

GEWASBESCHERMING

Mededelingenblad van de Koninklijke Nederlandse Plantenziektkundige Vereniging

NUMMER

6

GEWASBESCHERMING | JAARGANG 56 | NUMMER 6, DECEMBER 2025



[KNPV]

*Themanummer
Aardappelmoeheid*

*Verleden, heden en toekomst van de
beheersing van aardappelvoluten*

Foto: Gele en bruine cysten van aardappelcysteaaltje (*Globodera rostochiensis*) op wortel van aardappel. Foto: Maries Elemans – NAO.

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,
marianne.roseboom@hotmail.com;
Erno Bouma
(HAS Green Academy), 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;
Erwin Mol (NVWA) e.s.n.mol@nvwa.nl
Rob Kerkmeester r.kerkmeester@xs4all.nl
Gé Bentvelsen (AMR Holding BV)
ge.bentvelsen@agrimrh.nl

Redactie-adres

Postbus 31, 6700 AA Wageningen
redactie@knpv.org

Abonnementen en lidmaatschappen

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

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

Abonnement EJPP

- Personen die lid zijn van de KNPV kunnen tegen gereduceerd tarief een abonnement verkrijgen op het gedrukte *European Journal of Plant Pathology*. Alle leden krijgen toegang tot het digitale EJPP. 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.

Alle overige vragen kunt u richten aan KNPV, Postbus 31, 6700 AA Wageningen,
e-mail: 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.

Gewasbescherming, het verenigingsblad van de KNPV

Het blad Gewasbescherming brengt artikelen en nieuws over onderwerpen die spelen bij plantenziekten en -plagen. Het verschijnt zes keer per jaar in een oplage van 600 stuks en wordt verstuurd naar de leden van de KNPV (waaronder een groeiend aantal bedrijven) en enkele bibliotheken. Op deze manier bereikt uw artikel in een keer een grote doelgroep, bestaande uit personen en organisaties die zich allen bezighouden met plantenziekten, plantgezondheid en gewasbescherming in de breedste zin van het woord. Alle uitgaven van de afgelopen 20 jaar zijn via onze website www.knpv.org beschikbaar en de artikelen zijn in te kijken via de site. *Full text* digitale ontsluiting van de artikelen gebeurt via ARTIK (WUR Library – de bibliotheek van Wageningen University & Research). Daarnaast maakt GroenKennisnet melding van de gepubliceerde artikelen.

European Journal of Plant Pathology (EJPP)

Editor-in-Chief: Frank van den Bosch
e-mail: ejpp@knpv.org

Adreswijzigingen

- zelf aanpassen op www.knpv.org
- doorgeven aan administratie@knpv.org

Koninklijke Nederlandse Plantenziektkundige Vereniging

www.knpv.org
bestuur: Christy van Beek, Hans van den Biggelaar, Pella Brinkman (penn.), Anne Sophie van Bruggen, Leendert Molendijk (vz), Gera van Os, Winnie Henderson, Helma Verberkt, Peter Bonants (secr), Doriet Willemen

KNPV-werkgroepen en -commissies

Nadere informatie en contactgegevens werkgroepen: www.knpv.org

Bodempathogenen en bodemmicrobiologie

secretaris: Tess van de Voorde

Fusarium

secretaris: Like Fokkens

Nematoden

secretaris: Eveline van Aalst

Fytobacteriologie

secretaris: Roland Willman

Plantweerbaarheid

secretaris: Frank Hoeberichts

Commissie Nederlandse Namen Plantenziekten

secretaris: Piet Vlamming

Studiekring voor Plantenveredeling

secretaris: Jan-Kees Goud

Nederlandse Kring voor Plantevirologie NKP

secretaris: Rene van der Vlucht

Commissie Gewasbescherming en Maatschappelijk Debat

contactpersoon: Rob Kerkmeester

Commissie Jongeren

contactpersoon: Kees Westerdijk

Fungicidenresistentie

secretaris: Ivonne Elberse

Insecticidenresistentie

secretaris: Claudia Jilesen

Onkruidbeheersing

secretaris: Erwin Mol

Richtlijnen voor auteurs

Deze zijn te vinden op de internetpagina www.knpv.org/nl/menu/Gewasbescherming. Het volgende nummer verschijnt in februari. Aanleverdata kopij in 2026:

6 januari
6 maart
1 mei
1 juli
1 september
2 november

Druk

GVO drukkers & vormgevers B.V., Ede

Vormgeving

Michel Hildebrand
(Hildebrand DTP, Wageningen)

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.

¹ Bij machtiging automatische incasso voor Nederland € 5 korting.

² Bij machtiging automatische incasso voor Nederland € 2,50 korting.

Verleden, heden en toekomst van de beheersing van aardappelmoeheid

Geert Smant

Wageningen University
& Research

Al sinds de eerste ontdekking van aardappelmoeheid (AM) in Nederland halverwege de vorige eeuw is er sprake van een sectorbrede aanpak van dit bijzondere ziektebeeld. De artikelen in dit themanummer van Gewasbescherming vormen een mooie illustratie van hoe verschillende private en publieke organisaties, die zich bezighouden met onderzoek, advies, resistentieveredeling en regelgeving, samenwerken rondom de bestrijding van AM. Elders in de wereld wordt de integrale Nederlandse benadering van AM vaak aangehaald als voorbeeld voor een effectieve aanpak van persistente ziekten en plagen in de bodem.

De veroorzakers van aardappelmoeheid, de aardappelpycysteaaltjes *Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*, hebben binnen de EU een quarantaine status. Dit verplicht lidstaten om de verspreiding van aardappelpycysteaaltjes tegen te gaan door middel van monitoring van handelsstromen en toepassing van specifieke bestrijdingsmaatregelen. Nederland zet hierbij al decennialang in op *evidence-based* AM-beleid. De achterliggende gedachte is dat het belang van de sector op de lange termijn het beste gediend is bij een degelijke wetenschappelijke basis voor beleid. Een goed voorbeeld is de ontwikkeling van intensieve AM-bemonstering. Met dit instrument houdt de overheid zicht op de omvang van het besmette areaal en de effectiviteit van specifieke bestrijdingsmaatregelen. Tegelijkertijd gebruiken telers de bemonsteringsdata ook voor het ontwikkelen van hun eigen AM-beheersingsplan (bijv. met behulp van NemaDecide).

Naast monitoring vormt de teelt van resistente aardappelrassen een belangrijke tweede pijler onder het huidige AM-beleid. Het behoud van effectieve AM-resistenties is cruciaal voor de aardappelteelt in Nederland, omdat er nauwelijks nog middelen voor de chemische bestrijding van nematoden zijn toegelaten. De meest gangbare AM-resistenties staan de laatste tien jaar flink onder druk door de geleidelijke opkomst van virulente veldpopulaties van aardappelpycysteaaltjes. Dit probleem is momenteel het meest urgent bij resistenties tegen *G. pallida*. Hierbij is er overigens geen sprake van de opkomst van een nieuwe variant van *G. pallida*, maar van

selectie van een variant die waarschijnlijk al heel lang op het Europese continent aanwezig is. Deze wetenschap vraagt om een andere kijk op de ontwikkeling van nieuwe resistente rassen, maar ook om een andere manier van duurzaam gebruik van de huidige AM-resistenties. AM-besmettingen (valplekken) zijn veelal genetisch geïsoleerde populaties, hebben een unieke genetische samenstelling en kunnen het beste aangepakt worden met kennis van dit specifieke DNA-profiel.

Om minder afhankelijk te worden van klassieke resistenties is in de afgelopen jaren ook veel onderzoek gedaan aan de rol van micro-organismen bij het ontstaan van AM. Het gaat daarbij om uiteenlopende schimmels en bacteriën die op verschillende processen kunnen aangrijpen. Zo is ontdekt dat bepaalde micro-organismen in de bodem een cruciale rol spelen bij de chemische communicatie tussen waardplanten en nematoden. Deze micro-organismen zijn bijvoorbeeld van invloed op de wortellexsudaten die aardappelplanten uitscheiden en hebben zodoende ook effect op het uitkomen van de aardappelpycysteaaltjes. De aaltjes gebruiken deze specifieke componenten uit het wortellexsudaat om hun levenscyclus te synchroniseren met die van waardplanten.

Ander recent onderzoek toonde aan dat er daadwerkelijk zoiets bestaat als ziekteonderdrukkende bodems, waarbij onderdrukking van de uitgekomen aardappelpycysteaaltjes een direct verband laat zien met de microbiële samenstelling van de bodem.

Deze ontdekkingen wijzen eens te meer erop dat ons concept van aardappelmoeheid aan herziening toe is. De interactie tussen aardappelplanten en aardappelpycysteaaltjes moet veel meer in samenhang worden gezien met andere micro-organismen in de bodem. En dat kan weer nieuwe inzichten en aanpakpunten bieden voor de beheersing van AM.

Geert Smant

prof.dr.ir. G (Geert) Smant
Hoogleraar/Leerstoelhouder Laboratory
of Nematology
Wageningen University & Research

Introductie van het intensief aardappelcysten grondonderzoek (AMI)

Peter Hermelink

Over de auteur:

Peter Hermelink was mede ontwikkelaar van een methode om op intensieve wijze grond te bemonsteren op de aanwezigheid van aardappelcystealtjes. Het zogenoemde AM Intensief. Hij werkte in die periode bij De Groene Vlieg.

Situatie in de jaren 1985/1990

In de jaren '85-'90 van de vorige eeuw was het regel dat pootgoed en ander voortplantingsmateriaal alleen op percelen geteeld werden die vrij waren van aardappelcysten (AM). In die tijd werd grondontsmetting grootschalig toegepast. Dit gebeurde niet alleen wanneer een besmetting werd aangetoond, maar ook als veiligheidsmaatregel. Een 1 op 3 teelt van pootgoed werd bijvoorbeeld alleen toegestaan als de grond ontsmet werd. Dit betekende dat er vaak onnodig ontsmet werd; ook als er geen AM aanwezig was. De toen bestaande maatregelen om AM onder controle te houden, inclusief de genoemde grondontsmetting voldeden echter niet, het aantal besmetverklaringen nam onrustbarend toe.



Het rijdend laboratorium om ter plaatse de monsters te verwerken (foto: P. Hermelink).

Nieuwe ontwikkelingen

Twee onderzoekers van het Instituut voor Plantenziektkundig Onderzoek, Corrie Schomaker en Thomas Been ontwierpen eind jaren 1980 een wetenschappelijk model voor bemonstering dat bijdroeg aan de beheersing van AM. In het kort kwam het erop neer dat een monster dat geanalyseerd



Het lopend bandje onder aardappelrooier (foto: P. Hermelink).

wordt volgens een methode die nu AM-intensief of AMI wordt genoemd. Hierbij wordt 2,4 kg grond per 1/3 ha gestoken en geanalyseerd, een factor 9 keer groter dan de toen gebruikelijke methode van de NAK waarbij 200 ml (0,26 kg) per 1/3 ha werd geanalyseerd. Volgens berekeningen van Schomaker en Been nam de trefkans om een gedefinieerde kleine AM haard op te sporen met deze methode toe van 20% naar 95%!

De toen bestaande onderzoekslaboratoria konden alleen monsters onderzoeken van maximaal 200 ml (0,26 kg). Een monster van 2,4 kg moest dan opgedeeld worden in kleine porties. Dit zou onbetaalbaar worden. De Groene Vlieg startte in 1988 met een analysemethode die wel haalbaar en betaalbaar was. Grote monsters van 2,4 kg werden eerst bij de klant in een rijdend lab voorbereid om transportkosten te besparen. Dit bleek echter niet efficiënt te zijn. Tevens werd er overgegaan op een andere bemonsteringsstrategie waarbij niet meer in blokken maar in stroken bemonsterd werd, en er werd geëxperimenteerd met een lopend bandje onder een rooimachine; het was een ideaal monster maar al snel bleek dat rooien en bemonsteren tegelijk niet haalbaar was. Ook toen al ontstond het idee om een automatische bemonsteringsmethode uit te proberen, nog niet met een quad maar met een terreinwagen. Hier kleefden toen echter te veel nadelen aan en uiteindelijk bleef het toch bij klassieke bemonsteringen met de hand met een soort grondboor, maar wel in stroken.

Het feit dat grote monsters verwerkt konden worden, maakte het wel haalbaar om met een goede trefkans AM op te sporen en in 1990 kon de Groene Vlieg gedegen grondonderzoek betaalbaar in de praktijk brengen. Dat AMI onderzoek een gat in de markt was, werd duidelijk door de explosieve groei van het onderzochte areaal, mede door de overheid ingestelde regel dat de 1 op 3 teelt van pootgoed ook toegestaan werd als er AMI had plaatsgevonden en niet alleen na grondontsmetting. De nieuwe bemonsteringsmethode heeft er, samen met de komst van resistente aardappelrassen, aan bijgedragen dat het actieve stof gebruik (bestrijdingsmiddelen) sterk gedaald is.

Deze geschiedenis is een mooi voorbeeld van implementatie van fundamenteel onderzoek in de praktijk waarbij de pootgoedsector nieuw perspectief kreeg in moeilijke besmettingsomstandigheden.

Beheersing aardappelmoeheid problematisch op percelen met virulente AM-populaties

Egbert Schepel

HLB, Wijster

Inleiding

Aardappelmoeheid (AM) is een ziekte in aardappelen, die wordt veroorzaakt door aardappelcysteaaltjes *Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*. AM kan bij hoge besmettingen veel opbrengstschade veroorzaken in de teelt van aardappelen. In Nederland worden daarom veel percelen regelmatig bemonsterd op het voorkomen van AM. Bij het vinden van een besmetting wordt zoveel mogelijk met resistente rassen geprobeerd deze besmetting te beheersen of uit te roeien. Door de teelt van deze hoog resistente rassen in combinatie met het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen konden telers tot nu toe het AM-probleem goed beheersen. Voor de nabije toekomst wordt het echter wel heel spannend. We zien dat de beschikbaarheid van chemische middelen met een sterke werking op de vermeerdering van aardappelcysteaaltjes snel afneemt en vermoedelijk na 2026 op nul staat. Daarnaast zien we een steeds snellere ontwikkeling van virulente populaties die ook op de nieuwste resistente rassen al veel cysten geven. Vooral bij *G. rostochiensis* kunnen deze besmettingen dan al snel heel hoog worden, wat zonder sterk werkende nematociden betekent; einde aardappelteelt voor een lange tijd op zo'n perceel.

Toegenomen virulentie

De afgelopen jaren hebben zich hoog virulente AM-populaties van zowel *G. pallida* als *G. rostochiensis* ontwikkeld. Deze ontwikkeling vindt plaats in alle landen waar een gematigd klimaat heerst en veel (resistente) aardappelen worden geteeld. De ontwikkeling van virulentie is onafhankelijk van grondsoort en komt dus voor op zand-, dal- en kleigronden. In de praktijk blijkt dan dat de resistentie van de geteelde aardappelrassen niet meer voldoende is om de ontwikkeling van nieuwe AM-cysten te voorkomen of de AM-besmetting te beheersen. HLB ziet op basis van alle uitslagen van vrijwillig grondonderzoek dat het aantal percelen met virulentere AM-populaties stijgt. Ook zien we dat deze populaties snel virulenter worden, wat resulteert in hoge besmettingen. Dit heeft een grote impact op de rassenkeuze en de fysieke en financiële opbrengst van de aardappelen. Uiteindelijk heeft het ook grote invloed op de invulling van het bouwplan en het financiële rendement van een perceel.

Het probleem wordt vooral veroorzaakt doordat de genetische achtergronden van de resistenties tegen AM in aardappelen zeer smal zijn. Bij een doorbraak van deze basisgenen kan nog steeds een combinatie van andere genen in een ras de vermeerdering van AM minder groot laten zijn, maar de virulentie-opbouw gaat ook op deze rassen onverminderd door. In het verleden konden telers eerst met chemische middelen (natte grondontsmetting) de populatie sterk reduceren en vervolgens de nieuwste hoog-resistente rassen inzetten. Doordat natte grondontsmetting in Nederland al jaren niet meer is toegestaan worden nieuwe hoog-resistente rassen nu direct op matig tot hoge AM-populaties verbouwd. De kans op de vorming van enkele nieuwe hoog-virulente cysten op deze hoog-resistente rassen lijkt hierdoor groter, wat de virulentie opbouw versnelt. In de nieuwste rassen zien we nog geen ontwikkeling van nieuwe genen met hoge resistentie tegen al deze zeer virulente populaties waar we weer een heel aantal teelten op kunnen bouwen. Er zullen daarom ook andere strategieën moeten worden toegepast.

Strategie

Alleen vertrouwen op rassen met een hoog resistentie-cijfer is dus niet meer voldoende om AM te beheersen. Voor een blijvende rendabele aardappelteelt is het daarom van belang dat telers hun percelen goed blijven monitoren. Door regelmatig de percelen op AM te laten onderzoeken, zeker ook na de teelt van hoog-resistente rassen, kan de ontwikkeling van AM goed worden gevolgd. Bij besmetting is het belangrijk om stringente maatregelen te nemen die de verspreiding van deze populaties zo goed mogelijk voorkomt. Verspreiding van virulente populaties vindt namelijk gemakkelijk plaats via machines, (grond) transport, verstuiven of via verspreiden van tarragrond. Veel percelen zijn nog niet besmet met deze virulente stammen en het is goed om dit zo lang mogelijk zo te houden. Dus het motto is: zorg dat percelen zonder virulente populaties hiervan gevrijwaard blijven.

Daarnaast moet er op de besmette percelen alles aan worden gedaan om de ontwikkeling van virulentie in de AM-populaties te voorkomen. De beste methode is om met een aantal teelten van een hoog resistent ras, eventueel en zo mogelijk chemisch ondersteund of in combinatie met vanggewassen, de populatie zo

sterk te laten dalen dat de teelt van vatbare of minder resistente rassen in het bouwplan ook weer mogelijk is. Vatbare of minder resistente rassen selecteren niet of minder de hoge virulente populaties uit. Belangrijk is dat in deze strategie wel rekening wordt gehouden met de tolerantie van de rassen tegen AM-aantasting. De verwachting is dat chemische ondersteuning grotendeels weg zal vallen en dat dus vooral met de combinatie van resistentie en tolerantie in de rassen moet worden gewerkt.

Door verruiming van het bouwplan zal virulentie ook minder snel opbouwen, waardoor veredelaars meer tijd krijgen om nieuwe hoog-resistente rassen tegen deze populaties te ontwikkelen. Als na een hoog resistent ras toch een hogere AM-besmetting wordt gevonden dan op basis van het resistentie niveau mag worden verwacht, is het aan te raden om een virulentietest (rassenkeuzetoets) uit te laten voeren. Tijdens deze toets wordt de vermeerdering van aardappelcystealtjes afkomstig van het specifieke perceel getoetst op diverse aardappelrassen met een hoog resistentie-cijfer. De uitkomst van de toets kan de teler gebruiken om voor het perceel een ras te kiezen waarop de virulente populatie niet of zich minimaal vermeerdert.

Overige maatregelen zijn bijvoorbeeld inundatie, waarbij het perceel een hele zomer onder water wordt gezet. Als dit goed wordt uitgevoerd kan op het geïnundeerde deel weer met een schone lei worden begonnen. Daarnaast wordt er weer volop gekeken naar de mogelijkheden om wekstoffen te gebruiken om bestaande besmettingen te verlagen of op te ruimen.

Geconcludeerd kan worden dat bij onvoldoende resistentie in het gebruikelijke rassenpakket zal moeten worden uitgekeken naar heel andere rassen of toepassing van meer aanvullende maatregelen, zoals bouwplanverruiming (1 op 5 of hoger), toegelaten chemie, hoge tolerantie tegen AM in rassen, wekstoffen of inundatie.

HLB brengt kennis naar de praktijk; van wetenschappelijk onderzoek naar concrete adviezen voor telers. Een belangrijk aspect in advisering aan telers is een zo goed mogelijke beheersing van populaties plantenparasitaire nematoden met behoud van opbrengst. De advisering hiervoor is gebaseerd op analyse van nematoden in grondmonsters genomen van betreffende percelen. Analyse vindt plaats in eigen laboratoria, zowel visueel als met DNA-technieken.

Virulentie- of rassenkeuzetoets

Inleiding

Door het grote verschil in de genetische achtergrond van AM-populaties, zowel bij *Globodera pallida* als bij *G. rostochiensis*, is voorafgaand aan een aardappelteelt niet altijd goed te voorspellen welke rassen qua resistentie het beste gaan uitpakken. Voor pootaardappeltelers, bloembollentelers en telers van ander vermeerderingsmateriaal die voor de teelt officieel AM-vrij moeten zijn, kan een matig-resistent ras tegen een bepaalde populatie funest zijn. Hierop kunnen zich namelijk teveel nieuwe cysten vormen, met nieuwe levende larven, en blijft de kans op een besmetverklaring groot.

Voor consumptie- en zetmeelaardappeltelers is het ook van groot belang om AM-besmettingen goed te beheersen, of beter nog: op te ruimen, zodat er een vrije keus in aardappelrassen blijft met een goede prijsvorming. Bovendien kan zo de ontwikkeling van virulente AM-populaties zoveel mogelijk worden voorkomen. Met de huidige DNA-technieken zijn de

verschillen tussen *G. pallida* en *G. rostochiensis* feilloos te meten, maar de minieme verschillen tussen de meer of minder virulente populaties onderling zijn nog niet goed aan te tonen. Op wetenschappelijk niveau wordt hier wel hard aan gewerkt, maar de vertaling van DNA van een populatie naar het beste ras tegen deze populatie is nu nog toekomstmuziek.

Virulentietest of rassenkeuzetoets

Met een virulentietest/rassenkeuzetoets in het laboratorium kan het effect van verschillende resistente rassen op de specifieke AM-populatie van een bepaald perceel of perceelgedeelte eenvoudig worden getoetst. Door deze toets kunnen vooral rassen die het op deze populatie niet goed genoeg doen worden afgestreept, en is de kans groot dat met een ras die het in de toets goed doet, de populatie sterk kan worden gereduceerd of beheerst. Hiermee wordt de kans op een AM-vrij verklaring voor telers met vermeerderingsmateriaal sterk vergroot en kunnen

consumptie- en zetmeelaardappeltelers de opbouw van de populatie sterk remmen.

Voor een goede toets zijn echter veel larven nodig: minimaal 20.000. Een vondst van een enkele cyst bij een intensieve bemonstering is hiervoor dan ook niet voldoende. Er zijn voldoende herhalingen nodig om een betrouwbaar beeld van de virulentie te verkrijgen. Bij een zwaardere besmetting of door een eventuele haard precies op te sporen zijn vaak wel voldoende larven te vinden voor een betrouwbare toets. HLB zet van februari tot mei deze rassenkeuzetoetsen in, nadat voldoende cysten met levende larven zijn aangeleverd en voldoende kleine knolletjes van de te toetsen rassen beschikbaar zijn. De toets duurt dan ongeveer 12 weken en is vooral bedoeld voor de invulling van rassen in de volgende 2 tot 3 aardappelteelten.

Als de beste rassen in de toets nog een te hoge vermeerdering laten zien, zal verder moeten worden gezocht of voor andere beheersmaatregelen dan resistentie gekozen moeten worden.



Het tellen van cysten in een rassenkeuzetoets (foto HLB).



Een AM valplek in het veld (foto: HLB).



Microscopisch onderzoek naar AM: het tellen met behulp van een microscoop van cysten die uit grond zijn opgespoeld (foto: HLB).

Grip op aardappelmoeheid in de praktijk

Doriet Willemen

redactie@knpv.org

Rassenkeuze en resistentieveredeling vormen een belangrijke insteek bij de beheersing van aardappelmoeheid, zoals te lezen is in dit themanummer. Andere invalshoeken, als bodemweerbaarheid, de toepassing van wekstoffen en toediening van micro-organismen, bieden nieuwe perspectieven voor de toekomst. Voor de praktijk op dit moment zijn onderstaande beslissingsondersteunende systemen en informatiebronnen van belang.

Beslissingsondersteunend systeem

Een goed hulpmiddel voor een teler is een beslissingsondersteunend systeem (BOS). In 2015 werd daartoe NemaDecide gelanceerd. Dit programma ondersteunt de teler bij de beheersing van verschillende aaltjes, waaronder het aardappelcysteaaltje. NemaDecide vertaalt een bemonsteringsuitslag naar een geografische kaart van het perceel. Hierdoor is in één oogopslag duidelijk waar precies op het perceel een aaltjesbesmetting aanwezig is. Door de hieraan gekoppelde geografische coördinaten kan de teler met NemaDecide Geo direct online een plaatsspecifiek beheersingsadvies maken. Het adviessysteem wordt momenteel herbouwd.



<http://www.nemadecide.com/index.html>

Aaltjesschema Best4Soil

Best4Soil is een Europees netwerk dat kennis deelt over het voorkomen en bestrijden van ziekten in de bodem. O.a. het aaltjesschema is hierin opgenomen. De Best4Soil databank geeft informatie over de waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van gewassen voor een groot aantal soorten nematoden, waaronder Globodera spp.. Met de informatie kan een teler de optimale volgorde bepalen om de verschillende gewassen te telen. De insteek is om een slechte waardplant te telen voorafgaand aan een gewas dat gevoelig is voor schade door deze plaag of ziekteverwekker. Hierdoor is de besmettingsgraad in het teeltjaar van het schadegevoelige gewas laag en treedt er geen of minder schade op.



<https://www.best4soil.eu/>

Integrated Globodera Management

De brochure *Beheersing van aardappelmoeheid in de akkerbouw* (november 2023) bundelt alle bestaande en tot dan toe ontwikkelde kennis uit het Plan van Aanpak AM. De brochure is een uitgave van BO Akkerbouw en biedt akkerbouwers en adviseurs praktische tools voor de beheersing van aardappelcysteaaltjes volgens de vijf pijlers van Integrated Crop Management (ICM). Voor handreikingen op het gebied van Integrated Globodera Management (IGM) in de dagelijkse praktijk verwijzen we graag hiernaar.



https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-Kennis-en-Innovatie/BO_AM_brochure_DIGITAAL.pdf

Beheersing van aardappelmoeheid in de akkerbouw

Alles over aardappelmoeheid (AM): achtergronden, regelgeving, bemonstering, bestrijding en beheersing



boakkerbouw

Brochure over de beheersing van aardappelcysteaaltjes volgens de vijf pijlers van Integrated Crop Management (bron: BO Akkerbouw).

Aardappelmoeheid steeds meer gereguleerd

Frans Janssen,
Evelyn van Heese,
Bram de Hoop &
Jeroen Stellingwerf

NVWA

Aardappelmoeheid (AM) is voor de NVWA een langlopend dossier met af en toe spannende momenten. Spannend zijn de momenten waarop de Europese regelgeving of andere internationale regelgeving wordt herzien of wanneer de Nederlandse implementatie onderwerp is van onderzoek door de HFAA (Inspectoraat van de EU-commissie: Health and Food Audits and Analysis). Daar waar de Europese regelgeving ruimte biedt voor nationale implementatie, heeft Nederland over de decennia heen deze ruimte benut om zoveel mogelijk risico-gericht te werken. Tevens geeft Nederland telers de mogelijkheid om vrijwillig grondonderzoek uit te laten voeren om vroegtijdige bestrijding van besmettingen mogelijk te maken. In dit artikel kijken we naar het spanningsveld tussen de quarantainestatus en de manier waarop Nederland uitvoering geeft aan de regelgeving. We bespreken de ontwikkelingen en uitdagingen die spelen in beleid en uitvoering.

Toenemende regeldichtheid en systeembenadering

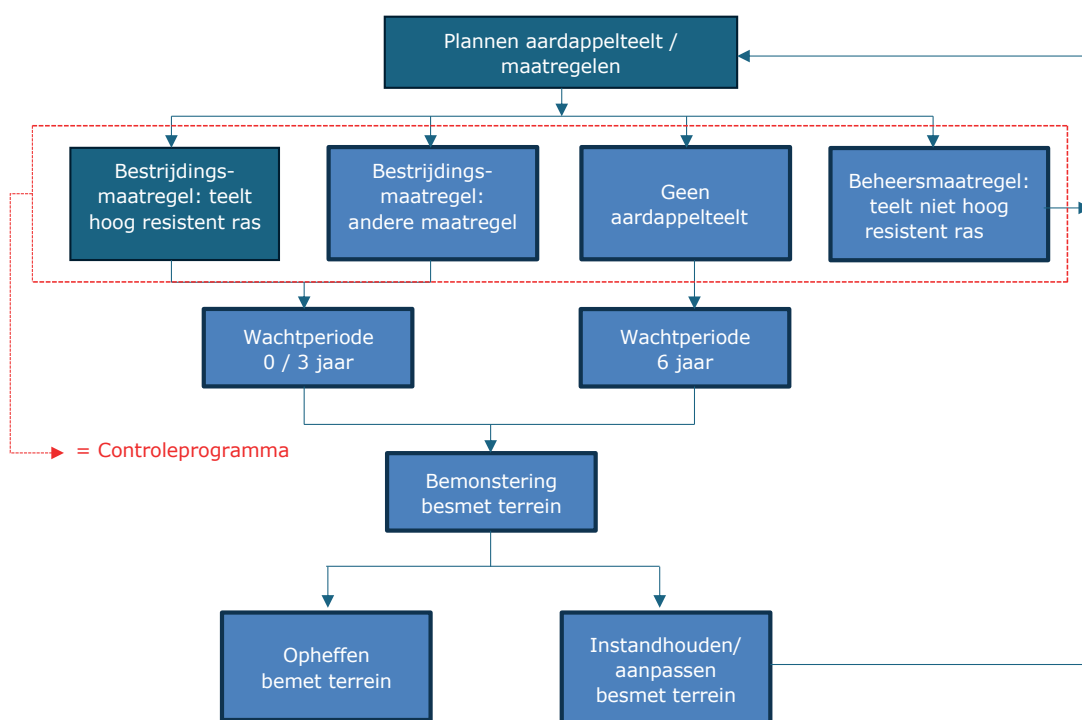
Historisch zien we een langzaam proces van steeds toenemende regelgeving. *Globodera pallida*

en *G. rostochiensis* (=veroorzakers aardappelmoeheid) zijn sinds 1943 quarantaine organismen in Nederland.

Vanaf 1949 bracht dit de verplichting met zich mee om voorafgaande aan de teelt van uitgangsmaterialen percelen te bemonsteren op AM.

In 1969 werd de eerste Europese richtlijn voor AM vastgesteld: richtlijn 69/465/EEG. Nederland heeft lang gewacht met het implementeren van één van de eisen uit deze richtlijn, namelijk het besmet verklaren van besmet bevonden delen van een perceel. Pas na de missie van de FVO (Europese inspectoraat, voorganger van HFFA) in 2000 is de toenmalige Plantenziektenkundige Dienst (PD) op 1-1-2004 gestart met het opleggen van besmetverklaringen op basis van vondsten in officieel grondonderzoek.

De EU-commissie constateerde aan het begin van deze eeuw grote verschillen tussen landen in de toepassing van de AM-richtlijn. Dit was de aanleiding voor verdere harmonisatie in de vorm van de richtlijn 2007/33/EG, die in 2010 in werking trad. In de ontwikkelfase heeft de toenmalige Plantenziektenkundige Dienst (PD) een belangrijke



Proces van opheffen van besmetverklaring aardappelmoeheid.

rol gespeeld in discussies over drie wezenlijke elementen: bemonsteringsintensiteiten, afbakening van besmettingen rondom de vondsten en tijdsperiodes waarna bemonstering van besmette terreinen toegestaan is. De impact van de nieuwe richtlijn was mede daarom beperkt: maar een deel van de monsternamen is verhoogd van 600 naar 1500 ml grond/ha (was altijd 600 ml), de termijn van bemonstering van besmet terrein werd verlengd naar slechts 3 of 6 jaar (was 1 jaar) en er was ruimte om de afbakening van besmettingen te beperken tot 16 meter rondom de besmette bemonsteringsstrook (was 6 meter, dreigde het hele perceel te worden). Onderzoek van de WUR (haardenmodel) heeft bij dit laatste een cruciale rol gespeeld.

De aanpak van besmettingen werd meer systeemgericht door eisen aan afzet van besmette partijen en veilige aanwending van aardappeltarragrond. De NVWA heeft hiervoor toezicht op telers en aardappelverwerkende bedrijven ingeregeld, met ruimte voor afzet van tarragrond op landbouwpercelen.

Dankzij de sterke inzet van de PD op een specifieke formulering in de AM-richtlijn kon het vrijwillig grondonderzoek zonder meldingsplicht van vondsten behouden blijven. Wel bleek het bij de implementatie



Machine met aanhangende grond.

van de EU-richtlijn nodig om de uitvoering van de officiële AM-bemonstering en laboratoriumonderzoek exclusief bij de NAK als officiële instantie onder te brengen, waarbij private laboratoria (en zij alleen) nog vrijwillig onderzoek mochten uitvoeren. Op vergelijkbare wijze is het resistentieonderzoek overgebracht van bedrijfslaboratoria naar onafhankelijke laboratoria (HLB en NAK).

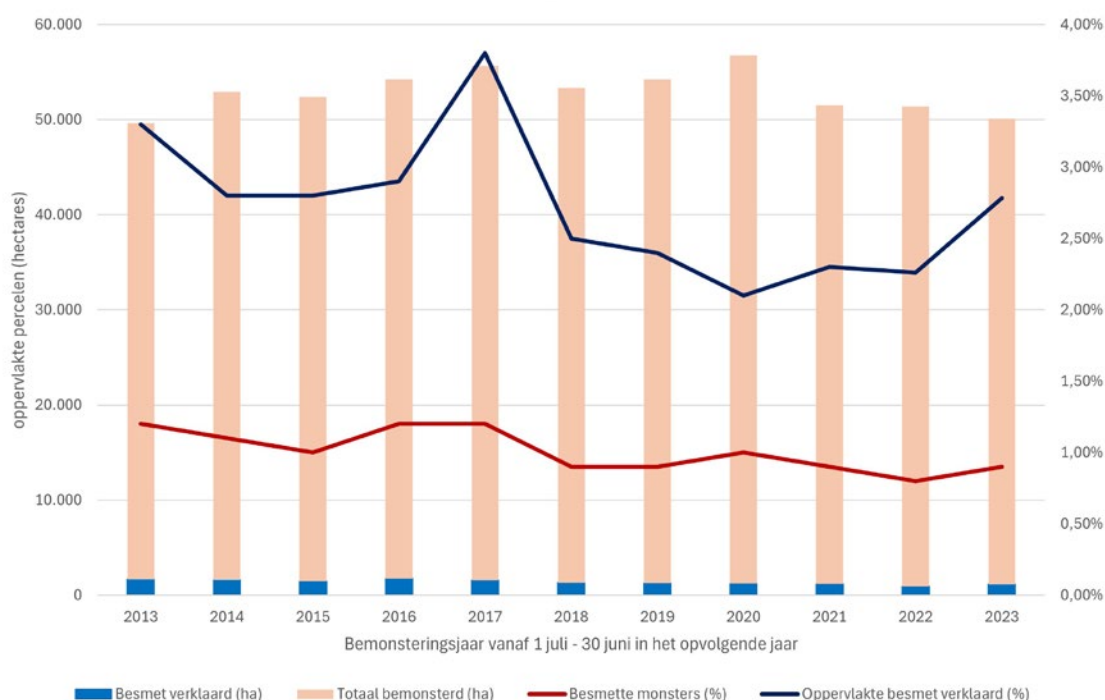
Onder de nieuwe Plantgezondheidsverordening (EU) 2016/2031 kreeg de Europese AM-regelgeving de status van wet, niet alleen voor “boeren en burgers” maar ook voor NVWA en NAK. Onder tijdsdruk zette de EU-commissie – zonder veel inspraak – de AM-richtlijn om naar een uitvoeringsverordening: (EU) 2022/1192. Dit had mede tot gevolg dat Nederland alleen via een overgangsregeling door kon gaan met de door de NAK toegepaste moleculaire toets (Beniers et al., 2014) voor de identificatie van AM-cysten. In nauwe samenwerking tussen NAK en NVWA is deze methode alsnog in 2024 door de EU-commissie geaccepteerd en in de AM-verordening opgenomen.

De EU-verordeningen zijn juridisch bindend maar makkelijk aan te passen. Een overtuigende technisch-wetenschappelijke onderbouwing draagt sterk bij aan het draagvlak bij EU-commissie en lidstaten. Op verzoek van Nederland is inundatie als bestrijdingsmaatregel opgenomen in de AM-verordening. Op basis van onderzoeksresultaten van WUR Open Teelten kon de EU ermee instemmen, dat na inundatie geen wachtperiode voor bemonstering van besmet verklaarde terreinen nodig is.

Met de huidige AM-verordening heeft de EU aanvullende stappen gezet in de systembenadering. Het meest in het oog springt de verplichting voor telers en loonwerkers om machines schoon te maken na inzet op besmet verklaarde perceelsdelen. Zoals we eerder al beschreven worden besmettingen in Nederland scherp afbakent. De plicht tot schoonmaken kan



Waarschuwing voor aardappelmoeheid uit jaren 40.



Grafiek 1: Bemonstering en besmetverklaring voor aardappelmoeheid (2013-2023).

dus ook midden op een oppervlakte met aardappel, graan, bieten, enz. van toepassing zijn! De al lang slepende hygiëne-problematiek is zo onderdeel van fytosanitaire regelgeving geworden. De NVWA is dit jaar begonnen met inspecties op schoonmaken van machines om beter grip op de materie te krijgen. We zien dit in deze fase als een leer- en ontwikkeltraject voor onszelf, telers en loonwerkers en naar verwachting later ook machinebouwers. Het laat zich raden, dat het schoonmaken van bepaalde grote machines onder natte omstandigheden niet efficiënt uitvoerbaar is. We staan in Nederland pas aan het begin van het nadenken over oplossingsrichtingen ("de wal keert het schip" maar wie/wat is wal en schip?).

Grote getallen in de uitvoering en uitkomsten

Nederland is wereldwijd een grote producent van plantaardig uitgangsmateriaal. Om te garanderen dat dit materiaal vrij is van AM dient jaarlijks een groot areaal bemonsterd te worden op de aanwezigheid van AM. Grafiek 1 toont de bemonsterde oppervlaktes van de afgelopen 10 jaar. Het gaat daarbij om grote aantallen monsters, bijv. in periode juli 2023 t/m juni 2024 heeft de NAK voor dit doel 121.671 (!) monsters genomen en onderzocht. De NAK kan dit grote aantal monsters aan door ontwikkeling van efficiënte werkwijzen voor monsteraanvraag, -name en -onderzoek. Denk hierbij aan GEO-informatie, inzet van de quad bij bemonstering en vergaande geautomatiseerde verwerking van grondmonsters.

Grafiek 1 laat zien welk deel van de monsters en bemonsterde oppervlakte besmet is bevonden met AM. Vondsten van AM zijn te verwachten gezien de brede verspreiding van AM en de intensieve aardappelteelt in Nederland. De besmetverklaringen worden door de NVWA opgelegd. In de periode juli 2023 t/m juni 2024 betrof het 521 besmet verklaarde perceelsdelen op 482 bemonsterde percelen, met een totaaloppervlakte van 1091 ha. Het percentage besmette monsters laat een redelijk constant beeld zien. Dit wijst erop dat telers in staat zijn om aardappelmoeheid met de beschikbare instrumenten goed te beheersen. Belangrijk hierbij zijn het al genoemde intensief vrijwillig grondonderzoek en de vroegtijdige bestrijding door inzet van resistente aardappelrassen.

Zo'n 1500 van de ruim 6000 opgelegde en nog actieve AM-besmetverklaringen zijn voor 2010 opgelegd. De NVWA vindt dit een onwenselijk hoog aantal, wat ook de geloofwaardigheid van de effectiviteit van het Nederlandse AM beleid ondermijnt. Het laat zien dat een deel van de grondgebruikers geen belang heeft bij bestrijding en vrijgave van besmettingen. De NVWA wil striktere eisen gaan stellen, waardoor telers sneller bestrijdingsmaatregelen gaan nemen en/of bemonstering van besmet terrein aanvragen. Hierdoor komt scherper in beeld waar in Nederland de actuele risico's van AM liggen.

Voor de export van pootaardappelen neemt de NAK jaarlijks ook nog eens ruim 2000 zgn. 'aanhangend grondmonsters', die bij het afzakken van pootaardappelen worden genomen. Hierin worden slechts

sporadisch AM-cysten aangetroffen. Dit wijst erop dat het verspreidingsrisico van AM via aanhangende grond aan pootaardappelen klein is.

Toezicht is uitdagend

De toegenomen regelgeving en de fijnmazige implementatie stelt bedrijven en inspecteurs van NVWA en NAK voor flinke uitdagingen. Soms merken de inspecteurs tijdens het toezicht dat telers niet alle verboden en/of verplichtingen voor een besmet verklaard perceelsdeel goed in beeld hebben.

Maatregelen die gelden op een AM besmet verklaard perceelsdeel

- Plicht tot schoonmaken machines na werken op besmet verklaard perceelsdeel
- Teeltverboden: pootgoed, te laag resistent aardappelras, bepaald plantmateriaal
- Verplichte afzet van aardappelen van besmet terrein aan door NVWA erkende verwerker
- Door NVWA goedgekeurde maatregelen ter bestrijding of beheersing van AM op besmet verklaard terrein, incl. teelt hoog resistent ras (=controleprogramma)
- Na wachtperiode aanvragen bemonstering van besmet verklaard terrein
- Zorgen voor registraties t.b.v. traceerbaarheid
- Plicht tot informeren bij verhuur of overdracht

Het lastigste voor inspecteurs is het opsporen van mogelijke fraude. Zo mogen pootgoed en consumptieaardappelen naast elkaar geteeld worden op een

perceel met besmette en niet-besmette perceelsdelen. Dit mag ook hetzelfde ras betreffen. Het opzettelijk vermengen van de oogst van de besmette en niet-besmette perceelsdelen is een vorm van misleiding, die het vertrouwen in de fytosanitaire garanties ernstig ondermijnt. De NVWA heeft een adviserende rol bij het opstellen van (goed handhaafbare) regelgeving. In het genoemde voorbeeld kan de NVWA adviseren om te verplichten, dat op zo'n perceel alleen teelt van consumptieaardappelen en pootgoed van verschillende rassen toegestaan is.

Onderzoek en ontwikkeling als antwoord op uitdagingen

Naast het veelvuldig voorkomen van langdurige AM-besmettingen van percelen is vooral de doorbraak van resistenties door nieuwe virulente AM-populaties zorgwekkend. Vooral doordat de inzet van resistente aardappelrassen één van de belangrijkste bestrijdingsmaatregelen is tegen AM.

De NVWA werkt nationaal nauw samen met onder meer onderzoeksorganisaties (WUR, HLB) en aardappelveredelingsbedrijven om de virulentie ontwikkeling in de Nederlandse AM-populaties te volgen en samen op zoek te gaan naar oplossingen. Dit vond o.a. plaats binnen het PPS project *Pallifit* dat in december 2021 werd afgerond. Dit project heeft aangetoond, dat selectie in het veld heeft geleid tot *Globodera pallida*-populaties die resistentie kunnen doorbreken, met name tegen het belangrijke gen $GpaV_{vm}$. Vergelijking van de genomen van (a) virulente populaties wijst op één enkel selectie-event. Dit geeft aan dat resistenties kwetsbaar zijn. In het huidige PPS project *Palligen* probeert men het virulentiegen te karakteriseren. Dit is nodig voor de ontwikkeling van een snelle moleculaire toets waarmee de mate van virulentie van veldpopulaties bepaald kan worden - een belangrijke stap richting een effectief bestrijdingsprogramma en rassenkeuze. Daarnaast is de NVWA ook internationaal actief binnen het EU-Horizon project NEM-EMERGE "An integrated set of novel approaches to counter the emergence and proliferation of invasive and virulent soil-borne nematodes", waarin virulente AM-populaties een grote rol spelen.

Mede op basis van deze samenwerkingen neemt de NVWA tezamen met de aardappelsector besluiten tot toevoegen van nieuwe toetspopulaties binnen het officiële AM-resistentie onderzoek voor aardappelrassen.

De kwetsbaarheid van resistentie tegen AM vereist voortdurende investeringen in ontwikkeling van nieuwe resistente aardappelrassen. Nederlandse



Machine NAK voor geautomatiseerd spoelen van grondmonsters.

handelshuizen zijn hierin internationaal koplopers en de veredeling van nieuwe rassen is de motor van de Nederlandse aardappel industrie. De lange duur van aardappelveredeling, tot wel 12 jaar voordat een nieuw ras is (uit)ontwikkeld, veroorzaakt wel dat de teelt voortdurend achter de feiten aanloopt. Mogelijk dat nieuwe veredelings technieken, onder andere via True Potato Seed (echt aardappelzaad), op termijn kunnen zorgen voor snellere veredeling en daarmee beschikbaarheid van nieuwe resistente rassen voor telers.

Tot slot: reflectie

Bij nauwkeurige beschouwing is duidelijk dat de EU-regelgeving van aardappelmoeheid er niet op gericht is om alle risico's van verspreiding volledig af te dekken. De bemonsteringsintensiteit en de verplichte maatregelen op een besmet terrein bevatten een zekere tolerantie en risicoacceptatie. Hiermee blijven de regels ook uitvoerbaar. Het is duidelijk dat dit bewuste keuzes betreft, aangestuurd door vakspecialisten. De regelgeving is echter ondergebracht in het quarantaine-regime, dat uitgaat van "no risk for spreading". De spagaat tussen enerzijds de vakkennis en inzicht over de genoemde toleranties en anderzijds het patroon van het steeds verder dichtregelen van AM als quarantaine organismen voelt oncomfortabel aan. Kunnen wij aan een EU-inspecteur uitleggen dat een beetje grond aan een machine een marginaal, en dus acceptabel, risico met zich meebrengt? Dit spanningsveld brengt uiteraard risico's voor de sector met zich mee: van verdere kostenverhogingen in verband met hygiëne en meer beperkingen in gebruik van kostbare landbouwgrond. Wat ons betreft vraagt dit om verdere opbouw van kennis over AM en doorlopende alertheid van de NVWA in de internationale vertegenwoordiging.

Ook kan gesteld worden dat "het AM-probleem" voor een goed deel veroorzaakt wordt door een te intensieve aardappelteelt. Een economische realiteit, maar fytosanitair gezien onwenselijk.

Voorlopig ziet de NVWA geen ruimte binnen het internationale overleg voor bezinning op de effectiviteit van de EU-verordening. Als professionals doen we wel eens een gedachtenoefening en stellen we onszelf vragen. Je zou bijvoorbeeld kunnen overwegen om het hele pakket maatregelen te vervangen door een simpele constructie waarbij delen van percelen maximaal 1 x per 3 jaar bemonsterd mogen worden (met zgn. 'RNQP status' van AM). Een vondst van AM betekent dan drie jaar wachten, waarbij de teler zelf aan zet is om de nematoden op het perceelsdeel maximaal te bestrijden t.b.v. een vrije uitslag na 3 jaar. Of is juist een aanscherping van beleid nodig om zoveel mogelijk percelen in Nederland en daarbuiten te beschermen tegen (andere/nieuwe pathotypen van) AM?

Gesteld kan worden dat de inzet op een geïntegreerd gewas managementsysteem met onder andere een goede monitoring, ruime gewasrotatie en slim rassengebruik, en hygiëne (tarragrond, reststromen, machines, aardappelopslag) een strategisch belang heeft voor het beheersen van fytosanitaire risico's dat verder gaat dan AM. Zo'n geïntegreerde aanpak kan de kwetsbaarheid van de sector bij introducties van nieuwe schadelijke organismen verkleinen. Denk hierbij aan een voor Nederland nieuwe AM-soort of aan andere bodemgebonden ziekten en plagen. Vanuit deze optiek is ons inziens inzet op hygiëne en preventie van verspreiding in brede zin zeker de moeite waard.



Resistentie-onderzoek voor AM bij de NAK



NAK inspecteur efficiënt op pad om te bemonsteren met een quad

Resistentieveredeling tegen aardappelmoeheid bij Averis

Jasper Tammes & Daan Langendoen

Averis

Averis

Averis is een aardappelhandelshuis en aardappelveredelingsbedrijf in Valthermond, Drenthe. Ze is een 100% dochter van Avebe en vertegenwoordigt rassen die geteeld worden in alle teeltgebieden van aardappelen in Europa, vooral op het gebied van zetmeelaardappelen en aardappelen voor vlokken en granulaat. Het bestaansrecht wortelt zich in het veredelen van aardappelmoeheid (AM; *Globodera pallida* en *G. rostochiensis*) resistente aardappelrassen, wat mede door de intensieve aardappelteelt een groot probleem was in het noorden van Nederland, waar Averis rassen toen voornamelijk verbouwd werden. Het bedrijf is ruim 70 jaar geleden opgericht, toen nog onder de naam KARNA (Kweekinstituut van Aardappelrassen ten behoeve van de Nederlandse Aardappelmeelindustrie) en later overgenomen door Royal Avebe.

AM-resistentieveredeling

Van oudsher wordt resistentie tegen aardappelmoeheid (AM-resistentie) bij Averis onderzocht met biotoetsen. Als eerste selectie wordt de zogenaamde Closed Container (CC) toets gebruikt (Figuur 1A), waarin alle jongerejaars in het kweekprogramma worden getoetst op AM-resistentie. In de CC toets wordt een klein knolletje in een doorzichtige beker opgegroeid en geïnoculeerd met zes cysten. De aaltjes hebben dan twee maanden de tijd om de wortels te infecteren, waarna aan de buitenkant de nieuwgevormde cysten geteld kunnen worden. Deze methode is uitermate geschikt om de meest vatbare genotypen weg te selecteren.

De meest resistente genotypen worden vervolgens uitgebreider getoetst in een spoeltoets (Figuur 1B). In de spoeltoets worden de potentiële aardappelrassen opgegroeid en geïnoculeerd met een eiersuspensie. Om tot een nauwkeurigere bepaling van resistentie te komen, wordt na drie maanden de gehele potinhoud opgespoeld en worden alle cysten geteld. De meest resistente individuen uit deze toets worden het volgende jaar nogmaals getoetst ter validatie.

Tegenwoordig maakt Averis naast de biotoetsen gebruik van merkergestuurde veredeling. In wetenschappelijke literatuur en in het eigen onderzoek wordt gezocht naar stukken DNA die voorspellend zijn voor resistentie eigenschappen (merkers). Door te selecteren op combinaties van merkers kan het jaar na de kruising al grofweg 90% worden weggegooid. Hierdoor is er meer ruimte om zaden uit te zaaien. Ieder jaar worden er dan ook ruim 500.000 zaden uitgezaaid, waarna het ongeveer tien jaar duurt tot de introductie van een nieuw ras.

Het is nog altijd het doel om rassen op de markt te brengen die resistent zijn tegen de bekende AM-pathotypen (Ro1, Ro23, Pa2 en Pa3). Als rassen een resistentiescore van minimaal 8 scoren (relatieve vatbaarheid <3%), komen ze in aanmerking voor aanmelding. Echter, deze resistentiescores dekken al

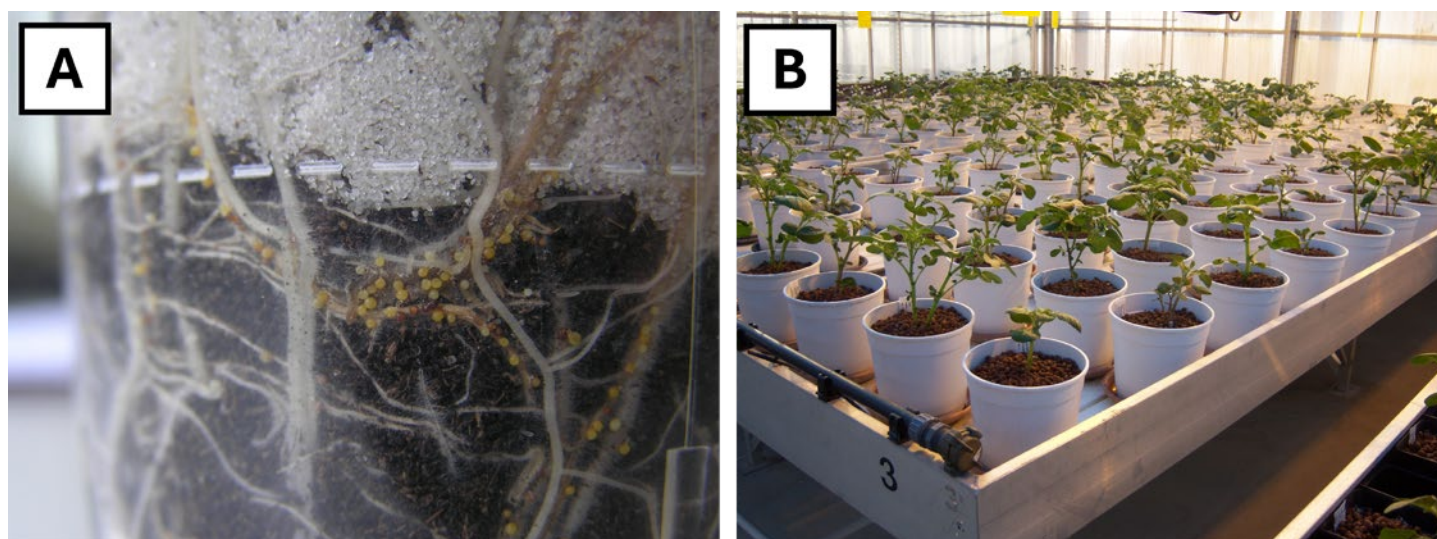
lang de lading niet meer door de opkomst van virulente aaltjes.

Virulente aaltjes

Met de introductie van hoogresistente rassen rond 2000 ontstond de indruk dat de AM-problematiek tot het verleden behoorde. Deze situatie veranderde ongeveer tien jaar geleden, toen het aantal AM-besmettingen opnieuw toenam. Monsters van percelen die op papier resistente aardappelrassen teelden werden mede door Averis in het *Pallifit* project onderzocht. De resultaten bevestigden dat deze “virulente” aaltjes zich konden vermeerderen op hoogresistente aardappelrassen. Hoogstwaarschijnlijk komt dit door jarenlange uitselectie van een bepaald gen binnen de aaltjespopulaties, waardoor een initieel kleine hoeveelheid virulente individuen zich ondanks de resistentie kon voortplanten.

Voor Averis was dit een kans om verder te veredelen. Door het virulente aaltje te gebruiken om het volledige programma door te toetsen, zijn er aardappelsoorten gevonden die nog wel resistentie boden. Dit resulteerde in het recent gecommercialiseerde ras Aletta, dat resistent is tegen de virulente AM-populaties die in de Veenkoloniën voorkomen (Figuur 2).

Jaarlijks worden nieuwe generaties aardappels uit het commerciële programma getoetst op resistentie tegen deze virulente AM-populaties. De focus ligt op het opwerken van unieke resistenties, afkomstig uit wilde soorten uit Zuid-Amerika. Naarmate de veredeling vordert, blijft er van het ‘wilde’ karakter weinig over: bij iedere generatie wordt geselecteerd op wenselijke raseigenschappen zoals aanpassing aan Europese daglengtes, opbrengst en ziektegevoeligheid. Uit onderzoek blijkt dat er nog volop resistentie eigenschappen uit wilde bronnen beschikbaar zijn die langzaam maar zeker aan de Averis rassen worden toegevoegd. Dit kost echter wel tijd: nieuwe resistentiebronnen moeten eerst een aantal keer gekruist worden met goed opbrengende aardappelrassen om



Figuur 1: Biotoetsen bij Averis. A) Aardappelpcystenaaltjes zoals te zien in de Closed Container toets. B) Aardappelrassen worden getoetst op AM-resistentie in de spoeltoets.

tot een ras te komen dat voldoet aan de vele eisen die gesteld worden.

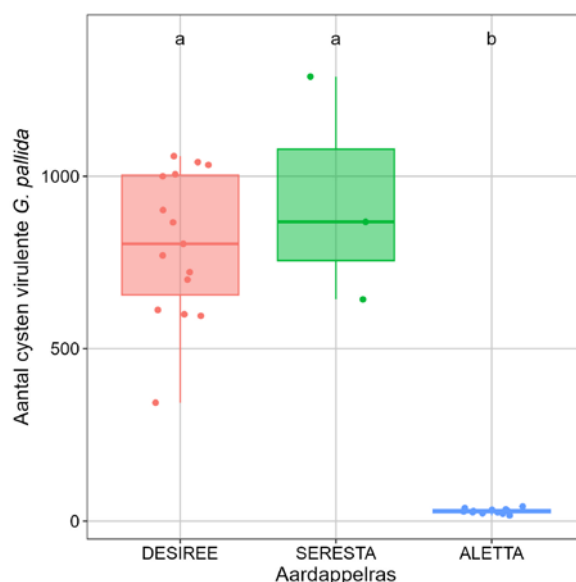
Samenwerkingen en perspectief

Naast het eigen onderzoek gaat Averis veel samenwerkingen aan om gezamenlijk tot een antwoord te komen op de AM-problematiek. Samen met kennisinstituten, universiteiten, overheid en concullega's binnen de aardappelsector zijn al flink wat projecten opgetuigd. Naast het eerdergenoemde *Pallifit* zijn dat o.a. het *Rostofit* project, waar wordt gezocht naar virulente *Globodera rostochiensis* aaltjes en het *Palligen* project waar wordt gewerkt aan het ontwikkelen van een DNA merker voor eenvoudige identificatie van virulente *Globodera pallida*. Andere projecten zijn het *Holland Innovative Potato* project en *Rostoresist* waar wordt gezocht naar andere resistentiebronnen en resistentiemechanismen. In nieuwere projecten worden bekende resistentiegenen gekarakteriseerd en onderzocht hoe AM zich gedraagt bij gemixte infecties met (vrijlevende) aaltjes. Tenslotte werkt Daan Langendoen naast zijn baan als fytopatholoog bij Averis, aan een PhD-project bij de Wageningen Universiteit. Hij onderzoekt hier hoe al deze kennis kan worden ingezet om tot een duurzame vorm van resistentie te komen.

Figuur 2: Aardappelras Aletta is resistent tegen het virulente *G. pallida* aaltje van de Veenkoloniën. De resultaten komen uit onderzoek van Averis waarin *Desirée* (vatbare controle) en *Aletta* van 2020-2024 ieder jaar getoetst zijn in een spoeltoets (protocol gelijk aan officiële toets NAK/HLB) op cystenpopulatie Ampop02S4D. Ter vergelijking is in 2020 het (tegen de klassieke pathotypen) resistente ras *Seresta* meegenomen. *Aletta* heeft een significant lagere aaltjesvermeerdering dan *Desirée* en *Seresta* (Kruskal Wallis; $p < 0.05$).

De oogst van morgen

In het verleden was AM-resistentie in aardappel weinig inzichtelijk en achteraf gezien was resistentie vaak gebaseerd op slechts één resistentiegen. Deze aanpak is, zoals gebleken, behoorlijk kwetsbaar. Met de opkomst van moleculair onderzoek is het tegenwoordig beter mogelijk om de genetische basis van AM-resistentie in kaart te brengen. Hierdoor kunnen resistenties gerichter worden gecombineerd in nieuwe aardappelrassen. Deze combinaties maken het voor aaltjes aanzienlijk moeilijker om zich aan te passen en de resistenties te doorbreken. Dit biedt perspectief voor de duurzame beheersing van AM. De vooruitzichten zijn nu veelbelovend: een intensieve aardappelteelt blijft, ook met het oog op AM, goed haalbaar.



Wekstof als gewasbeschermingsmiddel tegen aardappelvormende aaltjes

Hans Mulder

Aardappelvormende aaltjes (*Globodera rostochiensis* en *G. pallida*) zijn verantwoordelijk voor grote verliezen in de aardappelteelt en er wordt al ruim honderd jaar gezocht naar efficiënte mogelijkheden van bestrijding. Aardappelvormende aaltjes kunnen in de grond jaren overleven, wachtend tot een aardappelwaardeplant beschikbaar is. Onder invloed van de aardappelplant worden de aaltjes uit hun rust gewekt. Het onderzoek van de afgelopen 100 jaar heeft zich niet alleen toegespitst op de praktische bestrijding van de nematoden, maar ook naar de opheldering van dit proces van wekking. Reeds in de jaren dertig van de vorige eeuw vonden diverse onderzoekers dat bepaalde stoffen die de aardappelwortels uitscheiden, een prominente rol spelen bij deze wekking en het infectieproces. Duidelijk werd dat de wortel-exsudaten van de aardappel en diverse andere Solanaceae een positief effect hadden op de werking, waarbij gemiddeld 80% van de populatie gewekt kon worden. In onder andere Engeland (vanaf de jaren 1930 tot nu), Nederland (jaren 1950-1965, 1985-1995 en momenteel), en Frankrijk (jaren 1980) is er uitgebreid onderzoek gedaan naar het ophelderen van het werkingsmechanisme van de wekstoffen en de opheldering van de structuur van deze wekstoffen.

In 1977 hebben Clarke en Perry een uitgebreide review geschreven over wat er destijds bekend was over de diverse factoren die van invloed waren op de wekking van aaltjes. Lag de focus van het onderzoek in de beginjaren nog vooral op de biologische bestrijding, met de komst van de zeer goed werkende chemische grondontsmettingsmiddelen, zoals onder andere 1,3-dichloorpropeen (DD) en metam natrium (Monam) verschoof de focus. Langzaam realiseerde men zich echter dat het veelvuldig en op grote schaal gebruiken van deze middelen nadelige invloeden kon hebben op mens en milieu. In de jaren 80 van de vorige eeuw begon men, gezien deze nadelige gevolgen en in het kader van veranderende regelgeving (Nota Gewasbescherming, 1983 gevolgd door het Meerjarenplan Gewasbescherming, 1992), te kijken naar alternatieve mogelijkheden voor de bestrijding van het aardappelvormende aaltje. Medio jaren 80 heeft Luxan BV een meerjarig project opgestart met het doel de chemische structuur van de wekstoffen te ontrafelen, vervolgens deze stoffen te synthetiseren en toe te passen in de periodes dat er geen aardappelen op het veld staan. Projectleider hierbij was TNO-Zeist, met medewerking van het H.L. Hilbrands Laboratorium voor Bodemziekten

(HLB) en het Nederlands Instituut voor Koolhydraat Onderzoek van TNO (NIKO-TNO). TNO-Zeist was verantwoordelijk voor het zuiveren van de wekstoffen, de karakterisering van de structuurformules, de synthese en de ontwikkeling van de grootschalige, biotechnologische productie hiervan. Het H.L. Hilbrands Laboratorium voor Bodemziekten was verantwoordelijk voor de productie van het wortel-exsudaat (aardappel en tomaat) waaruit de wekstoffen gewonnen zouden worden, de biologische toetsing van de wekking van de fracties en de kas- en veldproeven. NIKO-TNO was o.a. verantwoordelijk voor een deel van de zuivering en toegepast onderzoek. Het project liep uiteindelijk van 1986 tot 1994.

Productie van wekstoffen

In eerste instantie is gekeken naar de productie van wekstoffen door Solanaceae soorten en aardappelrassen. Hierbij werd bevestigd dat sommige Solanaceae geen wekstoffen produceren en er tevens verschil in mate van wekstofproductie was tussen diverse rassen. Opvallend in het geheel was dat er duidelijke verschillen waren tussen de reactie van *G. rostochiensis* en *G. pallida* op de wekstoffen. Teneinde het optimale moment van toepassing van wekstoffen te bepalen is er over een periode van 2 jaar gekeken welk effect de seizoenen hebben op de mate van wekking van de nematoden. Er was een duidelijke trend van periodiciteit te zien. Gelijktijdig met deze bevindingen kwam een Engelse onderzoeksgroep met resultaten die dit onderschreven. Teneinde de wekstofproductie te verhogen is er gekeken naar de productie en het wegvangen van wekstoffen in een commerciële tomatenteelt van ongeveer anderhalve hectare. Hierbij bleek dat er in het recirculatiewater een aanzienlijke hoeveelheid wekstof aanwezig was. Zoals al verwacht waren er meerdere componenten met een meer of mindere mate van wekking. Dit leek een veelbelovende manier van productie, maar het was erg bewerkelijk omdat per tomatenteler een aparte installatie nodig was. Er werd daarom tevens gezocht naar een meer gecontroleerde productiewijze; productie van wekstoffen met behulp van celcultures van Solanaceae (met name aardappel of tomaat). In laboratoriumopstellingen bleek dit een succesvolle methode en er kon, zei het op kleine schaal, wekstof geproduceerd worden. Het voert te ver om hier het hele productie- en zuiveringsproces van de wekstof te beschrijven, deze methode is in detail beschreven in het patent US5585505A:

Method of producing potato cyst nematode hatching stimulus (1994).

Zoals aangegeven was een van doelstellingen het ophelderen van de structuurformule van de wekstof of wekstoffen. Dit heeft de nodige hoofdbreken en vruchtloze pogingen gekost. Uiteindelijk is het het laboratorium van TNO-Zeist gelukt om kristallen van de wekstof te zuiveren die stabiel waren voor Röntgen Diffractie analyse. Het gevonden molecuul werd Solanoeclepin A genoemd, in navolging van de gezuiverde wekstof van soja (Glycinoeclepin A). Er bleken veel overeenkomsten te zijn in de structuren. Solanoeclepin A bleek een groot en zeer complex molecuul te zijn ($C_{27}H_{30}O_9$) met drie-, vijf-, zes- en zevenringen (zie figuur 1.).

Gedurende het gehele project zijn er uitgebreide werkingsproeven in het laboratorium en in het veld uitgevoerd onder diverse omstandigheden, met ruw wortellexsudaat en gezuiverde wekstof, waaruit bleek dat zowel ruw wortellexsudaat als gezuiverde wekstof een goede werking hadden in de laboratorium- en kasexperimenten. De veldexperimenten gaven een iets ander beeld te zien, waarbij, met name op gronden met hoog organisch gehalte een veel hogere dosering noodzakelijk was. Al met al is het raadsel

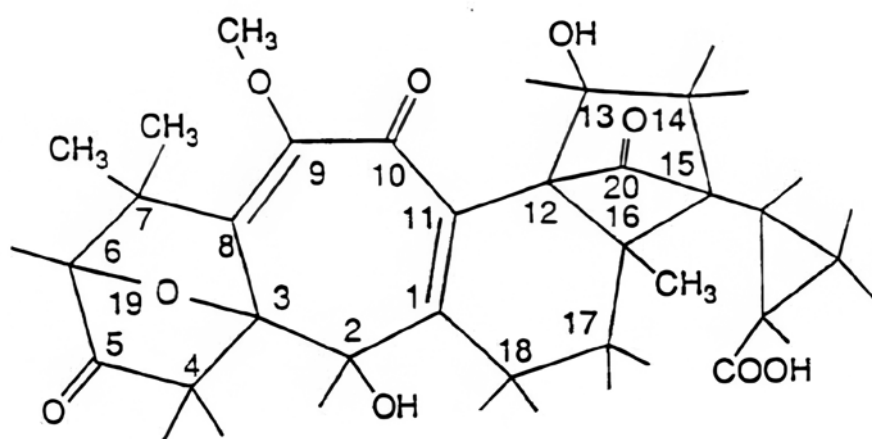
van de belangrijkste wekstof van het aardappel-cysteaaltje opgelost, maar werd destijds vanwege de complexiteit en de benodigde investeringen het project afgesloten. Het was een mooi voorbeeld van multidisciplinaire samenwerking van industrie en onderzoeksinstituten waarbij een volgende stap in de oplossing van het aardappelmoeheidsprobleem was gezet. In de opvolgende jaren is dit onderzoek verder opgepakt en uitgediept, waar in het artikel van André Machado Bertran (pag. 206) en het interview met Roland Berdaguer en Lemeng Dong (pag. 210) verder op in wordt gegaan. Af en toe heeft onderzoek tijd nodig om te rijpen.

Voor meer informatie zie:

A.J. Clarke en R.N. Perry (1977): Hatching of cyst-nematodes. *Nematologica* 23 (1977): 350-368.

J.G. Mulder, P. Diepenhorst, P. Plieger and I.E.M. Brüggemann-Rotgans (1993). *PCT Int Appl.*, WO93/02,083; *Chem Abstracts* 118 (1993) 185844z.

H. Schenk, R.A.J. Driessen, R.A.J. de Gelder, K.Goubitz, H.Nieboer, i.E.M. Brüggemann-Rotgans en P. Diepenhorst (1999). Elucidation of the structure of Solanoeclepin A, a natural hatching factor of potato and tomato cyst nematodes, by single-crystal x-ray diffraction. *Croatia chemica acta*, 72(2-3), 593-606.



Figuur 1: Structuurformule van Solanoeclepin A.



Aardappelcysteaaltje (juvenile stadium 2) naast een leeg ei (foto: Hans Mulder).

Aardappelwortelexsudaten en het wekken van aardappelcysteaaltjes: stand van zaken en mogelijke toepassingen

André Machado Bertran

HLB

Zoals beschreven in het artikel van Hans Mulder wordt al langere tijd onderzoek gedaan naar wekstoffen en het uit het ei komen van aardappelcysteaaltjes (ACA). Dit artikel bestrijkt de periode vanaf midden jaren negentig tot nu. Sinds het midden van de jaren negentig en de ontdekking van de moleculaire structuur van Solanoeclipin A (SolA) tot de publicatie van een methode om SolA volledig *de novo* (d.w.z. volledig kunstmatig, zonder gebruik van aardappelplanten of aardappelwortsudaten) te synthetiseren in de jaren 2010 hebben diverse onderzoekers zich toegelegd op het zoeken naar andere wekstoffen in wortelexsudaten. Deze onderzoeken toonden een consistente rol van steroïde glycoalkaloïden (SGA's) bij de wekking van aardappelcysteaaltjes (ACA). Na de chemische synthese van SolA in 2011 werd het steeds duidelijker dat SolA een behoorlijke belangrijke wekstof is voor ACA, omdat het door ACA wordt gedetecteerd en zorgt voor een sterke wekking van levensvatbare eieren bij veel lagere concentraties dan SGA's.

Ontdekkingen

Ondanks de grote impact van de ontdekking van de chemische synthese van SolA, bleek uit onderzoek dat deze synthese economisch grotendeels onhaalbaar was, aangezien er meer dan 40 chemische stappen nodig waren om SolA te produceren. Het succes van de Japanse wetenschappers had echter wel een direct effect op vervolgonderzoek in dat land en ook hier in Nederland, omdat dankzij dit onderzoek er nu een zuivere chemische standaard was voor SolA.

In de jaren 2000 en begin 2010 stelden enorme verbeteringen in DNA- en RNA-sequentietechnologieën, evenals de publicatie van de eerste genoomstructuur van aardappelcysteaaltjes, wetenschappers in staat om de effecten van wekstoffen op de (fysiologie van) aaltjes veel nauwkeuriger te onderzoeken. Deze studies hebben in grote mate eerder onderzoek naar de fysiologie van aaltjes bevestigd, waarin een duidelijke rol voor calcium, calciumdetectie en -signalering aangetoond was, evenals een wijdverbreide activering van stress-gerelateerde en ontgiftings-gerelateerde processen bij de inductie van de wekking.

Eind 2010 begon een groep onderzoekers aan de Universiteit van Amsterdam, onder leiding van prof.

dr. Harro Bouwmeester en prof. dr. Lemeng Dong te werken aan SolA en de hormonale biologie van SolA ten opzichte van planten en aaltjes. (zie ook het interview met de onderzoekers in dit themanummer.) Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door de toekenning van een ERC-subsidie aan dr. Bouwmeester, een Marie-Curie-beurs aan dr. Dong en de goedkeuring van een voorstel binnen het Holland Innovative Potato (HIP) consortium. Het HIP-consortium is een initiatief van diverse toonaangevende bedrijven uit de aardappelketen om collectief pre-competitief fundamenteel en toegepast onderzoek te stimuleren. Het 'HIP-project', werd mijn enkele reis naar nematodeland als postdoc bij dr. Aska Goverse in het Laboratorium voor Nematologie aan de Wageningen Universiteit (WUR).

In de afgelopen 7-8 jaar is er veel wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd aan het ontrafelen van werkingsmechanisme en toepassing(en) van ACA-wekstoffen. Het werk onder leiding van dr. Alessandra Guerrieri van het lab van Bouwmeester heeft geresulteerd in een zeer gevoelige methode om de concentraties SolA in wortelexsudaten te detecteren en te kwantificeren. Dit was een belangrijke stap voorwaarts voor de aardappelveredelaars om sneller en in grotere aantallen te bepalen hoe goed hun rassen het uitkomen van aaltjes induceert zonder dat ze daarvoor moeilijke en tijdrovende bioassays met de nematode hoeven uit te voeren. Door te veredelen op rassen met lage niveaus van SolA wordt een vermindering van de schadelijke effecten van aaltjes op de opbrengst verwacht, immers er zullen minder nematoden gewekt worden.

Fundamenteel onderzoek naar functie wekstof

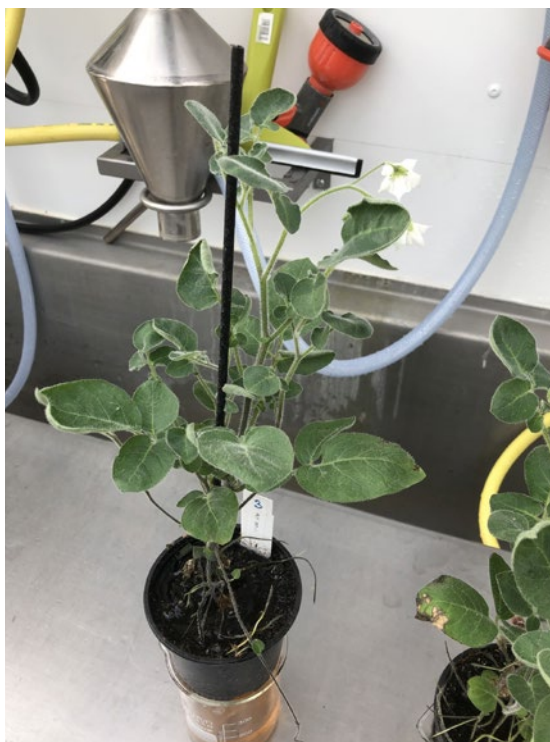
In fundamenteel onderzoek door wetenschappers in Nederland, Japan, Zwitserland en de VS is gevonden dat Solanoeclipin A niet de enige 'eclepin' is die rond de aardappelwortel wordt geproduceerd. **Solanoeclipin B** is een biologisch actieve precursor van Solanoeclipin A. **Solanoeclipin C** daarentegen is een precursor van Solanoeclipin die geen wekkende eigenschappen heeft. Onderzoek heeft aangetoond dat Solanoeclipin C en Solanoeclipin B volledig worden omgezet in SolA in de bodem, echter

niet in gesteriliseerde (bestraalde) bodem, wat erop wijst dat wekstof gevormd wordt door een combinatie van de plantenwortel en haar microbiom (meer hierover in het interview op pag. 210).

In de afgelopen jaren is ook een andere fundamentele vraag met betrekking tot Solanoelepin A gedeeltelijk beantwoord: de functie van SolA voor de plantensoorten die ze produceren. Lieke Vlaar en anderen hebben aangetoond dat SolA inwerkt op de modelplant *Arabidopsis* en de immuunreactie in de plantenwortel tijdelijk vermindert. Deze bevinding, in samenhang met de ontdekking van de productie van SolA door een plant en zijn microbiom, wijst waarschijnlijk op een rol voor SolA bij het bevorderen van plant-microbe-interacties. Een andere publicatie liet zien dat de SolA-productie in tomatenplanten sterk wordt gestimuleerd door specifieke nutriëntstress. Al met al is er nu sterk en snel groeiend bewijs dat SolA een signaalmolecuul is in een noodkreet-overlevingsstrategie bij SolA-producerende nachtschadesoorten (Solanaceae).

Daarnaast is onderzoek gedaan naar de rol van SolA bij het uitkomen uit het ei van het aardappelcysteaaltje ('hatching'). Er is aangetoond dat door SolA getriggerd uitkomen van de aaltjes, de expressie van

genen in de dauer-signaalroute stimuleert. Het dauer stadium is een ruststadium van de nematoden om ongunstige omstandigheden te overleven, bijvoorbeeld als L1 larve in het ei. Het in rust gaan en uit rust komen wordt door diverse prikkels getriggerd. SolA is structureel verwant aan een dierlijk hormoon dat door nematoden zelf wordt geproduceerd, namelijk dafachroniczuur, dat de rustperiode van nematoden reguleert. We hebben aangetoond dat chemicaliën die het ruststadium (dauer) in het modelaaltje *C. elegans* blokkeren, het uitkomen van ACA in in-vitro-experimenten aanzienlijk kunnen verminderen. De literatuur beschrijft dat het uitkomen van cysteaaltjes kan gebeuren in reactie op uiteenlopende stimuli (eclepinen, steroïde alkaloïden met en zonder hun suikergroepen, vanadaten, wortelxudaten),. Maar er ontstaat nu een nieuw beeld van de manier waarop ACA reageert op de verschillende stimuli; de reacties kunnen variëren en zodoende de kans op infectie van de planten beïnvloeden. Een recent voorbeeld kwam uit het laboratorium van Marie Dandurand in de VS. Deze onderzoekers hebben aangetoond dat stimuli uit het vanggewas *Solanum sisymbriifolium* de infectie van planten in potproeven vermindert, terwijl wortelxudaten van de aardappelrassen Desirée (gevoelig) en Innovator (resistent) niet hetzelfde effect hadden. Dit wijst op de mogelijke



Binnen het Holland Innovative Potato (HIP)-project worden wortelxudaten gewonnen door het 'melken van aardappelplanten' (foto: André Bertran).



Eitjes van aardappelcysteaaltjes (foto: Hans Mulder).



Aardappelpcysteaaltje Globodera pallida (L2 stadium juveniel aaltje). Foto: H. van Megen, Wageningen University, Laboratory of Nematology (CC BY-NC 4.0).

aanwezigheid van andere stoffen, bijvoorbeeld natuurlijke nematiciden, in de wortellexsudaten van bepaalde Solanaceae-soorten.

Verder onderzoek naar de biodiversiteit van SolA in een grote collectie wilde aardappelgenotypen heeft aangetoond dat sommige wilde aardappelen die geen SolA produceren, andere sterke wekstoffen produceren die nog niet zo goed gekarakteriseerd zijn als SolA. Dit is een belangrijk gegeven voor veredelaars die nadenken over inbouw van nieuwe eigenschappen van wilde Solanum-soorten in commerciële aardappelrassen.

Toepassingen van wekstof

Vanuit toegepast wetenschappelijk oogpunt hebben onderzoekers in Kenia, de VS en Frankrijk drie artikelen gepubliceerd over de inzet van wortellexsudaten

bij de bescherming van gewassen tegen cysteaaltjes. In het eerste onderzoek werd inpakpapier op basis van bananenvezels ontwikkeld dat de wekking kan blokkeren en mogelijk SolA kan vasthouden, waardoor de vermeerdering van en schade door ACA aanzienlijk wordt verminderd. Deze vezel bleek in staat om chemische stoffen, uitgescheiden door de plant, te absorberen en zo schade door aaltjes verder te voorkomen. Hoewel zeer interessant, is dit een techniek die lastig op grote schaal toepasbaar is, omdat deze oorspronkelijk bedoeld was voor kleinschalige boeren als belangrijkste doelgroep.

Vanuit een meer conventioneel perspectief wees een 'proof-of-concept'-experiment uitgevoerd in potproeven in Frankrijk op de mogelijkheid van toepassing van wortellexsudaten op kale gronden besmet met cysteaaltjes. Dit onderzoek gebruikte een eenvoudige meting van het totale koolstofgehalte in wortellexsudaten als maatstaf om minimale effectieve

doses vast te stellen. Als vervolg op dit onderzoek werd een veldproef uitgevoerd in de herfst en lente op micropercelen die zwaar besmet waren met ACA. De resultaten van deze veldproef wezen op een sterke afname (70-80%) van het aantal levende nematodelarven in de grond na sproeien van aardappelwortellexsudaten. Belangrijk is dat in dit toegepaste veldonderzoek neerslag en seizoensinvloeden een duidelijk effect hadden op de effectiviteit. Deze toepassingsmethode wordt ***lure and starve*** genoemd (lok- en uithongermethode).

Wat mij betreft, na het afronden van mijn postdoc aan het laboratorium voor nematologie in Wageningen ben ik overgestapt naar het bedrijfsleven en ben ik R&D-manager geworden bij het Hilbrands Laboratorium (HLB). Bij HLB is, zoals eerder vermeld, sinds midden jaren 80 een omvangrijke hoeveelheid onderzoek uitgevoerd, gericht op de toepassing van wortellexsudaten als optie voor het beheersen van aardappelcystealtjes. Sinds mijn komst bij het bedrijf heb ik me gericht op het blootleggen, ordenen en verder uitbreiden van onze interne kennis over dit onderwerp. Momenteel werken we hard aan een voorstel om de haalbaarheid van de lok-en-uithongermethode binnen het Nederlandse aardappelteeltsysteem te onderzoeken en te kijken of en hoe deze deel kan uitmaken van geïntegreerd nematodenbeheer (INM) en geïntegreerde landbouwpraktijken.

Naast het gebruik van (nieuwe) resistente rassen zullen in de toekomst ook alternatieve en aanvullende teeltmethoden nodig zijn, zoals slimme gewasrotaties, het gebruik van vanggewassen of de toepassing van wortellexsudaten om de ACA-druk op de bodem te beheersen. Zie ook de andere artikelen in dit themanummer. Belangrijk hierbij is dat het gebruik van wortellexsudaten goed aansluit bij de doelstelling om minder chemicaliën te gebruiken in onze teeltsystemen. Gezien de vele functies zou het me niet verbazen als de toepassing van wortellexsudaten naast het beheersen van ACA ook andere positieve effecten heeft op de bodem- en plantgezondheid.

We zullen het zien!

Referenties

- The role of rhizosphere signalling in the plant-cyst nematode interaction – Phd Thesis Lieke Vlaar
- Solanoeclepin A: Characterization of a rhizosphere communication molecule in tomato and potato – PhD Thesis Alessandra Guerrieri
- Akiyama, Ryota, et al. “Solanoeclepin C, a root-secreted molecule converted by rhizosphere microbes to hatching factors for potato cyst nematodes.” *New Phytologist* (2025).
- Tanino, Keiji, et al. “Total synthesis of solanoeclepin A.” *Nature Chemistry* 3.6 (2011): 484-488.
- Guerrieri, Alessandra, et al. “UPLC-MS/MS analysis and biological activity of the potato cyst nematode hatching stimulant, solanoeclepin A, in the root exudate of *Solanum* spp.” *Planta* 254.6 (2021): 112.
- Shimizu, Kosuke, et al. “Solanoeclepin B, a hatching factor for potato cyst nematode.” *Science Advances* 9.11 (2023): eadf4166.
- Vlaar, Lieke E., et al. “Are the cyst nematode hatching factor eclepins rhizosphere signalling molecules? Solanoeclepin A regulates gene expression in plants.” *Open Research Europe* 2.122 (2022): 122.
- Duceppe, Marc-Olivier, et al. “Analysis of survival and hatching transcriptomes from potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*.” *Scientific reports* 7.1 (2017): 3882.
- Palomares-Rius, Juan Emilio, et al. “Gene expression changes in diapause or quiescent potato cyst nematode, *Globodera pallida*, eggs after hydration or exposure to tomato root diffusate.” *PeerJ* 4 (2016): e1654.
- Eves-van Den Akker, Sebastian, et al. “The genome of the yellow potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, reveals insights into the basis of parasitism and virulence.” *Genome biology* 17.1 (2016): 124.
- Cotton, James A., et al. “The genome and life-stage specific transcriptomes of *Globodera pallida* elucidate key aspects of plant parasitism by a cyst nematode.” *Genome biology* 15.3 (2014): R43.
- Kud, Joanna, et al. “Belowground chemical interactions: An insight into host-specific behavior of *Globodera* spp. hatched in root exudates from potato and its wild relative, *Solanum sisymbriifolium*.” *Frontiers in Plant Science* 12 (2022): 802622.
- Ngala, Bruno, et al. “Lure and starve: Host root exudates to suppress field populations of cyst nematodes.” *Applied Soil Ecology* 201 (2024): 105490.
- Ochola, Juliet, et al. “Wrap-and-plant technology to manage sustainably potato cyst nematodes in East Africa.” *Nature Sustainability* 5.5 (2022): 425-433.
- Ruthes, Andrea Caroline, Evelin Tiralongo, and Paul Dahlin. “Revisiting steroidal glycoalkaloids as hatching stimulants for *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*.” *Pest Management Science* (2025).

Nieuw gewasbeschermingsmiddel tegen aardappelcysteaaltje in ontwikkeling

Wetenschappers willen product op basis van micro-organismen op de markt brengen

Doriet Willemen

redactie@knpv.org

Samen schreven ze een Faculty of Impact projectvoorstel, getiteld *Microbes for a Sustainable Agriculture*, waarvoor in het voorjaar van 2025 een beurs werd toegekend door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). En nu is Roland Berdaguer de komende twee jaar aan de slag om samen met Lemeng Dong en Harro Bouwmeester ontdekkingen uit fundamenteel onderzoek aan aardappelcysteaaltjes om te zetten naar de daadwerkelijke ontwikkeling van een gewasbeschermingsmiddel op basis van micro-organismen.

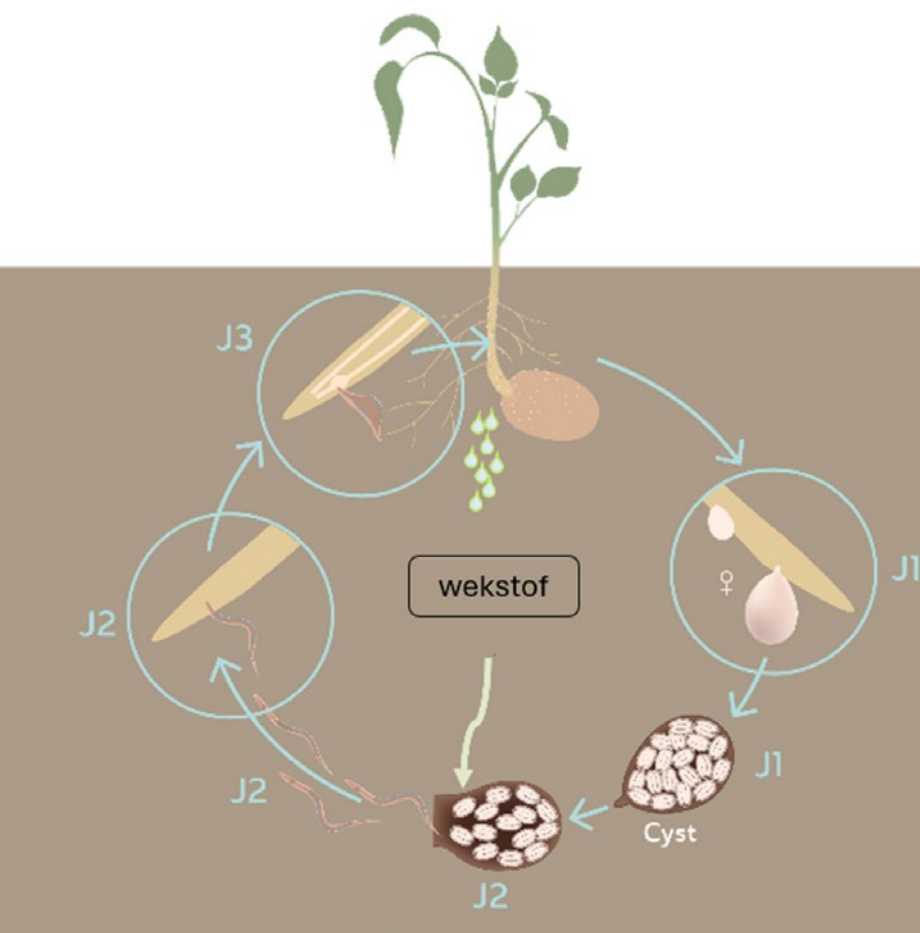
De redactie van Gewasbescherming sprak in juli 2025 met Roland Berdaguer en dr. Lemeng Dong.

Introductie

Roland en Lemeng zijn beiden verbonden aan MiCRop (Microbial Imprinting for Crop Resilience), een grootschalig onderzoeksprogramma op het gebied van micro-organismen die rond plantenwortels leven (www.microp.org). Wetenschappers van verschillende Nederlandse universiteiten en organisaties werken hierin samen en ontrafelen hoe het wortelmicrobioom planten beschermt tegen stress, inclusief de onderliggende mechanismes. Daarnaast kijken ze naar mogelijkheden om de verkregen kennis in te zetten om gewassen weerbaarder te maken. MiCRop wordt gecoördineerd door prof. Harro Bouwmeester (Universiteit van Amsterdam) en het UvA-onderzoek vormt een van de pijlers binnen MiCRop.

Kun je iets vertellen over je achtergrond?

Roland: 'In mijn geboorteland Oostenrijk heb ik een studie biotechnologie gevolgd en daarna heb ik de master Plant Biotechnology gehaald in Wageningen. De afgelopen vier jaar heb ik promotieonderzoek



De levenscyclus van aardappelcysteaaltjes, waarin de wekstof solanoecclipine A een belangrijke rol speelt bij het 'wekken' van de juvenielen (foto: UvA)



Emmerexperiment waarbij de plantenwortels groeien in emmers zonder grond (foto: UvA).

gedaan bij Wageningen University. Binnen MiCRop onderzocht ik de reactiemechanismen van plantenwortels van *Solanaceae* bij droogte en de veranderingen die daarbij optreden in de gemeenschap van micro-organismen die rond de wortels leven. Nu werk ik als postdoc binnen de Planten Hormoon Biologie groep, geleid door Harro Bouwmeester, bij de Universiteit van Amsterdam (UvA, het Swammerdam Institute for Life Sciences). Hier ben ik me gaan verdiepen in aardappelpcysteaaltjes, de schade die ze veroorzaken in de aardappelteelt en de (on)mogelijkheden die telers hebben om verliezen tegen te gaan.'

Lemeng: 'Ik werk als universitair docent in de groep en doe onderzoek aan de moleculaire mechanismen die ten grondslag liggen aan de chemische interactie tussen plantenwortels enerzijds en micro-organismen in de bodem anderzijds. En dan met name de rol die deze communicatie speelt in de evolutie, de beschikbaarheid van voedingsstoffen en biotische stress.'

Hoe is het idee ontstaan om als onderzoekers een start up te beginnen en een nieuw gewas-beschermingsmiddel tegen aardappelmoeheid op de markt te brengen?

Roland: 'Aardappelmoeheid veroorzaakt veel opbrengstverlies. Ook wanneer telers alle beschikbare opties inzetten (gewasrotatie, bodemanalyse en resistente rassen, inundatie en chemische middelen) resulteert infectie door aardappelpcysteaaltjes nog steeds tot gemiddeld 10% verlies. Bovendien zijn in de toekomst steeds minder nematociden toegestaan en is naar verwachting vanaf 2027 alleen nog fluopyram inzetbaar.'

Lemeng: 'Ondertussen is het onderzoek dat gedaan wordt aan het microbiom van plantenwortels veelbelovend. Er is steeds meer kennis over micro-organismen in de bodem en hun effecten op de plantweerbaarheid.'

Toen Lemeng vervolgens een opvallende ontdekking deed tijdens het onderzoek naar wekstoffen (waarover dadelijk meer), besloten ze dat dit het moment was om een microbiel gewasbeschermingsmiddel te ontwikkelen als alternatief voor chemische middelen. De eerste stap was het schrijven van een projectvoorstel om een beurs aan te vragen, de Faculty of Impact Grant.

Faculty of Impact Grant

Faculty of Impact is een nieuw nationaal programma dat wetenschappers ondersteunt die hun onderzoek willen omzetten in een bedrijf met impact.

Het is opgezet door de Universiteiten van Nederland samen met NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek).

Er is een Faculty of Impact Grant toegekend aan jullie project. Wat houdt die beurs precies in?

Roland: 'Gedurende twee jaar ontvang ik geld en word ik ondersteund door de Faculty of Impact om het baanbrekende onderzoek van Lemeng en Harro om te zetten in een levensvatbare start-up. Tijdens deze twee jaar kan ik mij fulltime hierop richten. Daarnaast volg ik een programma van de Faculty of Impact met cursussen over marktonderzoek, bedrijfskunde etc. en kan ik hulp krijgen bij de aanvraag van patenten. Ook biedt deze beurs mij de gelegenheid en de tijd om me te verdiepen in alle bepalingen rondom de toelating van middelen bij het Ctgb.'

Lemeng: 'Ik wil me graag inzetten voor het vertalen van kennis uit mijn onderzoek naar toepassingen op biotechnologisch en milieugebied. Het is mooi wanneer we de ontdekkingen die we doen in het lab kunnen gebruiken in het veld en zo het gat vullen tussen wetenschap en toepassing in de praktijk.' Roland voegt toe dat het fijn is dat zaken relatief snel concreet worden in het project. 'Bovendien heb ik ondernemerschap altijd interessant gevonden. Voor mij is dit een supercombinatie: ik mag bezig zijn met wetenschap en tegelijkertijd een bedrijf opzetten.'

Nieuwe ontdekkingen

Aan de basis van de op te zetten start up ligt het onderzoek van de groep van Harro en Lemeng aan de UvA. Het onderzoek draait om een nematode wekstof (*hatching factor*) – zie ook de artikelen van Hans Mulder en Andre Bertran eerder in dit nummer. Aardappelpcysteaaltjes kunnen als cyste jarenlang overleven in een rusttoestand in de bodem. Echter, bij aanwezigheid van de wekstof in de bodem, worden de aaltjes wakker gemaakt. De productie van dit molecuul vindt plaats rond de wortels van tomaat of aardappel en is het signaal voor de jonge cysteaaltjes om uit het ei te kruipen en de plantenwortel op te zoeken. Vaak met een infectie tot gevolg.

Wat houdt het onderzoek precies in?

Lemeng: 'De productie van wekstof lijkt nadelig voor aardappel, want de plant trekt hiermee schadelijke nematoden aan. Ik vroeg me dus af waarom de plant dan toch wekstof produceert? Dit moet evolutionair gezien een eerdere en andere functie hebben, een waarvan de plant voordeel heeft.'

En wat ontdekten jullie?

Lemeng: 'Tijdens een experiment met tomatenplanten ontdekten we dat plantenwortels die groeien in

een steriel medium het uitkomen van cysteaaltjes niet stimuleren. Wanneer er echter grond wordt toegevoegd aan het medium gebeurt dat wel. Eerder werd altijd aangenomen dat een plant het wekstof-molecuul helemaal zelf produceert en uitscheidt, maar dit toonde aan dat de plantenwortel een of meerdere bodemmicroben nodig heeft voor de productie van de wekstof. We vonden inderdaad dat de plantenwortel een precursor van de wekstof (als het ware een halffabricaat) aanmaakt. Hiermee ging het onderzoek naar de oorspronkelijke evolutionaire functie verder.

Om uit te zoeken wat de gunstige functie is van de precursor/ wekstof, keken we of er een verband was tussen de productie van de precursor en/of wekstof en de blootstelling van de plant aan stressfactoren als koude, droogte en nutriëntentekorten. Alleen in het geval van stikstofdeficiëntie bleek de productie van de wekstofprecursor door de plantenwortel toe te nemen. De precursor bleek bepaalde micro-organismen aan te trekken die de plantenwortels van stikstof helpen voorzien.'

Toen volgde nog een ontdekking?

Lemeng: 'Er zijn waarschijnlijk een of meerdere micro-organismen in de bodem die een rol spelen in het omzetten van de precursor in het wekstof-molecuul. Deze micro-organismen hebben we nog niet kunnen identificeren. Daarnaast ontdekten we dat bepaalde micro-organismen de vorming

van precursor naar wekstof stopzetten. We weten nu welke micro-organismen dat zijn en we hebben het achterliggende werkingsmechanisme grotendeels ontrafeld.'

Roland: 'Maar daar kunnen we verder nog niets over zeggen. Eerst moet het patent ingediend zijn.'

Van lab naar kas en veld

De weg van een wetenschappelijke vinding naar een succesvolle toepassing in de praktijk is vaak lang en moeizaam. De ervaring leert dat het gat tussen gecontroleerde kleinschalige omstandigheden in een lab en de variabele, oncontroleerbare omgeving in het veld lastig te overbruggen is.

Hoe zit dat met dit middel? Gaat jullie product in de praktijk werken?

Roland: 'We hebben in het laboratorium tests gedaan om te kijken of het idee levensvatbaar is en deze *proof of concept* is geslaagd. Details kan ik niet geven maar de resultaten waren voldoende om verder te gaan met kasproeven. De eerste voorbereidingen hiervoor zijn al gedaan en het is nu wachten op toestemming van de NVWA (omdat *Globodera spp.* een quarantainestatus hebben) voor we echt aan de slag kunnen. We willen vervolgens in 2026 en 2027 veldproeven doen en we hopen daarna met de verkregen resultaten investeerders te interesseren zodat de op te richten startup genoeg financiering heeft voor de ontwikkeling van het product en een toelatingsaanvraag bij het Ctgb.'

Verwacht je dat het middel op sommige bodems of onder bepaalde omstandigheden meer of juist minder effectief zal zijn?

Roland: 'We verwachten van niet, en denken dat het product op zand en op klei en bij alle aardappelrasen besmetting met aardappelcysteaaltjes, zowel *Globodera rostochiensis* als *Globodera pallida*, kan tegenhouden. Maar we kunnen nog niet geheel uitsluiten of de microbiële samenstelling van de bodem er invloed op kan hebben.'

Hoe moet een teler het product straks toedienen?

Roland: 'Dit is iets wat we nog uitgebreid moeten testen, maar vroege toediening is waarschijnlijk het beste en in ieder geval het meest praktisch. Het product is bij voorkeur compatibel met landbouwmachines die aardappeltelers al gebruiken voor het aanbrengen van gewasbeschermingsmiddelen, zoals vloeistoffen en granulaten. Het doel van het product is om de aanmaak van wekstoffen vanaf het begin tegen te gaan. Het is dus een preventief werkend middel omdat je infectie voorkomt.'



Experiment met toediening van bodemmicroben aan aardappelplanten in de kas (foto: UvA).



Cyste van aardappelcysteaaltje op aardappelwortel (foto: Maries Elemans, NAO).

Lemeng: 'Mogelijk heeft het product ook een remmende werking in het beginstadium van infectie, maar dat weten we nog niet. Dat moeten we nog onderzoeken.'

Nieuw gewasbeschermingsmiddel

Het gaat dus om een biocontrol product? Geen biostimulant?

Roland: 'Inderdaad. Het is een biologisch gewasbeschermingsmiddel. Het zal mogelijk ook eigenschappen hebben op het gebied van biostimulatie, maar in essentie is het een product dat de plant beschermt tegen aantasters. En daarmee dus een gewasbeschermingsmiddel. Dit betekent helaas een langer traject bij het CtgB om toelating te krijgen, maar wellicht kan dat traject versneld worden omdat het een groen biocontrol middel betreft.'

En daarna?

Lemeng: 'Als het product goed werkt voor aardappelcysteaaltjes, dan willen we uitbreiden naar andere cysteaaltjes. De hatching mechanismes van die aaltjes zijn vergelijkbaar met die van aardappelcysteaaltjes.'

Roland: 'Het is de bedoeling om ons product in te zetten tijdens het groeiseizoen. Maar het is denkbaar om dit te combineren met de inzet van wekstof buiten het

seizoen (zie ook artikel Andre Bertran). Wanneer het veld braak ligt of er geen waardplanten groeien wek je de aanwezige aaltjes in de bodem, die vervolgens niet kunnen overleven (*lure and starve*). Maar eerst gaan we nog een geschikte naam bedenken voor de op te richten start up!'

Referenties

- Vlaar, L. E., Thiombiano, B., Abedini, D., Schilder, M., Yang, Y., & Dong, L. (2022). A Combination of Metabolomics and Machine Learning Results in the Identification of a New Cyst Nematode Hatching Factor. *Metabolites*, 12(6), Article 551. <https://doi.org/10.3390/metabo12060551>
- Abedini, D., Jaupitre, S., Bouwmeester, H., & Dong, L. (2021). Metabolic interactions in beneficial microbe recruitment by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 241-247.
- Guerrieri, A., Floková, K., Vlaar, L. E., Schilder, M. L., Kramer, G., Chojnacka, A., van Dijk, Y. R., Bouwmeester, H. J., & Dong, L. (2021). UPLC-MS/MS analysis and biological activity of the potato cyst nematode hatching stimulant, solanoecclepin A, in the root exudate of *Solanum* spp. *Planta*, 254(6), Article 112. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03766-2>
- Guerrieri, A. (2022). *Solanoecclepin A: Characterization of a rhizosphere communication molecule in tomato and potato*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam]. <https://dare.uva.nl/search?identifier=2e7631e8-9c43-4416-bacd-446c6a927d9f>

‘Bonte percelen’ vertellen hun verhaal

Microbiële onderdrukking van aardappelcysteaaltjes

Robbert van Himbeek¹,
Egbert Schepel² &
Johannes Helder¹

¹Laboratorium voor
Nematologie, Wageningen
University, Wageningen

²HLB, Wijster

‘Bonte percelen’ is een aanduiding uit de praktijk waarmee aangegeven wordt dat een perceel maar gedeeltelijk besmet is met aardappelcysteaaltjes (ACA). Dit kan allerlei oorzaken hebben zoals bijvoorbeeld een recente besmetting, of lokale verschillen in bodemchemie. Nadat we de historie van tientallen percelen hadden nageplozen, bleven er een aantal over met een schijnbaar onverklaarbare onregelmatige distributie van ACA. We hebben onderzocht of hier sprake was van natuurlijke weerbaarheid tegen ACA. Eerst hebben we onder sterk gecontroleerde condities deze ziekteonderdrukking kunnen bevestigen. Vervolgens hebben we het bodemmicrobioom in kaart gebracht, en een groep van bodemmicroben gevonden die geassocieerd is met ACA onderdrukking. Daarnaast kwam naar voren dat in verschillende ACA onderdrukkende percelen verschillende microbiële conglomeraten gecorreleerd zijn met dit fenomeen. Aan het einde van dit artikel bespreken we hoe deze vinding kan bijdragen aan een duurzame beheersing van ACA in Nederland.

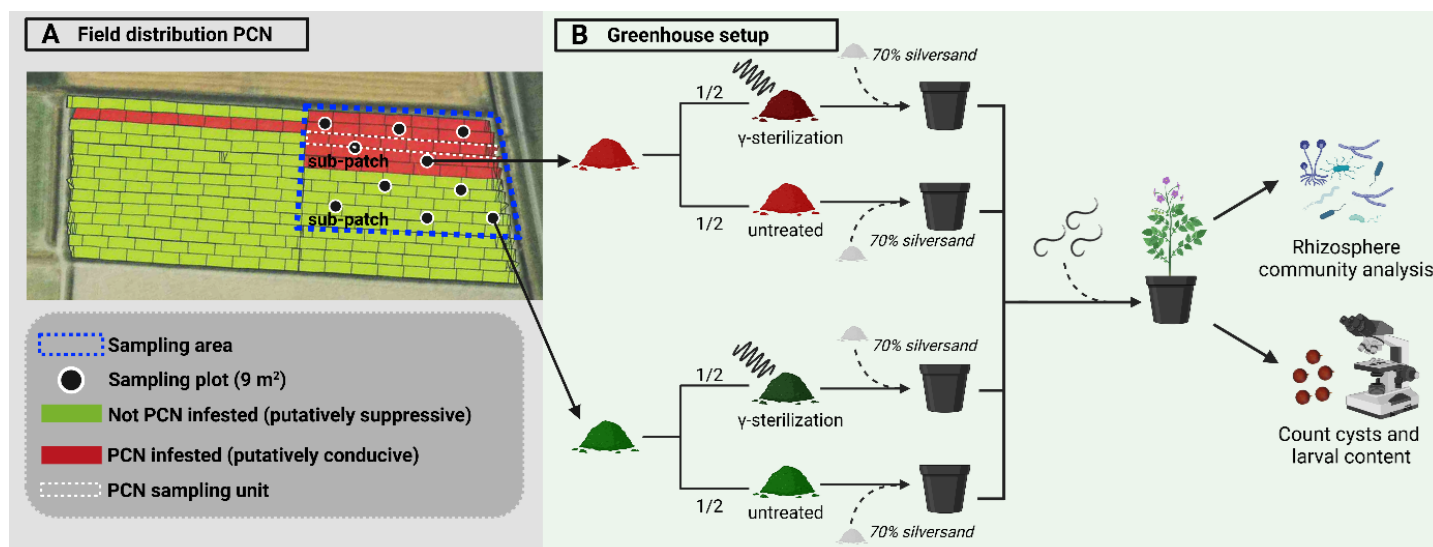
Binnen de bodemmicroben, voornamelijk bacteriën en schimmels, zijn soorten geëvolueerd die op diverse manieren, zowel direct als indirect, aaltjes kunnen onderdrukken. Sommige microben kunnen aaltjes direct tegenwerken, voornamelijk door de mobiele aaltjes te vangen (bijv. *Arthrobotrys oligospora*), door eitjes of vrouwtjes te parasiteren (bijv. *Purpureocillium lilacinum*), of door giftige stoffen te produceren (bijv. *Pleurotus ostreatus*) (zie Topalović et al. (2020) voor een overzicht). Sommige andere microben activeren het generieke immuunsysteem van planten. Hoewel deze zogenaamde ‘antagonisten’ uitgebreid onderzocht zijn in het laboratorium of de kas, is natuurlijke onderdrukking van plantenparasitaire aaltjes nog steeds een vrij lastig te definiëren fenomeen. Om natuurlijke ziekteonderdrukking tot bruikbare ‘tool’ te ontwikkelen, is het nodig om dit complexe fenomeen nader te karakteriseren.

Om mechanismen en microben te identificeren die ten grondslag liggen aan het ziekte onderdrukkend vermogen van bodems, worden doorgaans onderdrukkende en niet-onderdrukkende percelen met elkaar vergeleken. Echter, gewoonlijk verschillen deze percelen in beheer, grondsoort, gewassen, en – als gevolg daarvan – microbiom, hetgeen zorgt voor achtergrondruis die het karakteriseren van onderdrukkende bodems bemoeilijkt. Percelen met een onverklaarbare binnen-perceel variatie in aaltjes

besmetting, zogenaamde “bonte percelen”, zouden echter een belangrijke rol kunnen spelen in het karakteriseren van microbiële onderdrukking van aaltjes. Het vergelijken van binnen-perceel variatie in onderdrukking neemt immers een groot deel weg van de achtergrondruis die aanwezig is tussen verschillende velden. Populaties van ACA in velden worden door hun quarantaine status veelvuldig bepaald, doorgaans met een resolutie op rijniveau. Dergelijke gedetailleerde data bieden kansen om binnen-perceel variatie te identificeren en de oorzaak van deze variatie te bepalen.

In dit onderzoek hebben we bekeken of de geobserveerde variatie in ACA besmetting in bonte percelen verklaard zou kunnen worden door lokale verschillen in het bodem-microbioom. Op basis van een database van het HLB hebben we vier bonte aardappelpercelen geïdentificeerd met een onverklaarbare variatie in ACA besmetting binnen het veld (zie Fig. 1A voor een voorbeeld). Volgens onze hypothese waren delen in het veld zonder ACA besmetting dus vermeend onderdrukkend. Vervolgens hebben we voor elk perceel zowel grond van het ACA besmette deel als van het niet-besmette deel verzameld en overgebracht naar de kas voor een ‘weerbaarheidstoets’ (Fig. 1B). Het doel van deze weerbaarheidstoets was om te kijken of we de vermeende ACA onderdrukking konden bevestigen in de kas en om de biologische oorsprong van deze onderdrukking te verifiëren. Voor deze verificatie is de helft van de verzamelde grond gesteriliseerd met gammastraling. In deze toets werd een aardappelknol in de grond geplant en werden er vervolgens 10.000 *Globodera pallida* eitjes toegevoegd. Na 13 weken is er rhizosfeer grond verzameld om het microbiom te bepalen, en na 16 weken zijn de ACA cysten en levende larven gekwantificeerd.

Als alle velden tezamen geanalyseerd werden zagen we een significante afname van ACA vermeerdering, en deze afname kon worden toegeschreven aan het bodemleven. Niet alle percelen gaven dezelfde uitkomst. Bij twee van de vier bonte percelen observeerden we dat ACA zich significant minder goed kon vermenigvuldigen in het niet-besmette (= vermeend onderdrukkend) deel van het veld dan in het besmette deel. Bij “Field G” en “Field S” zagen we een soortgelijke trend maar deze was niet significant. Na het steriliseren van de grond, was dit verschil niet meer waarneembaar (Figuur 2). Hieruit concludeerden we dat het lokale microbiom verantwoordelijk was voor deze verminderde vermenigvuldiging en



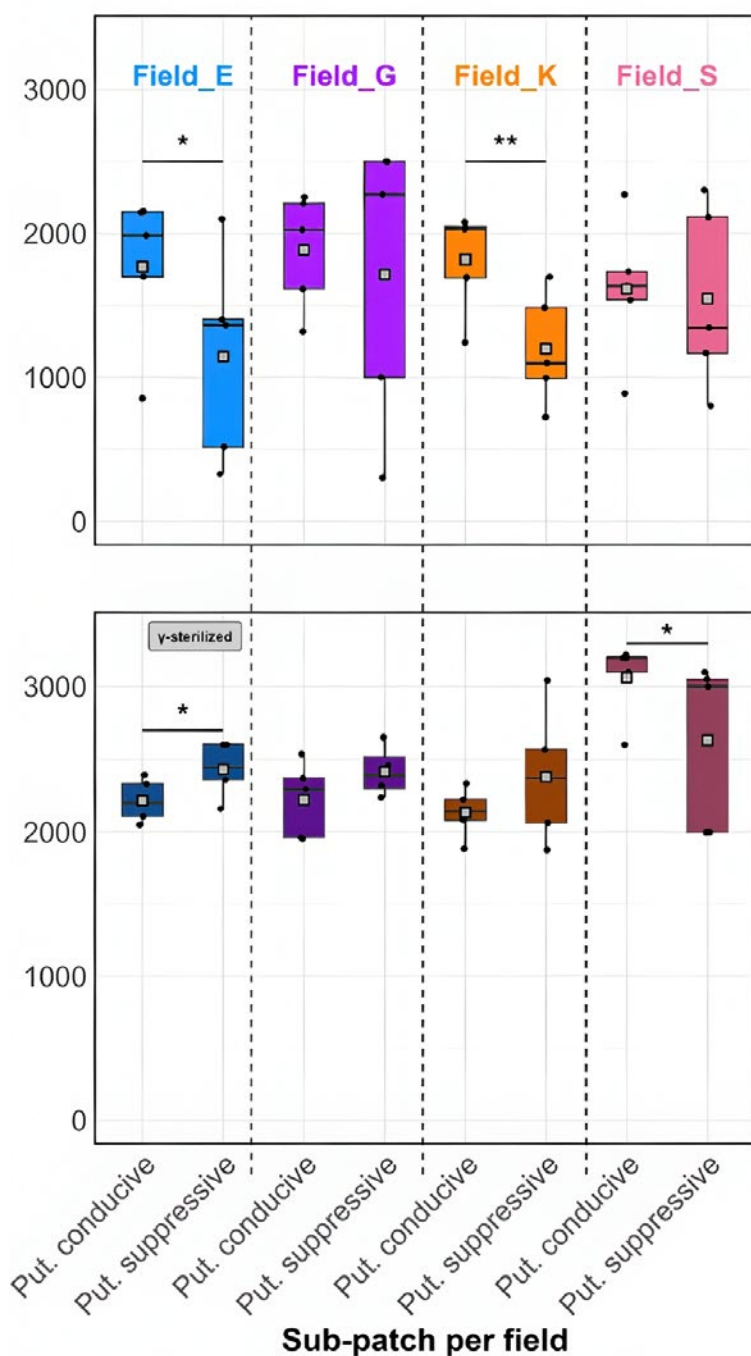
Figuur 1: Overzicht van de experimentele opzet. A: Een voorbeeld van een “bont perceel” waarbij de kleur de variatie in ACA besmetting weergeeft (groen=niet-besmet [= vermeend onderdrukkend]; rood = besmet). Er zijn vijf willekeurige grondmonsters verzameld (wit-zwarte cirkels) in zowel het besmette als niet-besmette deel. B: De helft van deze verzamelde grond is vervolgens gesteriliseerd terwijl de andere helft onbehandeld bleef. Na het mengen van de grond met steriel zilversand, werden de gronden geïnoculeerd met 10.000 ACA eitjes, en werd er vervolgens een volledig vatbare aardappel (ras Desirée) in geplant. Na 13 weken werd er grond rond de wortels (=“rhizosfeer”) verzameld om het microbiom te karakteriseren. Na 16 weken zijn de cysten verzameld, en zijn het aantal cysten en de levende larven gekwantificeerd.

dus dat deze grond ACA onderdrukkend was. Het aantal levende larven per cyste werd echter niet beïnvloed. Dit duidt erop dat minder juveniele aaltjes de wortel konden bereiken en/of penetreren, maar dat het aantal nakomelingen per volwassen vrouwtje niet verminderde.

De daaropvolgende analyse van het microbiom legde duidelijke contrasten bloot in zowel schimmel- als bacteriegemeenschappen tussen de delen van deze velden. Microbiële onderdrukking van aaltjes is doorgaans het gevolg van de aanwezigheid en activiteit van specifieke microben. Daarom was onze hypothese dat niet de soortenrijkdom maar juist de soortensamenstelling van microben zou verschillen tussen de onderdrukkende en niet-onderdrukkende delen van deze twee velden. Uit statistische testen bleek inderdaad dat er geen verschillen in schimmeldiversiteit werden gedetecteerd, terwijl er voor één veld een hogere bacteriële soortenrijkdom in het onderdrukkende deel werd gevonden. De daaropvolgende analyses lieten zien dat in één van deze twee velden de antagonisten *Arthrobotrys elegans*, *Pseudomonas putida*, en *Pseudomonas fluorescens*, meer voorkwamen in het niet-besmette deel. Schimmels van het geslacht *Arthrobotrys* zijn goed bestudeerd en voornamelijk bekend van de kleverige netwerken die ze maken om aaltjes te vangen (bijv.

Cao et al., 2018). *P. fluorescens* produceert onder andere stoffen die voor een verminderde mobiliteit van juvenielen zorgen (Cronin et al., 1997). In het andere veld kwam de schimmel *Metacordyceps chlamydosporia* (voorheen: *Pochonia chlamydosporia*) meer voor in het onderdrukkende deel. *M. chlamydosporia* is een bekende eierparasiet van aaltjes, waaronder die van ACA (Manazilla-Lopez et al. 2017). Hoewel deze twee aardappelvelden slechts 23 kilometer van elkaar verwijderd waren, werd er dus toch een verschillende antagonisten gemeenschap gedetecteerd. Deze observatie ondersteunt nogmaals de kracht van de vergelijking van binnen-perceel variatie in onderdrukking, omdat zelfs nabijgelegen velden sterk kunnen verschillen in zowel microbiom en antagonisten gemeenschap.

Dit onderzoek bevestigt het voorkomen van ACA onderdrukkende bodems in Nederland; dit verschijnsel was nog niet eerder beschreven in Nederland en zelfs niet binnen Europa. Dit onderzoek biedt een nieuw perspectief: ACA-onderdrukkend vermogen van bodems bestaat echt, en komt ook voor in Nederland in reguliere akkerbouwpercelen. Dit fenomeen kan dus beschouwd worden als een mogelijke toevoeging aan het palet van maatregelen voor de bestrijding van plant-parasitaire aaltjes in Nederland in de toekomst.



Figuur 2: Het steriliseren van de grond (onder) zorgde ervoor dat de waargenomen ACA onderdrukking (boven) verdween. Hiermee toonden we aan dat het bodemleven verantwoordelijk was voor de waargenomen onderdrukking.

Bijhorend artikel:

Van Himbeeck, R., Geisen, S., van Schaik, C., van den Elsen, S., Berendsen, R., Bertran, A., Schepel, E., & Helder, J. (2025). Patchy distribution of potato cyst nematodes within single arable fields reveals local disease suppressiveness mediated by disparate microbial communities. *Environmental Microbiology*, 27(5), e70113.

Referentielijst:

- Cao, X., Xu, Q., Wan, X. M., Yang, X. C., Jia, X. Y., Xue, X. J., Du, J., & Cai, K. Z. (2018). Isolation, identification, and in vitro predatory activity of nematophagous fungus *Arthrobotrys musiformis* and its interaction with nematodes using scanning electron microscopy. *Biocontrol Science and Technology*, 28(1), 94-104.
- Cronin, D., Moenne-Loccoz, Y., Fenton, A., Dunne, C., Dowling, D. N., & O'Gara, F. (1997). Role of 2, 4-diacetylphloroglucinol in the interactions of the biocontrol pseudomonad strain F113 with the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(4), 1357-1361.
- Manzanilla-López, R. H., Esteves, I., & Devonshire, J. (2017). Biology and management of *Pochonia chlamydosporia* and plant-parasitic nematodes. In: *Perspectives in sustainable nematode management through Pochonia chlamydosporia applications for root and rhizosphere health* (pp. 47-76). Cham: Springer International Publishing.
- Topalović O., Hussain, M., & Heuer, H. (2020). Plants and associated soil microbiota cooperatively suppress plant-parasitic nematodes. *Frontiers in microbiology*, 11, 313.

Digitale EJPP voor alle KNPV-leden

Springer en KNPV hebben m.i.v. 1 januari 2026 een nieuw contract afgesloten. Hierin is opgenomen dat KNPV-leden gratis toegang krijgen tot de digitale versie van het European Journal of Plant Pathology (EJPP). Dit is een internationaal wetenschappelijk tijdschrift op het gebied van plantenziekten.

Artikelen uit EJPP zijn via het besloten deel van de KNPV-website (dus na inlog met KNPV-gebruikersnaam en wachtwoord) beschikbaar.

Een papieren abonnement blijft mogelijk tegen gereduceerd tarief (100,- euro p.j.).



www.knpv.org/nl/menu/Over-de-KNPV/EJPP

Publicaties en tijdschriften over Tropische Gewassen in voormalig Nederlands Indië periode 1932-1949

De KNPV heeft een aantal historische publicaties en tijdschriften op het gebied van tropische gewassen aangeboden gekregen. De publicaties dateren uit de tijd van het voormalige Nederlands Indië en beschrijven onderzoek aan (schimmel)ziekten en aaltjes in gewassen als koffie, thee en rubber. Veel van de publicaties zijn van de hand van Dr. A.C.B. Pfaeltzer (1900-1992). De **complete lijst** van deze publicaties en tijdschriften (waaronder het tijdschrift *De Bergcultures*) is in te zien via het nieuwsbericht op de KNPV-website. Wanneer u belangstelling heeft voor deze publicaties en tijdschriften en ze wilt overnemen en/of wanneer u een andere geschikte bestemming weet, dan kunt u dat melden bij Doriet Willemen (e-mail: info@knpv.org).

Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft (DPG)

De Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft (DPG) is de Duitse zusterorganisatie van de KNPV. Om de twee jaar mede-organiseert de DPG een vierdaagse conferentie voor kennisuitwisseling op het gebied van plantgezondheid en gewasbescherming. Afgelopen oktober vond deze plaats in Braunschweig en twee KNPV-leden, Erno Bouma en Hans van den Biggelaar, bezochten de bijeenkomst op uitnodiging van de DPG. Hieronder een verslag dat samen met de DPG werd geschreven.

Every other year, the German sister organisation of the KNPV, the DPG (Deutsche Phytomedizinische



Gesellschaft e.V.), organises in collaboration with the Julius Kühn Institute, the official plant protection service of the host state, and the organizing university a four-day meeting for sharing knowledge in the field of plant health and crop protection.

The DPG has around 1,400 members, including a very active youth organization, and, like the KNPV, publishes a member magazine (*Phytomedizin*) that appears four times a year, but members also have access to the international *Journal of Plant Diseases and Protection*. The DPG also has 21 working groups (*Arbeitskreise*) that meet regularly, somewhat comparable to the working groups of the KNPV. The main focus of these working groups includes: prevention and/or control of harmful organisms (using IPM methods), methods for identifying causes of damage and monitoring these, damage thresholds, the effectiveness of crop protection strategies, possible applications of plant protection products with the least possible impact on the environment (but also side effects, dosages, precision application techniques), resistance monitoring and resistance strategies, and the economic relevance of application techniques.

This year, the meeting took place from 7 to 10 October at the Technical University in Braunschweig, with approximately 1,100 participants. The knowledge transfer was grouped by topic, with a total of 50 breakout sessions and five parallel breakout sessions on most days. This sharing took place through short plenary presentations (ten minutes and five minutes of questions) and poster presentations. This was a

very useful way to gain a great deal of up-to-date knowledge about plant health and crop protection research in just a few days! In addition, the posters were on display throughout the event, allowing participants to view the results and discuss them with the researchers. There was also ample opportunity to exchange knowledge and engage in discussion with colleagues. On the last evening, there was a social evening to get to know colleagues in a different way over a buffet and drinks.

Two KNPV members, together with colleagues from the Austrian Society (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Phytomedizin - ÖAP), were invited by the DPG to attend the meeting. This was an excellent way to get to know the DPG and the ÖAP in a more informal setting. Hopefully, this is a first step towards closer cooperation between the Plant Protection Associations of the Netherlands and Germany.

Thomas Tscholl (Phytomedizin) and Erno Bouma (KNPV)

Jan Ritzema Bosprijs 2025

De Jan Ritzema Bosprijs is de prijs voor het op heldere wijze verwoorden van een promotieonderzoek op het gebied van plantgezondheid en de informatie toegankelijk maken voor een breed publiek. De prijs werd op 20 november tijdens de najaarsbijeenkomst door de KNPV toegekend aan Linda Gouka voor de presentatie van haar onderzoek *Broodnodige gisten: de stille helden van tarwe*.

In het volgende nummer van Gewasbescherming komen de onderzoeken en presentaties van de winnende kandidaat en de twee andere genomineerden uitgebreid aan bod. Op de KNPV-website (www.knpv.org) is de informatie nu al beschikbaar.



Wisseling bestuursleden

Erno Bouma en Margot Veenenbos hebben tijdens de afgelopen ALV afscheid genomen als bestuurslid. Ze werden door de voorzitter uitgebreid bedankt voor hun inzet en de fijne samenwerking in de afgelopen drie jaar.

Beiden hadden voor een goede opvolging gezorgd, namelijk Hans van den Biggelaar (HAS) en Winnie Henderson (CLM). Zij zijn door de ALV aangesteld als nieuwe bestuursleden en zullen zich in de volgende Gewasbescherming kort voorstellen.



Erno Bouma en Margot Veenenbos hebben afscheid genomen als KNPV-bestuurslid.

PFAS in gewasbeschermingsmiddelen: zorgen om drinkwater

PFAS zitten in veel verschillende producten. Bekende voorbeelden zijn anti-aanbakpannen en regenjassen, maar ze zitten ook in pesticiden. Op gewassen zorgen PFAS ervoor dat het water afstoot. Daardoor blijven de pesticiden langer op de plant, wat handig is om bijvoorbeeld schimmels te bestrijden. Uit onderzoek van Argos blijkt nu dat juist deze groep bestrijdingsmiddelen de afgelopen jaren in Nederland forst groeit. De afzet van PFAS-houdende pesticiden nam toe van 131 ton in 2019 naar 268 ton in 2023. Een verdubbeling in vier jaar tijd.

Ook onderzoeksbureau CLM deed, in opdracht van zeven provincies en de vereniging van waterbedrijven in Nederland Vewin, onderzoek naar PFAS-houdende pesticiden. Hoofdonderzoeker en milieukundige Peter Leendertse verklaart de toename: "Dat komt door een aantal nieuwe pesticiden op de markt, die enorm populair zijn. Daarbij, PFAS-houdende pesticiden kunnen vrij gericht en effectief werken. Daardoor zie je een paradox: je bent bezig met zo goed en effectief mogelijk gebruik te maken van bestrijdingsmiddelen, maar ondertussen zit er wel PFAS in en wordt de bodem vervuild."

Vewin is bezorgd over de gevolgen. "Als de toevoer van PFAS uit verschillende routes niet wordt gestopt, kunnen kwetsbare winningen voor de drinkwaterproductie op den duur onherstelbaar verontreinigd worden." Ook boeren zelf maken zich zorgen. Leendertse: "Zij weten vaak niet dat er PFAS in bestrijdingsmiddelen zit. Ik heb veel boeren gesproken die wilden weten in welke bestrijdingsmiddelen pfas zaten, zij zeiden: 'ik wil mijn bodem niet vervuilen.'"

Bron: Argos, 7 november 2025

Deze nieuwsrubriek brengt items over gewasbescherming waarvan de redactie van mening is dat het interessant kan zijn voor de lezers van het blad. 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 nieuwsbrenkende 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.

Bestrijdingsmiddelenatlas geactualiseerd met meetdata van 2024

Op maandag 20 oktober is de update van de Bestrijding smiddelenatlas met de meetgegevens van 2024 gepubliceerd. De Atlas Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater laat zien welke werkzame stoffen en metabolieten van gewasbeschermingsmiddelen en biociden voorkomen in het Nederlandse oppervlaktewater. De informatie is gebaseerd op meetgegevens van de waterbeheerders.

De Atlas Bestrijdingsmiddelen biedt onder meer informatie over normoverschrijdingen, langjarige trends in concentraties en de koppeling met landgebruik. Sommige actieve stoffen hebben zowel een toepassing in gewasbeschermingsmiddelen als in biociden. In de bestrijdingsmiddelenatlas wordt actief onderscheid gemaakt tussen de toelatingsnorm voor gewasbeschermingsmiddelen en de toelatingsnorm voor biociden.



Welkom bij de Bestrijdingsmiddelenatlas

De Bestrijdingsmiddelenatlas is te raadplegen via www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl

Op het moment van beoordeling neemt het Ctgb altijd de meest recente meetgegevens mee in de risicobeoordeling om vast te stellen of er overschrijdingen zijn van de toelatingsnorm. Daarnaast gebruikt het Ctgb informatie in de stoflijsten van de bestrijdingsmiddelenatlas om te bepalen welke stoffen in aanmerking komen voor aanvullende restricties ter voorkoming van stapeling van middelen en voor herbeoordeling van middelen voor het aspect blootstelling naar oppervlaktewater.

Bron: Ctgb, 20 oktober 2025

Bodemkwaliteit meten met eDNA

Met hulp van eDNA-technieken kunnen telers meer inzicht krijgen in het bodemleven. DNA-technieken meten de algemene biodiversiteit van leven in de bodem en het kan de aanwezigheid van bepaalde ziekteverwekkers aantonen. Maar kunnen eDNA-analyses ook iets zeggen over de bodemkwaliteit?

De diversiteit van bodemorganismen is enorm, ruim een kwart van de soorten op aarde bevindt zich ondergronds. De bodemgezondheid en vruchtbaarheid is sterk afhankelijk van het bodemleven. Zoals veel telers dagelijks ervaren, zijn ziekteverwekkende schimmels en aaltjes een voorbeeld van ongewenst bodemleven. Maar veel bodemorganismen hebben ook een positieve invloed op planten; ze kunnen ziekteverwekkers onderdrukken of het afweersysteem van planten stimuleren. Daarnaast zijn bodemorganismen essentieel voor het beschikbaar maken van nutriënten voor planten.

Inzicht in bodemleven

Een relatief nieuwe methode om inzicht te krijgen in het bodemleven is een analyse van eDNA (environmental DNA) uit de bodem. Waar wetenschappers vroeger vooral door middel van uiterlijke kenmerken bodemorganismen konden identificeren, biedt eDNA-analyse nu een snellere en efficiëntere identificatie. Dankzij deze techniek kunnen talloze bodemmonsters gelijktijdig onderzocht worden — zonder dat morfologische expertise vereist is. Er zijn twee hoofdmethodes om DNA uit de bodem te analyseren:

Barcoding kan aantonen of er DNA van een specifieke soort of soortgroep in de bodem aanwezig is. Dit is een interessante methode om de aanwezigheid van een ziekteverwekkend organisme zoals het stengelaaltje of *Phytophthora* aan te tonen. Een nadeel van deze techniek is dat alleen de aanwezigheid van een pathogeen wordt gemeten, terwijl uit onderzoek blijkt dat bijna alle bodems de meest voorkomende pathogenen al in zeer kleine hoeveelheden bevatten. Meestal vormt een pathogeen pas een probleem als het in grote getalen aanwezig is. Om de hoeveelheid van de pathogeen te meten, zijn meer geavanceerde DNA-technieken nodig zoals bijvoorbeeld een quantitative PCR.

Metabarcoding geeft een completer beeld van welke bodemorganismen aanwezig zijn. Bij metabarcoding kunnen verschillende soorten tegelijkertijd uit een monster geïdentificeerd worden.

Aaltjes als indicatoren voor bodemkwaliteit

Aaltjes, ook wel nematoden genoemd, zijn heel kleine wormpjes van 0,1-5 millimeter. Aaltjes zijn in vrijwel elke bodem in grote diversiteit aanwezig. De hoeveelheid aaltjes zegt niet veel over de staat van de bodem, uit onderzoek blijkt dat er geen verschil is tussen aantallen aaltjes in gangbare en biologische akkerbouw. Wat voor een teler wel interessant kan zijn, is om via eDNA-analyses van aaltjes een inkijkje te hebben in het bodemvoedselweb. Een bodem met een grote diversiteit aan aaltjes duidt waarschijnlijk op een stabiel bodemecosysteem.

Aaltjes worden onderverdeeld op basis van hun eetpatronen. Fungivore en bacterivore aaltjes eten schimmels en bacteriën. Plantenetende aaltjes zijn herbivore of plantparasitaire. Omnivore aaltjes eten alles, en kunnen de plantparasitaire aaltjes onderdrukken. Omnivore aaltjes zijn vaak groter en hebben een langere levenscyclus. Ook zijn ze gevoeliger voor bodemverstoringen. Een hoog aantal omnivore aaltjes kan duiden op een bodem die weinig verstoord is en waar plantparasitaire aaltjes worden onderdrukt.

eDNA-analyses in praktijk

Hoewel er enige verbanden zijn tussen aaltjes en bodemkwaliteit, is er meer onderzoek nodig om dit te bevestigen. Hiernaast blijft het lastig om op basis van barcoding-resultaten iets te zeggen over het daadwerkelijke effect van een aanwezige pathogeen in de praktijk. Hierdoor is het nog moeilijk om de resultaten van eDNA-analyses te vertalen naar inzichten over bodemkwaliteit.

Het is belangrijk om de eDNA-analyse te zien als een aanvulling op de huidige technieken voor het onderzoeken van het bodemleven. Het maken van een profielkuil, het tellen van wormen, schimmel/bacterie ratio's en het meten van activiteit in de bodem blijven relevante methodes om inzicht te krijgen in het bodemleven. Wellicht de belangrijkste meerwaarde van het gebruik van eDNA-analyse voor landbouw- en natuurlijke bodems is het vermogen om een breed palet aan organismen waar te nemen, zonder de beperking tot een aantal indicatorgroepen.

Toekomstbeeld: DNA-analyses in real-time

Op het moment kunnen DNA-analyses alleen uitgevoerd worden in een gespecialiseerd laboratorium. Maar er wordt wel volop onderzoek gedaan naar technieken om een DNA-analyse in het veld uit te voeren. Voorlopig is het nog een toekomstbeeld, maar onderzoekers hopen dat het mogelijk gaat worden voor telers om bijvoorbeeld (meerdere) pathogenen in real time te monitoren.

Bron: Groen Kennisnet, 27 oktober 2025

Meer over meetmethoden en DNA-technieken in het online boek *Bodembiologie en ziektevering*:



www.groenkennisnet.nl/nieuwsitem/bodemkwaliteit-meten-met-edna

Beschikbaarheid en mobiliteit van pesticiden in de bodem variabel

De beschikbaarheid en mobiliteit van pesticiden in de bodem wordt bepaald door hun adsorptie aan bodembestanddelen. Dit proces was echter nog onduidelijk voor organische moleculen, en wordt momenteel enkel beschreven met simpele voorspellende modellen. Promovendus Bram Geysels heeft een multi-surface benadering toegepast om de adsorptie van glyfosaat, imidacloprid, en fomesafen te onderzoeken aan kleimineralen en bodemorganische stof en metaaloxiden en -hydroxiden in de bodem.

Voor glyfosaat zijn metaaloxiden en metaal hydroxiden de belangrijkste adsorptieoppervlakken in bodem. Hiervoor werd een oppervlaktecomplexatiemodel ontwikkeld voor glyfosaat binding aan goethiet en ferrihydriet, inclusief competitie van bodem organische stof en fosfaat.

Voor imidacloprid werden kleimineralen en organische stof geïdentificeerd als belangrijkste adsorbaten, waarbij waterstofbruggen de belangrijkste sorptiemechanismen te zijn. Electrostatistische effecten hebben een sterke invloed op de sorptie van fomesafen, waarbij de wederzijdse interactie tussen organische stof en metaaloxiden en -hydroxiden de belangrijke factoren zijn.

Bron: Wageningen Universiteit, 24 oktober 2025

Vidi-beurzen

De Nederlandse organisatie voor wetenschappelijk NWO onderzoek heeft een Vidi-financiering van maximaal 850.000 euro toegekend aan een reeks onderzoekers. Hiermee kunnen zij de komende vijf jaar een eigen, vernieuwende onderzoekslijn ontwikkelen en een onderzoeksgroep opzetten.

Dr. Sebastian Pfeilmeier van de Universiteit van Amsterdam ontvangt een beurs voor onderzoek naar de afweer van koolplanten tegen *Xanthomonas* bacteriën. Planten hebben een immuunsysteem dat ziekteverwekkers waarneemt en de afweer activeert. Toch zijn veel gewassen vatbaar voor infecties. Zo zijn kool en aanverwante groenten bijvoorbeeld bijzonder vatbaar voor *Xanthomonas* bacteriën, die binnendringt via de waterporiën aan de bladerand. Deze bacteriën verspreiden zich door het vaatstelsel van de plant en veroorzaken de ziekte zwartnervigheid.

De mechanismen waarmee plantencellen *Xanthomonas* herkennen en afweerreacties induceren zijn nog onbegrepen. Het onderzoeksproject van Sebastian Pfeilmeier richt zich op het identificeren van belangrijke immuunprocessen tijdens de vroege stadia van infectie met *Xanthomonas*. De verkregen inzichten kunnen worden toegepast bij het veredelen van ziekteresistente gewassen.

Dr. Dorota Kawa van de Universiteit Utrecht ontvangt een beurs voor onderzoek dat moet leiden tot de ontwikkeling van 'wortelprobiotica'.

Planten moeten mede vanwege de klimaatverandering weerbaar zijn tegen allerlei vormen van stress. Dorota Kawa onderzoekt hoe bepaalde bodembacteriën de wortels van gewassen beïnvloeden, zodat deze beter bestand zijn tegen verschillende soorten stress. Bodemmicroben kunnen veranderingen teweegbrengen in de wortelcellen van planten, waardoor lagen gevormd worden die planten beschermen tegen droogte, overstromingen en plagen. Utrechtse onderzoekers gaan bestuderen welke combinatie van microben nodig is om wortels optimaal te beschermen en hoe de interacties tussen microben en gewassen versterkt kunnen worden.

De verkregen kennis uit het onderzoek van het team van Dorota Kawa zal bijdragen aan de ontwikkeling van 'wortelprobiotica', die gewassen bestand maken tegen extreme omgevingsomstandigheden.

Dr. André Kuhn (Swammerdam Institute for Life Sciences) ontvangt een beurs voor onderzoek naar signaalverwerking: hoe planten aan bedreigingen ontsnappen

Planten worden voortdurend bedreigd door droogte, bodemverziltiging en ziektes, factoren waarvan ze niet weg kunnen bewegen en die intenser worden door klimaatverandering. Planten hebben geen centraal zenuwstelsel en moeten middels snelle cellulaire signaalverwerking externe prikkels detecteren en erop reageren. Hoe verwerken planten de talloze signalen snel genoeg om bedreigingen te mitigeren? Eerste bevindingen tonen aan dat verschillende signalen dezelfde eiwitten kunnen reguleren door fosforylering. Dit duidt op een reactiemechanisme via gedeelde 'signaal-integratoreiwitten'. Hoe, waar en waarom dergelijke integratie plaatsvindt, is onbekend. Het project van Kuhn heeft als doel een mechanisme waarmee planten snel en gecoördineerd op verschillende signalen reageren, op te helderen.

Dr. Mark Sterken (Nematologie, WUR) gaat de concurrentie van micro-organismen rond een plantwortel bestuderen.

Sterken richt zich op microscopische wormpjes (aaltjes) die planten parasiteren en ziek maken. Ze hebben allemaal een plantwortel nodig om te overleven en er zijn veel soortgenoten en concurrerende soorten. Welke keuzes maken de aaltjes en hoe gaan ze de concurrentie aan?

Bron: NWO, 23 oktober 2025

Onderzoek naar gebruik gewasbeschermingsmiddelen in Overijssel

De provincies moeten een schone, gezonde en veilige leefomgeving voor inwoners waarborgen. Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw kan slecht zijn voor de natuur- en waterkwaliteit. Daarom gaat de provincie Overijssel onderzoeken wat het effect is van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen op de leefomgeving en het milieu.

Gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet om gewassen te beschermen tegen ziekten, plagen en onkruiden. Ze kunnen ook schadelijke stoffen bevatten die invloed hebben op natuur, het water en de gezondheid van mens en dier. En hoewel de huidige regelgeving is geborgd via Europese en landelijke richtlijnen, wil het provinciebestuur kritisch kijken naar het nut, de noodzaak en effecten van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Uiteindelijk zal moeten blijken of aanvullende eisen, maatregelen of andere keuzes nodig zijn rondom het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. De provincie gaat dit onderzoek doen in nauwe samenwerking met agrariërs, gemeenten, waterschappen, natuurorganisaties en andere belanghebbenden.

In 2025 organiseren vinden er diverse bijeenkomsten en werksessies plaats. Hier worden ideeën opgehaald, deelt het provinciebestuur kennis en wordt samengewerkt aan een gebalanceerd beleid. Het doel hiervan is om de aanwezige kennis in de samenleving te benutten en te kijken of de huidige provinciale visie veranderd moet worden.

Bron: Provincie Overijssel, 23 oktober 2025

Aardappelopslag en afvalhopen blijven risico voor Phytophthora

Ook voor 2026 benadrukt de Taskforce Phytophthora preventieve maatregelen om de aardappelziekte te beheersen. Inzet van telers voor de bestrijding van aardappelopslag is belangrijk, te beginnen in het najaar van 2025. Daarnaast doet de Taskforce opnieuw de oproep om aardappelafvalhopen altijd af te dekken.

Afvalhopen en aardappelopslag vormen de eerste infectiebronnen voor Phytophthora. Dit risico neemt toe nu winters zachter zijn en het voorjaar zich steeds vroeger aandient. Doordat sommige telers hun aardappelen in het najaar tegen alle adviezen in niet hebben geoogst, is aardappelopslag nu al een punt van zorg. Ook blijken verliesknollen al vroeg kiemlustig. Actie van telers is nodig om grotere problemen in 2026 voor te zijn.

Piek in middelengebruik in 2024

Teeltseizoen 2025 gaf een volstrekt ander beeld van de infectiedruk van Phytophthora en het vereiste middelengebruik dan de jaren ervoor. Het weer was de belangrijkste factor. In 2023 manifesteerde Phytophthora zich in de tweede helft van het seizoen, in 2024 juist al vroeg in het voorjaar. Dit dwong telers tot intensieve bespuitingen om te voorkomen dat de volledige oogst verloren zou gaan. Vanwege resistentiemanagement is sinds vorig jaar combineren en afwisselen van middelen noodzakelijk. Ook dat leidde ertoe dat het fungicidegebruik tijdelijk piekte in 2024.

Ketenaanpak

De noodzakelijke bespuitingen in 2024 stonden telers en eigenlijk de hele sector tegen. De sector werkt met de Taskforce Phytophthora aan een geïntegreerde beheersing. Onderzoek, pilots én ervaringen in de praktijk tonen aan dat rassen met verbeterde resistentie het fundament vormen



Aardappelopslag (hier in tarwe) vormt een belangrijk risico bij de beheersing van Phytophthora (foto: NVWA / Beeldenbank).

van een duurzame teelt. Deze rassen vragen veel minder bespuitingen, ook als het weer, zoals in 2024, ongunstig is. Succesvolle introductie van nieuwe rassen vergt een lange adem. Veredelaars, telers, handelaren en verwerkers van consumptieaardappelen zijn in gesprek om dit met een ketenaanpak te versnellen.

Noodzaak van betere hygiëne

In alle omstandigheden blijft preventie het credo. Zonder bron geen haard. Belangrijke bronnen zijn afvalhopen en aardappelopslag. Directeur André Hoogendijk: "Helaas komen er in de praktijk nog steeds afvalhopen voor die niet afgedekt zijn. En zelfs in dit mooie teeltjaar waren er nog te veel akkers met een soort mengteelt van opslagplanten. Nalatigheid en onverschilligheid kunnen bijzonder kostbaar blijken als het weer volgend jaar tegenzit en Phytophthora de kop opsteekt." De Taskforce Phytophthora adviseert telers om dit najaar nog maatregelen te nemen tegen aardappelopslag.

ICM als koers voor duurzame teelt

De Taskforce vloeit voort uit het Actieplan Plantgezondheid, dat akkerbouwers stimuleert en faciliteert om duurzamer te telen. Om dit te versnellen, heeft de sector gekozen voor een eenduidige methodiek met Integrated Crop Management (ICM). De methodiek van Wageningen University & Research is in het najaar 2022 gepubliceerd en is inmiddels bij ruim de helft van de akkerbouwers bekend. Een kwart geeft aan er mee te werken. Dit bleek uit een enquête in opdracht van het Actieplan. Voor de beheersing van Phytophthora is een aparte ICM-aanpak uitgewerkt.

Bron: BO Akkerbouw, 21 oktober 2025

Europese Commissie: glyfosaat en TFA opnemen in kwaliteitsnormen water

De Europese Commissie stelt voor om meer gewasbeschermingsmiddelen op te nemen in de Europese milieukwaliteitsnormen voor oppervlakte- en grondwater. Ook trifluorazijnzuur (TFA) wordt toegevoegd als nieuwe stof om te reguleren. Dat gebeurt in het kader van een actualisering van de waterwetgeving. De compromistekst die het Europees Parlement en de Europese Raad over het voorstel bereikten moet nog formeel worden goedgekeurd maar dit lijkt geen struikelblok te zullen zijn.

De Europese Unie verplicht alle lidstaten om hun oppervlaktewateren, zoals rivieren en meren, en hun grondwateren tegen 2027 in een goede kwaliteit toestand te brengen. Om dat te realiseren, moet het water voldoen aan een reeks van milieukwaliteitsnormen. De beoordeling gebeurt volgens het principe van 'one out, all out'. Dit wil zeggen dat als één parameter niet aan de norm voldoet, het waterlichaam als geheel niet in goede kwaliteit is.

De reeks Europese milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater zijn gebaseerd op een lijst met 45 prioritaire stoffen die een negatieve invloed hebben op oppervlakte- en grondwater. Uit onderzoek in 2019 bleek dat deze lijst niet langer strookt met de huidige wetenschappelijke inzichten en aan een update toe is. In hetzelfde kader worden ook de normen voor verontreinigende stoffen in grondwater geactualiseerd. Na veel onderhandelen bereikten de Europese Raad en het Europese Parlement daarover vorige maand een akkoord.

Voor oppervlaktewater willen ze de stoffenlijst sterk uitbreiden. Er worden onder meer actieve stoffen uit gewasbeschermingsmiddelen aan toegevoegd, waaronder glyfosaat. Daarbovenop wil de Europese Unie niet alleen de afzonderlijke gewasbeschermingsmiddelen, maar ook hun gezamenlijke hoeveelheid reguleren. Zo wordt een somnorm voorgesteld van 0,2 microgram per liter. Glyfosaat valt daar niet onder, de norm heeft enkel betrekking op stoffen die in de huidige wetgeving als prioritaire verontreinigende stof zijn aangemerkt.

Ook voor PFAS stelt de Europese Unie een somnorm voor. Daar zou de maximumconcentratie van 25 PFAS-stoffen liggen op 0,0044 microgram per liter. Eén van die 25 PFAS is TFA. Ook voor grondwater houdt het voorstel een actualisering in. Zo wordt onder meer een somnorm voorgesteld voor PFAS met een maximumwaarde voor 4 PFAS, TFA zit daar niet bij.

Voor oppervlaktewater introduceert de Europese Commissie in het voorstel ook een nieuwe monitoringsmethode waarbij wordt gekeken naar de biologische effecten die de verontreinigende stoffen samen teweegbrengen. Zo komen niet alleen de aanwezige concentraties, maar ook de impact van de verontreiniging beter in beeld. Het 'one out, all out'-principe blijft daarbij ongewijzigd. Het plan is ook om op Europees niveau de oprichting van een gemeenschappelijke meetfaciliteit te onderzoeken. Lidstaten kunnen hiervan gebruikmaken bij het ontwikkelen van nieuwe analysemethoden en het monitoren van prioritaire stoffen. Daarnaast wordt ook de definitie van achteruitgang van de toestand van waterlichamen in de compromis explicieter omschreven.

Na publicatie van de definitieve richtlijn in het publicatieblad van de Europese Unie zullen de lidstaten tot eind december 2027 de tijd krijgen om de nieuwe regels om te zetten in nationale wetgeving. Voor de nieuwe prioritaire stoffen zouden lidstaten tot 2039 krijgen om aan de normen te voldoen, met onder voorwaarden uitstel tot 2045. Voor stoffen waarvoor herziene en strengere milieukwaliteitsnormen gelden in oppervlaktewater, is de deadline al in 2033. Voor bestaande prioritaire stoffen blijft de deadline van 2027 gelden.

Bron: VILT, 21 oktober 2025

Provincie Limburg heft verwijderingsplicht jakobskruid en akkerdistel op

Het college van Gedeputeerde Staten van de provincie Limburg heeft besloten géén verwijderingsplicht op te nemen in de Omgevingsverordening voor jakobskruid en akkerdistel. Daarmee komt er geen generieke verplichting om deze planten overal te verwijderen. In plaats van een verwijderingsplicht op te leggen werkt de provincie samen met terreinbeheerders, agrarische organisaties, waterschappen en andere partners aan een convenant met afspraken over het beheer van deze soorten.

De natuur- en milieufederatie Limburg ziet een convenant als een waardevol instrument, mits het uitgaat van kennis uit het veld, ecologisch verantwoord beheer en wederzijds begrip. Het mag geen nieuwe druk creëren om soorten te bestrijden die juist een belangrijke rol spelen in het ecosysteem. De organisatie denkt graag mee over de verdere uitwerking van het convenant

Bron: Natuur en Milieufederatie Limburg, 15 oktober 2025



Weilandje met Jakobskruid (foto: Gewasbescherming).

Middelen op basis van glyfosaat en cypermethrin mogen worden toegelaten

Het College van Beroep voor het bedrijfsleven heeft dinsdag 14 oktober drie uitspraken gedaan in zaken over gewasbeschermingsmiddelen. Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) heeft verschillende gewasbeschermingsmiddelen op basis van de werkzame stoffen glyfosaat en cypermethrin voor het eerst, dan wel voor een nieuwe periode toegelaten voor het op de markt brengen en het gebruik in Nederland. Dat besluit is correct genomen oordeelt de rechter.

Stichting Pesticide Action Network Netherlands (PAN) en Meten=Weten zijn organisaties die zich keren tegen het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Zij zijn het niet eens met de toelatingsbesluiten van het Ctgb. PAN heeft zich verzet tegen de toelating van gewasbeschermingsmiddelen op basis van glyfosaat en cypermethrin. Meten=Weten komt op tegen de toelating van gewasbeschermingsmiddelen op basis van glyfosaat. PAN en Meten=Weten vinden dat deze gewasbeschermingsmiddelen schadelijk zijn voor mens, dier en milieu en daarom niet mogen worden verkocht en gebruikt.

Het CBb geeft PAN en Meten=Weten geen gelijk. Met de uitspraken van het CBb wijzigt er niets aan de toelating van de gewasbeschermingsmiddelen.

Europese goedkeuring

Een gewasbeschermingsmiddel mag in Nederland alleen worden toegelaten als de werkzame stof die in het middel zit door de Europese Commissie is goedgekeurd. Tegen de goedkeuringen van glyfosaat en cypermethrin lopen procedures bij het Gerecht en het Hof van Justitie van de Europese Unie.

Habitatrichtlijn niet van toepassing

In de zaak van Meten=Weten is het CBb niet toegekomen aan de beoordeling van het beroep over vijf gewasbeschermingsmiddelen, omdat deze middelen inmiddels niet meer mogen worden verkocht of gebruikt. Het CBb komt wel toe aan een inhoudelijke behandeling van de gewasbeschermingsmiddelen die nog wel worden verkocht en gebruikt. Meten=Weten vindt dat het Ctgb bij de beoordeling van de toelatingen ten onrechte geen rekening heeft gehouden met de Habitatrichtlijn en de gevolgen die het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen kan hebben voor Natura 2000-gebieden. Het CBb volgt Meten=Weten daarin niet. In de Wet natuurbescherming (Wnb), die is gebaseerd op de Habitatrichtlijn, is het Ctgb namelijk niet het bevoegde bestuursorgaan. Ook is de toets door het Ctgb bij toelatingsaanvragen anders dan de toets uit de Wnb. Het Ctgb hoeft de Habitatrichtlijn daarom niet toe te passen.

Europese gewasbeschermingsverordening

In twee zaken van PAN oordeelt het CbB dat het besluit onvoldoende is gemotiveerd. Het Ctgb heeft namelijk pas nadat het besluit was genomen, gereageerd op wetenschappelijke studies waar PAN eerder op had gewezen. Deze studies zijn ook - of kunnen worden - ingebracht in nu lopende procedures bij het Gerecht en het Hof van Justitie van de Europese Unie over de stoffen glyfosaat en cypermethrin. Die procedures hebben tot nog toe geen verandering gebracht in de goedkeuring van de stoffen op Europees niveau. Dat maakt dat het CbB geen aanleiding ziet om te komen tot een van die goedkeuring afwijkend oordeel over de stoffen glyfosaat en cypermethrin. Volgens PAN heeft het Ctgb onvoldoende betekenis toegekend aan de risico's van het gebruik van de gewasbeschermingsmiddelen voor mens en milieu. Het CbB oordeelt dat de beoordeling door het Ctgb voldoet aan de Europese gewasbeschermingsverordening.

Bron: CbB, 14 oktober 2025

Duurzame bollenteelt vraagt om maatwerk en samenwerking

Duurzame bollenteelt is zowel voor telers als teeltadviseurs een blijvende zoektocht. Een overzicht van verschillende proeven en studies.

Praktijkonderzoek duurzame teelt

Deelnemers aan de pilot Duurzame Teelt van Tulp en Bijgoed zijn positief over kleinschalige veldproeven, maar benadrukken dat toepasbaarheid op het eigen bedrijf cruciaal is. Verschillen in grond, rassen en verwerking maken maatwerk nodig, blijkt uit het eindverslag van Frank Kreuk, Koen de Wildt, Kees Stoop en Michel Jansen van Vertify. De echte uitdaging ligt in toepasbaarheid op het eigen bedrijf, waar de omstandigheden sterk kunnen verschillen. Koppeling met veredeling is wenselijk, want weerbare rassen zijn cruciaal. Er is daarvoor nog veel kennis nodig, vinden de schrijvers.

Samenwerking tussen plant en omgeving

Hogeschool Inholland heeft een toegankelijk naslagwerk ontwikkelt over weerbaar telen. Het legt uit hoe planten zichzelf verdedigen tegen ziekten en plagen, ondersteund door organismen zoals insecten en bacteriën. Weerbaar telen vraagt om samenwerking tussen plant en omgeving, aldus schrijver Frank van der Helm. In het naslagwerk zijn ook praktische handvatten voor een planmatige aanpak en een bedrijfsspecifiek ontwerp te vinden.

Flevolandse aanpak

In Flevoland pakken telers normoverschrijdingen gezamenlijk aan. Want ze zijn ervan overtuigd dat die alleen zijn te elimineren als iedereen meedoet. Bovendien, het aanpakken van emissies en dus het behoud van teelten is in ieders belang.

Moeizaam proces

Uit onderzoek van Corinna Jansen (Aeres Hogeschool Dronten) blijkt dat gewasbeschermings- en teeltadviseurs slechts beperkt bereid zijn om aan te sturen op geïntegreerde gewasbescherming. Externe druk vanuit beleid en maatschappij is voelbaar, maar gebrek aan kennis, ervaring en duidelijke aansturing remt verandering. Trainingen en betere informatievoorziening kunnen de transitie ondersteunen, stelt Jansen.

Bron: Groen Kennisnet, 14 oktober 2025

Gebruik gewasbeschermingsmiddelen bij aardbeien kan fors omlaag

Een nieuw teeltsysteem maakt het mogelijk aardbeien te telen zonder gebruik van chemische middelen die in de EU op de nominatie staan om verboden te worden, de Candidates for Substitution. Volgens de onderzoekers kan ook het gebruik van andere chemische gewasbeschermingsmiddelen hiermee fors worden verminderd. Het teeltsysteem is ontwikkeld door Wageningen University & Research (WUR) en partners uit de aardbeiensector.

Het onderzoeksproject startte acht jaar geleden met een denktank uit de aardbeiensector. Eerst werden de individuele onderdelen los van elkaar onderzocht en vervolgens samengevoegd en getest in de praktijk. Inmiddels zijn zes teeltcycli doorlopen, elk met hun eigen uitdagingen. Het resultaat is een volledig systeem dat in de praktijk toepasbaar is en door het verminderde gebruik van gewasbeschermingsmiddelen een veel lagere milieu-impact heeft.

Vier pijlers

Het systeem rust op vier pijlers die samen de basis vormen voor een weerbare teelt:

Hygiëne in tijd en ruimte– starten met ziektevrij zaad en opkweek en productie in de kas, zodat ziekten en plagen worden geweerd en natuurlijke vijanden behouden blijven.

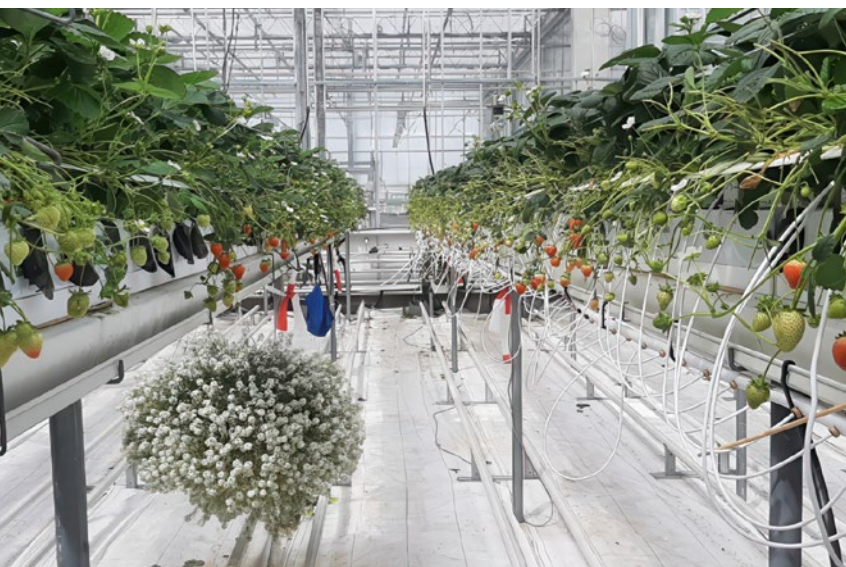
Robuuste rassen– kiezen voor sterke rassen en het vermijden van zeer vatbare rassen.

Optimale groeiomstandigheden– gebruik van klimaatcontrole in de kas, teelt op steenwol en toevoeging van de nuttige schimmel *Trichoderma* voor een gezonde groei.

Omgevingsomstandigheden– inzetten van bankerplanten voor natuurlijke vijanden en UV-C-licht om meeldauw te voorkomen.

Geen stekjes maar zaden

De teelt uit zaad is een belangrijk vernieuwend element dat inmiddels de weg naar de praktijk heeft gevonden. Waar destijds slechts één veredelaar actief was, zijn inmiddels alle grote aardbeienveredelaars bezig met zaadproductie.



Aardbeien in de onderzoekskas in Bleiswijk (foto: Kirsten Leiss).

De voordelen van ziektevrij zaad worden steeds breder erkend, en de opbrengst van zaadrassen kan nu concurreren met die van rassen uit stek. Ook de teelt onder glas, het gebruik van bankerplanten - planten die nuttige insecten om plagen te bestrijden ondersteunen - en de toepassing van UV-C worden inmiddels door telers en adviseurs opgepakt.

Uitdagingen en kansen

“Dit teeltsysteem biedt perspectief op een duurzame toekomst voor de aardbeienteelt in Nederland,” zegt onderzoeker Kirsten Leiss. De opschaling van het teeltsysteem vraagt volgens Leiss nog wel om verdere ontwikkeling. “Vooral de beschikbaarheid van zaadrassen die resistent zijn tegen meerdere ziekten en plagen is een aandachtspunt. Ook zijn investeringen in kassen en UV-C-apparatuur nodig.”

De ontwikkeling van het nieuwe teeltsysteem voor aardbeien is onderdeel van het overkoepelende project Kennisimpuls Groene Gewasbescherming, dat is opgezet in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselveiligheid en Natuur (LVVN). Het heeft als doel om in verschillende gewassen met aanmerkelijk minder gewasbeschermingsmiddelen te telen, en in elk geval zonder de Candidates for Substitution

Bron: Wageningen University & Research, 8 oktober 2025

Provinciale handleiding regulering bestrijdingsmiddelen gepresenteerd

Nadat er afgelopen jaar een gemeentelijke handleiding voor de regulering van bestrijdingsmiddelen werd gepubliceerd door Natuur & Milieu en Urgenda, hebben dezelfde partijen nu een ‘Provinciale handleiding

regulering bestrijdingsmiddelen’ gemaakt. Hierin worden provincies verschillende juridische mogelijkheden uitgelegd die ze kunnen gebruiken om natuur, grond- en drinkwater te beschermen tegen de schadelijke gevolgen van het gebruik van bestrijdingsmiddelengebruik, volgens de initiatiefnemers.

De in december vorig jaar gepubliceerde ‘Gemeentelijke handleiding regulering bestrijdingsmiddelen’ was gericht op gemeentes om kwetsbare burgers te beschermen tegen het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Volgens Natuur & Milieu en Urgenda zijn provincies primair verantwoordelijk voor de kwaliteit van het grondwater, drinkwater en de natuur. ‘Toch wordt er - ondanks vele waarschuwingen van wetenschappers en drinkwaterbedrijven - nog volop gespoten op velden die in of nabij kwetsbare natuurgebieden of drinkwatergebieden liggen. Vooral de bollenteelt is grootgebruiker van bestrijdingsmiddelen, met de lelieteelt aan kop,’ aldus Natuur & Milieu en Urgenda.

Doelen halen

In een persbericht licht Rob van Tilburg, directeur programma’s bij Natuur & Milieu, toe hoe de handleiding helpt bij het behalen van provinciale doelen: ‘Provincies zoeken naar extra handvatten om de afgesproken doelen voor grond-, drinkwater en natuur te kunnen halen. De handleiding laat zien hoe provincies via de Omgevingsverordening, pachtvoorwaarden, natuurvergunningen en gronduitgifte actief kunnen sturen op het gebruik van bestrijdingsmiddelen.’

Ook willen de twee partijen meer duidelijkheid scheppen voor burgers, natuurorganisaties én agrariërs en noemen ze de huidige situatie onhoudbaar en onnodig. Met de handleiding willen ze provincies een sleutelrol laten spelen, niet alleen in het beschermen van mens en milieu, maar ook in het scheppen van duidelijkheid voor gebruikers van bestrijdingsmiddelen.

www.boom-in-business.nl/article/51504

Bron: Boom in business, 3 oktober 2025

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.

Onderstaande agenda is onder voorbehoud. Actuele informatie is te vinden op de betreffende websites.

Binnenlandse bijeenkomsten

19-22 februari 2026

Vaktentoonstelling Zwaagdijk
Info: www.vaktentoonstelling.nl

19 maart 2026

New tools in Breeding, Studiekring Plantenveredeling, Hotel de Nieuwe Wereld, Wageningen
Info: www.knpv.org

22-26 maart 2026

8th International Bacterial Wilt Symposium (8th IBWS2026), Wageningen
Info: www.event.wur.nl/ibws2026

28 mei 2026

KNPV-voorjaarsbijeenkomst, thema Bodemweerbaarheid, Wageningen
Info: www.knpv.org

1-5 juni 2026

36th Symposium of the European Society of Nematologists (ESN36), Egmond aan Zee
Info: www.esn2026.nl

31 augustus – 3 september 2026

IOBC-WPRS Working Group on Integrated Control in Protected Crops, Temperate Climate, Boskoop
Info: www.iobc-greenhouse-wgm2026.org

Bijeenkomsten in buitenland

19-23 april 2026

21st International Reinhardsbrunn Symposium on Modern Fungicides and Antifungal Compounds, Friedrichroda, Germany
Info: www.reinhardsbrunn-symposium.de

19 mei 2026

77th ISCP, Gent, België
Info: www.ugent.be/bw/plants-and-crops/iscp

23-28 augustus 2026

32e International Horticultural Congress (IHC), Kyoto, Japan
Info: www.ihc2026.org

9-11 september 2026

PPATH26 and ECPP26, Norwich, Verenigd Koninkrijk
Info: www.bspp.org.uk

19-25 augustus 2028

13th International Congress of Plant Pathology (ICPP), Queensland, Australia.
Info: www.icpp2028.org

Themanummer aardappelmoeheid

[VOORWOORD

Verleden, heden en toekomst van de beheersing van aardappelmoeheid	191
Smant, G.	

[ARTIKEL

Introductie van het intensief aardappelvrijheidsonderzoek (AMI)	192
Hermelink, P.	
Beheersing aardappelmoeheid problematisch op percelen met virulente AM-populaties	193
Virulentie- of rassenkeuzetoets	194
Schepel, E.G.	
Grip op aardappelmoeheid in de praktijk	196
Willemen, T.M.	
Aardappelmoeheid steeds meer gereguleerd	197
Janssen, F.J.A., Heese, E.Y.J. van, Hoop, B.M. de & Stellingwerf, J.S.	
Resistentieveredeling tegen aardappelmoeheid bij Averis	202
Tammes, J.E. & Langendoen, D.	
Wekstof als gewasbeschermingsmiddel tegen aardappelvrijheidsonderzoek	204
Mulder, J.G.	
Aardappelvrijheidsonderzoek en het wekken van aardappelvrijheidsonderzoek: stand van zaken en mogelijke toepassingen ...	206
Bertran, A.	
Nieuw gewasbeschermingsmiddel tegen aardappelvrijheidsonderzoek in ontwikkeling	210
Willemen, T.M.	
'Bonte percelen' vertellen hun verhaal: Microbiële onderdrukking van aardappelvrijheidsonderzoek	214
Himbeek, R. van, Schepel, E.G. & Helder, J.	

[VERENIGINGSNIEUWS

Digitale EJPP voor alle KNPV-leden	217
Publicaties en tijdschriften over Tropische Gewassen	217
Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft (DPG)	217
Linda Gouka ontvangt Jan Ritzema Bosprijs 2025	218
Wisseling bestuursleden	218

[NIEUWS	219
----------------------	------------

[AGENDA	227
----------------------	------------