parasitisme en antagonisme door het bodemleven houden de ziekteverwekkers in toom.

Historie

De eerste beschrijvingen van het fenomeen 'ziekteverende bodem' zijn van meer dan 100 jaar geleden en werden door Hornby (1983) in een review beschreven. In Nederland ontdekte Gerlagh (1968) voor het eerst dat tarwehalmdoder (*Ophiobolus graminis*, huidige naam *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*) na introductie in de nieuwe polders in toenemende mate voor aantasting in tarwe zorgde, maar dat de ziekte na enkele jaren afnam. Geciteerd uit het proefschrift van Gerlagh: "Bij continue graanteelt bereikt de aantasting door *Ophiobolus* een top in het tweede of derde jaar. Daarna loopt de aantasting weer terug tot een zeer laag niveau". Ook andere onderzoekers beschreven deze terugloop van aantasting bij continue teelt voor verschillende gewaspathogeen combinaties; dit verschijnsel staat bekend als 'decline'.

Mechanisme

Het verschil in ziektevering tussen bodems werd door menig onderzoeker benut om het mechanisme van ziektevering te bestuderen. Hiervoor werden toetsen ontwikkeld waar onder geconditioneerde omstandigheden het effect van de ziekteverwekker op het betreffende gewas onderzocht kon worden, zogenaamde 'biotoetsen'. Het zal duidelijk zijn dat dergelijk onderzoek meestal niet in het veld uitgevoerd kan worden; welke boer wil er nu dat de ziekte aan zijn bodem wordt toegevoegd?! De ziekteverende grond werd op allerlei manieren behandeld om bodemleven geheel of gedeeltelijk uit te schakelen (verschillende temperaturen, toevoegen van antibiotica en/of fungiciden), en het aanwezige bodemleven werd in kaart gebracht of geïsoleerd en geïdentificeerd. Ook het transplanteren van ziekteverende grond naar een ziektegevoelige grond droeg bij aan het ontrafelen van de mechanismen achter het fenomeen ziektevering. Dit leidde tot een explosie van onderzoek naar mechanismen van ziektevering vanaf de jaren 80 in de vorige eeuw. In de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie was dit een veel besproken onderwerp. Dit onderzoek heeft geleid tot de beschrijving van allerlei werkingsmechanismen en heeft bovendien vele interessante antagonisten en hyperparasieten opgeleverd. Zo zijn *Fusarium oxysporum* FO-47, *Verticillium biguttatum*, *Pythium oligandrum* en diverse *Trichoderma*, *Pseudomonas* en *Streptomyces* isolaten afkomstig uit ziekteverende gronden. Interessante micro-organismen werden in biotoetsen op hun effectiviteit tegen de gewenste plantpathogenen getoetst. Nieuwe werkingsmechanismen

Figuur 1. Aan twee verschillende bodems is dezelfde hoeveelheid van een ziekteverwekker toegevoegd waarna er een gevoelig gewas op is geteeld; links alle bloemkoolplanten zijn aangetast, rechts een ziekteverende bodem waarin de planten vrijwel gezond blijven.



van ziektevering werden aangetoond door het effect van *Pseudomonas* isolaten en mutanten die een eigenschap misten in biotoetsen te onderzoeken (bijv. de Boer et al., 2003). In een opeenvolgende serie van onderzoek werd in Baarn en later Utrecht het belang van ijzercompetitie via siderophoren, diverse antibiotica en geïnduceerde resistentie aangetoond. Deze effectieve micro-organismen vormden de basis van een aantal potentiële biologische bestrijders. Echter het kweken en bewaren van een effectief product, een effectieve toepassing in de praktijk en de toelating als geregistreerd product op de markt bleken vaak veel moeilijker dan gedacht.

Ziektevering stimuleren

Het bestaan van ziekteverende gronden en de aanwezigheid van antagonistische organismen in bodems inspireerde onderzoekers om te zoeken naar methoden om de ziektevering van de bodem te stimuleren. Als het dan moeilijk is om organismen toe te voegen, dan zijn er misschien methoden te vinden om de natuurlijk aanwezige ziekteverende organismen te stimuleren! In eerste instantie werd vooral veel onderzoek gedaan naar de effecten van allerlei typen compost. Compost is een bodemverbeteraar, levert nutriënten voor het gewas, stimuleert het bodemleven en verhoogt soms de ziektevering. Zo beschrijft Termorshuizen (2006) dat in een onderzoek waar 18 soorten compost getest werden in 7 verschillende plant-pathogeen biotoetsen, er in 54 % van de combinaties positieve effecten waren op ziektevering. Effecten van compost verschillen echter per pathogeen, gewas, grondsoort en proefopzet. Zo is het makkelijker om ziektevering te stimuleren in potgrond en zandgrond met een laag organisch stofgehalte, dan in een goed functionerende landbouwbodem.

In de loop van de tijd zijn ook veel andere typen organische materialen getoetst, waarbij stimulering van ziektevering in diverse biotoetsen gemeten werd met producten die bijvoorbeeld cellulose (houtvezels), chitine (garnalenafval) of keratine (kippenveren) bevatten. Klassieke biotoetsen worden hierbij nog steeds gebruikt, maar worden de laatste jaren veelal gecombineerd met moleculaire methoden om de bacterie- en schimmelgemeenschappen in meer detail te bestuderen (bijv. Andreo-Jimenez et al. 2021; Clocchiatti et al., 2021; van Agtmaal et al., 2015). De relevantie van het gebruik van dergelijke organische reststromen is sterk toegenomen in het kader van de wens om kringlopen te sluiten.

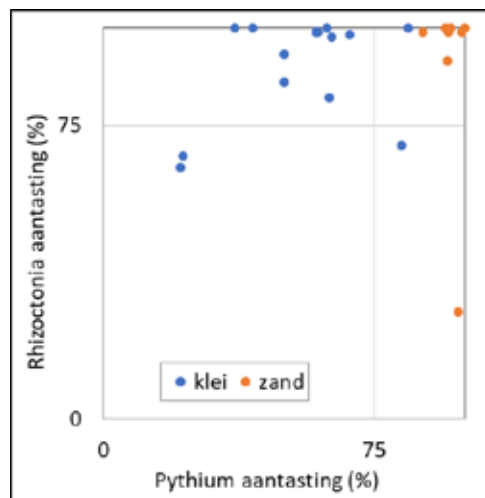
Belang van bodemkwaliteit

De aandacht voor de bodem is de laatste 10 jaar sterk toegenomen. Zo staat vanuit de ambitie van het Nationaal Programma Landbouwbodems dat in 2030 alle landbouwbodems duurzaam beheerd worden, het meten en sturen van bodemkwaliteit weer volop in de belangstelling. Daarnaast vraag de Toekomstvisie gewasbescherming 2030 om weerbare planten en teeltsystemen en zijn er minder chemische bestrijdingsmiddelen beschikbaar. Boeren zoeken daarom naar handvatten om via alternatieve methoden de ziektedruk, ook van bodempathogenen, te verlagen. Ziekteverende eigenschappen van de bodem zijn in toenemende mate cruciaal voor de teelt van gezonde gewassen. Dit werd al vroeg onderkend door Oyarzun die in 1994 een uitgebreide studie afrondde naar de verschillen in weerbaarheid van 55 bodems ten aanzien van drie pathogenen in erwit. In deze studie werd ook naar correlaties gezocht met zowel abiotische als biotische bodemfactoren. 'De' bodemweerbaarheid bleek niet te bestaan; ziekteverende eigenschappen van de bodem zijn afhankelijk van het pathogeen waar het om gaat.

Ook nieuw onderzoek richt zich op indicatoren voor een weerbare bodem. Hiervoor kunnen bodembio- logische parameters gebruikt worden, maar ook een biotoets die maatgevend is voor de algemene weerbaarheid van een bodem is gewenst. Een voorbeeld voor een dergelijke biotoets is mogelijk *Pythium ultimum* in tuinkers. Bongiorno et al. (2020) konden met deze biotoets een correlatie aantonen tussen ziekteverendheid en de beschikbare labiele koolstof in de bodem die belangrijk is voor de hoeveelheid en activiteit van het bodemleven. Van *Pythium* is bekend dat het een slechte concurrent is, waardoor een relatie tussen ziektevering en actief bodemleven te verwachten is.

Deze toets met *P. ultimum* in tuinkers is ook gebruikt om de weerbaarheid van verschillende akkerbouwgronden in Nederland te toetsen (Figuur 2), waaruit bleek dat de meeste kleigronden weerbaarder waren (links van de 75%) dan de zandgronden. Er is ook een groot aantal biologische parameters bepaald van deze percelen, en een eerste analyse laat zien dat ziektevering tegen *Pythium* correleert met de bacterie- en actinomycetenpopulaties (de Haan et al., 2021). Ziektevering tegen *Rhizoctonia solani* kwam veel minder vaak voor (4 percelen lager dan 75% aantasting) en wordt vermoedelijk veroorzaakt door specifieke ziektevering, d.w.z. dat bepaalde organismen of bodemfactoren bepalend zijn voor de ziektevering.

Een biotoets die als indicator gebruikt kan worden voor algemene bodemweerbaarheid, zal daarom hand-in-hand gaan met biotoetsen die bijdragen aan maatregelen om ziektevering van specifieke pathogenen te stimuleren.



Figuur 2. Aantasting in biotoetsen met *Pythium ultimum* in tuinkers (X-as) (foto midden) en *Rhizoctonia solani* in suikerbiet (Y-as) (foto rechts) in grond van 22 akkerbouwpercelen nadat de pathogenen in een standaard concentratie aan de grond zijn toegevoegd.

Samenvattend

Biooetsen voor de bepaling van ziektevering in de bodem worden reeds decennia gebruikt. 'De' bodemweerbaarheid bestaat helaas niet; ziekteverende eigenschappen van de bodem zijn pathogeen- en gewasspecifiek. Dergelijke toetsen zijn gebruikt om mechanismen van ziektevering te analyseren, maar hebben ook geleid tot het isoleren van nieuwe potentiële biologische bestrijders uit van nature ziekteverende gronden. De biooetsen zijn ook nuttig om het

effect van maatregelen op ziektevering onder gecontroleerde omstandigheden te toetsen. Het gebruik van biooetsen is nog steeds actueel; wel worden ze nu gecombineerd met nieuwe (moleculaire) technieken om het bodemleven in meer detail te bestuderen.

NB. Voorbeelden in de tekst zijn met name geselecteerd uit onderzoek van leden van de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie.

Referenties

- Andreo-Jimenez, B., Schilder, M.T., Nijhuis, E.H., Te Beest, D.E., Bloem, J., Visser, J.H.M., van Os, G., Brolsma, K., de Boer, W., Postma, J., 2021. Chitin- and keratin-rich soil amendments suppress *Rhizoctonia solani* disease via changes to the soil microbial community. *Applied and Environmental Microbiology*. 87(11): e00318-21. <https://doi.org/10.1128/AEM.00318-21>
- Bongiorno, G., Postma, J., Bünemann, E.K., Brussaard, L., de Goede, R.G.M., et al., 2019. Soil suppressiveness to *Pythium ultimum* in ten European long-term field experiments and its relation with soil parameters. *Soil Biology and Biochemistry* 133: 174-187. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.03.012>
- Clocchiatti, A., Hannula, S.E., Rizaludin, M.S., Hundscheid, M.P.J., Schilder, M.T., Postma, J., de Boer, W., 2021. Impact of Cellulose-Rich Organic Soil Amendments on Growth Dynamics and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani*. *Microorganisms* 9 (6), 1285. <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/6/1285>
- De Boer, M., Bom, P., Kindt, F., Keurentjes, J.J.B., van der Sluis, I., van Loon, L.C., Bakker P.A.H.M., 2003. Control of fusarium wilt of radish by combining *Pseudomonas putida* strains that have different disease-suppressive mechanisms. *Phytopathology* 93: 626-632.
- de Haan, J.J., Korthals, G.W., Hanegraaf, M.C., Postma, J., van Egmond, F.M., et al., 2021. Bodemkwaliteitsmetingen 2019 in Bedrijvennetwerk Bodemmetingen: eerste analyse van de meetresultaten 2019 van integrale bodemkwaliteit op 16 akkerbouwbedrijven. Rapport WPR-888. <https://edepot.wur.nl/554216>
- Gerlagh, M., 1968. Introduction of *Ophiobolus graminis* into new polders and its decline. Proefschrift, Wageningen, 97 pp. <https://edepot.wur.nl/191755>
- Hornby, D., 1983. Suppressing soils. *Ann. Rev. Phytopathol.* 21:65-85.
- Oyarzun P.J., 1994. Root rot of peas in the Netherlands; fungal pathogens, inoculum potential and soil receptivity. Proefschrift Wageningen. <https://edepot.wur.nl/206325>
- Termorshuizen, A.J., van Rijn, E., van der Gaag, D.J., Alabouvette, C. et al., 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2461-2477.
- van Agtmaal, M., van Os, G.J., Hol, W.H.G., Hundscheid, M.P.J., Runia, W.T., Hordijk, C.A., de Boer, W., 2015. Legacy effects of anaerobic soil disinfection on soil bacterial community composition and production of pathogen-suppressing volatiles. *Frontiers in Microbiology* 6: 701. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00701>