

# GEWASBESCHERMING

Mededelingenblad van de Koninklijke Nederlandse Plantenziektkundige Vereniging

NUMMER

6

GEWASBESCHERMING | JAARGANG 52 | NUMMER 6 | DECEMBER 2021



***Themanummer  
Bodempathogenen en bodemmicrobiologie***

***Ter gelegenheid van de 100e bijeenkomst  
van de werkgroep***

**KNPV**



Foto voorpagina: Groepsfoto op de 100e bijeenkomst van de werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie.

**Gewasbescherming**

het mededelingenblad van de KNPV, verschijnt zes keer per jaar.

**Redactie**

Doriet Willemen (KNPV) hoofdredacteur,  
e-mail: redactie@knpv.org;  
Marianne Roseboom-de Vries,  
administratief medewerker,  
m.roseboom2@upcmail.nl;  
Erno Bouma  
(HAS hogeschool), er.bouma@has.nl;  
Dirk-Jan van der Gaag  
(NVWA), d.j.vandergaag@nvwa.nl;  
Hans Mulder  
(Syngenta Seeds), mulder.jg@gmail.com;  
Tjarda Everaarts (HLB), t.everaarts@hlbbv.nl.  
Kyra Broeders (Nefyto), kbroeders@brabers.nl.  
René Lesuis (NVWA), r.lesuis@nvwa.nl

**Redactie-adres**

Postbus 31, 6700 AA Wageningen

**Internet**

www.knpv.org, info@knpv.org

**Abonnementen en lidmaatschappen**

De lidmaatschaps/abonnementskosten van de KNPV, inclusief het tijdschrift Gewasbescherming (6x per jaar), bedragen:

- Nederland en België € 30,-<sup>1</sup>
- overige landen € 40,-
- lid-donateur (bedrijven en instellingen) € 75,-<sup>1</sup>
- student-lidmaatschap € 15,-<sup>2</sup>
- losse nummers (ex. porto) € 6,-

**Abonnement EJPP**

- Personen die lid zijn van de KNPV kunnen tegen gereduceerd tarief een abonnement verkrijgen op het *European Journal of Plant Pathology*; zie KNPV-website.

Lidmaatschappen en abonnementen lopen van 1 jan. tot en met 31 dec. Ze kunnen op elk gewenst moment ingaan. Eventuele beëindiging dient voor 1 december schriftelijk te worden gemeld.

**Correspondentie**

Alle correspondentie betreffende de leden-administratie, contributie en adressen voor de verzending van Gewasbescherming kunt u richten aan:  
Huijbers' Administratiekantoor,  
Postbus 244, 6700 AE Wageningen,  
tel.: 0317-421545,  
e-mail: [administratie@knpv.org](mailto:administratie@knpv.org).

Alle overige vragen kunt u richten aan KNPV, Postbus 31, 6700 AA Wageningen,  
e-mail: [secretaris@knpv.org](mailto:secretaris@knpv.org).  
KvK nummer 40120356.  
Rekeningnummers:  
NL 11 INGB 0000923165 en  
NL 43 ABNA 0539339768, ten name van KNPV, Wageningen. Betalingen o.v.v. uw naam.

**Adreswijzigingen**

- zelf aanpassen op [www.knpv.org](http://www.knpv.org)  
- doorgeven aan [administratie@knpv.org](mailto:administratie@knpv.org)

**Bestuur Koninklijke Nederlandse Plantenziektkundige Vereniging**

Gerard Korthals (Wageningen Plant Research), vice-voorzitter  
Piet Vlaming, secretaris  
Pella Brinkman (Wageningen Plant Research), penningmeester  
Doriet Willemen (KNPV), hoofdredacteur Gewasbescherming  
Rob Kerkmeester (Has Hogeschool, Den Bosch)  
Christy van Beek (Bayer)  
Peter Leendertse (CLM)  
Martijn Schenk (NVWA)  
Lisa Broekhuizen (Koppert)

**KNPV-werkgroepen**

**Bodempathogenen en bodemmicrobiologie**

voorzitter: mw. Joeke Postma (Wageningen Plant Research)  
secretaris: Gera van Os, Aeres Hogeschool  
e-mail: [g.van.os@aeres.nl](mailto:g.van.os@aeres.nl)

**Fusarium**

voorzitter: Cees Waalwijk (Wageningen Plant Research)  
secretaris: Anne van Diepeningen  
Wageningen University & Research, postbus 16, 6700 AA Wageningen,  
e-mail: [anne.vandiepeningen@wur.nl](mailto:anne.vandiepeningen@wur.nl)

**Oömyceten**

voorzitter: Peter Bonants (Wageningen Plant Research)  
e-mail: [peter.bonants@wur.nl](mailto:peter.bonants@wur.nl)

**Nematoden**

voorzitter: Leendert Molendijk (Wageningen Plant Research)  
secretaris: Eveline van Aalst, Rijk Zwaan  
e-mail: [e.van.aalst@rijkszwaan.nl](mailto:e.van.aalst@rijkszwaan.nl)

**Graanziekten**

voorzitter: Gert Kema (Wageningen Plant Research)  
secretaris: Theo van der Lee (Wageningen Plant Research)  
e-mail: [theo.vanderlee@wur.nl](mailto:theo.vanderlee@wur.nl)

**Fytobacteriologie**

voorzitter: Leo van Overbeek (Wageningen Plant Research)  
secretaris: Roland Willman (BASF)  
e-mail: [roland.willmann@vegetableseeds.basf.com](mailto:roland.willmann@vegetableseeds.basf.com)

**Plantweerbaarheid**

voorzitter: Kirsten Leiss (WUR)  
secretaris: Frank Hoerberichts (Keygene)  
e-mail: [fhoerberichts@yahoo.com](mailto:fhoerberichts@yahoo.com)

**Gewasbescherming en Maatschappelijk Debat**

contactpersoon: Rob Kerkmeester (Has Hogeschool Den Bosch)  
e-mail: [r.kerkmeester@has.nl](mailto:r.kerkmeester@has.nl)  
Jan Buurma (Wageningen Economic Research)  
Peter Leendertse (CLM)  
Petra van der Goes (Dummen Orange/Plant Quality Control)

**Praktijk**

contactpersoon: Aleid Dik (Adviesbureau Aleid Dik)  
e-mail: [aleiddik@xs4all.nl](mailto:aleiddik@xs4all.nl)

**Jongeren**

contactpersoon: Kees Westerdijk (Aeres Hogeschool, Dronten)  
e-mail: [k.westerdijk@aeres.nl](mailto:k.westerdijk@aeres.nl)

**Fungicidenresistentie**

voorzitter: Erno Bouma (Has Hogeschool Den Bosch)  
secretaris: Ivonne Elberse (NVWA)  
e-mail: [i.elberse@nvwa.nl](mailto:i.elberse@nvwa.nl)

**Insecticidenresistentie**

voorzitter: Guy Smagghé (Universiteit Gent)  
secretaris: Claudia Jilesen (NVWA)  
e-mail: [c.j.t.j.jilesen@nvwa.nl](mailto:c.j.t.j.jilesen@nvwa.nl)

**Onkruidbeheersing**

voorzitter: Corné Kempenaar (WUR-Plant Research)  
secretaris: Erwin Mol (NVWA)  
e-mail: [e.s.n.mol@nvwa.nl](mailto:e.s.n.mol@nvwa.nl)

**Richtlijnen voor auteurs**

Deze zijn te vinden op de internetpagina [www.knpv.org](http://www.knpv.org).  
Het volgende nummer verschijnt in februari.  
Aanleverdata kopij 2022:  
7 januari  
1 maart  
20 mei  
15 juli  
5 september  
18 november

**Druk en vormgeving**

GVO drukkers & vormgevers B.V., Ede, vormgeving: Michel Hildebrand.

**ISSN 0166-6495**

De redactie van Gewasbescherming en het bestuur van de KNPV aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij het gebruik van de gegevens die in deze uitgave zijn gepubliceerd.

<sup>1</sup> Bij machtiging automatische incasso voor Nederland € 5 korting.

<sup>2</sup> Bij machtiging automatische incasso voor Nederland € 2,50 korting.

## Mijlpaal toepasselijk vieren

Gera van Os &  
Joeke Postma

[g.van.os@aeres.nl](mailto:g.van.os@aeres.nl)

De KNPV-werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie is de oudste nog actieve werkgroep binnen de vereniging. En de 100<sup>ste</sup> vergadering is natuurlijk een mijlpaal om bij stil te staan.

De redacteur stelde voor om hier een nummer van Gewasbescherming aan te wijden. Fantastisch! Dat geeft extra sjeu aan het jubileum. Daarnaast wilden we als bestuur ook iets speciaals doen voor en met onze werkgroepleden. Tja, en wat is dan een passende activiteit? We zijn ooit een weekend in Drenthe geweest om paddenstoelen te determineren (25-jarig jubileum), we hebben Micropia bezocht, in Ede een Microbioomdag georganiseerd samen met de werkgroep Fytobacteriologie, en we hebben vele leuke excursies gehad bij de instituten en bedrijven van onze leden. Bedenk dan maar iets dat nog leuker is! Het werd ... een bezoek aan Naturalis in Leiden, 'het European Museum of the Year 2021'. Biodiversiteit, een paddenstoelencollectie, ook historische items in de collectie ... het kon eigenlijk niet toepasselijker.

In eerste instantie leek het onmogelijk om dit plan te effectueren; het zou ons de welbekende rib uit het

lijf kosten, of beter gezegd een Dino-rib! Maar, hulp was nabij: de KNPV wilde wel sponsoren en Naturalis heeft de prijs sterk gereduceerd. Wat ook hielp was dat twee onderzoekers bij Naturalis oude bekenden waren, die ons hebben onthaald op een indrukwekkend kijkje achter de schermen. Al met al werd het een onvergetelijke dag! We willen iedereen bedanken die hieraan heeft bijgedragen.

Hierover, en nog veel meer kunnen jullie lezen in dit nummer van Gewasbescherming. Naast een aantal artikelen over belangrijke onderzoeksthema's van de werkgroep en de vertrouwde samenvattingen van de presentaties tijdens de jubileumbijeenkomst, doet Tjitske Visscher verslag van een goed gesprek bij de koffie met (oud-) bestuursleden en is Doriet Willemen in de krochten van het papieren werkgroeparchief gedoken.

Als voorzitter en secretaris zijn we trots op het functioneren van 'onze' werkgroep en bijzonder blij met het bereiken van deze mijlpaal. Met dank aan al onze leden en de KNPV.

Gera en Joeke



Gera (links) en Joeke (rechts) ontvangen een bedankje uit handen van Pella Brinkman (midden) als blijk van waardering voor hun inzet bij de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie.

## Jubileumbijeenkomst

100e bijeenkomst werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie op 2 november bij Naturalis

Doriet Willemen

Redactie KNPV

**Dit is een (foto)verslag van de 100e bijeenkomst van de werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie, die plaatsvond op dinsdag 2 november 2021 bij Naturalis Biodiversity Center te Leiden. De deelnemers aan deze jubileumbijeenkomst werden er 's morgens verwelkomd door Joeke Postma en Gera van Os, die de dag organiseerden.**

### Rondleiding

Na koffie met een warme koek begint de rondleiding achter de schermen door medewerkers/onderzoekers van Naturalis. Arjen Speksnijder laat de laboratoria zien en geeft uitleg over het vastleggen van soorten in de collectie. Dit gebeurt aan de hand van DNA en morfologische kenmerken en met behulp van verschillende technieken. Ieder specimen wordt voorzien van een barcode voor het in de database komt. Doel van het project Arise is om alle meercellige soorten flora en fauna die in Nederland voorkomen

te identificeren en te volgen en zo een volledig beeld te vormen van de biodiversiteit in Nederland.

Een van de gebruikte technieken is 3D scanning met röntgenstraling. De machine Zeiss Xradia, uniek in Nederland voor deze toepassing, kan zeer gedetailleerde beelden van vastleggen. Afhankelijk van het materiaal van het sample wordt de machine ingesteld en duurt het 20 minuten tot een dag om een 3D beeld te maken van bijvoorbeeld een orchidee, een vis, de vleugels van een mot, de schedel van een hagedis, een insect in barnsteen of een parel in een oester. De vloer van het lab is drie keer zo dik als normaal om het gewicht van het apparaat te kunnen houden en om vibraties te voorkomen.

### Collectie

Ook staat er een bezoek op het programma aan de enorme collectie die Naturalis herbergt. Jorinde Nuytinck, Roxali Bijmoer en Nicolien Sol leiden ieder een groepje deelnemers rond in de collectie planten





en fungi. Via de Quartine Zone - om besmettingen in de collectie tegen te gaan worden meerdere voorzorgsmaatregelen genomen - komen we in het depot. Daar staan 17.000 handgemaakte dozen met meer dan 70.000 *type specimen* bij een constante temperatuur van 18 graden Celsius en een lage luchtvochtigheid. We mogen onder andere een kijkje nemen in de eeuwenoude collectie van Christiaan Hendrik Persoon (1761-1836), die aan de basis stond van de systematische mycologie. De schimmelcollectie is alfabetisch opgezet, maar doordat de indeling van schimmels regelmatig verandert, is het op orde houden van de collectie een flinke opgave. Aanpassingen worden eerst in de systeem database gedaan, waarna het logistiek team opdracht krijgt om de specimen in de collectie te verplaatsen. Naturalis werkt samen met de Nederlandse Mycologische Vereniging om veldgegevens en morfologische identificatie te combineren met DNA barcoding.

### Dino's en nog veel meer

Na de rondleiding kan iedereen vrij het museum bekijken. Het is een overweldigende ervaring; er is zo ontzettend veel te zien. Om te beginnen de immense skeletten van Trix (de *Tyrannosaurus rex*) en de andere dino's. Verder zijn er fossielen, bijzondere planten, mammoetharen en een mammoetdrol,

stier Herman, de wolf van Luttelgeest, een meteoriet en de marmeren tafel van Willem I. Onderzoekers die in de LiveScience zaal aan de collectie werken, melden desgevraagd dat verse genitaliën het beste zijn voor identificatie van insecten. Ingevroren voldoet meestal ook.

De daaropvolgende lunch staat in het teken van schimmels met op het menu paddenstoelensoep met eekhoorntjesbrood, een pasteitje met champignonragout en salade met geitenkaas, trompet de la mort en mosterd-honingdressing. Vervolgens verzamelt iedereen zich in het auditorium voor het middagprogramma. Gera en Joeke krijgen uit handen van Pella Brinkman namens het KNPV-bestuur een bedankje overhandigd voor de organisatie van deze 100<sup>e</sup> bijeenkomst en voor hun enthousiaste en langdurige inzet voor de werkgroep.

### Onderzoek naar bodemweerbaarheid

Het laatste deel van het programma omvat een vijftal presentaties door leden van de werkgroep, te weten Pella Brinkman, Viola Kurm, Emilia Hannula, Nathalie Amacker en Alexandre Jousset. De onderwerpen geven een goede indruk van het brede scala aan organismen dat in de werkgroep aan de orde komt, namelijk nematoden, bacteriën, schimmels,



protisten en planten. De samenvattingen van de presentaties zijn elders in dit blad te lezen.

Bij afsluiting van de dag kan geconcludeerd worden dat er heel veel onderzoek, resultaten en kennis is na honderd bijeenkomsten van de Werkgroep Bodempathogenen. Er ontstaat een steeds beter inzicht in de processen en de interactie tussen organismen in de bodem en het wordt steeds duidelijker hoe complex het systeem is. Het belang van goed bodembeheer voor het onder controle houden van ziekten en plagen en voor een goede weerbaarheid van planten wordt tegenwoordig breed erkend. Tegelijkertijd blijft bodemweerbaarheid vaak ongreepbaar. De toepasbaarheid in de praktijk is eigenlijk nog net zo lastig als ten tijde van de oprichting van de werkgroep.

Foto's: Gera van Os en Doriet Willemen





## Jubilerende werkgroep ziet groeiende rol van bodemmicroben

Tjitske Visscher

Museumtekst en  
Wetenschapscommunicatie

**Op dinsdag 2 november was de honderdste bijeenkomst van de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie. De dag vóór de jubileumbijeenkomst praten vier voormalige en huidige bestuursleden over ruim een halve eeuw onderzoek naar de relatie tussen plantengroei en het bodemleven. “Mensen hopen dat ziekteverwendheid is weer te geven met een getal.”**

De werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie van de KNPV bestaat sinds 1968. In 53 jaar kwam de werkgroep honderd keer bijeen. Secretaris Gera van Os: “We vergaderen bij voorkeur twee keer per jaar. Onze werkgroep heeft nu zo’n 85 leden en meestal komen er wel 25 tot 30 naar een bijeenkomst, hoewel we vorig jaar online een ‘aanloop’ hadden van wel 46 leden. Een vergadering bestaat uit inhoudelijke bijdragen van de leden en vaak ook een rondleiding bij het bedrijf van het werkgroep lid bij wie we op bezoek zijn. Dat kan ook langs bijvoorbeeld een proefveld.”

### Schimmel bestrijden met schimmel

Gerrit Bollen was vanaf de oprichting tot 1996 lid van de werkgroep. “De initiator voor de oprichting was dr. P. Bruin, die tot 1967 directeur was van het Groningse Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, het IB. Hij kenschetste het bodemonderzoek in ons land als te ‘brokstukig’ en streefde naar onderlinge afstemming en verdieping van het onderzoek. Na overleg met professor Oort in Wageningen werden drie werkgroepen opgericht. Eén ervan was de ‘Werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie’, aanvankelijk onder de naam ‘Werkgroep Bestudering Microflora en -fauna’. Het ging om onderzoek ten dienste van de landbouw in ruime zin, van de akkerbouw tot de champignoncultuur. Van begin af aan was er veel belangstelling.”

De leden kwamen van het toenmalige Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek (IPO), het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, het Phytopathologisch Laboratorium Willie Commelin Scholten (WCS), de Vakgroep Phytopathologie van de WUR, het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek (LBO), het Hilbrandslaboratorium voor Bodemziekten en een aantal proefstations. Bollen: “Vrijwel elke instelling waar onderzoek gedaan werd aan pathogene bodemschimmels participeerde met een of meer leden in de werkgroep. Dat leidde tot een

grote verscheidenheid in het onderzoek dat aan de orde kwam.”

Een project dat veel aandacht kreeg, was het onderzoek aan *Rhizoctonia* in de aardappelteelt. “Het werd uitgevoerd op het IB door Gerard Jager, Paul van den Boogert en Henk Velvis. Zij zochten een antwoord op de vraag waarom de ziekte op sommige gronden wel en op andere geen probleem was. Het verdere doel was om na te gaan of de ziekteverwendheid overdraagbaar zou zijn. Het resulteerde in een lange reeks publicaties, met als eerste resultaat het aantonen van een hyperparasiet in de ziekteverwendende grond. Een nog onbekende *Verticillium*soort parasiteerde op de structuren van *Rhizoctonia solani* op de aardappelknol. De schimmel werd in 1982 door werkgroep lid Walter Gams beschreven als *Verticillium biguttatum*.”

### Onderling vertrouwen

Hoewel het onderzoek zich vooral op de schimmels richtte, kwamen in een latere fase ook aaltjes aan de orde, met name in bijdragen over vruchtwisseling en over interacties tussen aaltjes en ziekteverwekkende schimmels.

“Het onderzoek van de werkgroep richt zich vooral op pathogene schimmels, terwijl juist een heel scala aan organismen betrokken is bij de beheersing ervan”, vertelt Joeke Postma, voorzitter sinds 1993. Oud-secretaris Aad Termorshuizen vult aan: “In onze werkgroep gebruiken we de microbiologie om pathogenen te begrijpen.”

Het doel van iedere bijeenkomst was en is nog steeds discussie en kennisuitwisseling tussen onderzoekers. Termorshuizen: “Dat is altijd zo gebleven. En dan vooral op een open manier. Meestal zijn er vijf lezingen en nemen we tussendoor alle rust om vragen te stellen en ergens op terug te komen. Er zit in feite geen restrictie op de discussietijd.”

Welkom bij een werkgroepbijeenkomst ben je alleen als je actief onderzoek verricht. “Dus niet een manager die zelf geen onderzoek doet”, aldus Bollen. De waarde daarvan is volgens de vier leden dat een onderzoeker behalve het eindresultaat ook de ideeën en knelpunten kan bespreken. Postma: “Als je nieuw onderzoek gaat beginnen of je bent halverwege, dan kun je ons gebruiken als klankbord. Ook zijn er mensen die in een onderzoeksgroep zitten waar niemand



*De huidige en voormalige bestuursleden van de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie Joeke Postma, Gera van Os, Gerrit Bollen en Aad Termorshuizen halen herinneringen op aan het jubileum-weekend in 1993 (foto: Tjitske Visscher).*

iets afweet van bodemmicroben. Het is voor een onderzoeker prettig om dan mensen te spreken die je mee kunt nemen in je overwegingen.”

Van Os: “Onderling vertrouwen is van belang. In het afgelopen coronajaar, bijvoorbeeld, hebben we er bewust voor gekozen om de online vergaderingen *niet* op te nemen. Daar was wel veel vraag naar, maar we bleven erbij, omdat een deel van de gepresenteerde informatie nog gepubliceerd moet worden.” Bollen, die al jaren uit het onderzoek is en niet meer naar vergaderingen komt, veert op: “Ook ik heb me altijd heel vrij gevoeld om over resultaten en plannen voor onderzoek te vertellen. Wat fijn dat dat nog steeds zo is.”

### **Boekenrubriek**

Het oud-lid Walter Gams verdient het volgens Termorshuizen wel om nog wat uitvoeriger besproken te worden. “Een wereldberoemde schimmeldeskundige”, licht Termorshuizen toe. Postma vult aan: “Een wandelende encyclopedie. Een autoriteit, maar wel altijd heel toegankelijk.” “Mede-auteur van het lijvige *Compendium of Soil Fungi*”, weet Bollen. “Hij had

een groot inzicht in de biologie.” Gams’ jarenlange grote rol binnen de werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie is onmiskenbaar.

Termorshuizen: “Hij deed bij onze bijeenkomsten altijd de boekenrubriek.”

Dat klinkt wellicht minder van belang dan het voor zijn vakgenoten was. Bollen: “Gams maakte voor ons een voorselectie van de enorme vloed aan boeken die uitkwamen.” Van Os: “Zijn rubriek was een vast onderdeel van elke vergadering.” Toen Gams stopte, ver na de pensioengerechtigde leeftijd, dreigde dan ook een groot probleem. Termorshuizen weet nog precies hoe dat werd opgevangen: “Ik stopte toen als onderzoeker bij de universiteit en wilde toch lid blijven van de werkgroep. Dat mocht van Joeke en Gera, onder de voorwaarde ik het agendapunt ‘nieuwe boeken’ zou overnemen. Later is de boekenrubriek toch nog opgehouden.”

### **Lonkend perspectief**

Het onderzoek naar de rol van bodemmicrobiologie in de bescherming van gewassen wordt steeds meer erkend. De vier werkgroepleden komen gezamenlijk





*Een rondleiding is vaak onderdeel van de bijeenkomsten van de werkgroep (foto: Gera van Os).*

tot de conclusie dat tegenwoordig eigenlijk dezelfde vragen worden gesteld als in de jaren '70 en '80, maar dat ze op een andere manier worden benaderd. Postma: "Vanaf de jaren '90 wilde de politiek minder chemische bestrijdingsmiddelen en dat maakt de rol van bodemmicroben steeds belangrijker."

De verwachtingen uit de maatschappij zijn echter niet altijd even realistisch. Van Os: "We worden nog steeds geacht om te zoeken naar hét cijfer voor bodemweerbaarheid." Dat is volgens de vier fytopathologen natuurlijk onmogelijk. "Alhoewel", zegt Postma: "je kunt voor elk individueel pathogeen best een 'basis-ziektewering' hebben, maar niet voor alle pathogenen samen."

Volgens Termorshuizen is ook de inbreng van onderzoekers vanuit het bedrijfsleven meer en meer van belang bij de werkgroep. "De kruisbestuiving tussen praktijk en fundamenteel is erg aanwezig." Van Os: "Mensen zijn vaak teleurgesteld als je vertelt dat iets niet zomaar werkt onder veldomstandigheden. Iedereen wil graag mee in de hype van het lonkend perspectief."

### **Verschuiving in het werkveld**

Er zijn in de loop der tijd verschillende grote subsidierondes geweest waardoor het vakgebied zich bleef ontwikkelen, mede door de komst van nieuwe technologieën. Postma: "Door de ontwikkeling van DNA-technieken kwam er heel veel nieuw onderzoek op het gebied van de microbiologie." Van Os: "Dat zorgde ook voor een verschuiving in het werkveld van de werkgroepleden. Eerst waren het vooral veldecologen, tegenwoordig ook veel moleculair biologen. En ziektes evolueren, dus we blijven altijd aan het werk"

Van Os noemt nog een grote uitdaging voor de toekomst: "De koolstofopslag in de bodem. Daarbij speelt de bodemmicrobiologie een belangrijke rol en er zijn veel jonge promovendi mee bezig, er zit veel energie in." Postma: "De relevantie van ons vakgebied is groter dan ooit."

# Bodemprotisten en hun rol bij het onderdrukken van ziekteverwekkers

Nathalie Amacker<sup>1</sup> & Zhilei Gao<sup>1,2</sup>

n.amacker@uu.nl;  
z.gao@eurostyle.nl

<sup>1</sup> Institute of Environmental Biology, Ecology & Biodiversity, Utrecht University, Padualaan 8, 3584 CH Utrecht, the Netherlands

<sup>2</sup> ECOstyle B.V., Ecommunitypark 1, 8430 AC Oosterwolde, the Netherlands

## Protisten

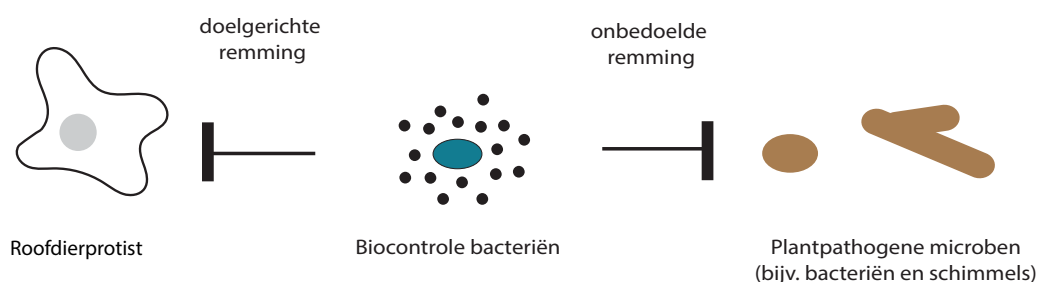
Protisten zijn microbiële organismen, meestal eencellig, die samen met de planten, dieren en schimmels tot de eukaryoten behoren. Minder bekend is dat protisten wijdverbreid en overvloedig aanwezig zijn in de bodem (Singer et al., 2021; Xiong et al., 2021) met naar schatting  $10^4$ - $10^5$  cellen per gram landbouwgrond (Ekelund en Rønn, 1994). Ze zijn ook heel divers met 12.000 geïdentificeerde bodemsoorten, wat overigens maar ongeveer 2% van de totale geschatte soortenrijkdom vertegenwoordigt (> 1.000.000 soorten; Geisen et al., 2018). Om in de bodem te gedijen, hebben de meeste terrestrische protisten ook het vermogen ontwikkeld om resistente, slapende structuren te bouwen die bekend staan als cysten, om ongunstige omstandigheden zoals uitdroging te overleven (Geisen et al., 2018). De grootte van protisten beslaat een grote range van minder dan 10 µm tot meer dan 1 mm (Geisen et al., 2017). Bovendien bestaat er binnen de protisten ook een reeks morfotypes, van flagellaten met een of twee flagellen (zweepbaren) om te zwemmen en op hun prooi te jagen in waterfilms, tot naakte amoeben met flexibele lichamen om op oppervlakken te kruipen en met lang reikende pseudopodia (schijnvoetjes) waardoor ze kleine holtes kunnen bereiken op zoek naar prooi (Geisen et al., 2018). Dankzij de morfologische en fylogenetische diversiteit van protisten kunnen zij een breed scala aan functionele rollen in de bodem vervullen, namelijk als fototrofe algen, als planten dierparasieten en als ‘microbioom-roofdieren’. De meest bekende en meest voorkomende functie van protisten in de bodem is die van roofdieren, in de oude literatuur “protozoa” genoemd, die gekenmerkt worden door het verzwelgen van hun prooi (Singer et al., 2021; Xiong et al., 2021). Hoewel het meeste onderzoek zich gericht heeft op protisten als bacterivoren, waarbij meestal fagocytose wordt gebruikt om kleinere bacteriën op te nemen (Clarholm, 1985; de Ruiter et al., 1995), hebben veel onderzoeken het vermogen van protisten gerapporteerd om verschillende en zelfs grotere organismen aan te vallen en zich ermee te voeden (Geisen et al., 2018). Veel protisten kunnen zich bijvoorbeeld voeden met schimmelsporen, sommige hebben aangepaste structuren om schimmelhyfen te penetreren en andere vertonen nog complexere coöperatieve strategieën om zich te voeden met nematoden. Protisten zijn dus belangrijke spelers in het bodemvoedselweb vanwege hun predatie. Ze hebben een directe invloed op aantal en gemeenschapssamenstelling van hun prooi, en

kunnen uiteindelijk de functies van het bodemecosysteem veranderen, waaronder de onderdrukking van (planten)pathogenen en de nutriëntenkringloop (Gao et al., 2019). In dit artikel presenteren we de rol van roofdierprotisten in bodems, hun relatie tot plantenpathogenen en hun potentie als biologisch bestrijdingsmiddel.

## Rol bij het onderdrukken van ziekteverwekkers

Als microbiële roofdieren zijn bodemprotisten in staat om ziekteverwekkers te onderdrukken door zich rechtstreeks met hen te voeden. Hoewel het duidelijk is dat roofdierprotisten zich kunnen voeden met bacteriën, schimmelsporen, gisten, protisten, en zelfs nematoden, is het onduidelijk hoeveel van de prooien ook (planten)pathogenen kunnen zijn. In 1942 testte Singh het vermogen van roofdierprotisten om zich te voeden met een reeks prooien, waaronder plantenpathogenen. Hij vond dat de meeste (planten)pathogene bacteriën een geschikte prooi voor de geteste protist waren. Meer recent onderzoek toonde dat vijf vrijlevende amoeben een remmende invloed hadden (*i.e.* doden of verminderen van de groei) op de rijst-infecterende bacterie *Xanthomonas oryzae* (Long et al., 2018). Drie amoeboiden protisten, geïsoleerd uit een natuurlijk onderdrukkende bodem, waren ook in staat zich te voeden met de “take-all”-schimmel (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) (Chakraborty et al., 1983). Bovendien werd waargenomen dat deze protisten zich voedden met de gepigmenteerde schimmelcellen van *Cochliobolus sativus* (het geslachtsstadium van *Bipolaris sorokiniana*, de veroorzaker van vlekkenziekte en wortelrot bij tarwe en gerst); het pigment melanine zorgt gewoonlijk voor resistentie tegen microbiële lysis en het vermogen om zich met deze cellen te voeden plaatst deze mycofaag-protisten in een unieke positie (Chakraborty et al., 1983). Verscheidene roofdierprotisten, waaronder sommige grote amoeben van de Vampyrellidae en kleinere schaaldragende amoeben, zouden zich ook voeden met nematoden (Geisen et al., 2015; Rønn et al., 2012). In de jaren 80 en daarvoor werden veel van deze nematoden-etende protisten speciaal bestudeerd in laboratoria vanwege hun mogelijke rol als nematicide (Rønn et al., 2012). Ondanks studies over het onderwerp en rapporten over directe voeding met (planten)pathogenen, weten we niet of de voeding van protisten met (planten)pathogene bacteriën, schimmels en/





*Figuur 1: De schadelijke activiteit van antimicrobiële verbindingen die gewoonlijk worden geproduceerd door zogenaamde biocontrole-bacteriën. Deze antimicrobiële verbindingen remmen plantenpathogenen en predatoren als protisten.*

of nematoden al dan niet bijdraagt tot de natuurlijke onderdrukingskracht van de bodem.

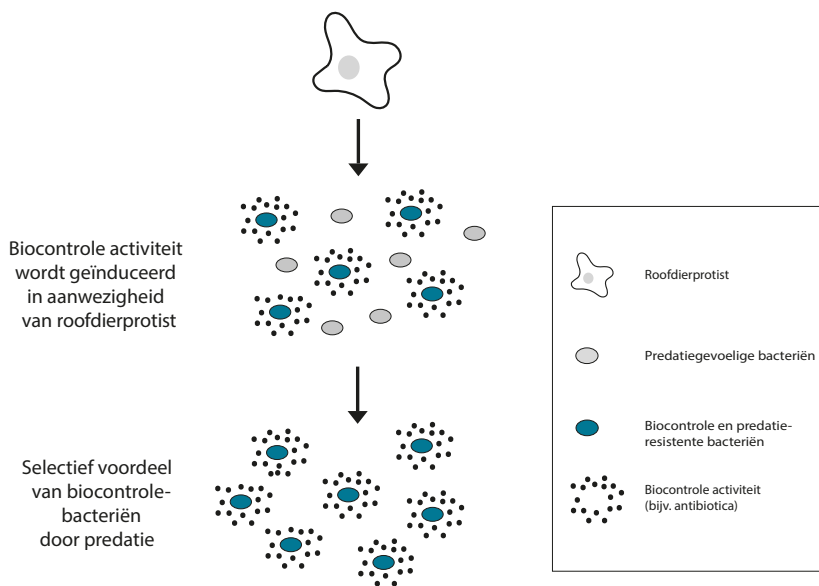
Naast de mogelijk directe rol van roofdierprotisten om pathogenen te onderdrukken, kunnen ze ook fungeren als stimulators van natuurlijke gewasbeschermende stoffen in de bodem. Microbiële prooien hebben verschillende verdedigingsmechanismen ontwikkeld tegen predatie door protisten (Matz and Kjelleberg, 2005). Bacteriën kunnen bijvoorbeeld antibiotica en exoproteases uitscheiden om predatie te voorkomen. Er is zelfs aangetoond dat de aanwezigheid en de roofzuchtige activiteit van protisten de productie van 2,4-diacetylphloroglucinol (gewoonlijk afgekort als DAPG) stimuleert (Jousset and Bonkowski, 2010) evenals de biosynthese van lipopeptide (Song et al., 2015). Van beide verbindingen is ook bekend dat ze plantenpathogenen remmen. Deze antibiotische verbindingen, die door bacteriën worden geproduceerd in aanwezigheid van predatie, zijn sterk gecorreleerd met gewasbeschermende eigenschappen van bacteriën (figuur 1). De waargenomen correlatie tussen predatieweerstand en gewasbeschermende eigenschappen (Amacker et al., 2020) suggereert dat predatie door protisten het ontstaan en het behoud van biocontrole-activiteit door bacteriën in gang zet (Jousset, 2012; Müller et al., 2013). De stimulering van bacteriële gewasbeschermende eigenschappen door predatie kan aldus bijdragen tot ziekte-onderdrukking in de bodem (Bahroun et al., 2021) en de overleving en activiteit van nuttige bacteriën in de bodem verhogen (Weidner et al., 2017).

'Biocontrole-bacteriën' genieten bovendien een selectief voordeel in aanwezigheid van de predatoren (figuur 2): bodemprotisten voeden zich bij voorkeur met niet-toxische bacteriën, waardoor de concurrentie wordt verminderd en de overleving van

biocontrole-bacteriën wordt bevorderd (Jousset et al., 2006, 2009). Deze verhoogde overleving van biocontrole-bacteriën in aanwezigheid van roofdierprotisten werd voor het eerst aangetoond in een laboratorium-omgeving, maar er komen ook nieuwe bewijzen uit veldexperimenten (Agaras et al., 2020). Agaras en collega's ontdekten dat de toename van de opbrengst in verband met de inoculatie van plantengroeibevorderende bacteriën het best werd voorspeld, niet door hun plantengroeibevorderende eigenschappen *in situ*, maar door hun biocontrole-eigenschappen, wat waarschijnlijk verband houdt met een concurrentievoordeel in de rhizosfeer, onder meer bij het ontlopen van predatie. Er is ook gesuggereerd dat de door protisten veroorzaakte overproductie van antimicrobiële verbindingen het immuunsysteem van de plant zou kunnen stimuleren. Zo is bijvoorbeeld aangetoond dat de overproductie van DAPG door *Pseudomonas protegens* CHA0 de immunerespons van *Arabidopsis thaliana* induceert (Iavicoli et al., 2003).

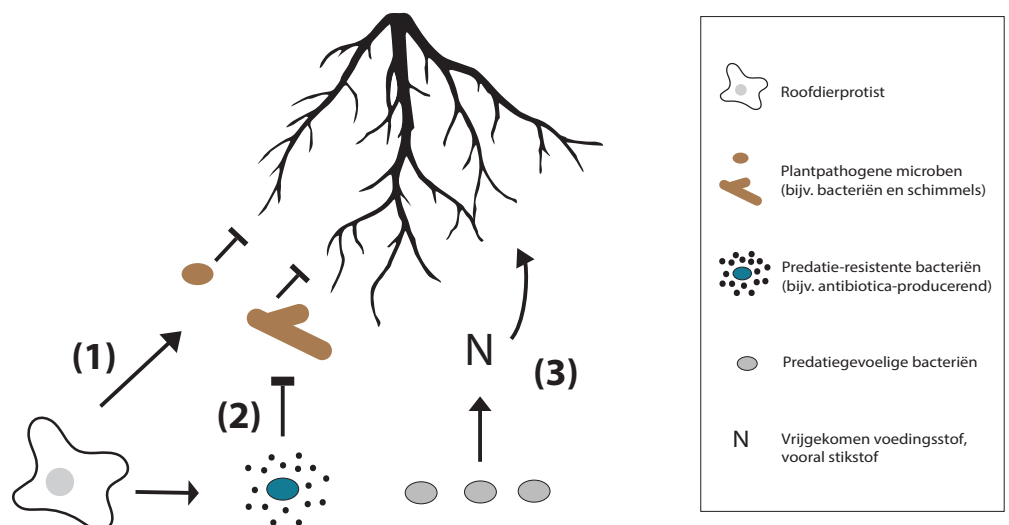
### **De microbiële lus als bijkomend voordeel**

Roofdierprotisten spelen ook een essentiële rol in de zogenaamde microbiële lus, een proces dat doorgaans leidt tot het vrijkomen van voedingsstoffen, met name stikstof, uit de microbiële biomassa, wat uiteindelijk de plantengroei ten goede komt (Clarholm, 1985). Planten wijzen 10-40% van hun fotosynthetische koolstof toe aan hun wortels, waar veel bacteriën kunnen groeien (Singh et al., 2004), en waarbij stikstof, dat als eiwit vastgelegd was in de biomassa van de bacteriën, wordt gemobiliseerd. Omdat de C:N-verhouding van prooibacteriën meestal vergelijkbaar is met of lager dan die van protisten, moet de overtollige stikstof worden uitgescheiden



*Figuur 2: De selectieve druk van predatorprotisten op een bacteriële gemeenschap. Roofdierprotisten veroorzaken verdedigingsmechanismen, waaronder het vrijkomen van antimicrobiële - (biocontrole)-verbindingen, wat leidt tot een selectief voordeel voor de biocontrole-bacteriën.*

door de roofdierprotisten. Ongeveer een derde van de verbruikte stikstof komt vrij en is beschikbaar voor andere micro-organismen en planten. Een toename tot 50% van het drooggewicht en stikstofgehalte werd waargenomen bij planten die gekweekt waren in bodems die zowel bacteriën als protisten bevatten, vergeleken met bodems zonder protisten (Clarholm, 1985).



*Figuur 3: Het mogelijk gunstige effect van protistenpredatie op planten. Links: (1) directe voeding op pathogenen, en (2) het versterkende effect op gewasbeschermende activiteit en overleving van biocontrole-bacteriën; Rechts: (3) de afgifte van voedingsstoffen uit de bacteriële pool, waardoor vooral stikstof beschikbaar komt voor planten met als gevolg ondersteuning van de plantengroei.*

## Conclusie

Het belang van roofdierprotisten bij het beschermen van planten is nog grotendeels onbekend. Hoewel roofdierprotisten zich kunnen voeden met verschillende plantenpathogenen, is het met name de roofdruk die uiteindelijk bijdraagt aan de bescherming van planten. De roofdruk leidt namelijk tot afweermechanismen in bacteriën, waaronder de productie van antibiotica, wat zorgt voor remming van de roofdieren én de plantenpathogenen, en op die manier resulteert in de bescherming van planten. De aanwezigheid en activiteit van roofdierprotisten zal dus waarschijnlijk bacteriën met biocontrole-eigenschappen ondersteunen, en uiteindelijk de gezondheid van planten ondersteunen. Vanwege hun roofzuchtige activiteit ondersteunen protisten de plantengroei verder via de microbiële lus. Bodemprotisten worden langzaam maar zeker steeds meer erkend vanwege hun essentiële ecologische rol in de bodem, waaronder de onderdrukking van plantenpathogenen (figuur 3). Rekening houden met de rol en toepassing van protisten bij onderzoek naar bodemgezondheid zou een hogere efficiëntie van biologische bestrijdingsmiddelen mogelijk kunnen maken en de gereedschapskist kunnen uitbreiden om planten tegen ziekteverwekkers te beschermen.

## Dankwoord

We danken Prof. George Kowalchuk (Utrecht Universiteit), Dr. Stefan Geisen (Wageningen Universiteit) en Pier Oosterkamp (ECOSTyle B.V.) voor het advies en commentaar op dit artikel. Speciale dank aan Doriet Willemsen (KNPV) voor het proeflezen van de tekst.



### Referenties

- Agaras, B.C., Noguera, F., González Anta, G., Wall, L., Valverde, C., 2020. Biocontrol potential index of pseudomonads, instead of their direct-growth promotion traits, is a predictor of seed inoculation effect on crop productivity under field conditions. *Biological Control*. 143, 104209.
- Amacker, N., Gao, Z., Agaras, B.C., Latz, E., Kowalchuk, G.A., Valverde, C.F., Jousset, A., Weidner, S., 2020. Biocontrol Traits Correlate With Resistance to Predation by Protists in Soil Pseudomonads. *Frontiers in microbiology*. 11, 3164.
- Bahroun, A., Jousset, A., Mrabet, M., Mhamdi, R., Mhadhbi, H., 2021. Protists modulate Fusarium root rot suppression by beneficial bacteria. *Applied Soil Ecology*. 168, 104158.
- Chakraborty, S., Old, K.M., Warcup, J.H., 1983. Amoebae from a take-all suppressive soil which feed on *Gaeumannomyces graminis tritici* and other soil fungi. *Soil Biology and Biochemistry*. 15, 17-24.
- Clarholm, M., 1985. Interactions of bacteria, protozoa and plants leading to mineralization of soil nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* 17, 181-187. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90113-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(85)90113-0)
- de Ruiter, P. C., A.-M. Neutel, and J. C. Moore. 1995. Energetics, Patterns of Interaction Strengths, and Stability in Real Ecosystems. *Science* 269 (5228): 1257-60. <https://doi.org/10.1126/science.269.5228.1257>.
- Ekelund, F., Rønn, R. 1994. Notes on Protozoa in Agricultural Soil with Emphasis on Heterotrophic Flagellates and Naked Amoebae and Their Ecology. *FEMS Microbiology Reviews* 15 (4): 321-53. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1994.tb00144.x>.
- Gao, Z., Karlsson, I., Geisen, S., Kowalchuk, G., Jousset, A., 2019. Protists: Puppet Masters of the Rhizosphere Microbiome. *Trends in Plant Science*. 24, 165-176.
- Geisen, S., Rosengarten, J., Koller, R., Mulder, C., Urich, T., Bonkowski, M., 2015. Pack hunting by a common soil amoeba on nematodes. *Environmental microbiology*. 17, 4538-4546.
- Geisen, S., Mitchell, E. A.D., Wilkinson, D. M., Adl, S., Bonkowski, M., Brown, M. W., Fiore-Donno, A. M., et al. 2017. Soil Protistology Rebooted: 30 Fundamental Questions to Start With. *Soil Biology and Biochemistry* 111 (August): 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.001>.
- Geisen, S., Mitchell, E. A D, Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., Fernández, L. D et al. 2018. Soil Protists: A Fertile Frontier in Soil Biology Research. *FEMS Microbiology Reviews* 42 (3): 293-323. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy006>.
- Iavicoli, A., Boutet, E., Buchala, A., Métraux, J.-P., 2003. Induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* in response to root inoculation with *Pseudomonas fluorescens* CHA0. *Molecular plant-microbe interactions*. 16, 851-858.
- Jousset, A., Lara, E., Wall, L.G., Valverde, C., 2006. Secondary metabolites help biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* CHA0 to escape protozoan grazing. *Applied and Environmental Microbiology*. 72, 7083-7090.
- Jousset, A., Rochat, L., Péchy-Tarr, M., Keel, C., Scheu, S., Bonkowski, M., 2009. Predators promote defence of rhizosphere bacterial populations by selective feeding on non-toxic cheaters. *The ISME journal*. 3, 666-674.
- Jousset, A., Bonkowski, M., 2010. The model predator *Acanthamoeba castellanii* induces the production of 2,4, DAPG by the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* Q2-87. *Soil Biology and Biochemistry*. 42, 1647-1649.
- Jousset, A., 2012. Ecological and evolutive implications of bacterial defences against predators. *Environmental microbiology*. 14, 1830-1843.
- Long, J.J., Jahn, C.E., Sánchez-Hidalgo, A., Wheat, W., Jackson, M., Gonzalez-Juarrero, M., Leach, J.E., 2018. Interactions of free-living amoebae with rice bacterial pathogens *Xanthomonas oryzae* pathovars *oryzae* and *oryzicola*. *PLoS One* 13, e0202941.
- Matz, C., Kjelleberg, S., 2005. Off the hook-how bacteria survive protozoan grazing. *Trends in microbiology*. 13, 302-307.
- Müller, M.S., Scheu, S., Jousset, A., 2013. Protozoa Drive the Dynamics of Culturable Biocontrol Bacterial Communities. *PLoS One* 8, e66200.
- Rønn, R., Vestergård, M., Ekelund, F., 2012. Interactions between bacteria, protozoa and nematodes in soil. *Acta Protozoologica*. 51, 223-235.
- Singer, D., Seppely, C. V.W., Lentendu, G., Dunthorn, M., Bass, D., Belbahri, L., Blandenier, Q. et al. 2021. Protist Taxonomic and Functional Diversity in Soil, Freshwater and Marine Ecosystems. *Environment International* 146 (January): 106262. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106262>.
- Singh, B.N., 1942. Selection of bacterial food by soil flagellates and amoebae. *Annals of Applied Biology*. 29, 18-22.
- Singh, B. K., Millard, P., Whiteley, A. S., Murrell, J. C. 2004. Unravelling Rhizosphere-Microbial Interactions: Opportunities and Limitations. *Trends in Microbiology* 12 (8): 386-93. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2004.06.008>.
- Song, C., Mazzola, M., Cheng, X., Oetjen, J., Alexandrov, T., Dorrestein, P., Watrous, J., van der Voort, M., Raaijmakers, J.M., 2015. Molecular and chemical dialogues in bacteria-protista interactions. *Scientific reports*. 5, 12837 (2015).
- Weidner, S., Latz, E., Agaras, B., Valverde, C., Jousset, A., 2017. Protozoa stimulate the plant beneficial activity of rhizospheric pseudomonads. *Plant Soil* 410, 509-515. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3094-8>
- Xiong, W., Jousset, A., Li, R., Delgado-Baquerizo, M., Bahram, M., Logares, R., Wilden, B., de Groot, G.A., Amacker, N., Kowalchuk, G.A., Shen, Q., Geisen, S., 2021. A global overview of the trophic structure within microbiomes across ecosystems. *Environ. Int.* 151, 106438. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2021.106438>

## 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 schimmelmilieus 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.

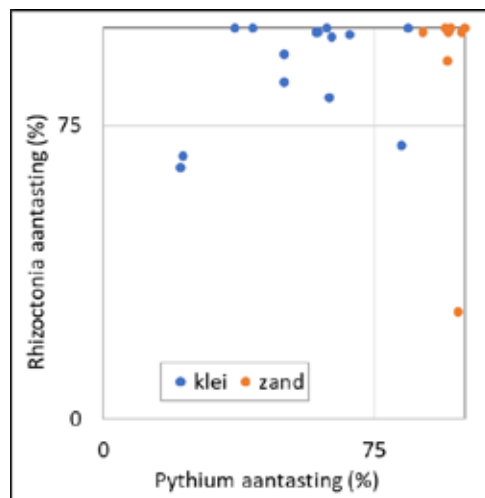
### Belang van bodemkwaliteit

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 bodembioologische 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. Suppressive 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 disinfestation on soil bacterial community composition and production of pathogen-suppressing volatiles. *Frontiers in Microbiology* 6: 701. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00701>



# Een vluchtig perspectief voor stimuleren van bodemweerbaarheid

Wietse de Boer<sup>1,2</sup> &  
Paolina Garbeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. Microbial Ecology,  
NIOO-KNAW, Wageningen

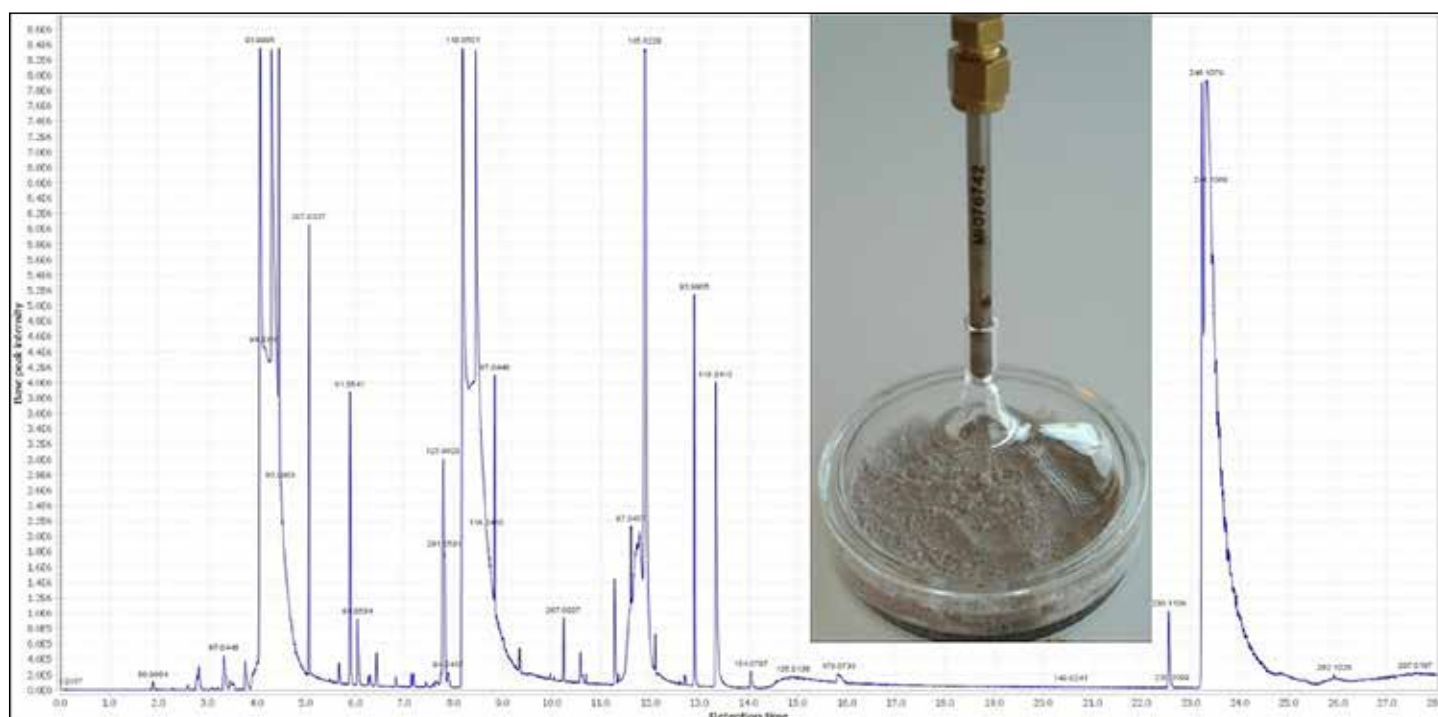
<sup>2</sup>Chairgroup Soil Biology,  
Wageningen University,  
Wageningen  
w.deboer@nioo.knaw.nl

## De geur van de bodem

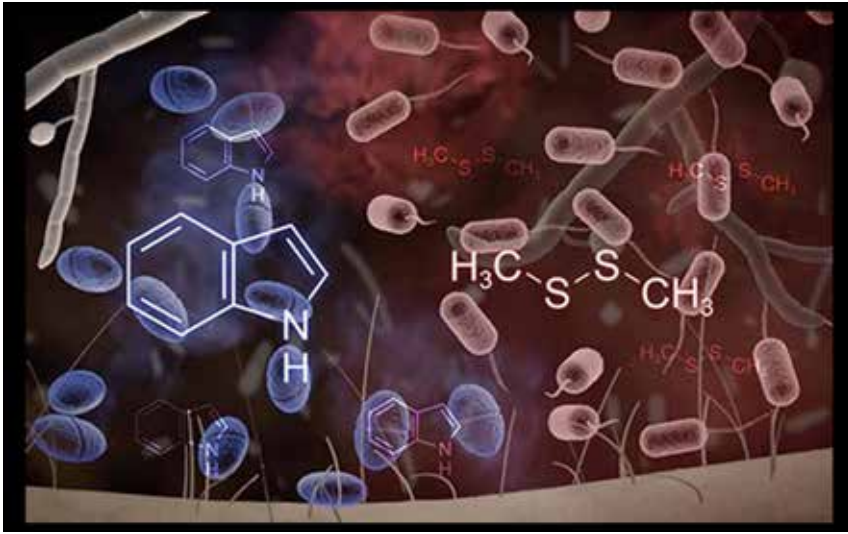
Iedereen zal de ervaring herkennen. Als het na een droge periode in de zomer gaat regenen komt er een muffige geur uit de bodem, de geur van de regen. Daar is zelfs een uit het Oudgrieks afgeleide term voor: "Petrichor". Het wordt veroorzaakt door vluchtige stoffen die door micro-organismen worden geproduceerd. Geosmine is de bekendste en de hoofdverantwoordelijken voor de productie daarvan zijn actinobacteriën, ook nog vaak actinomyceten genoemd. Als de droge bodem vochtiger wordt door de regen, raken de cellen van deze bacteriën actief en produceren geosmine. Ook een petrischaal waarop actinobacteriën groeien kan ruiken als een vochtige bodem. De genen op het bacteriële chromosoom die voor de productie verantwoordelijk zijn, zijn bekend maar waarom geosmine geproduceerd wordt is nog steeds onduidelijk. Algemeen wordt aangenomen dat het een signaalstof is, maar voor wie is het signaal bedoeld en wat wordt ermee gedaan?

## Diversiteit van vluchtige stoffen in bodemlucht

Geosmine behoort tot de terpenen, een groep van onverzadigde koolwaterstof-verbindingen, waarvan er meer dan 30.000 bekend zijn en die vooral onderzocht zijn voor planten. De geur van planten, wordt in sterke mate bepaald door terpenen, zo is bijvoorbeeld alfa-pineen verantwoordelijk voor de geur van dennen en andere naaldbomen. Er is veel onderzoek gedaan naar de rol van terpenen voor de verdediging van planten tegen insectenvraat. Maar planten zijn niet de enige producenten van terpenen. Naast geosmine, worden door micro-organismen in de bodem een groot aantal verschillende terpenen geproduceerd<sup>1</sup>. En het zijn niet alleen terpenen. Andere vluchtige stoffen die door micro-organismen worden geproduceerd vallen onder de alkanen, alcoholen, esters, pyrazines en organische zwavelverbindingen<sup>2</sup>. De bodemlucht bevat dus een heel spectrum aan microbiële vluchtige stoffen. Gaschromatografische analyses van opgevangen vluchtige stoffen uit de bodem vertonen vaak 10-tallen pieken van vluchtige stoffen (Figuur 1). Na sterilisatie van de bodem verdwijnt dat, waarmee aangetoond wordt dat microben inderdaad verantwoordelijk zijn voor de productie.



Figuur 1: Analyse van vluchtige stoffen uit de bodem. Na absorptie (Tenax steel trap), volgt thermodesorptie en gaschromatografische analyse (GC-TOF/MS).



*Figuur 2: Versterking van remming van schimmels door productie van verschillende vluchtige stoffen, zoals dimethyldisulfide en indool, door bacteriesoorten. Competitieve interactie tussen bacteriën kan deze productie stimuleren.*

### **Functie van microbiële vluchtige stoffen in de bodem**

In de meeste bodems is een deel van de poriën altijd of gedurende grote delen van het jaar gevuld met lucht. Vluchtige stoffen kunnen zich snel verspreiden door dit netwerk van met lucht-gevulde poriën. Dit vergroot de afstand waarop interacties tussen micro-organismen onderling of met plantenwortels kunnen plaats vinden. Micro-organismen komen heterogeen verspreid voor in bodems. De naaste burens kunnen zich, gerekend naar microbiële schaal, op grote afstand bevinden. Maar die burens kunnen wel concurrenten worden als er voedingsstoffen beschikbaar komen. De productie van groei-onderdrukkende vluchtige stoffen biedt een mogelijkheid om de reactie van de concurrent op beschikbaarheid van voedingsstoffen te stoppen of te vertragen. Veel bodemmicro-organismen lijken deze strategie van chemische oorlogsvoering via vluchtige stoffen te gebruiken. Ze produceren stoffen waar andere micro-organismen gevoelig voor zijn, maar worden zelf ook weer belaagd door stoffen die door concurrenten geproduceerd worden<sup>2</sup>.

### **Bacteriën versus schimmels**

Vluchtige stoffen lijken vooral een belangrijke rol te spelen in de bodem bij de concurrentie tussen bacteriën en schimmels (Figuur 2). Veel bodembacteriën die op een groeimedium gekweekt worden

produceren vluchtige stoffen die schimmels remmen, maar waar andere bacteriesoorten niet gevoelig voor zijn. Ook mengsels van verschillende bacteriesoorten blijken schimmelremmende vluchtige stoffen te produceren, en toename van bacterie-diversiteit lijkt de productie van schimmelremmende vluchtige stoffen zelfs te versterken<sup>3</sup>. Productie van schimmelremmende stoffen door hele gemeenschappen van bodembacteriën kon worden aangetoond op groeimedia met veel of weinig voedingsstoffen en ook in gesteriliseerde grond<sup>4</sup>.

De reden waarom bacteriën lijken samen te werken in hun strijd tegen schimmels zou een gezamenlijk belang kunnen zijn. Schimmels kunnen zich door hun draderige groeivorm (hyfen) door de bodem verplaatsen, terwijl de meeste bacteriën veel minder mobiel zijn. Een schimmel kan zich dus naar een voedingsbron, een plek met afbreekbare organische stof, toe bewegen. Bacteriën die het geluk hebben zich te bevinden op de plaats van zo'n voedingsbron zullen dat mogelijke proberen te voorkomen met de productie van schimmelremmende vluchtige stoffen.

En de schimmels, laten die zich zo maar wegdrücken door bacteriën? Nee, ook schimmels produceren vluchtige stoffen die effect op bacteriën kunnen hebben<sup>2</sup>. Daarnaast is er nogal verschil in gevoeligheid tussen schimmelsoorten voor remmende vluchtige stoffen. Maar al met al, lijken bacteriën in de strijd met schimmels het meeste voordeel te halen uit de productie van vluchtige stoffen.

### **Schimmelremmende stoffen in de bodemlucht**

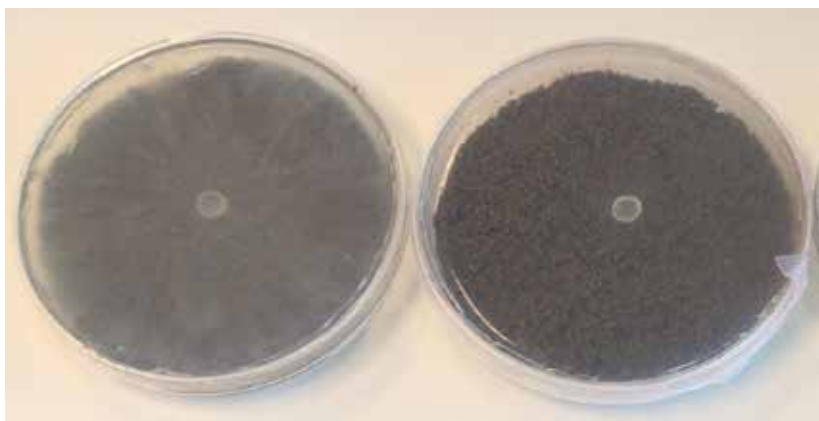
De aanwezigheid van groeiremmende vluchtige stoffen in bodems kan eenvoudig worden aangetoond door schimmels of oömyceten te confronteren met lucht afkomstig uit een grondmonster en de groei te vergelijken met een controle, bijvoorbeeld gesteriliseerde grond (Figuur 3). Op deze manier kon de aanwezigheid van schimmel-onderdrukkende vluchtige stoffen in veel landbouwbodems worden aangetoond<sup>5</sup>. Uit dat en ander onderzoek kwam ook naar voren dat plantpathogene schimmels en -oömyceten vaak gevoeliger zijn voor remmende vluchtige stoffen dan saprotrofen (organische stof afbrekende schimmels)<sup>6</sup>. Verder werd ook duidelijk dat de mate van remming voor verschillende pathogene schimmels niet gelijk op hoeft te gaan. Zo gaven sommige bodemluchten een sterke remming van de groei voor *Fusarium* schimmels en weinig voor *Rhizoctonia*, terwijl het tegenovergestelde het geval was voor andere bodems<sup>5</sup>.



## Vluchtige stoffen en ziekteonderdrukking

De gevoeligheid van pathogene schimmels voor verschillende microbiële vluchtige stoffen is al langer bekend. In de jaren 60-70 van de vorige eeuw is daar veel onderzoek aan gedaan en is al aangegeven dat stimuleren van de productie van deze stoffen in de bodem perspectief kan bieden voor biologische controle van bodem-gebonden schimmelziektes<sup>7</sup>. De aandacht voor dit onderzoek verminderde echter sterk door de focus op andere mechanismen van microbiële biocontrole, zoals productie van antibiotica en celwand-afbrekende enzymen, en de mogelijkheid om deze mechanismen met introductie van al dan niet gemodificeerd micro-organismen te versterken. Ondertussen is duidelijk dat dit vaak niet werkt omdat geïntroduceerde biocontrole microben worden weggeconcentreerd door de al aanwezige micro-organismen die zijn aangepast aan de lokale bodem omstandigheden<sup>8</sup>. Daarom richten veel onderzoeksgroepen zich (weer) op het stimuleren van gunstige micro-organismen in de bodem in plaats van ze te introduceren. Het stimuleren van de productie van pathogeen-onderdrukkende vluchtige stoffen door bodemmicroben is zo ook weer in de belangstelling komen te staan.

Veel van het onderzoek naar onderdrukking van pathogene bodemschimmels door vluchtige stoffen gaat over groeiremming (ook wel fungistase genoemd) en niet over ziekteonderdrukking<sup>9</sup>. Om het effect van vluchtige stoffen op ziekteonderdrukking te onderzoeken zijn testen met planten en pathogene schimmels nodig (bioassays) en het liefst onder omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de praktijk. Aan dat soort testen schort het helaas nogal. Gelukkig zijn er wel een aantal voorbeelden



*Figuur 3: Groei van *Pythium intermedium* in agar aan de bovenkant van een Petri-schaal tijdens blootstelling aan vluchtige stoffen die diffunderen vanuit de onderkant die gesteriliseerde (links) of onbehandelde (rechts) landbouwgrond bevat.*

van onderzoek waarbij de onderdrukking van ziekte door microbiële productie van vluchtige stoffen in de bodem is gevonden. Zo hebben we in ons eigen onderzoek gevonden dat er een sterke relatie is tussen de mate van groeiremming van *Pythium* door bodemlucht en de onderdrukking van *Pythium* infectie van Hyacinth bollen in die bodem<sup>10</sup>.

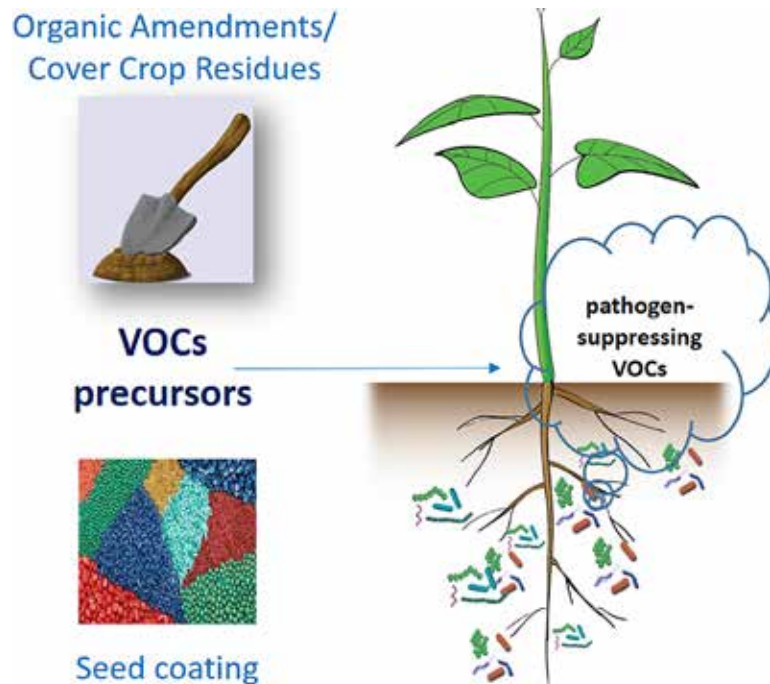
## VolControl project

Binnenkort starten we met een door NWO-TTW gefinancierd project "VolControl" waarin zal worden onderzocht hoe de productie van pathogeen-onderdrukkende vluchtige stoffen door micro-organismen in de bodem kan worden gestimuleerd met toevoeging van organische materialen. De keuze van die materialen zal gebaseerd worden op de aanwezigheid van stoffen (precursors) waarvan bekend is dat ze leiden tot de productie van remmende vluchtige stoffen (Figuur 4). Effecten van bodemvochtgehalte, -dichtheid en -textuur zullen in het onderzoek worden meegenomen. Voor de ziekteonderdrukkingstesten staan zowel kas- als veldproeven gepland. Deelnemende bedrijven zijn Bejo Zaden, Joordens Zaden en Bioclear Earth. Ook het Centrum voor Bodembioologie (CSE, NIOO-WUR) is bij het project betrokken voor de vertaalslag naar de praktijk en media.

## Stimulatie versus fumigatie

Afdoden van ziekte- en plaagorganismen in de bodem met behulp van vluchtige stoffen is op grote schaal toegepast met stoffen zoals methylbromide, meta-natrium en dichloorpropeen. De risico's voor de gezondheid bij inhaleren en de grote impact op het totale bodemleven hebben echter geleid tot een verbod op het gebruik van deze middelen. Zouden remmende vluchtige stoffen geproduceerd door bodem micro-organismen geschikt kunnen zijn voor een nieuwe generatie van bodemontsmettingsmiddelen? In feite is dit al gaande. Paladin<sup>®</sup>, is een bodemfumigant geproduceerd door het Franse bedrijf Arkema en wordt gebruikt voor het afdoden van aaltjes en pathogene schimmels. De werkzame stof is dimethyldisulfide (DMDS). Vooralsnog is er geen toestemming gegeven om dit product in Europa te gebruiken.

DMDS kan door veel bodembacteriën worden geproduceerd gedurende de afbraak van zwavel-bevattende organische stoffen. Het is één van de stoffen die bijdragen aan de eerdergenoemde remming van pathogene schimmels door bodemlucht. Het is dus ook mogelijk om DMDS productie te stimuleren door zwavel-bevattende organische stoffen in te werken<sup>9</sup>. Hierbij kan gedacht worden aan het inwerken van



Figuur 4: Mogelijkheden om ziekte-remmende vluchtige stoffen te stimuleren worden onderzocht in het VolControl project.

zwavelrijk plantenmateriaal, zoals *Brassica* soorten. Het grote verschil met fumigatie is dat dit microbiële activiteit stimuleert en dat DMDS gedurende een langere periode geproduceerd wordt zonder dat dat heel hoge concentraties hoeft op te leveren. De verwachting is dat daarom onderdrukking van ziekte kan worden verkregen zonder een drastische ingreep voor het bodemleven.

Een vergelijking kan ook worden gemaakt met biologische grondontsmetting. De productie van toxische stoffen, waaronder ook vluchtige stoffen zoals isothiocyanaten, waarmee ziekteverwekkers worden afgedood vereist zuurstofarme condities. Daarom moet er na inwerken van de organische stoffen worden afgedekt met bijvoorbeeld folie. Hoewel het afdoden van ziekteverwekkers vaak goed werkt, heeft dit ook een enorme impact op het bodemleven zoals een drastische verandering van het bodemmicrobioom<sup>10</sup>. Hierdoor worden natuurlijk processen van ziekteonderdrukking uitgeschakeld. Dit maakt de bodem vatbaarder voor invasie door nieuwe pathogenen en het herstel kan enige maanden in beslag nemen<sup>10</sup> (Figuur 5).

Het is maar de vraag of de hoge concentraties bij chemische fumigatie en de extreme omstandigheden bij biologische fumigatie wel nodig zijn om onderdrukking van bodemziektes door vluchtige stoffen te verkrijgen. Duidelijk is dat onderdrukkende werkingen van bacterieel geproduceerde vluchtige stoffen op pathogene schimmels kan plaats vinden

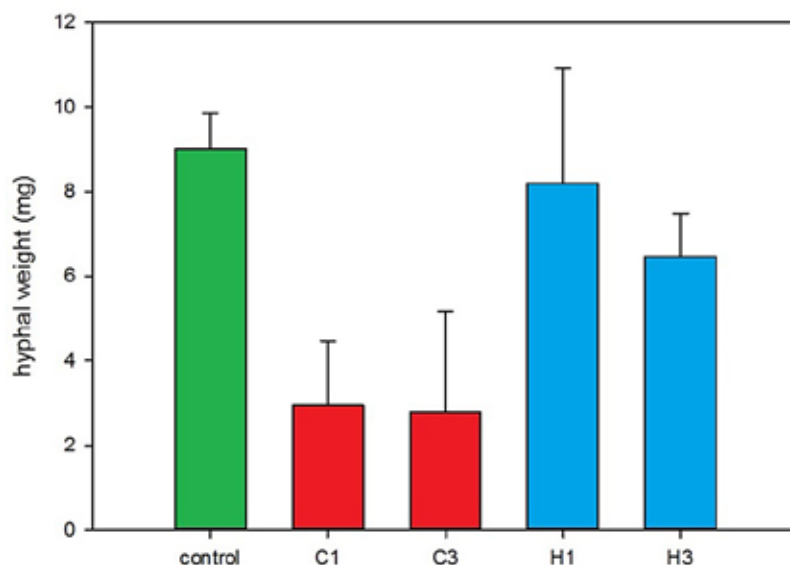
onder normale aerobe bodemomstandigheden en bij lage concentraties van vluchtige stoffen. Dat lijkt een goede basis om deze natuurlijke onderdrukking te optimaliseren, en dat is ook de basis voor het genoemde VolControl project.

### De geur van gezonde bodem

De samenstelling van vluchtige stoffen in de bodem kan ook een aanwijzing geven over de chemische en biologische processen die in de bodem plaatsvinden en over de samenstelling van de micro-organismen die actief zijn in de bodem. De ontwikkeling van E-nose technologie, sensoren die de samenstelling van lucht bepalen, heeft een sterke ontwikkeling doorgemaakt voor medische toepassingen (bijvoorbeeld diagnose van ziektes via samenstelling uitgedemde lucht). Ook voor het meten van de samenstelling van bodemlucht is deze technologie verder ontwikkeld, met name om vervuilingen op te sporen. Aan inzet van deze technologie voor monitoring van microbiologische processen in de bodem of detecteren van aanwezige pathogenen wordt gewerkt, maar dit verloopt helaas nogal traag<sup>11</sup>. Toch biedt dit zeker toekomstperspectief. Het is goed mogelijk dat bij deze ontwikkeling geomisine een rol krijgt als indicator voor de activiteit van actinobacteriën. Een indicator voor activiteit van actinobacteriën kan mogelijk ook een aanwijzing geven voor onderdrukking van pathogene bodemschimmels<sup>12</sup>.



Figuur 5: Groei van *Pythium ultimum* (gewicht hyfen) blootgesteld aan vluchtige stoffen uit onbehandelde bodems (C1 en C2) en biologisch gedesinfecteerde bodems (H1 en H3), 3 maanden na de desinfectie behandeling. Controle is groei zonder aanwezigheid bodem. Voor details, zie (10).



### Referenties

- Avalos, M. *et al.* (2021) Biosynthesis, evolution and ecology of microbial terpenoids. Adv. article: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/np/d1np00047k>
- Weisskopf, L. Schulz, S., Garbeva, P. (2021) Microbial volatile organic compounds in intra-kingdom and inter-kingdom interactions. *Nature Rev. Microbiol.* 19,391- <https://www.nature.com/articles/s41579-020-00508-1>
- Hol, W.H.G. *et al.* (2015) Non-random species loss in bacterial communities reduces antifungal volatile production. *Ecology* 96, 2042- <https://www.nature.com/articles/s41579-020-00508-1>
- Li, X. *et al.* (2019) Volatile-mediated antagonism of soil bacterial communities against fungi. *Env. Microbiol.* 22, 1025- <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1462-2920.14808>
- Van Agtmaal, M. *et al.* (2018) Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition. *Soil Biol. Biochem.* 117, 164- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071717306582>
- Garbeva, P., Weisskopf, L. (2020) Airborne medicine: bacterial volatiles and their influence on plant health. *New Phytol.* 226,32- <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/nph.16282>
- Stotzky, G., Schenk, S., Papavizas, G.C. (1976) Volatile organic compounds and microorganisms. *CRC Crit. Rev. Microbiol.* 4, 333- <https://doi.org/10.3109/10408417609102303>
- Mazzola, M., Freilich, S. (2017) Prospects for biological soilborne disease control: application of indigenous versus synthetic microbiomes. *Phytopathology* 107, 256-<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-09-16-0330-RVW>
- De Boer, W. *et al.* (2019) Pathogen suppression by microbial volatile compounds in soils. *FEMS Microb. Ecol.* 95, f1z105 <https://doi.org/10.1093/femsec/f1z105>
- Van Agtmaal, M. *et al.* (2015) Legacy effects of anaerobic soil disinfestation on soil bacterial community composition and production of pathogen-suppressing volatiles. *Front. Microbiol.* 6, 701 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.00701/full>
- De Cesare, F. *et al.* (2011) Use of electronic nose technology to measure soil microbial activity through biogenic volatile organic compounds and gases release. *Soil Biol. Biochem.* 43, 2094- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071711002380>
- Cordovez, V. *et al.*, (2015) Diversity and function of volatile organic compounds produced by *Streptomyces* from disease suppressing soil. *Front. Microbiol.* 6, 1081 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.01081/full>

## Mijn bodempathogenen top-7

Aad Termorshuizen

aad.termorshuizen@  
bodemplant.nl

Voor dit speciale nummer ter gelegenheid van de 100<sup>ste</sup> vergadering van de werkgroep bodempathogenen en bodemmicrobiologie zou een top-100 van bodempathogenen helemaal zo gek nog niet zijn. In Termorshuizen et al. (2019) zijn de belangrijkste bodempathogenen in de akkerbouw opgesomd en is uitgewerkt welke maatregelen ertegen zijn. Daar gaat het 'slechts' om zo'n 40 bodempathogenen (inclusief nematoden). Het is dus maar de vraag of er überhaupt 100 bodempathogenen bekend zijn. Met hangen en wurgen zou het misschien net lukken, maar het zou een langdradig verhaal worden. Hieronder mijn persoonlijke top-7. De volgorde is willekeurig.

### Honingzwam (*Armillaria*)

Tijdens mijn studie deed ik bosbouw als bijvak. Toentertijd, in de jaren '80, was net de honingzwam (*Armillaria mellea*) gesplitst in vijf soorten, en aan mij was het om uit te zoeken welke soorten hiervan in Nederland voorkwamen. Er bleken er vier te zijn, waarvan twee serieus pathogeen. Dat was een leuke tijd, ik croste heel Nederland door. Honingzwammen zijn om allerlei redenen nogal extrovert: ze vormen unieke, zwarte, vetervormige rhizomorfen in de grond, en hun onder de bast van bomen gevormde witte myceliumstrengen vertonen bioluminescentie. In Nederland behoren ze tot de talrijkste en spectaculairste paddenstoelsoorten, die pas vanaf begin oktober verschijnen en bij de eerste de beste nachtvorst al verdwenen zijn. In parken en tuinen kunnen honingzwammen voor forse schade zorgen. Het bestrijden hiervan is lastig. Interessant is verder dat honingzwammen ondergronds geparasiteerd kunnen worden door bladgroenloze orchideeën. Honingzwammen komen overal voor waar bomen zijn, alleen fructificeren ze niet in tropische klimaten. Waarom is onbekend. En zo kan ik nog wel even doorgaan over deze uiterst boeiende bodempathogenen. Nog iets: over de eetbaarheid/giftigheid van honingzwam is nog altijd niet alles duidelijk. Vast staat dat ze in Polen erg gewild zijn, maar het optreden van een overgevoeligheidsreactie na meerdere keren consumeren met als gevolg een dag darmproblemen is geen zeldzaamheid. Eén keer heb ik dit helaas kunnen constateren bij een vriend van mij.

### Poederschurft (*Spongospora subterranea*)

Toen ik nog niet zo lang universitair docent was bij de vakgroep Fytopathologie van toen nog de

Landbouwhogeschool, mocht ik mijn leermeester Gerrit Bollen een keer vervangen bij een ad hoc overleg over het optreden van poederschurft bij aardappel. Die was nieuw voor Nederland en vanwege allerlei belangen moest met deze informatie omzichtig worden omgesprongen, ook omdat er nog onduidelijkheden waren. En ook omdat het scheen dat de ziekte ook voorkwam in andere landen, wat door betreffende landen ontkend werd. Zo werd ik zomaar ineens onderdeel van een voor mijn gevoel samenzweerderachtige vergadering. Ik vond het maar spannend allemaal! Mijn inbreng was beperkt, wat wist ik nu van poederschurft?

“Een heerlijk pathogeen om  
mee te werken”

### Herinplantziekte

Dit is de naam voor slechte ontwikkeling van planten na herinplant. De term wordt gebruikt bij herinplant van meerjarige planten, zoals appel en asperge. Hein Hoestra (1968) heeft op dit terrein baanbrekend onderzoek gedaan. Feitelijk is herinplantziekte niets anders dan het optreden van bodempathogenen in een te nauwe vruchtwisseling van meerjarige planten, zoals die ook algemeen in de akkerbouw optreedt. Soms is de oorzaak eenvoudig, zoals door Wim Blok (1997) is vastgesteld bij asperge: daar was *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* de boosdoener. Maar in andere gevallen varieert de oorzaak met de locatie, en vaak kan er een consortium van bodempathogenen bij betrokken zijn (Hewavitharana et al., 2019). Hierdoor kan herinplantziekte behoorlijk ongrijpbaar zijn. Wat waarschijnlijk speelt, is dat allerlei opportunistische pathogenen zich sterk vermenigvuldigen op de wortels die zijn achtergebleven na rooien, waarna jonge, relatief gevoelige boompjes door de toegenomen inoculumdichtheid makkelijk geïnfecteerd worden. Hoe dan ook, herinplantziekte zal voorlopig nog een blijvertje zijn, gezien de complexiteit van het probleem en het algemene voorkomen in veel gewassen.

### Pythium

Het geslacht *Pythium* omvat vele plantenpathogenen en is vooral bekend vanwege de omvalziekte in kiemplanten van vele plantensoorten. *Pythium* staat in de top-7 vanwege het gemak om hiermee biotoetsen te



*Armillaria mellea* (Echte honingzwam) (links) en *A. ostoyae* (Sombere honingzwam) (rechts): de twee meest pathogene honingzwamsorten van Nederland.

doen, bijvoorbeeld met kiemplanten van komkommer. Wat meehelpt is dat *Pythium* gevoelig is voor biologische activiteit in de grond, zodat resultaten van biotoetsen vaak gebruikt worden om de mate van ziekteverendheid van een grond aan te geven. De mate waarin deze grond dan ook ziekteverend is voor andere pathogenen is meestal niet duidelijk. Biotoetsen met *Pythium* zeggen meer iets over de algemene ziekteverendheid van een bodem, terwijl *Rhizoctonia solani* (zie hieronder) meer een representant is van specifieke ziekteverendheid.

### ***Rhizoctonia solani***

Net als *Pythium* een heerlijk pathogeen om mee te werken: eenvoudig te kweken en de schimmelraden zijn bijna met het blote oog waar te nemen. Ecologisch gezien ook boeiend: op soortniveau erg variabel met allerlei anastomosegroepen en subgroepen (AG-groepen), en, uniek voor bodempathogenen voor zover ik weet, in staat cytoplasma vrij te bewegen door zijn hyfen, waardoor deze tijdelijk leeg kunnen zijn. Een interessante strategie waarover nog te weinig fundamenteel is nagedacht. Net als met *Pythium* zijn biotoetsen met *Rhizoctonia solani* relatief makkelijk uit te voeren. Meestal worden vatbare kiemplanten in een rij gezaaid en *Rhizoctonia*

*solani* aan één uiteinde toegevoegd. Gekeken wordt dan hoe snel de schimmel voortschrijdt. Je kunt dan letterlijk zien dat snelheid van groei een strategie is: de schimmel vliegt door het gewas heen (als er geen ziekteverendheid is), ten dele gewoon over de grond heen, een prachtig gezicht! Deze toets, die ik samen met Dine Volker heb opgezet, is met kiemplanten van peen dusdanig bedrijfszeker dat deze onderdeel was van een studenten practicum waarin de ziekteverende werking van compost onderzocht werd. Interessant is verder dat *Rhizoctonia* behoorlijk gevoelig is voor allerlei hyperparasieten, maar in de praktijk heeft dit nog steeds niet geleid tot bestrijdingsmiddelen die 100% bedrijfszeker zijn. Door de unieke ecologie is het maar zeer de vraag in hoeverre ziekteverendheid tegen deze schimmel iets zegt over ziekteverendheid tegen andere bodempathogenen.

### ***Verticillium dahliae***

Toen ik bij de vakgroep Fytopathologie kon beginnen heb ik nog schuchter gevraagd of ik misschien een paar weekjes later mocht beginnen, maar nee, er was haast om mij aan te stellen, dus hup, aan de slag! Het was daarna voor mij een bevreedende gewaarwording dat ik vervolgens in alle rust kon opstarten, er lagen geen brandende zaken te wachten afgezien



## “Studenten die hieraan werkten werden óf ook behoorlijk gefrustreerd, óf ze vonden het juist heel boeiend”

van een IAC-cursus voor buitenlanders enkele maanden later. Uiteindelijk ging ik mij verdiepen in de veroorzaker van verwelking in allerlei gewassen, *Verticillium dahliae*. Ik heb toen veel met Jan Lamers (WU-Lelystad) samengewerkt. Hoewel dit geleid heeft tot spannend onderzoek en een heel prettige samenwerking, heeft het werk mij, en ook Jan, gefrustreerd, omdat we de detectie van microsclerotieën in de grond door middel van uitplaten niet goed onder de knie hebben gekregen. We werden echte experts in de petrischaalecologie, omdat we dachten dat de kieming van microsclerotieën op agarmedia, die nodig was om ze te zien en dus te tellen, afhankelijk was van andere daar aanwezige schimmels en wellicht ook bacteriën. Hoewel we uitputtend hieraan onderzoek hebben gedaan met gebruik van vele tienduizenden

petrischalen, is het resultaat, kort samengevat, een debacle geworden wegens tegenstrijdige en niet te verklaren resultaten. Studenten die hieraan werkten werden óf ook behoorlijk gefrustreerd, óf ze vonden het juist heel boeiend, zoals Pella Brinkman. Gezien de detectieproblemen waarmee we steeds te maken hadden was het een prestatie dat Jan-Kees Goud (2001) zijn promotieonderzoek over *Verticillium dahliae* in de boomkwekerij wist af te ronden.

### Witrot (*Sclerotium cepivorum*)

Treedt alleen op in uien en knoflook en in mindere mate in prei. Zelf heb ik maar weinig aan witrot gewerkt, maar wat me boeit in deze schimmel is zijn enorme overlevingsduur van wel 20 jaar of meer, zodat je, als je eenmaal witrot hebt, je tot in lengte van jaren geen uien of knoflook meer zou kunnen telen. Dan vraag ik me wel eens af, hoe komt het dan dat we überhaupt nog ergens deze gewassen kunnen telen? Of verdwijnen ze in de praktijk toch sneller dan we denken?

### Referenties

- Blok, W.J. 1997. Early decline of *asparagus* in the Netherlands: etiology, epidemiology and management. Wageningen Universiteit, PhD thesis. <https://edepot.wur.nl/210523>.
- Goud, J.C. 2003. *Verticillium* wilt in trees. Detection, prediction and disease management. Wageningen Universiteit, PhD thesis. <https://edepot.wur.nl/121445>.
- Hewavitharana, S.S., Mazzola, M. 2019. Apple replant disease. Washington State Univ. <http://hdl.handle.net/2376/14220>.
- Hoestra, H. 1968. Replant disease of apple in the Netherlands. Wageningen Universiteit, PhD thesis. <https://edepot.wur.nl/285366>.
- Termorshuizen, A.J., Molendijk, J.P.G., Postma, J 2019. Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen. Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten. Wageningen Research, Rapport WPR-955. <https://doi.org/10.18174/513197>.

Samenvattingen van de presentaties gehouden op de 100e bijeenkomst van de werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie.

## Effect van landbouwsysteem en bodemmaatregelen op nematoden

Pella Brinkman, Viola Kurm, Johnny Visser & Gerard Korthals

**Bodemgezondheid wordt steeds meer genoemd als uitgangspunt voor een duurzame landbouw. Vanuit de maatschappij wordt de druk steeds groter om het gebruik van synthetische gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen te verlagen. De bodemgezondheidsproef is in 2006 opgezet om het effect van teeltsystemen en bodemmaatregelen op de besmetting met *Pratylenchus penetrans* te toetsen. Daarnaast zijn metingen verricht aan andere bodemparameters om een breder inzicht te verkrijgen in effecten op bodemkwaliteit.**



In een biologisch en een gangbaar systeem zijn drie typen bodemmaatregelen (groenbemesters, bodemtoevoegingen en verschillende vormen van ontsmetten) vergeleken met een onbehandelde controle (braak). De maatregelen zijn in 2006, 2009 en opnieuw in 2018 toegepast. In het voorjaar van 2019 is, naast andere metingen, de dichtheid van plantparasitaire nematoden en 'milieuaaltjes' in de grond bepaald. Met 'milieuaaltjes' wordt de hele nematodengemeenschap bedoeld, waarbij naast de plantparasieten ook bacterie- en schimmeleeters, omnivoren en predatoren worden onderscheiden. Naast de indeling in voedselgroepen, kunnen deze nematoden ook worden ingedeeld in CP (Colonizer-Persister)-klassen, een schaal die aangeeft of nematoden snel een bodem koloniseren bij voedselaanbod, minder gevoelig zijn voor verstoringen, of juist zeer gevoelig voor verstoring en traag reageren bij herstel.

Na de teelt van gras-klover en het groenbemester-mengsel nam de dichtheid van *P. penetrans* en Dolichodoridae (*Tylenchorhynchus*) in de grond toe ten opzichte van de controle. Zoals verwacht, was na

de teelt van *Tagetes* de dichtheid van *P. penetrans* lager, maar was de dichtheid Dolichodoridae onveranderd ten opzichte van de controle. Het toedienen van compost, chitine en keratine had geen effect op het aantal plantenparasitaire nematoden. Na de ontsmettingsmaatregelen nam de dichtheid *P. penetrans* af. Na ontsmetten met monam of zaadmeel of een combinatiebehandeling van ASD (anaerobe grondontsmetting), haarmeel en compost nam de dichtheid van Dolichodoridae af, maar dit gold niet voor toepassing van alleen ASD. Er werd geen effect van ontsmetten gemeten op trichodoriden en *Meloidogyne chitwoodi*, maar dit kan te maken hebben met zeer lage begindichtheden.

De dichtheid schimmeleeters was zeer laag en de dichtheid bacterie-etters hoger, wat gebruikelijk is in een landbouwsysteem. Na de teelt van groenbemesters was de dichtheid bacterie-etende nematoden in de grond hoger. Dit waren vooral nematoden uit CP-klasse 1, die snel kunnen reageren op verhoogd voedselaanbod, in dit geval een toename van bacteriën. Na het toevoegen van compost was het aantal bacterie-etters iets lager en het aantal omnivoren iets hoger dan in de controle. Toevoegen van chitine of haarmeel bracht ook beperkte verschillen teweeg in de nematodengemeenschap, terwijl de ontsmettingsmaatregelen het sterkste effect hadden. Na natte grondontsmetting (monam) was de totale dichtheid nematoden zeer laag. De dichtheid omnivoren en predatoren was laag, maar de dichtheid bacterie-etters was alleen laag na ASD en ontsmetten met monam of zaadmeel. Na de combinatie-behandeling was het aantal bacterie-etters juist hoger, vooral in het biologische systeem. Er was geen eenduidig effect van het landbouwsysteem op de nematodengemeenschap, maar dit hing vaak samen met specifieke behandelingen.

Bodemmaatregelen hebben dus een sterker effect op de nematodengemeenschap dan het type landbouwsysteem. Toedienen van compost heeft weinig effect, terwijl de teelt van groenbemesters en verschillende vormen van ontsmetten een verschuiving in groepen nematoden laat zien. In de toekomst gaan we kijken naar de duur-effecten van maatregelen en relaties leggen met andere (biologische) bodemparameters en de gewasopbrengst en -kwaliteit.

## Microbiële diversiteit en samenstelling van de microbiële gemeenschap in een lange termijn veldexperiment

Viola Kurm, Johnny Visser & Gerard Korthals

**Recent is er meer aandacht voor de rol van het microbiom in de landbouw. Studies laten zien dat management praktijken zoals de toevoeging van organische stof, groenbemesters en toevoegingen als chitine veranderingen in de microbiële diversiteit en de samenstelling van de microbiële gemeenschap tot gevolg kunnen hebben. Tegelijkertijd is bekend dat een hogere biodiversiteit o.a. gunstig is voor bodemweerbaarheid, plantgezondheid en het beschikbaar maken van nutriënten en de opbrengst. Ook de samenstelling van de microbiële gemeenschap heeft hierop invloed.**

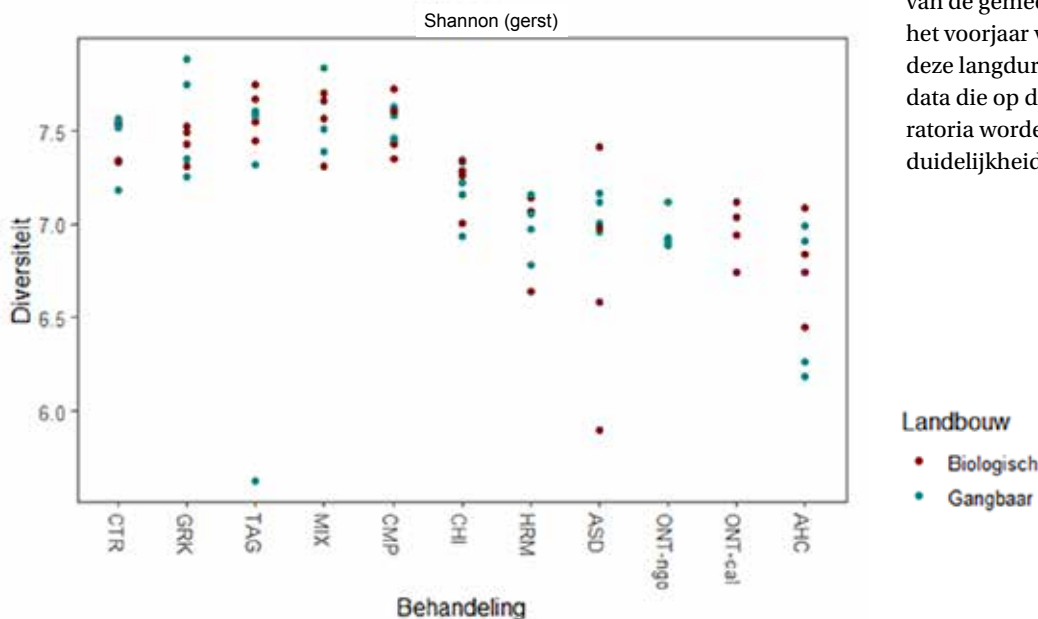
In een veldexperiment dat gestart is in 2006, wordt onderzoek gedaan naar de langetermijngevolgen van verschillende bodembehandelingen op het microbiom en de bodemfuncties en de mogelijke correlatie ertussen. Het veldexperiment is verdeeld in gangbare en biologische landbouw en in ieder systeem zijn 10 behandelingen toegepast: braak als controle, grasklaver, *Tagetes*, groenbemestermengsel, compost, chitine, haarmeel, anaerobe ontsmetting, chemische natte ontsmetting of biologische ontsmetting (afhankelijk van het landbouwsysteem) en een combinatie van anaerobe ontsmetting, haarmeel en compost. Na het opnieuw toepassen van de behandelingen in 2018 is in het najaar het microbiom geanalyseerd in alle behandelingen en in de daaropvolgende jaren een aantal parameters die samenhangen met bodemfunctie. Deze zijn echter slechts in de controle, de

compost-behandeling en de combinatie-behandeling gemeten.

Vooraf ontsmettingsbehandelingen leidden tot een afname van de diversiteit van zowel schimmels als bacteriën. Tegen de verwachting in was er echter geen negatief effect van de combinatie-behandeling inclusief anaerobe grondontsmetting op de gemeten parameters. Parameters als potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN), labiele koolstof (HWC), microbiële biomassa en de hoeveelheid mycorrhiza waren zelfs verhoogd in de combinatie-behandeling en ook een hogere weerbaarheid tegen *Pythium ultimum* kon worden vastgesteld. Ook de compost behandeling leidde tot een verhoging van een aantal van deze parameters.

Behalve biodiversiteit zou ook de samenstelling van de microbiële gemeenschap een rol kunnen spelen bij het verbeteren van bodemfuncties. Deze samenstelling was dan ook verschillend in de ontsmettingsbehandelingen en vooral de combibehandeling tegenover de controle. Echter de compostbehandeling verschilde amper van de controle, wat in tegenspraak is met een groot effect van de microbiële gemeenschap op de gemeten bodemfuncties.

Samengevat betekent dit, dat de verschillende behandelingen een duidelijk effect hadden op zowel het bodemmicrobiom als de gemeten bodemparameters. De samenhang tussen deze twee categorieën en de betekenis van diversiteit en de samenstelling van de gemeenschap zijn echter nog onduidelijk. In het voorjaar van 2021 zijn alle behandelingen binnen deze langdurige veldproef bemonsterd. De nieuwe data die op dit moment vanuit de verschillende laboratoria worden aangeleverd, moeten in 2022 meer duidelijkheid gaan geven.





## De rol van schimmels in de regulatie van plantengemeenschappen en hun herbivoren in graslanden

S.E. Hannula,  
T.M. Bezemer &  
R. Heinen

Wanneer een plant in een bepaalde bodem groeit, verandert deze het bodemmicrobioom, door het afzetten van plantenmateriaal en chemische stoffen, en als de plant sterft, worden de plantenresten verteerd door een specifieke groep micro-organismen. Een volgende plant die in deze zelfde bodem groeit, wordt geconfronteerd met deze 'erfenis', achtergelaten door de vorige plant. Zulke bodemerfenissen worden vaak aangeduid als belangrijke drijfveren voor dynamiek in plantengemeenschappen, en coëxistentie in soortenrijke graslanden. Ons werk in grootschalige grasland-experimenten (Figuur 1A, Heinen et al. 2020) en container-experimenten met monoculturen in de open lucht (Figuur 1B, Hannula et al. 2021) laat zien dat de bodemschimmelgemeenschap een belangrijke rol speelt in de compositie van plantengemeenschappen, en daarnaast ook planten-etende rupsen sterk beïnvloedt (Hannula et al. 2019).

Terwijl we verwachtten dat voordelige schimmels (zoals die betrokken bij afbraak of mutualistische interacties), of ziekteverwekkers zouden bijdragen aan de plantendiversiteit en groei in graslanden, vonden we dat veranderingen in graslanden voornamelijk worden beïnvloed door negatieve interacties met plantenziekteverwekkers, en ons werk illustreert daarmee de belangrijke rol van ziekteverwekkers voor het behoud van soortendiversiteit in graslanden. In ons veldexperiment vonden we dat grassen, via de bodemgemeenschap, een sterk negatief effect hebben op grassen die later groeien in dezelfde

bodem (Heinen et al. 2020). Een soortgelijk bodem-effect, gedreven door soortspecifieke ziekteverwekkers, observeerden we in ons container-experiment waarin we individuele plantensoorten lieten groeien op bodems afkomstig uit monoculturen van verschillende plantensoorten (Hannula et al. 2021). Bovendien hebben we laten zien dat dit soort bodemerfenissen verder reikt dan alleen de plant. De microbiële gemeenschappen uit de bodem worden opgenomen door herbivore rupsen die in contact komen met de bodem, met potentiële gevolgen voor gedrag en groei (Hannula et al. 2019). Hiermee concluderen we dat bodemgemeenschappen aanwezig in bodemerfenissen, en in het bijzonder ziekteverwekkende schimmels, een sturende rol hebben in het ontstaan en behoud van plantengemeenschappen.

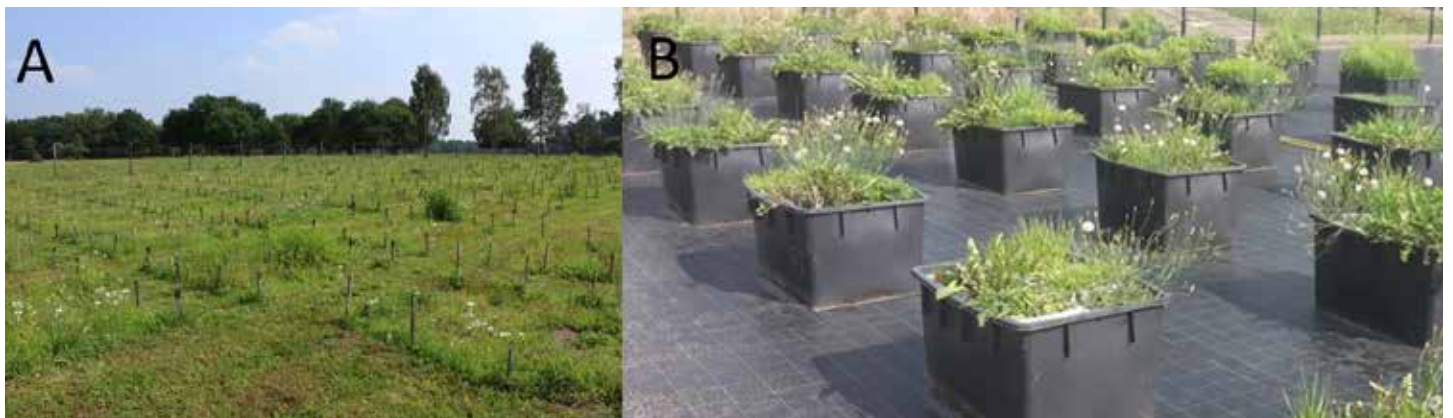
Hannula, S.E., Zhu, F., Heinen, R. *et al.* Foliar-feeding insects acquire microbiomes from the soil rather than the host plant. *Nat Commun* **10**, 1254 (2019).

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09284-w>

Hannula, S.E., Heinen, R., Huberty, M. *et al.* Persistence of plant-mediated microbial soil legacy effects in soil and inside roots. *Nat Commun* **12**, 5686 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-25971-z>

Heinen, R., Hannula, S.E., De Long, J.R., Huberty, M., Jongen, R., Kielak, A., Steinauer, K., Zhu, F. and Bezemer, T.M. (2020), Plant community composition steers grassland vegetation via soil legacy effects. *Ecol Lett*, **23**: 973-982. <https://doi.org/10.1111/ele.13497>

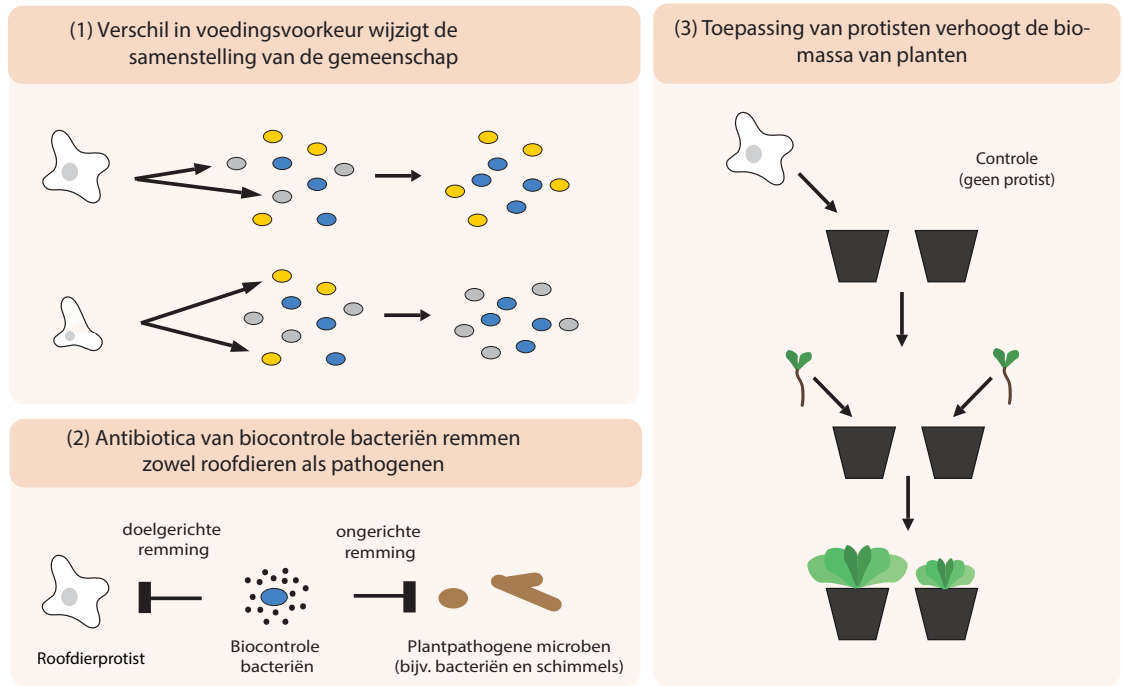


Grasland experiment op de Veluwe (A) en container-experiment bij NIOO-KNAW (B).

## De ecologische rol van roofdierprotisten om plantengroei te ondersteunen

Nathalie Amacker

Ecology and Biodiversity,  
Utrecht University



Protisten zijn de meest voorkomende en diverse eukaryoten die vrijwel alle bodems bewonen, en zijn vooral bekend om hun rol als roofdieren. Als zodanig spelen protisten een essentiële rol bij het vrijgeven van stikstof van de bacteriële biomassa, waardoor het beschikbaar komt voor andere organismen en planten. Naast dit proces en vanwege hun vermogen om onderscheid te maken tussen prooien, hebben roofdierprotisten ook het potentieel om de samenstelling van hun prooigemeenschap te wijzigen. Een dergelijke verandering in samenstelling kan de functionaliteit van het microbioom en de impact ervan op de plantengroei verder beïnvloeden. Zie ook het artikel 'Bodemprotisten en hun rol bij het onderdrukken van ziekteverwekkers' op pagina 182.

In ons werk hebben we de mogelijke overlap onderzocht tussen taxonomische diversiteit van protisten in hun rol als roofdieren, en of/hoe dit verband houdt met plantprestaties. We onderzochten

(1) de voedingsvoorkeur van verschillende protistensoorten en relateerden deze aan hun impact op hun prooigemeenschap. We analyseerden (2) welke bacteriële eigenschappen de voorkeur zouden hebben in aanwezigheid van de roofdieren. We hebben getest (3) hoe en wanneer de toepassing van verschillende protisten de groei van planten het beste zou beïnvloeden.

We ontdekten dat elke protist verschillende voedingsvoorkeuren en impact op zijn prooi heeft en dat er een sterke overlap is tussen gewasbeschermende eigenschappen in bacteriën en resistentie tegen predatie. We hebben ontdekt dat protisten een soortspecifiek effect hebben op de plantengroei en dat toepassing een week voor de plantoverdracht de plantengroei het beste bevordert. We concluderen dat elke roofdier-protistensoort een essentiële speler is in het bodemmicrobiom en dat de meeste van hen het potentieel hebben om plantengroei te ondersteunen.

## Microbiële biodiversiteit maakt middelen overbodig

Alexandre Jousset<sup>1</sup>,  
Eirini Xaxiri, Vincent  
Bijman, Gregory  
Hoff, Mohammad  
Ravanbakhsh

<sup>1</sup>Blomitec

**Plantenziektes zijn een uitdaging voor de Nederlandse teelt. Ziektes kunnen hele oogsten vernietigen en worden steeds lastiger om onder controle te houden. Elk jaar worden meer chemische gewasbeschermingsmiddelen verboden en ziekteverwekkers worden sneller multiresistent tegen de overblijvende middelen. En het vervangen van een chemisch middel door een biologisch middel lukt niet zomaar. Maar kan het zo zijn, dat we een denkfout maken en dat het mogelijk is dat we ziektes zonder chemische of biologische middelen onder controle kunnen krijgen?**

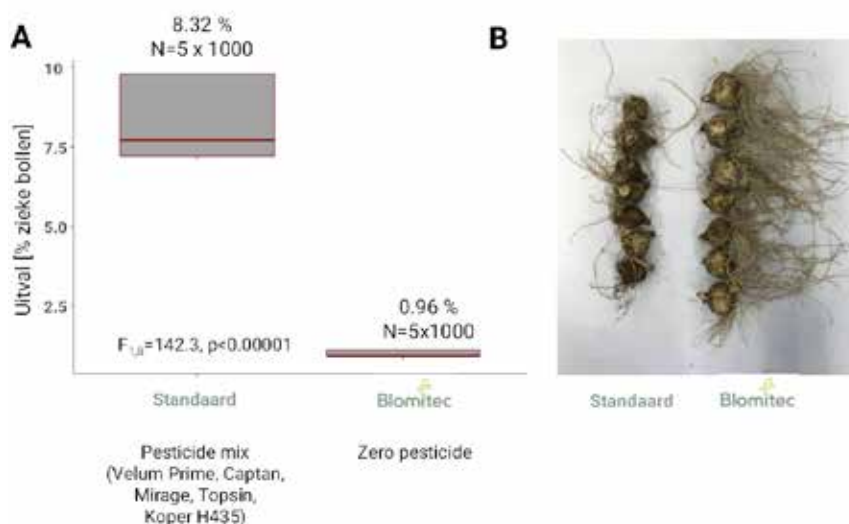
Wat in eerste instantie contra-intuïtief klinkt is, zou mogelijk onze beste kans kunnen zijn om een duurzame én productieve land- en tuinbouw te ontwikkelen. Om dit te begrijpen moeten we onze blik richten op de bodembiodiversiteit. Alle gewassen leven in een nauw verbonden samenleving met tientallen bacteriën en schimmels. Rond een enkele wortel leven duizenden soorten bacteriën, meer dan er gewassoorten in heel Nederland zijn. Samen bouwen ze een robuust maar onzichtbaar ecosysteem, dat een sterke bescherming tegen ziektes biedt. En de clou is dat je de ziekteverwekkers niet hoeft te remmen. Veel ziektes, met name *Fusarium*, *Rhizoctonia* of *Botrytis*, zijn de ‘kakkerlakken’ van de microbiële wereld. Die komen vooral voor in een vervuilde omgeving maar zijn niet competitief in de microbiële wereld.

De moderne land- en tuinbouw biedt echter veel voor wat we het verstoord bodemleven zouden kunnen noemen. Door het massaal gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is een groot deel van de microbiële biodiversiteit verdwenen. Dit bevoordeelt

ziekteverwekkers die in een optimaal bodemleven geen overlevingskans zouden krijgen, maar ineens in staat zijn grote schade aan te richten. Hierdoor worden er meer middelen gebruikt met een vicieuze cirkel als resultaat.

Gelukkig zijn veel microben niet compleet uitgestorven. Ook in een beschadigd bodemleven sluimeren nog veel goede soorten. En die kun je met de juiste technologie wakker kussen. Na 15 jaar onderzoek en hectoliters koffie heeft de Utrechtse wetenschapper Alexandre Jousset samen met zijn collega een oplossing gevonden om de deur naar een duurzame plantengezondheid te openen. Hij ontdekte welke natuurlijke moleculen de slapende microben activeren en binnen enkele weken een biodiversiteit herstellen die een bijna volledige bescherming tegen de meest problematische bacteriën en schimmels biedt. Na veelbelovende proeven met de bacterieziektes *Ralstonia* en *Erwinia* en de schimmelziektes *Fusarium* en *Rhizoctonia* is de spin-off Blomitec opgericht. Dit bedrijf heeft samen met Vincent Bijman van Agrobright Innovation de kracht van microbiële biodiversiteit onder veldconditie onderzocht. Doel was om bollen (*Muscari*) tegen ziekte te beschermen volledig zonder gewasbeschermingsmiddelen. De bodem voor de bollenteelt is vaak zwaar verstoord door het gebruik van fungiciden. Sterker nog, de onderzoekers toonden aan dat de meeste *Fusarium*-isolaten multiresistent zijn tegen chemische fungiciden en soms ook tegen biologische middelen. Bollen zijn met natuurlijke grondstoffen behandeld die gericht zijn om het nuttige deel van de natuurlijk voorkomende bacteriën te activeren en te stimuleren. De bollen werden aansluitend geplant en met de standaard procedures tijdens het groeiseizoen behandeld. In oktober 2021 werden per behandeling 5x1000 bollen visueel op schade onderzocht en gewogen. De uitval door ziekte (vooral veroorzaakt door *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium* en *Erwinia*) ging met 90% omlaag, van 8.32% tot 0.96% zieke bollen ( $F_{1,8} = 142.9$ ,  $p < 0.0001$ , zie figuur). Deze technologie biedt de meeste potentie bij een beschadigd bodemleven en maakt een snel herstel van de bodembiodiversiteit mogelijk. Met name de tientallen inactieve en gezonde bacteriën werden door de behandeling geactiveerd om een gezonde plantengroei te stimuleren. Blomitec biedt een service voor bodemdiagnose en -herstel. Bij vragen of interesse kunt u contact opnemen met A. Jousset (alex@blossom-tech.nl).

A) Effect van de verhoging van microbiële biodiversiteit in de teeltbodem op uitval door ziekte (*Fusarium*, *Erwinia*, *Pythium*, *Rhizoctonia*) bij *Muscari* bollen in 2021.  
B) Visueel effect van de behandeling op de groei en marktwaarde van enkele bollen (representatief monster).





## Van 0 tot 100 in het bodemarchief

Het papieren archief van de werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie beslaat zes dikke ordners. Hierin zijn jaarverslagen, correspondentie en ledenlijsten terug te vinden, maar ook geboortekaartjes, het programma van jubileumbijeenkomsten en andere opmerkelijke zaken.

Doriet Willemen

redactie@knpv.org

### Oprichting

Op 8 januari 1968 werd de Coördinatiecommissie "Bestrijding en voorkoming van ziekten en plagen in de bodem" officieel geïnstalleerd door de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) TNO. De naam werd al direct bij de oprichting afgekort tot "COOC Bodempathogenen".

De eerste belangrijke klus waar de hulp van de COOC bij gevraagd werd, was de wetenschappelijke ondersteuning bij de EPPO conferentie op 3-5 november 1970 te Arnhem met als thema *Soil-borne diseases*. Er bleken op de conferentie ook veel Duitse collega's aanwezig te zijn en zij namen uiteindelijk het merendeel van de verslaglegging op zich waardoor de COOC eigenlijk niet veel meer hoefde te doen.

De COOC Bodempathogenen, met Dr. Ir. H. Hoestra als secretaris, omvatte drie werkgroepen:

- I Analyse vruchtwisselingseffecten
- II Fysische en chemische bestrijdingsmethoden
- III Bestudering microflora en -fauna

Iedere werkgroep had ook weer zijn eigen secretaris. Bij werkgroep III – de voorloper van de huidige werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie – zou Dr. Ir. T. (Theunis) Limonard deze functie al snel op zich nemen en deze tot 1985 vervullen.

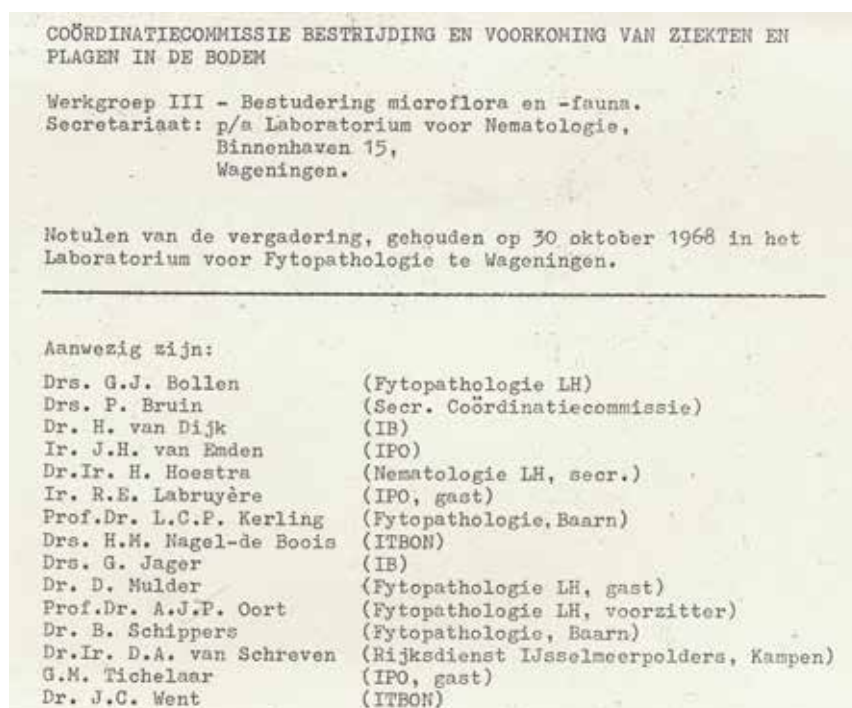
In het eerste jaar kwamen de werkgroepen ieder 2-3x bijeen met steeds ongeveer 15 aanwezigen. In figuur 1 is te zien wie in 1968 aanwezig waren bij een van de eerste vergaderingen van werkgroep III. De personen worden keurig met voorletters en titels aangeduid. Aan voornamen werd niet gedaan in de verslaglegging.

G.J. (Gerrit) Bollen en B. (Bob) Schippers waren vanaf de start actief betrokken bij de werkgroep. Voor zover bekend was slechts één van de werkgroep-leden op die vergadering een vrouw, namelijk Drs. H.M. Nagel-de Boois. De biologe Rie de Boois zou in 1976 promoveren aan de Universiteit Utrecht op het proefschrift *Schimmelgroei in strooisellagen van enkele bosgronden* en was politiek actief (ze trad in 1972 toe tot de Tweede Kamer). Door de jaren heen is het aantal vrouwelijke onderzoekers binnen de werkgroep langzaam maar zeker gegroeid en tijdens de 100<sup>e</sup> bijeenkomst op 2 november 2021 waren de vrouwen ruim in de meerderheid.

### Formeel

Het ging er in de begintijd duidelijk anders aan toe dan tegenwoordig. De verslaglegging van de bijeenkomsten was zeer gedetailleerd. Verder spraken de onderzoekers elkaar in hun correspondentie aan met de achternaam. E-mail en Office-pakketten bestonden nog niet en alle (handgeschreven) verslagen en brieven moesten overgetypt worden. Dat kon soms vertraging of ander ongemak opleveren (figuur 2 en 3).

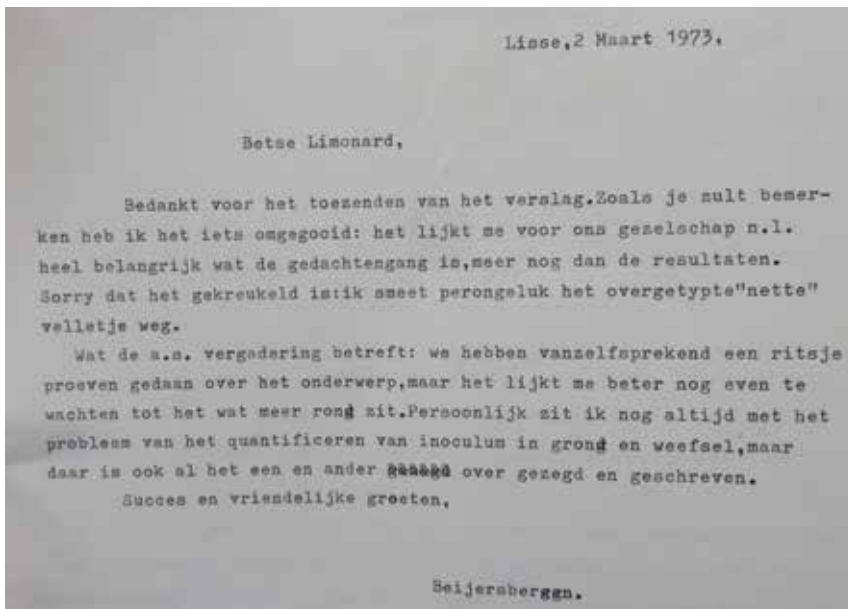
Op 15 februari 1979 meldde secretaris Limonard aan de leden: "Binnenkort valt de opheffing van de coördinatiecommissie te verwachten." En inderdaad stuurt de NRLO TNO hem op 26 maart 1979 een brief om mee te delen dat "... in verband met de nieuwe onderbouwstructuur van de Afdeling



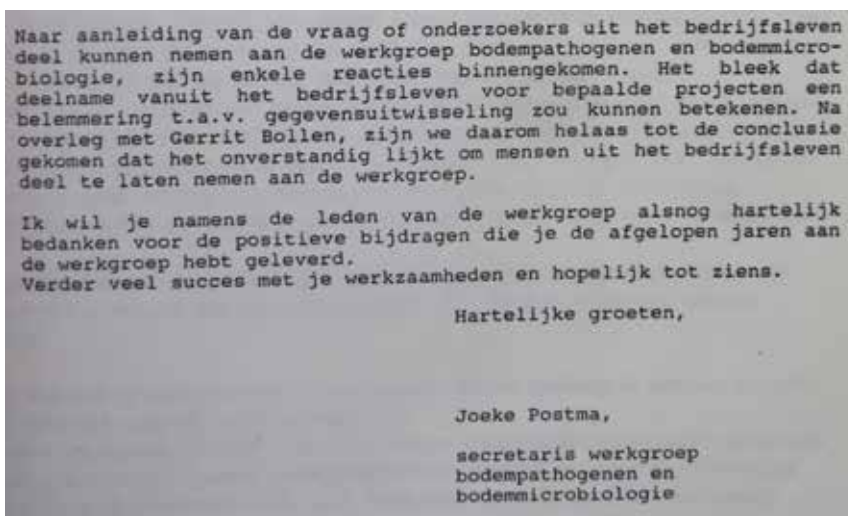
Figuur 1: Presentielijst van de vergadering van werkgroep III op 30 oktober 1968.



Figuur 2: Correspondentie van Walter Gams (1969).



Figuur 3: Correspondentie uit 1973.



Figuur 4: Correspondentie over het al dan niet toelaten van onderzoekers uit het bedrijfsleven (11 maart 1992).

Produktie, de COOC bodempathogenen opgeheven zal worden .... In overeenstemming met uw wensen zal uw Werkgroep gaan ressorteren onder de COOC Planteziektekunde en -bestrijding en de COOC Bodembioïologie .... We hebben er nota van genomen dat uw Werkgroep er de voorkeur aan geeft haar naam te veranderen in: Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie ...." En zo heet de werkgroep nog steeds, terwijl de vergaderingen doornummeren.

## De leden

Het ledental van de werkgroep is door de jaren heen gestaag toegenomen. Begin jaren '80 telde de werkgroep ongeveer 20 leden, verdeeld over tien instituten. Voor deze onderzoekers vervulde de werkgroep een belangrijke rol bij het verkrijgen en overleggen van specifieke kennis buiten de eigen vakgroep of onderzoeksafdeling.

In 1991 stonden er 41 namen vermeld op de ledenlijst. In deze periode werd in de stukken consequent gesproken over de werkgroep/contactgroep. Het taalgebruik en de onderlinge omgang was ook niet meer zo formeel als in de begintijd. In het archief van de werkgroep zijn verschillende geboortekaartjes terug te vinden, opgestuurd door leden bij gezinsuitbreiding.

In 2000 werd besloten dat ook buitenlandse onderzoekers - vaak PhD-studenten - welkom zijn bij de werkgroep. Het besluit zorgde voor verjonging en internationalisering van de werkgroep. Logische consequentie was dat de voertaal voortaan Engels was. De samenvattingen voor Gewasbescherming bleven echter wel zoveel mogelijk in het Nederlands. Het ledental groeide ondertussen gestaag door met 51 leden in 2006 tot het huidige ledental van 85.

In de beginjaren waren onderzoekers veelal werkzaam bij een universiteit of overheidsinstituut. Met de opkomst van wetenschappelijk onderzoek bij commerciële bedrijven, drong zich regelmatig de vraag op of onderzoekers uit het bedrijfsleven ook bij de werkgroep konden aansluiten. Tegenwoordig is dat het geval - gesteld dat ze aan de algemene vereisten voor werkgroepsleden voldoen - maar daar is de nodige discussie aan vooraf gegaan. Zo werd in 1992 een verzoek nog afgewezen (figuur 4).

## KNPV-werkgroep

Lange tijd stond de werkgroep los van de KNPV, maar daar kwam in 1994 verandering in. Op 22 april schreef Aad Termorshuizen, de toenmalige secretaris van de werkgroep, een brief aan de KNPV om te melden

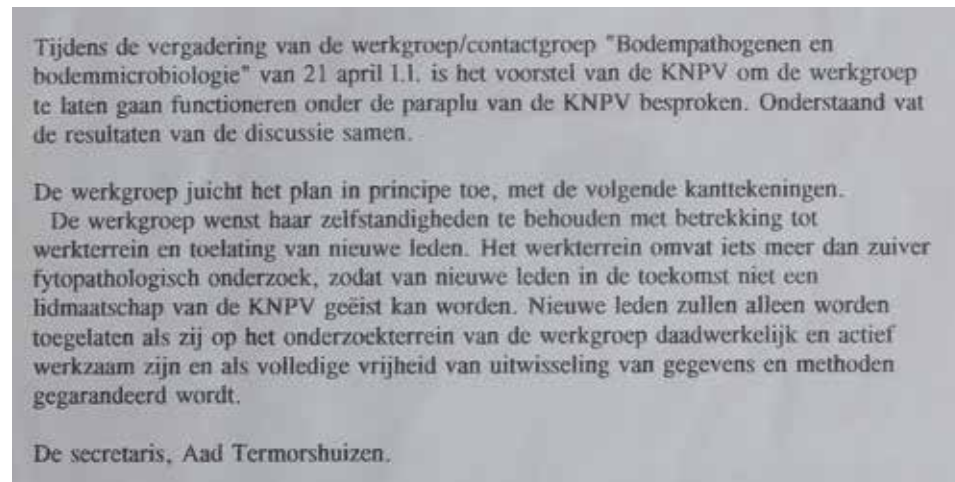
dat de werkgroep ermee instemde voortaan onder de paraplu van KNPV verder te gaan en onder welke voorwaarden (figuur 5).

### Jubilea

In haar bestaan heeft de werkgroep vaker aandacht besteed aan jubilea. Het 25-jarig bestaan van de werkgroep werd in 1993 groots gevierd op de Jubileumdagen van 30 september tot 2 oktober te Meppen. Het programma omvatte o.a. een jubileumdiner in Herberg De Rustende Ruiter, een themabijeenkomst over Interacties tussen populaties,

lezings, een bezoek aan het Veenmuseum, een paddenstoelenexcursie en Drentse maaltijden/koffietafel. Later dat jaar, op 11 november, werd een KNPV Themadag georganiseerd i.s.m. de werkgroep.

Ter gelegenheid van de 75e bijeenkomst van de KNPV-werkgroep Bodempathogenen en Bodemmicrobiologie, op 9 november 2006, werd een speciaal kwartet samengesteld. De kaarten geven een mooi beeld van de belangrijkste gewassen (aardappel, bloembollen, tarwe en champignons) waaraan gewerkt werd en van de diverse onderzoeken (figuur 6).



Figuur 5: Brief van de werkgroep aan het KNPV-bestuur (22 april 1994).



Figuur 6: Enkele kaarten uit het werkgroepkwartet (1993).



## Gouden prijspenning Teylers

voor bodemecologen Emilia Hannula en Elly Morriën



**Bodemecologen Emilia Hannula en Elly Morriën ontvingen op 5 november 2021 de gouden prijspenning van Teylers Tweede Genootschap, onderdeel van Teylers Stichting. De stichting is al sinds 1778 actief om kunst en wetenschap te stimuleren. Conform Pieter Teylers testament richtten de eerste bestuurders twee genootschappen op, die prijsvragen moesten uitschrijven over belangrijke actuele of wetenschappelijke thema's. De beste inzending wordt nog altijd bekroond met een gouden penning. Bovendien stichtten de eerste bestuurders Teylers Museum, dat in 1784 zijn deuren opende.**

### Bodemleven

In 2017 heeft Teylers Tweede Genootschap een prijsvraag uitgeschreven, geformuleerd door prof. dr. Louise Vet, oud-directeur van het Nederlands Instituut voor Ecologie en buitengewoon hoogleraar evolutionaire ecologie aan Wageningen Universiteit. Gevraagd werd naar "een kritische studie naar het optimaliseren van duurzame multifunctionaliteit van bodems."

Bodemleven vormt het fundament onder ons bestaan. Het maakt voedingsstoffen uit organisch materiaal beschikbaar voor plantengroei,

onderdrukt ziekten en plagen, zorgt voor een geschikte bodemstructuur en watervasthoudend vermogen, voorkomt erosie, zorgt dat drink- en oppervlaktewater schoon zijn en kan klimaatverandering afremmen door koolstof vast te leggen. Onder meer door intensieve voedselproductie dreigt echter bodemuitputting. Hoe kunnen we dit voorkomen en de bodem voeden zodat het bodemleven al zijn belangrijke functies behoudt?

### Winnaars

Dr. Emilia Hannula, assistent-professor bij het Institute of Environmental Sciences (CML) van de Universiteit Leiden en dr. Elly Morriën, assistent-professor bij het Department of Ecosystem and Landscape Dynamics van de Universiteit van Amsterdam wonnen de gouden prijspenning met hun inzending "*Werken en feesten vormt schoone geesten*". Tijdens het programma op 5 november in de historische Gehoorzaal van Teylers Museum gaven zij een samenvatting van hun inzending en lichtte prof. dr. Louise Vet het juryrapport toe. De zware prijspenning die de winnaars ontvingen, is ontworpen in 1778 door Johan George Holtzhey en wordt nog steeds geslagen in echt goud. Op de voorzijde staat een symbolische voorstelling en op de keerzijde is ruimte voor de namen van de winnaar(s).

## NVWA vindt spintmijt *Eotetranychus lewisi* in kerststerren

De Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA) heeft na opvolging van een melding de spintmijt *Eotetranychus lewisi* aangetroffen in kerststerren. Deze spintmijt is een Europees quarantaine-organisme. Dit betekent dat lidstaten verplicht zijn de introductie en verspreiding van dit organisme tegen te gaan en om deze spintmijt bij een vondst te bestrijden. De spintmijt is niet schadelijk voor mens en dier.

Oorspronkelijk komt de spintmijt *Eotetranychus lewisi* voor in Amerika, maar is door handel in planten ook op andere continenten terecht gekomen. Vanwege het zeer beperkt voorkomen in de Europese Unie is de spintmijt opgenomen in de Europese regelgeving in de lijst met IIA quarantaine-organisme. Daarbij is uitroeiing meteen aan de orde.

In Nederland kan de spintmijt zich in kassen goed ontwikkelen en schade veroorzaken, bijvoorbeeld op kerststerren. *Eotetranychus lewisi* lijkt op de bonenspintmijt en is daar moeilijk van te onderscheiden. Beide spintmijten veroorzaken vergelijkbare symptomen zoals zuigschade en kleine gele puntjes op de bladeren die uiteindelijk geheel geel of bruin worden. Bij een zware aantasting is spinsel rond de groeipunten te zien.

Omdat het organisme zeer klein is en de symptomen vergelijkbaar zijn is het erg moeilijk om een besmetting met deze quarantainesoort tijdig op te merken. De spintmijt *Eotetranychus lewisi* kan in het Nederlandse klimaat niet buiten overleven.

Na een melding van een veredelingsbedrijf in Noord-Holland heeft de NVWA de spintmijt *Eotetranychus lewisi* in kerststerren gevonden. Bij een potplantenbedrijf in Gelderland is door de NVWA ook *Eotetranychus lewisi* aangetoond in kerststerren die opgekweekt zijn uit materiaal van het Noord-Hollandse veredelingsbedrijf.

De NVWA heeft beide bedrijven maatregelen opgelegd. Zwaar besmette partijen moeten worden vernietigd en voor licht besmette partijen geldt een bestrijdingsregime met chemische gewasbeschermingsmiddelen. De NVWA voert ook een traceringsonderzoek uit en probeert via bij de

Deze nieuwsrubriek brengt items over gewasbescherming die de redactie interessant vindt. Belangrijke criteria voor plaatsing van het bericht zijn:

- het bericht moet relevant zijn voor de gewasbescherming,
- het mag geen reclameboodschap bevatten,
- het moet afkomstig zijn van een van de erkende agrarische nieuwsbrennende tijdschriften, kranten, nieuwsbrieven, internetsites of autoriteiten,
- het moet naspeurbaar zijn naar de oorspronkelijke bron, die waar mogelijk wordt weergegeven.

Opinies van individuen of belangenorganisaties en visies en andere interpretaties van actuele onderwerpen kunnen als citaat worden opgenomen mits de bron bekend is.

Van harte nodigen wij u uit nieuws-items bij de redactie aan te dragen.

bedrijven opgevraagde informatie de bron van de besmetting te achterhalen. Daarbij wordt ook onderzoek gedaan naar mogelijke verspreiding van de spintmijt door verhandeling van stekmateriaal.

Bron: NVWA, 3 november 2021

## Bacillus-bacterie kan stoffen aanmaken voor biologische bestrijdingsmiddelen

Het promotieonderzoek van Lu Zhou biedt belangrijke inzichten in het vermogen van bacteriën uit het geslacht *Bacillus* om antimicrobiële stoffen te maken, en te dienen als biologische bestrijdingsmiddelen. De toepassing van dit soort microbiële biologische bestrijdingsmiddelen biedt alternatieven voor traditionele chemische bestrijdingsmiddelen.

Zhou heeft een aantal verschillende benaderingen, zoals *genome mining*, massaspectrometrie en RNA-Seq, gecombineerd om nieuwe antimicrobiële verbindingen te ontdekken



Antagonisme experiment met *Bacillus* en verschillende plantenpathogenen (bron: Discovery of natural products from bacilli and pseudomonas for biocontrol of plant diseases Zhou, Lu, DOI: 10.33612/diss.192054052).

die door bacteriën worden geproduceerd. Zijn studie dient als basis voor verder onderzoek naar de gunstige bacterie-pathogenen interactie van Bacillus-stammen. Er is meer onderzoek nodig om de mechanismen van het biocontrole-vermogen van Bacillus volledig te verduidelijken.

Lu Zhou voerde zijn promotieonderzoek uit bij de afdeling Moleculaire Genetica van het Groningen Biomolecular Sciences and Biotechnology Institute met financiering via de Chinese Scholarship Council. Hij werkt nu als postdoc aan de universiteit van Gent.

Bron: Rijksuniversiteit Groningen, 1 november 2021

### **NVWA treedt twee keer handhavend op bij inspecties van witlof- en champignon telers**

De NVWA heeft in 2020 inspecties uitgevoerd bij 17 bedrijven met champignon teelt en 10 bedrijven met witlof teelt. De inspectie richtte zich op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Nadat de bedrijven de mogelijkheid werd geboden om veelal administratieve afwijkingen te corrigeren, zijn 25 van de 27 geïnspecteerde bedrijven akkoord bevonden.

Op twee van de 27 geïnspecteerde bedrijven was de inspectie uiteindelijk niet op alle gecontroleerde aspecten akkoord en is handhavend opgetreden. Voor beide bedrijven is een rapport van bevindingen opgemaakt voor een overtreding met

betrekking tot het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Op één van de bedrijven betrof de overtreding overdosering van een toegelaten middel en op het andere bedrijf was er sprake van mogelijk gebruik van een niet-toegelaten middel. Eén van de bedrijven kreeg naast het rapport van bevindingen ook een schriftelijke waarschuwing voor een aantal verschillende administratieve overtredingen.

De NVWA merkt op dat een deel van de 27 gecontroleerde bedrijven in staat bleek om een geconstateerde overtreding te herstellen. Dat is wel een indicatie dat ondernemers scherper dan nu zelf op dit soort onregelmatigheden moeten anticiperen. De NVWA kijkt naar mogelijkheden die het bewustzijn van de administratieve verplichtingen bij telers kunnen verhogen.

Bron: NVWA, 27 oktober 2021

### **Thiacloprid veroorzaakt grootschalige afname van zoetwaterinsecten**

Het veelgebruikte bestrijdingsmiddel thiacloprid kan zorgen voor een grootschalige afname in zoetwaterinsecten. Dat stellen onderzoekers van de Universiteit Leiden in een publicatie in PNAS. Drie maanden lang telden zij hiervoor in het Levend Lab in Leiden de uitvliegende insecten.

In 36 slootjes in het Levend Lab stelde het team wetenschappers zoetwaterinsecten bloot aan verschillende concentraties



Henrik Barmentlo en professor Martina Vijver doen onderzoek in het Levend Lab (foto: Edwin Giesbers).



thiacloprid. Dit middel behoort tot de neonicotinoïden, 's werelds meest gebruikte groep van insecticiden. Dat deze middelen schadelijk kunnen zijn voor veel insecten, was al duidelijk. Maar onomstotelijk bewijs dat deze insecticiden in ieder geval deels verantwoordelijk zijn voor een grootschalige afname van insecten ontbrak.

In hun experiment vingen de onderzoekers gedurende drie maanden in 2018 meer dan 55.500 insecten die uitvlogen uit de 36 vervuilde sloten van het lab. Daarna stelden ze van elk insect de soort vast. De uitkomsten vergeleken ze met negen controlesloten, zonder toegevoegd thiacloprid. De onderzoekers vonden dramatische afnames in alle onderzochte soortgroepen, zoals libellen, kevers en schietmotten. Zowel in absolute aantallen als in totale biomassa.

De resultaten zijn alarmerend, volgens de onderzoekers. Ze vinden dat het massaal gebruik van deze insecticiden moet worden heroverwogen. In de Europese Unie geldt sinds vorig jaar een verbod op het gebruik van thiacloprid, maar op veel andere plekken, buiten Europa, is zo'n verbod er nog niet.

Bron: Universiteit Leiden, 26 oktober 2021

### **Schadelijke schorskever duikt op: strengere eisen import potplanten**

**Kwekers die planten importeren van buiten de Europese Unie moeten extra alert zijn op de aanwezigheid van een schadelijke schorskever. Bij het vermoeden van een besmetting is het verplicht dit te melden bij de keuringsdienst of de NVWA. Ook komen er strengere importeisen voor bepaalde potplanten.**

De NVWA meldt dat dit jaar in Nederland verschillende soorten niet-Europese schorskevers aangetroffen zijn bij import van tropische planten en op kweekbedrijven. In de meeste gevallen betrof dit soorten die weinig risico vormen voor de EU. Op twee bedrijven is echter *Euwallacea fornicatus* aangetroffen, een schorskever die een groot risico vormt voor de EU vanwege schade aan teelt en openbaar groen. Bij een vondst neemt de NVWA maatregelen om deze soort uit te roeien.

#### **Import alleen onder voorwaarden**

Uitleg over de te nemen maatregelen en de nieuwe regelgeving is te vinden op de website van de NVWA in het webdossier Niet-Europese schorskevers. Hier staat ook hoe een mogelijke besmetting met schorskevers is te herkennen. Voor meerdere plantensoorten gaan aanvullende eisen gelden vanwege het risico dat de schorskever met deze planten meelift. Al in februari 2022 voert de EU meerdere wijzigingen door in de regelgeving en dat kan flinke gevolgen hebben voor de import van potplanten uit niet-EU landen. Vanaf februari 2023 is import van die planten uit alle niet-EU landen alleen nog mogelijk onder bepaalde voorwaarden.

Veel exporterende landen moeten daarom al in 2022 actie ondernemen om aan die voorwaarden te kunnen voldoen.

#### **Voorbereiden**

Kwekers of handelaren die de betreffende plantensoorten met een stamdiameter groter dan twee centimeter willen importeren, moeten zich nu al voorbereiden op de nieuwe situatie door hun leveranciers te informeren over de wijzigingen. Daarbij is het zaak om de leveranciers bij de fytosanitaire autoriteiten van dat land na te laten gaan of *Euwallacea fornicatus* daar voorkomt. Zo ja, dan moet de leverancier met de autoriteiten overleggen aan welke eisen kan worden voldaan.

<https://www.boom-in-business.nl/article/37669/schadelijke-schorskever-duikt-op>

Bron: Boom in business, 20 oktober 2021

### **Virus zet seksroutines van rondwormen op zijn kop**

**Virussen zijn van invloed op het seksleven van de rondworm *C. elegans*. Mannelijke rondwormen van deze niet-parasitaire nematodensoort voelen zich minder aangetrokken tot seks met vrouwtjes die met het Orsay virus zijn besmet. Het virus leidt uiteindelijk ook tot meer mannelijke nakomelingen en daarmee toenemend paringsgedrag. De inzichten uit het onderzoek zijn ook interessant voor de toekomstige bescherming van planten tegen parasitaire nematoden.**

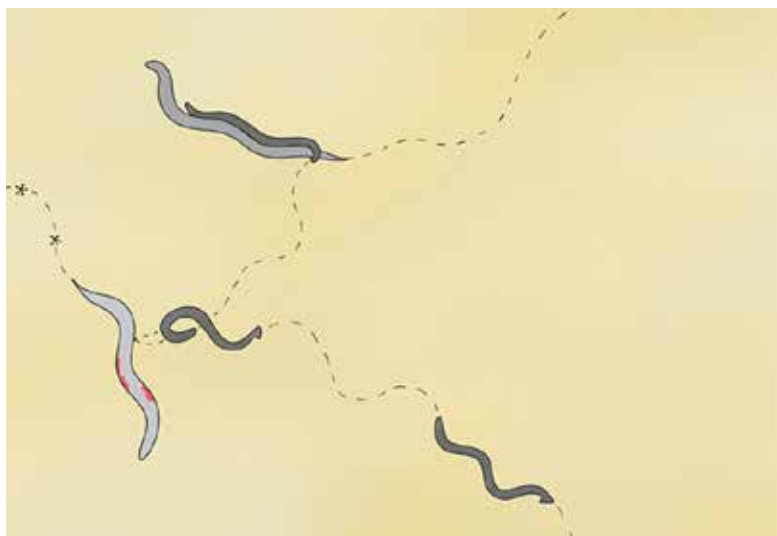
Het succes van seksuele reproductie hangt van vele aspecten af zoals fysieke aantrekkingskracht, partnerkeuze en omgevingsfactoren. Aanwezigheid van pathogenen kan het reproductiesucces beïnvloeden, maar hoe dit precies werkt was tot nu onduidelijk. Voor haar promotieonderzoek keek Lisa van Sluijs naar de invloed van het Orsay virus op *Caenorhabditis elegans*. Dit is een vrijlevende (dat wil zeggen niet-parasitaire) rondworm (nematode) van ongeveer een millimeter lang die in de bodem leeft en die veel wordt gebruikt voor fundamenteel onderzoek.

#### **Mannetjes herkennen besmette vrouwtjes**

Van Sluijs' onderzoek (uitgevoerd bij de leerstoelgroep Nematologie in samenwerking met de leerstoelgroep Virologie en gesubsidieerd door NWO) laat zien dat een virus in staat is om het seksuele leven van de microscopisch kleine *C. elegans* flink te verstoren. Mannetjes bleken namelijk in staat te zijn om vrouwtjes die in het lab met het virus waren besmet op afstand te herkennen, waarna ze met name belangstelling toonden voor vrouwtjes die niet besmet waren met het virus.

#### **Meer paringsactiviteit**

Ook constateerden Van Sluijs en haar collega's tijdens het experiment uiteindelijk ook meer mannelijke



Rechtsonder komt een mannetjesnematode aan die in staat blijkt om een vrouwtje, dat met virus besmet is, op afstand te herkennen, waarna er vooral belangstelling is voor een onbesmet vrouwtje (schema WUR).

nakomelingen, wat duidt op meer paringsactiviteit tussen de nematoden. De nematodensoort bestaat namelijk vooral uit zelf-bevruchtende vrouwtjes (hermafrodieten) die zowel eitjes als spermacellen aanmaken. Mannetjes worden eigenlijk alleen 'geboren' nadat een vrouwtje toch met een mannetje heeft gepaard. Maar vrouwtjes geven bij voortplanting meestal de voorkeur aan zelfbevruchting boven paring met een mannetje. Ze kijken hier alleen vanaf als ze zelf geen spermacellen (meer) kunnen produceren. "Mede daarom zijn mannetjes dus zo zeldzaam, ontstaat er een enorme dominantie van vrouwtjes in de populatie, én kent de populatie relatief weinig genetische variatie," verklaart Van Sluijs.

#### **Meer mannelijk nageslacht**

In haar onderzoek zag ze echter dat de aanwezigheid van het virus de hoeveelheid mannetjes in de populatie uiteindelijk deed toenemen. Van Sluijs: "Vrouwtjes die gezond zijn, krijgen meer nageslacht en na paring met een mannetje is de helft van deze nakomelingen mannelijk. Als veel vrouwtjes besmet zijn, komen van hen dus weinig vrouwelijke nakomelingen, terwijl gezonde vrouwtjes dan vaker met mannetjes paren en dus veel vrouwelijke én mannelijke nakomelingen produceren. Doordat mannetjes minder gevoelig zijn voor het virus kan dus na verloop van tijd ook de druk van pathogenen op de populatie weer afnemen."

#### **Bescherming gewassen tegen parasitaire nematoden**

Bij organismen die zich zowel via zelfbevruchting als paring kunnen voortplanten worden de mannetjes soms als 'overbodig' gezien, maar uit het onderzoek blijkt dat de mannelijke rondwormen dus wel degelijk van invloed zijn op de reproductie en voortbestaan van de soort. Dit mechanisme treedt mogelijk ook op bij sommige parasitaire nematoden die gewassen beschadigen.

Van Sluijs: "Verschillende planten hebben wapens ontwikkeld waarmee ze zich beschermen tegen parasitaire nematoden. Maar een groei van het aandeel van mannetjes in zo'n nematodensoort zou de genetische ontwikkeling van deze nematoden kunnen versnellen en zo kunnen bijdragen aan een snellere doorbraak tegen plantenresistentie. Als we dit proces begrijpen, kunnen we hierin dus mogelijk sturen en zorgen dat de ontwikkeling en verspreiding van deze zogenaamde pathotypenlijnen geremd wordt."

Bron: Wageningen University & Research, 18 oktober 2021

### **Minister voert motie gewasbeschermingsmiddelen niet uit**

**De demissionaire minister van landbouw, natuur en voedselkwaliteit, Carola Schouten, zal een door de Tweede Kamer aangenomen motie over het totaal 'uitfaseren' van gewasbeschermingsmiddelen per 2035 niet uitvoeren.**

De motie van de Partij voor de Dieren is met een krappe meerderheid door de Tweede Kamer aangenomen. De minister betoogde dat middelen met een laag risico altijd nodig zullen blijven. Hieronder vallen ook biologische middelen. Bovendien vindt de minister dat een nieuw te vormen kabinet beslist over dit beleidsterrein en dat zij als demissionair minister nu geen besluit kan nemen. De ingediende motie wordt dus doorgeschoven naar de opvolger van Schouten.

#### **Afspraken**

De minister vertelde de Kamer dat zij in overleg met andere Europese landen bezig is om pesticiden te verbieden waarvan wetenschappelijk bewezen is dat ze schadelijk zijn. Hiermee gaat zij ook gewoon door. Schouten verwees verder naar het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming, waarin duidelijke afspraken zijn gemaakt tussen de overheid en de sector.

<https://www.boom-in-business.nl/article/37608/minister-voert-motie-gewasbeschermingsmiddelen-niet-uit>

Bron: Boom in business, 14 oktober 2021

### **Zwarte mosterd zet koolwitje schaak in evolutionair schaakspel**

**De plant zwarte mosterd verdedigt zich tegen rupsen van het koolwitje door de eitjes die de vlinder op de bladeren van de plant legt te doden. Die verdedigingsstrategie werkt heel specifiek tegen één groep verwante vlinders. Dat stelde onderzoeker Eddie Griese vast in zijn promotieonderzoek.**

Het grote koolwitje legt eieren op bladeren van koolplanten zoals raapzaad, bloemkool en zwarte mosterd. De planten

verdedigen zich tegen rupsenvraat met de aanmaak van stofjes die de insecten doden, maar het grote koolwitje heeft daar een antigif tegen. Als reactie ontwikkelde de zwarte mosterd een preventieve aanval op een eerder levensstadium: het eitje. Hij laat zijn cellen onder de eitjes afsterven, waardoor de eitjes uitdrogen of van het blad vallen.

#### **Selectieve aanval**

‘Die verdedigingsstrategie gebruikt de plant niet tegen alle vlinders’, zegt Griese. Dat ontdekte hij toen hij eitjes van verschillende vlindersoorten op de zwarte mosterd plaatste. In eerste instantie leek de plant alleen de eitjes van kooleters aan te vallen, zoals het koolwitje. Vervolgens testte Griese hoe de plant zich verdedigde tegen eitjes van vlindersoorten minder verwant aan het koolwitje. ‘We testten vlindersoorten steeds weg in de stamboom’, vertelt de entomoloog. Zo ontdekte hij dat de plant niet reageerde op verre verwanten van het koolwitje, terwijl sommige van hen ook op een dieet van kool leven. Dat betekent dat de zwarte mosterd een specifieke eigenschap van het koolwitje en zijn neven en nichten herkent, gecodeerd in het DNA. Dat stofje schakelt dan het bestaande programma voor celdood aan, net als bij een infectie met schimmels of bacteriën.

#### **Lijm**

Welk stofje de plant precies herkent, onderzoeken de entomologen nog. ‘Het zou een stofje in de lijm kunnen zijn waarmee vlinders de eitjes onder het blad plakken’. Koolwitjes hebben hun lijm wellicht geoptimaliseerd voor koolplanten, het bevat dan andere bestanddelen dan het plaksel van andere vlindersoorten. ‘Waar de plant ook op

reageert, het moet een essentieel stofje zijn’, beredeneert Griese. ‘Anders zou de vlinder zich zo evolueren dat het stofje verdwijnt.’

Het afweermechanisme tegen eitjes is ook nuttig voor telers. ‘Juist omdat rupsen zoveel schade aan de plant veroorzaken, zouden telers kool moeten selecteren die prompt het celdoodprogramma aanschakelen wanneer ze eitjes op het blad detecteren’, zegt Griese. ‘Op die manier is nog een flinke winst te behalen bij koolplanten.’

*Bron: Resource, 29 oktober 2021*

### **Plant voorbereid op aanvalsvolgorde van insecten**

**Planten hebben te maken met verschillende soorten insecten die hen belagen. Ze verdedigen zich daartegen, bijvoorbeeld met afweerstoffen of een steviger blad. Voor het eerst is aangetoond dat wilde planten van zwarte mosterd bij hun verdediging tegen de eerste vijand er alvast rekening mee houden dat ze zich later nog moeten verweeren tegen andere vijanden. Sterker nog: ze bereiden zich voor op de meest waarschijnlijke volgorde van belagers.**

Het promotieonderzoek van Daan Mertens en Maite Fernández de Bobadilla is uitgevoerd in het team van Erik Poelman, universitair hoofddocent op het Laboratorium voor Entomologie van Wageningen Universiteit & Research. Poelman: “We gaan steeds meer naar een duurzame



*Eitjes van het groot koolwitje (Pieris brassicae) op een koolblad (foto: Gewasbescherming).*



land- en tuinbouw, waarin het gebruik van bestrijdingsmiddelen sterk wordt verminderd. Akkerbouwers krijgen dan te maken met meerdere insecten die hun gewas belagen. Voorheen gingen veredelaars ervan uit dat inzet van bestrijdingsmiddelen standaard was. Ze veredelden dan op resistentie tegen de meest vervelende belagers. Nu moet het anders, en daarbij kunnen we leren van de manier waarop planten in het wild omgaan met een veelheid aan insecten.” Het gaat om een substantiële omslag, legt Mertens uit: “Voorheen lag de nadruk op één urgent insectenprobleem. Nu moet je door veredeling een flexibel gewas creëren dat om kan gaan met allerlei belagers. Je gaat naar systeemdenken.”

#### **Specifieke reactie per belager**

Voor een plant is het onzeker of en wanneer hij aangevallen wordt. De meeste soorten lossen dit dilemma op door pas stevig te investeren in verdediging (bijvoorbeeld met afweerstoffen) op het moment dat ze aangetast worden. Zo kunnen ze bij afwezigheid van insectenvraat juist hun assimilaten (producten van de fotosynthese als suikers en zetmeel) volop investeren in groei en bloei. “De plant merkt vrij specifiek welk insect hem aanvalt. Dat voelt hij aan de manier waarop de cellen beschadigen, de stoffen die daarbij vrijkomen, het karakteristieke speeksel van de insecten. Op grond van die signalen kan hij zich gericht verdedigen”, vertelt Mertens. Maar als hij al zijn kruik verschieft bij de eerste aanval, is hij later weerloos tegen nieuwe vijanden. Wat het beeld iets gecompliceerder maakt is dat de specifieke reactie op bijvoorbeeld luizenvraat de weerbaarheid tegen rupsen kan aantasten. Dit heeft te maken met het feit dat de plant verschillende afweerroutes heeft, aangestuurd door plantenhormonen.

#### **Risico-management**

Hoe kan een wilde plant, die letterlijk omzwermd wordt door tal van insecten, zich dan toch zo goed handhaven? Mertens: “Ze zijn erop voorbereid dat de schadelijke insecten in een bepaalde volgorde opdoemen. Vroeg in het seizoen bijvoorbeeld de ene soort luis, later een andere soort rups. Ze zetten hun verdediging gericht in en zorgen ervoor dat ze voldoende wapens overhouden. Het komt over als bewust risico-management, maar het is ontstaan door natuurlijke selectie. Ze kunnen overweg met de meest voorkomende volgorde.” Dat het inderdaad zo werkt, hebben de onderzoekers aangetoond in een ongekend groot experiment. Ze bekeken de afweerreactie van zwarte mosterd op maar liefst negentig combinaties van insectenvraat en verbonden deze resultaten aan drie jaar onderzoek naar de frequentie van de interacties op planten in het veld. Vergelijkbare proeven in het verleden beperkten zich tot bijvoorbeeld vijf combinaties.

#### **Veranderend inzicht**

Deze ambitieuze aanpak heeft ervoor gezorgd dat de inzichten belangrijk verbeterd zijn. “We koppelen hiermee plantenfysiologische inzichten met ecologische. Het oude idee dat sapzuigende insecten een reactie veroorzaken die

de potentiële afweer tegen bijvoorbeeld rupsen aantast, blijkt te eenvoudig. Ons werk bevestigt de fysiologische reacties van de plant tegen bijvoorbeeld luis en rups, maar laat tevens zien dat in veel gevallen de plant niet vatbaarder wordt voor insecten met een andere voedingsstijl. Of een bepaalde combinatie van insecten in het veld voorkomt blijkt een betere voorspeller van de weerbaarheid dan de eigenschappen van de individuele insectensoorten”, legt Poelman uit.

Bron: Wageningen University & Research, 14 oktober 2021

### **Bacterie maakt mannetjessluipwesp overbodig**

**Een bacterie in de voortplantingsorganen van vrouwtjessluipwespen manipuleert de aanmaak van eicellen waardoor onbevuchte eitjes uitgroeien tot dochters zonder dat daar een mannetje of zijn sperma bij komt kijken. Het mechanisme daarachter is minder complex dan gedacht, concludeert entomoloog Yidong Wang tijdens zijn promotieonderzoek.**

#### **Verdubbelen**

Het geslacht van de minuscule sluiwespen wordt niet bepaald door geslachtschromosomen zoals bij mensen, maar door de hoeveelheid chromosomen in een cel. Mannetjes hebben een enkele set chromosomen in iedere cel, terwijl vrouwtjes een dubbele set bij zich dragen. Eerder vermoedden wetenschappers dat de bacterie in de sluiwesp, genaamd *Wolbachia*, verschillende signalen gebruikte om onbevuchte eitjes uit te laten groeien tot vrouwtjes, zoals bij andere sluiwespen het geval is. Toch blijkt er bij deze specifieke soort maar één truc voor nodig: het genetisch materiaal in het eitje verdubbelen. Wang toonde dit aan met een in het lab gemaakte vrouwtjessluipwesp die niet twee, maar drie kopieën van ieder chromosoom bij zich droeg. ‘Een deel van haar onbevuchte eitjes bevatten dan één set chromosomen en de andere eitjes twee’, legt Wang uit. Die eitjes groeiden uit tot respectievelijk mannetjes en vrouwtjes. Daaruit concludeerde de entomoloog dat alleen het aantal chromosomenparen het geslacht van deze wespsoorten bepaalt. De bacterie hoeft dus alleen het genetisch materiaal te verdubbelen, andere signalen vanuit de bacterie zijn niet nodig.

#### **Geen seks**

De bacterie grijpt in vlak na de meiose, het proces waarbij chromosomenparen van elkaar gescheiden worden om eicellen te maken. Via een nog onbekend mechanisme laat de bacterie twee chromosomensets weer samensmelten waardoor het eitje uitgroeit tot een vrouwtjeswesp. Daar heeft de bacterie een goede reden toe, volgens Wang: ‘De mannetjes geven, in tegenstelling tot de vrouwtjes, de bacterie niet door aan hun nageslacht.’ De bacterie heeft dus een betere overlevingskans wanneer er meer vrouwtjes dan mannetjes zijn.

De sluipwespsort heeft zich aangepast op de symbiose met de bacterie en op asexuele voortplanting. Zo zijn de spermacellen van mannetjessluiswespen – die sporadisch geboren worden – niet levensvatbaar en tonen vrouwtjes geen interesse in de mannetjes. Bovendien werkt een speciaal orgaan om sperma in op te slaan niet goed in de vrouwtjes. ‘Zelfs als ze zouden willen, krijgen een mannetje en vrouwtje van deze soort geen nakomelingen via seksuele voortplanting. De sluipwesp heeft de bacterie nodig om te blijven bestaan’, aldus Wang.

Bron: Resource, 14 oktober 2021

### Nederlandse fruitteelt wordt bedreigd door schildwants

De bruingemarmerde schildwants, die vijf jaar geleden aan een opmars in Nederland begon, is een gevaar voor de fruitteelt. Het insect komt oorspronkelijk uit Azië, maar veroorzaakt al enkele jaren overlast in Amerika en Midden-Europa. Door het veranderende klimaat komen ze steeds vaker voor in Nederland.

#### Hoe herken je de schildwants?

Je herkent het insect van 1,5 cm groot aan zijn zwart-wit gestreepte antennes, zwart-witte poten, vijf lichte puntjes op zijn halsschild, zwarte langwerpige vlekken op zijn membraanvleugels en het achterlijf is zwart-wit gezoomd. Neem voor de zekerheid een foto van de boven- en achterkant wanneer je er een melding van maakt.

#### Schade en gevolgen

Deze schildwants brengt veel schade toe aan fruit en verschillende groente. Met zijn kaken prikt hij in het fruit en zuigt aan de vrucht. Dit zorgt ervoor dat het vruchtvlees aan



De bruingemarmerde schildwants (*Halyomorpha halys*) kan flinke zuigschade veroorzaken in de fruitteelt (foto: Hectonichus).

de binnenkant versteent en aan de buitenkant verschijnen er misvormingen. Het verstenen van het vruchtvlees maakt dat de vruchten zelfs niet meer gebruikt kunnen worden om er sap van te maken. Hierdoor loopt de schade tot ver in de miljoenen op.

#### Bestrijding

De natuurlijke vijand van de schildwants is de Samoerai-sluipwesp. Onderzoekers hopen dat door de komst van de schildwants deze wesp ook zijn opmars maakt en meer in Nederland te vinden zal zijn. Vooralsnog zullen we het van deze natuurlijke vijand moeten hebben, omdat er nog geen doeltreffend bestrijdingsmiddel is gevonden.

Bron: Groen kennisnet, 12 oktober 2021

### Is deze kever de oudste schimmelweker ter wereld?

Lennart van de Peppel, werkzaam bij Erfelijkheidsleer, heeft een Rubiconbeurs gekregen om als postdoc aan de Universiteit van Freiburg te werken. Hij gaat met behulp van DNA-analyses uitzoeken of werfkevers de oudste schimmelwekers op aarde zijn.

Ambrosiakevers kweken schimmels als voedselbron. De kevers leven hoofdzakelijk in dood hout en omhullen hun eitjes met schimmels zodat die in het hout gaan groeien, waarna de keverlarven de schimmels oppeuzelen. Als tegenprestatie houden de kevers concurrerende schimmels op afstand. Van de Peppel gaat werken aan één keverfamilie met zowel schimmel als houteters: de werfkevers.

De afgelopen jaren deed Van de Peppel onderzoek naar termieten die schimmels kweken. De termieten hebben dat 30 miljoen jaar geleden geleerd. Verschillende keversoorten doen al 90 miljoen jaar aan schimmelkweek, blijkt uit eerder onderzoek. Bovendien is de symbiose tussen kever en schimmel op 12 verschillende plekken onafhankelijk van elkaar ontstaan. Van de Peppel wil uitzoeken of hij met de werfkever de vroegste schimmelweker op aarde in handen heeft.

#### Speciaal orgaan

De vraag die Van de Peppel wil beantwoorden is: wanneer is deze kever schimmelweker geworden? Daarvoor gaat hij het DNA van de kevers en schimmels in kaart brengen, de verwantschap ertussen vaststellen en daarmee een DNA-stamboom maken. Ook wil hij de stokoude keverexemplaren in barnsteen scannen, om te kijken of ze het speciale orgaan hebben waarin ze de schimmel opbergen en vervoeren. Via dit orgaan ent de kevermoeder de schimmel op haar nakomelingen. Kevers met zo'n orgaan zijn hoogstwaarschijnlijk schimmelwekers, kevers zonder zo'n orgaan niet.

‘Met DNA uit gedroogde werfkevers, uit museumcollecties, kun je zo een goede stamboom maken om verwantschappen

aan te tonen.' Zo'n stamboom biedt alleen geen informatie over hoe lang geleden bepaalde aftakkingen hebben plaatsgevonden. Dan bieden de kevers in barnsteen uitkomst. 'Als je zo'n fossiel in de stamboom kunt plaatsen, dan kun je de stamboom kalibreren. Hoe meer fossielen, hoe beter de kalibratie.

Bron: Resource 5 oktober 2021

### **Update Bestrijdingsmiddelenatlas met meetgegevens 2020**

**In de Atlas Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater is te zien welke werkzame stoffen en metabolieten van gewasbeschermingsmiddelen en biociden voorkomen in het Nederlandse oppervlaktewater, gebaseerd op meetgegevens van de waterbeheerders. De Atlas biedt onder meer informatie over normoverschrijdingen, langjarige trends in concentraties en de koppeling met landgebruik.**

Op 1 oktober 2021 is de update van de Bestrijdingsmiddelenatlas met de meetgegevens van 2020 gepubliceerd.

In de risicobeoordeling betreft het Ctgb altijd de op dat moment meest recente meetgegevens in het oppervlaktewater om vast te stellen of er overschrijdingen zijn van de toelatingsnorm.

Het Ctgb verzoekt aanvragers om bij het indienen van een dossier vanaf 1 januari 2022 de data van 2020 op te nemen in de analyse van meetgegevens in het nationaal addendum Fate & behaviour (Part B, sectie 8).

### **N.B.**

Het team achter de bestrijdingsmiddelenatlas heeft aangegeven dat dit jaar een aantal specifieke deelproducten van de bestrijdingsmiddelenatlas pas later worden geactualiseerd met de metingen van 2020. Dit betreft onder andere de koppeling met het landgebruik. Totdat de koppeling met landgebruik over 2018-2020 beschikbaar is, zal Ctgb daarom gebruikmaken van de koppeling over 2017-2019.

Bron: Ctgb, 1 oktober 2021

### **EU-project ter bestrijding van virusziekten in tomaten en komkommerachtigen**

**Elk jaar brengen virusziekten wereldwijd grote schade toe aan tomatensoorten en komkommerachtigen (Cucurbitaceae), wat alleen al in Europa tot 3,5 miljard euro aan oogstverliezen leidt. Het door de EU gefinancierde VIRTIGATION-project is opgezet om opkomende virusziekten in tomaten, cucurbitaceae, meloen, pompoen en courgette te bestrijden.**

Tomaten en komkommerachtigen behoren tot de meest geproduceerde groentegewassen ter wereld. Deze gewassen worden momenteel aangetast door twee wereldwijd opkomende virussen, het begomovirus ToLCNDV (Tomato leaf curl New Delhi virus) en het tobamovirus ToBRFV (Tomato brown rugose fruit virus).

ToLCNDV is een DNA-virus dat wordt overgedragen door wittevlieg. ToLCNDV werd voor het eerst gemeld in 1995 toen in India tomaten besmet raakten met het virus. In Europa werd in 2012 ToLCNDV voor het eerst gedetecteerd bij courgettes in Spanje. De infectie veroorzaakt ernstige



In o.a. Cucurbitaceae zijn veel opkomende virusziekten. Om deze te bestrijden is het VIRTIGATION-project opgezet (foto: Pixabay).



dwerggroei, vergelijking tussen de nerven en bladkrulling. Ernstige infectie kan leiden tot volledig opbrengstverlies.

ToBRFV is een RNA-virus en werd voor het eerst ontdekt in Israël in 2014. In de afgelopen jaren zijn in veel Europese landen uitbraken van ToBRFV gemeld, waaronder Nederland (2019).

### **Biobased oplossingen**

Momenteel zijn er weinig effectieve oplossingen voorhanden om de vernietiging van gewassen door deze plantenvirussen te stoppen. Het VIRTIGATION-project heeft tot doel de oogstverliezen van tomaten en komkommerachtigen als gevolg van virusziekten tot tachtig procent te verminderen. Bovendien wordt beoogd het gebruik van pesticiden om opkomende virusziekten tegen te gaan, te halveren of zelfs te elimineren. Er zullen verschillende innovatieve biobased oplossingen worden ontwikkeld om tomaten en komkommerachtigen te beschermen tegen virusziekten. Dit omvat natuurlijke plantresistentie, plantenvaccins, biopesticiden en combinaties daarvan, in een geïntegreerde aanpak voor plaagbestrijding.

Het project heeft ook tot doel nieuwe methoden te implementeren voor vroege detectie, preventie en bestrijding van deze plantenvirussen. De verdere ontwikkeling van innovatieve diagnostische hulpmiddelen en online monitoringplatforms moet ertoe leiden dat mogelijke uitbraken worden geïdentificeerd om de verspreiding van virussen te testen, op te sporen en te volgen.

### **Deelname WUR**

VIRTIGATION heeft een totaalbudget van € 7 miljoen voor vier jaar en brengt 25 partners uit 12 landen samen. Vanuit Wageningen University & Research zal Prof. Yuling Bai zich toeleggen op onderzoek naar de interactie van tomaat, begomovirus en wittevlieg en het identificeren van tomatengen voor resistentie tegen ToBRFV. Dr. Lotte Caarls gaat zich richten op de karakterisering van een tomatengen dat een rol speelt bij natuurlijke resistentie tegen wittevlieg. En Prof. dr. Rene van der Vlugt zal onderzoek doen naar virus-epidemiologie en -ecologie, en naar virus- en vectorbestrijding door middel van veredeling en Integrated Pest Management (IPM).

Bron: Wageningen University & Research, 30 september 2021

## **Bacteriemolecuul verandert planten in zombies**

**Een internationaal team van onderzoekers heeft een manipulatiemechanisme ontdekt waarmee parasitaire bacteriën de ontwikkeling van planten kapen en hun veroudering vertragen, waardoor ze als het ware in zombieplanten veranderen. Dit mechanisme voorkomt ook dat planten zich kunnen voortplanten. De ontdekking**

**kan nieuwe kansen bieden voor de bescherming van door ziektes bedreigde voedselgewassen.**

Parasieten manipuleren de organismen waar ze van leven. Sommige planten die in de ban van een parasiet zijn, ondergaan zelfs zulke ingrijpende veranderingen dat het in feite 'zombies' worden die zich niet langer voortplanten en alleen nog dienen als habitat en waardplant voor de parasitaire ziekteverwekkers.

Een internationaal team aangevoerd door het John Innes Centre (JIC, Norwich, VK) heeft zich verdiept in wat er op moleculair en mechanistisch niveau gebeurt in de interactie tussen planten en parasieten. Hun onderzoek heeft geleid tot de identificatie van een door fytoplasma's (bacteriën) ontwikkeld manipulatiemolecuul waarmee ze de ontwikkeling van planten kapen. Binnen de plant leidt dit eiwit tot de afbraak van belangrijke regulatoren, waardoor een abnormale groei en ontwikkeling wordt veroorzaakt. Een publicatie hierover is verschenen in het wetenschappelijke tijdschrift *Cell*.

### **Zombieplanten en heksenbezems**

Fytoplasma's behoren tot een groep bacteriën die berucht is vanwege hun vermogen om de ontwikkeling van hun waardplanten te herprogrammeren. Deze groep bacteriën is vaak verantwoordelijk voor de 'heksenbezems' in bomen, waarbij een buitensporige hoeveelheid takken dicht op elkaar groeit. Deze struikachtige uitwassen zijn het gevolg van een vegetatieve 'zombie'-toestand waarin de plant is blijven steken, niet in staat om zich voort te planten en in een stadium van 'eeuwige jeugd'.

Fytoplasma's kunnen ook verwoestende ziektes bij gewassen veroorzaken, zoals *Candidatus Phytoplasma asteris*, verantwoordelijk voor aanzienlijke opbrengstverliezen bij granen en bij groenten zoals sla en wortelen. "De identificatie van het manipulatiemolecuul biedt nieuwe inzichten die plantenveredelaars kunnen helpen bij het ontwikkelen van gewassen met een duurzame resistentie tegen fytoplasma's", zegt de betrokken hoogleraar Richard Immink, die als onderzoeker is verbonden aan het laboratorium van Moleculaire Biologie van WUR.

### **Moleculaire prullenbak**

De nieuwe resultaten tonen aan hoe het bacterieel eiwit SAP05 planten manipuleert aan de hand van bepaalde moleculaire mechanismen in de waardplant zelf. Deze machine-rie, het proteasoom, breekt normaal gesproken eiwitten af die niet meer nodig zijn in de plantencellen. SAP05 kaapt dit proces, waardoor planteneiwitten die van belang zijn voor de regulering van de groei en ontwikkeling in feite in een moleculaire prullenbak belanden.

Zonder deze eiwitten wordt de ontwikkeling van de plant geherprogrammeerd ten gunste van de bacteriën. Hierdoor komt de groei van meerdere vegetatieve scheuten en



*Inspectie in een veld door een medewerker van de NVWA (foto ©NVWA).*

weefsels op gang en wordt de veroudering van de plant een halt toegeroepen.

#### ***Rol van bacterieel eiwit in detail blootgelegd***

Aan de hand van genetische en biochemische experimenten met de modelplant *Arabidopsis thaliana* (zandraket) heeft het team de rol van SAP05 in detail blootgelegd. Een interessante uitkomst is dat SAP05 zich rechtstreeks bindt aan de plantaardige ontwikkelingsregulatoren en aan een specifiek deel van het proteasoom. De rechtstreekse binding is een nog niet eerder ontdekt mechanisme om eiwitten af te breken. Normaal gesproken worden eiwitten die door het proteasoom worden afgebroken, vooraf gemarkeerd met het molecuul ubiquitine, maar dat is hier niet het geval.

De plantaardige ontwikkelingsregulatoren die het doelwit zijn van SAP05 en het specifieke onderdeel van het proteasoom, lijken op eiwitten die ook te vinden zijn bij dieren. Daarom was het team benieuwd of SAP05 ook invloed heeft op de insecten die de bacterie overbrengen van de ene plant naar de andere. Ze ontdekten dat de structuur van het proteasoom onderdeel bij dieren in voldoende mate verschilt, zodat er geen interactie is met SAP05, en dat dit dus geen invloed heeft op de insecten.

#### ***Vloek biedt wellicht ook genezing***

Met dit onderzoek kon het team aantonen dat er slechts twee aminozuren van het plantaardige proteasoom onderdeel nodig zijn voor de interactie met SAP05. Uit hun onderzoek bleek dat wanneer deze twee aminozuren in de plant worden omgeschakeld naar de varianten in insecten, SAP05 zijn werk

niet meer kan doen waardoor de abnormale groei van de 'heksenbezem' wordt voorkomen.

Dit resultaat biedt de mogelijkheid om alleen deze twee aminozuren in gewassen aan te passen, bijvoorbeeld met behulp van gene-editing, om duurzame weerstand te bieden tegen fytoplasma's en de effecten van SAP05.

*Bron: Wageningen University & Research, 17 september 2021*

### ***Telers in grondwaterbeschermingsgebieden houden zich beter aan de regels voor gewasbeschermingsmiddelen***

**De naleving van de toepassingsvoorwaarden van gewasbeschermingsmiddelen in grondwater-beschermingsgebieden is flink verbeterd. Het nalevingspercentage op bedrijven steeg van 2017 tot in 2020 van 41% naar 78%. Tegelijk gebruikte nog 22% niet-toegestane middelen in deze gebieden.**

"Toch is dit een mooie stap in de juiste richting," aldus Ronald van Lubek, senior inspecteur Natuur en Gewasbescherming van de NVWA, "al zijn we er zeker nog niet: We willen naar tenminste 95% naleving van deze regels." Uit [resultaten van NVWA toezicht in 2020](#) blijkt een stijgende lijn in de naleving van regels voor gewasbeschermingsmiddelen in grondwaterbeschermingsgebieden. Deze middelen worden ingezet om ziekten, plagen en onkruiden te beheersen, maar onjuist gebruik is niet zonder risico's.

Het kan leiden tot verontreinigen van grondwater in gebieden waar ons drinkwater wordt gewonnen. Rondom deze waterwingebieden liggen gebieden waarin het grondwater beschermd wordt. De NVWA ziet dan ook streng toe op de naleving van de toepassingsvoorwaarden van deze middelen in grondwaterbeschermingsgebieden.

#### **Telers voor inspectie geïnformeerd**

Na eerdere inspecties in 2017 bij telers in een grondwaterbeschermingsgebied, zijn in 2020 gerichte inspecties uitgevoerd. Hierbij werden 2.100 telers die in het teeltjaar 2019 een akker- of tuinbouwperceel in gebruik hadden in een grondwaterbeschermingsgebied vooraf geïnformeerd. Die informatievoorziening ging in op de beperkingen die daar kunnen gelden bij gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en het belang van goede communicatie met hun loonwerkers, adviseurs en huurders over de ligging van hun percelen in een grondwaterbeschermingsgebied.

#### **Niet-toegestaan gebruik nog op 22%**

Bij 36 van de 161 geïnspecteerde bedrijven (22%) is vastgesteld dat er gewasbeschermingsmiddelen zijn gebruikt in een grondwaterbeschermingsgebied, terwijl het gebruik van de betreffende middelen in grondwaterbeschermingsgebieden niet is toegestaan. Door de overige 125 geïnspecteerde bedrijven (78%) werden uitsluitend gewasbeschermingsmiddelen gebruikt die toegelaten zijn in grondwaterbeschermingsgebieden. Dit is bijna een verdubbeling ten opzichte van 2017.

#### **Onbekendheid en miscommunicatie**

Voor niet-naleving zijn diverse oorzaken, zoals onbekendheid over de ligging van een (deel van het) perceel in grondwaterbeschermingsgebied, miscommunicatie met loonwerker of (ver)huurder en het niet goed lezen van etiketten van de middelen. Omgekeerde blijkt ook dat telers die wel op de hoogte zijn dat hun perceel in een grondwaterbeschermingsgebied ligt en telers die de informatie hebben gelezen, de

regels beter naleven. De juiste en gerichte informatievoorziening speelt dus een belangrijke rol.

#### **Stimulansen voor naleving regels**

Om de naleving op het gewenste niveau van tenminste 95% te krijgen zijn er diverse initiatieven. Zo werkt het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) aan het opnemen van een kaart met grondwaterbeschermingsgebieden in het perceelsregister van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Het is nog niet bekend wanneer deze technisch gereed is.

Ook is het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) van plan om de Ctgb toelatingendatabank doorzoekbaar te maken op gewasbeschermingsmiddelen die in het wettelijk gebruikvoorschrift beperkingen hebben voor het gebruik in grondwaterbeschermingsgebieden. Ook in overleg met andere partijen, zoals provincies en land- en tuinbouworganisaties, zal worden onderzocht welke aanvullende maatregelen en acties zijn te nemen. Want het voorkómen van verontreiniging is belangrijk om te zorgen dat drinkwater schoon en veilig blijft.

*Bron: NVWA, 15 september 2021*

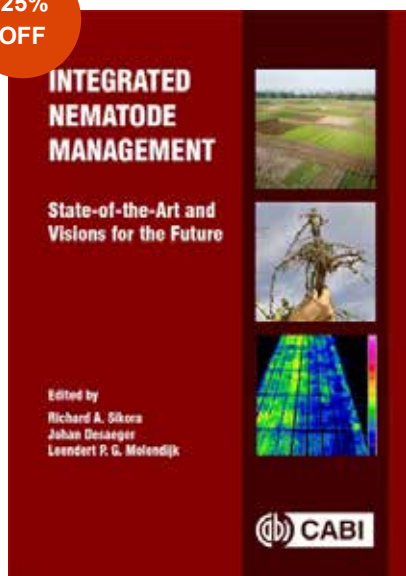
*De redactie van Gewasbescherming besteedt bij het verzamelen van de informatie voor de rubriek Nieuws aandacht en zorg aan de juistheid van deze informatie, maar kan deze niet garanderen. De items in de rubriek Nieuws geven de zienswijze van de betreffende bron weer en uitdrukkelijk niet die van de redactie of van de KNPV. De redactie is niet verantwoordelijk en/of aansprakelijk voor eventuele fouten en onvolkomenheden in de verstrekte informatie.*



# Forthcoming from CABI



25%  
OFF



## Integrated Nematode Management

State-of-the-Art and Visions for the Future

Edited by **Richard A Sikora**, Professor Emeritus, University of Bonn, Germany, **Johan Desaegeer**, University of Florida, USA, **Leendert P. G. Molendijk**, Wageningen University, The Netherlands

Nov 2021 | 488pp

**This book reviews in a systematic crop by crop approach the state-of-the-art management strategies that have been developed to reduce nematode impact, and outlines their limitations. It contains 65 chapters written by 80 experts and contains more than 300 coloured pictures showing symptoms of damage.**

[www.cabi.org/bookshop/book/9781789247541](http://www.cabi.org/bookshop/book/9781789247541)

Plant parasitic nematodes are costly burdens of crop production, causing an estimated US\$80 - 118 billion per year in damage to crops. They are associated with nearly every important agricultural crop, and are a significant constraint on global food security. Regulations on the use of chemical pesticides have resulted in growing interest in alternative methods of nematode control. Future changes in climate, cropping systems, food habits, as well as social and environmental factors also affect the options for nematode control.

Taking a systematic crop by crop approach, this book:

- Outlines the economic importance of specific plant parasitic nematode problems on the major food and industrial crops.
- Presents the state-of-the-art management strategies that have been developed to reduce specific nematode impacts, and outlines their limitations.
- Contains case studies to illustrate impact in the field.
- Aims to anticipate future changes in nematode disease pressure that might develop as a result of climate change, and new cropping systems.

The book will be of interest to researchers and students in nematology and, plant pathology, as well as extension agents, plant protection agencies, and consultants in pest management.

**For full Table of Contents please visit: [www.cabi.org/bookshop/book/9781789247541](http://www.cabi.org/bookshop/book/9781789247541)**

To order a copy at a 20% discount enter the code **CCAB20** at the online checkout

UK, Europe and ROW: Visit [www.cabi.org/bookshop](http://www.cabi.org/bookshop)\*

E: [direct.orders@marston.co.uk](mailto:direct.orders@marston.co.uk)

\*Please note: Forthcoming titles may be pre-ordered direct from Marston Book Services only

**Hardback: 9781789247541 / £120.00 ~~£90.00~~ / €145.00 ~~€108.75~~ / \$170.00 ~~\$127.50~~**  
**ePDF: 9781789247558 / ePub: 9781789247565**

[sales@cabi.org](mailto:sales@cabi.org)

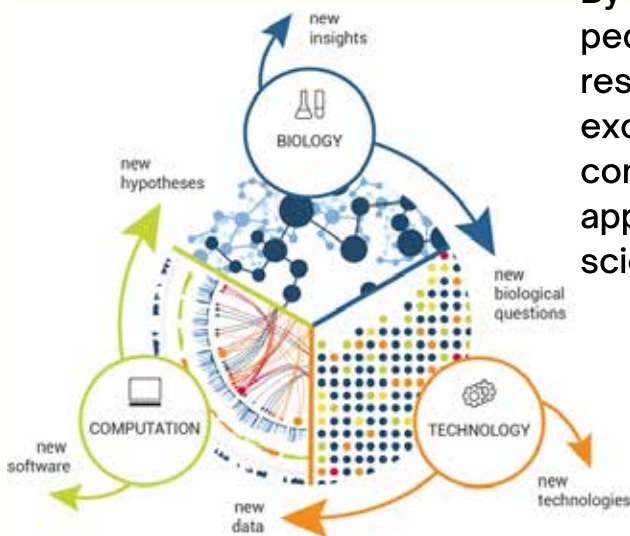
KNOWLEDGE FOR LIFE

# International Master Microbial and Plant Systems Biology

*“Systems biology is based on the understanding that the whole is greater than the sum of the parts”.*

*Dr. N. Baliga, ISB.*

By combining fundamental courses, active pedagogical approaches and training through research within our network of laboratories of excellence, students will learn how to combine modelling and experimental approaches in challenging domain of plant sciences and microbiology.



Copyright © 2020 Elsevier Inc.

université  
PARIS-SACLAY | GRADUATE SCHOOL  
Biosphera

**At the end of the 2 year program, students will be able to :**



- **Identify and describe current concepts of biology** applied to plant and microbial systems.
- **Apply a research approach** in the study of plant and microbial systems.
- **Experiment and practice** under laboratory conditions and produce knowledge.
- **Analyse, inventory and interpret data and knowledge** in order to produce a synthesis and explain it orally and/or in writing. Collaborate and intervene within a group.

<https://www.master-microbial-plant-systems-biology.fr/>

Onderstaande agenda is onder voorbehoud. Actuele informatie over het al dan niet doorgaan of het verzetten van bijeenkomsten is te vinden op de betreffende websites.

### **Binnenlandse bijeenkomsten**

#### **11-13 januari 2022**

De Groene Sector Vakbeurs, Hardenberg

Info: [www.groenesector.nl](http://www.groenesector.nl)

#### **14 januari 2022**

Boeren met toekomst: Bodemverbetering (Studiedag), AgroProeftuin De Peel, Wanroij

Info: [www.groenkennisnet.nl/activiteit/boeren-met-toekomst-bodemverbetering](http://www.groenkennisnet.nl/activiteit/boeren-met-toekomst-bodemverbetering)

#### **20 januari 2022**

Plant Health Diagnostics and its impact in Agriculture, Online Symposium

Info: [www.clear-detections.com](http://www.clear-detections.com)

#### **14 april-9 oktober 2022**

Floriade expo, Almere

Info: [www.floriade.com/nl/](http://www.floriade.com/nl/)

#### **12 mei 2022**

Voorjaarsbijeenkomst KNPV op de Internationale Dag van de Plantengezondheid

Info: [www.knpv.org](http://www.knpv.org)

#### **14-16 september 2022**

Plant Health, Agriculture & Bioscience Conference, PHAB 2020, CABI, Den Haag

Info: [www.phab-conference.com](http://www.phab-conference.com)

### **Buitenlandse bijeenkomsten**

#### **28 februari-3 maart 2022**

10th International IPM Symposium, Denver, Colorado, USA

Info: [www.ipmsymposium.org/2022](http://www.ipmsymposium.org/2022)

#### **22-24 maart 2022**

Conference on Soilborne Plant Pathogens (CSPP), San Luis Obispo, Californië, USA

Info: [www.soilfungus.wsu.edu](http://www.soilfungus.wsu.edu)

#### **27-29 maart 2022**

CROP Innovation & Business 2022, Gent, België

Info: [www.cropib.com](http://www.cropib.com)

#### **9-12 mei 2022**

First International Plant Health Conference 'Protecting Plant Health in a changing world'

Info: [www.fao.org/plant-health-2020/events/events-detail/en/c/1250609](http://www.fao.org/plant-health-2020/events/events-detail/en/c/1250609)

#### **3-8 juli 2022**

14th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria 3 July - 8 July, 2022 Assisi, Italy

Info: [www.icppb2020.com](http://www.icppb2020.com)



<b>[VOORWOORD</b> .....	175
<b>[VERENIGINGSNIEUWS</b>	
<b>Jubileumbijeenkomst</b> .....	176
<b>100e bijeenkomst werkgroep Bodempathogenen en bodemmicrobiologie, 2 november Naturalis</b> Willemen, T.M.	
<b>[INTERVIEW</b>	
<b>Jubilerende werkgroep ziet groeiende rol van bodemmicroben</b> .....	179
Visscher, T.	
<b>[ARTIKEL</b>	
<b>Bodemprotisten en hun rol bij het onderdrukken van ziekteverwekkers</b> .....	182
Amacker, N. & Gao, Z.	
<b>Biotoetsen voor bodemweerbaarheid: heel klassiek, nog steeds relevant!</b> .....	186
Postma, J. & Schilder, M.T.	
<b>Een vluchtig perspectief voor stimuleren van bodemweerbaarheid</b> .....	189
Boer, W. de & Garbeva, P.	
<b>Mijn bodempathogenen top-7</b> .....	194
Termorshuizen, A.J.	
<b>[SAMENVATTINGEN</b>	
<b>Samenvattingen van presentaties op de 100e bijeenkomst van de werkgroep Bodempathogenen</b> <b>en bodemmicrobiologie</b> .....	197
<b>Effect van landbouwsysteem en bodemmaatregelen op nematoden</b> .....	197
Brinkman, E.P., Visser, J.H.M., Kurm, V. & Korthals, G.W.	
<b>Microbiële diversiteit en samenstelling van de microbiële gemeenschap in een lange termijn veldexperiment</b> ....	198
Kurm, V., Visser, J.H.M. & Korthals, G.W.	
<b>De rol van schimmels in de regulatie van plantengemeenschappen en hun herbivoren in graslanden</b> .....	199
Hannula, S.E., Bezemer, T.M. & Heinen, R.	
<b>De ecologische rol van roofdierprotisten om plantengroei te ondersteunen</b> .....	200
Amacker, N.	
<b>Microbiële biodiversiteit maakt middelen overbodig</b> .....	201
Jousset, A.L.C., Xaxiri, E., Bijman, V., Hoff, G. & Ravanbakhsh, M.	
<b>[TOEN &amp; NU</b>	
<b>Van 0 tot 100 in het bodemarchief</b> .....	202
Willemen, T.M.	
<b>[NIEUWS</b>	
<b>Gouden prijspenning Teylers voor bodemecologen</b> .....	205
<b>[NIEUWS</b> .....	206
<b>[PUBLICATIE</b>	
<b>Integrated Nematode Management</b> .....	217
<b>[AGENDA</b> .....	219