

Microben maken landbouw mogelijk in onherbergzame gebieden

# In plaats van kunstmest

De landbouw moet meer voedsel gaan opbrengen en juist minder water, kunstmest en pesticiden gaan verbruiken. Boeren krijgen daarbij hulp uit onverwachte hoek: van micro-organismen.

door Jop de Vriese beeld Aart-Jan Venema

**'KIJK, HIER GROEIT NIKS.** Helemaal niks. Zelfs geen onkruid.' Pius Floris pakt een van de tientallen stenen op die om hem heen liggen op de kale, verdroede grond. Tientallen jaren van droogte, monocultuur, kwistig kunstmestgebruik en excessief ploegen hebben hun tol geëist. Wind en regen hebben nog maar twintig centimeter overgelaten van de ooit vruchtbare toplaag. Daaronder rest niets dan harde rotsgrond.

Drie jaar geleden trof 'bodemdokter' Floris een Spaanse akker aan in deze ontredde staat. Het is moeilijk te bevatten dat deze centraal gelegen regio, Castilla y León, eeuwenlang de graanschuur was van de wijde omgeving. Nu is het verbouwen van graan hier alleen nog rendabel dankzij de Europese subsidie per hectare landbouwgrond, die werd ingesteld om de voedselzekerheid op het continent te garanderen. In het voorjaar is de omgeving nog redelijk groen, maar in de zomer zal alles om deze akker heen verdord zijn.

Floris, een ondernemer in plantengezondheid, wil die situatie veranderen. Met een team van onderzoekers van de Universiteit van Valladolid en lokale boeren zette Floris een EU-gefinancierd proefproject op om rendabele landbouw mogelijk te maken op deze verwoeste bodems, en wel zonder irrigatie. Zijn belangrijkste medewerkers: microben.

Een van de redenen dat hier alle levenskracht uit de bodem is verdwenen, is volgens Floris dat de landbouw het ecosysteem van microben heeft vernietigd dat de planten helpt om te overleven en gedijen. Zijn team diende daarom naast organische mest gunstige micro-organismen toe op deze akker, in het bijzonder schimmels die leven rond plantenwortels naast organische meststof. 'Boeren hebben deze spelers tientallen jaren genegeerd', zegt Floris. 'Wij brengen ze terug in het spel.'

**WETENSCHAPPERS HEBBEN** de afgelopen jaren een duizelingwekkende diversiteit blootgelegd aan bacteriën, virussen en schimmels die in, op en rondom plantenwortels leven. Veel van deze microben, ook wel het rhizobioom (wortelpopulatie) genaamd, helpen planten aan voedingsstoffen en versterken hun afweer tegen plagen

en ziektes. Biotechnologiebedrijfjes en de agrochemische industrie zien een enorm potentieel voor de landbouw en zijn een groot aantal veldproeven gestart. In 2013 publiceerde de American Academy of Microbiology (AAM) een rapport met de optimistische titel *How Microbes Can Help Feed the World*, waarin wetenschappers concluderen dat microben de oogsten kunnen verhogen en het verbruik van kunstmest en pesticiden juist kunnen verlagen; microben kunnen zelfs planten laten groeien in zeer droge of zoute bodems, en ze zouden kunnen helpen de gewassen te wapenen tegen klimaatverandering. Zo doden trichoderma-schimmels schadelijke schimmels en de bacillus thuringiensis doodt rupsen.

'Er is een microbiologische revolutie aan de gang', stelt Thomas Schäfer, vice-president van microbiële R&D bij Novozymes, een bedrijf dat microbiële meststoffen en pesticiden ontwikkelt en onlangs een alliantie sloot met biotechn multinational Monsanto. We zijn volgens

**De schimmels vergemakkelijken de opname van water en voedingsstoffen. Het zijn 'de winkelwagentjes van de plant'**

Schäfer op weg naar 'precisielandbouw' waarbij boeren na een grondige analyse van de bodem gunstige microben of voedingsstoffen toedienen aan hun akkers.

Het is nog wel afwachten of deze hoge verwachtingen kunnen worden waargemaakt. De diversiteit van het bodemleven is namelijk zo onthutsend groot dat het een gigantische taak is om uit te zoeken welke organismen de gewassen ten goede komen, hoe ze dat doen en welke combinaties het beste werken. Onduidelijk is of microben het gebruik van pesticiden en chemische meststoffen kunnen verminderen, laat staan of de conventionele boeren voldoende vertrouwen zullen hebben in hun nieuwe helpers. De centrale vraag is: in hoeverre kan de microbiologie de chemie vervangen in de landbouw?

**LANGE TIJD** zagen wetenschappers en boeren microben vooral als problemen. De schimmelachtige eencellige phytophthora infestans is bijvoorbeeld verantwoordelijk voor de beruchte aardappelziekte die meerdere hongersnoden heeft veroorzaakt. Verschillende andere schimmels en bacteriën zorgen voor het rotten van wortels en bladeren. Natuurlijk, boeren weten dat sommige microben nuttig zijn: zogeheten rhizobia-bacteriën vormen een schoolvoorbeeld. Die leven in de wortels van vlinderbloemige planten en vangen stikstof uit de lucht, die ze afstaan aan de plant. Maar nieuwe genetische methoden hebben een groot, complex web van onderlinge interacties in beeld gebracht, vergelijkbaar met die tussen de duizenden bacteriële en virale soorten die in onze darmen en op onze huid leven.

Er is aangetoond dat er tot tien miljard bacteriële cellen per gram leven in de grond in en rondom plantenwortels, de rhizosfeer. In 2011 identificeerde een team onder leiding van bodemmicrobioloog Jos Raaijmakers van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) in Wageningen meer dan 33.000 soorten bacteriën en archaea (ook wel oerbacteriën genoemd) op suikerbietwortels. Tientallen soorten blijken plantenziekten te onderdrukken door het uitscheiden van stoffen die ziekteverwekkers doden, verzwakken of weren.

Experimenten in het lab en de kas hebben ook aangetoond dat microben diverse voedingsstoffen en mineralen in de bodem beschikbaar kunnen maken voor planten, hormonen produceren die de groei stimuleren, het immuunsysteem alert kunnen houden en stressreacties kunnen dempen of juist opwekken. 'In het algemeen kunnen we zeggen dat een meer divers bodemleven resulteert in minder plantenziekten en hogere opbrengst', zegt Raaijmakers.

Een categorie van zeer nuttige microben wordt gevormd door de zogeheten mycorrhiza- of wortelschimmels, die een dicht netwerk van dunne filamenten bouwen dat tot diep in de bodem reikt. Dat netwerk bereikt de meest minuscule waterdruppeltjes, waardoor het een uitbreiding van de plantenwortels vormt. Deze schimmels vergemakkelijken de opname



van water en een breed scala aan voedingsstoffen – Floris noemt ze ‘de winkelwagentjes van de plant’.

Microben kunnen ook planten helpen met het overleven onder extreme omstandigheden. Een symbiose met schimmels en virussen doet een grassoort in het Amerikaanse Yellowstone Park gedijen in bodems waarin de temperatuur tot zestig graden Celsius kan oplopen. De schimmel wekt een stressreactie op die de plant zelf niet kan activeren. Inmiddels is deze schimmel op de Amerikaanse markt geïntroduceerd voor toepassing op maïs en rijst.

De bacterie *stenotrophomonas rhizophila* maakt het voor suikerbieten en maïsplanten mogelijk om onder extreem zoute omstandigheden te overleven. In 2013 publiceerden onderzoekers een verklaring: de microbe scheidt onder meer een stof uit die de uitstroom van water beperkt. Microben kunnen

zelfs invloed uitoefenen op de smaak van voedsel afkomstig van planten: een bacterie genaamd *methylobacterium extorquens* verhoogt de productie van stoffen die aardbeien hun karakteristieke smaak geven.

Dat deze microbiële diensten enorm belangrijk zijn voor planten, blijkt ook uit wat die ervoor over hebben: tot dertig procent van de koolstof die planten aanmaken, scheiden ze uit in de vorm van zogeheten ‘exsudaten’, waaronder suikers, aminozuren, flavonoiden en vetzuren. Ze lokken en voeden er gunstige soorten mee, terwijl ze schadelijke soorten juist weren en doden.

**DE MARKT VOOR** microbiële bestrijdingsmiddelen is met een totale omzet van negenhonderd miljoen euro per jaar nog relatief beperkt, zeker als je het vergelijkt met chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest, met

een jaarlijkse omzet van respectievelijk 45 miljard en 52 miljard euro. Toch zijn de verwachtingen bij sommige producten hooggespannen.

Dat geldt bijvoorbeeld voor Serenade, een biologisch bestrijdingsmiddel dat een bacil bevat die schimmels en bacteriën doodt en de groei van planten bevordert. Die bacteriestam werd ontdekt door AgraQuest, een biotechbedrijfje in het Californische Davis. ‘In eerste instantie waren de meeste van onze klanten biologische boeren’, zegt Denise Manker, medeoprichter van het bedrijf, ‘maar al snel begonnen innovatieve “gewone” boeren te experimenteren met het product.’ In 2012 kocht de Duitse agro-gigant Bayer AgraQuest voor 350 miljoen euro.

Manker werd directeur van de wereldwijde agronomische ontwikkeling van biologische middelen, met een jaarlijks onderzoeksbudget van tien miljoen euro. Ze gebruikt het om veldtesten te doen met tientallen nieuwe schimmels

en bacteriën die chemische bestrijdingsmiddelen moeten vervangen om de groei en gezondheid van planten te bevorderen.

Een verklaring voor het belang van Bayer: de groeiende maatschappelijke weerstand tegen chemische pesticiden en de totstandkoming van een Europese richtlijn in 2009 die het gebruik van dergelijke middelen sterk inperkte. Gevolg is dat de markt voor chemische gewasbescherming stagneert, terwijl die voor biologische middelen elk jaar met tien procent toeneemt. Ook bedrijven als Syngenta, Dupont en BASF hebben inmiddels kleinere bedrijven overgenomen die microbiële producten ontwikkelen.

De nieuwe partner van Monsanto, Novozymes, heeft zwaar geïnvesteerd in een biologische bemester met de bodemschimmel *penicillium bilaii* en een insecticide met de schimmel *metarhizium anisopliae*.

**BEDRIJVEN TESTEN OP** dit moment duizenden stammen tegelijk in het veld, waarna ze van de succesvolle stammen het werkingsmechanisme in het lab proberen te ontrafelen. Maar zelfs een veelbelovend veldstudie garandeert geen succes op de akker. 'Boeren gebruiken microbiële producten op diverse gewassen, met verschillende toedieningsmethoden en in verschillende bodems en klimaten', zegt Matthew Wallenstein, een ecosysteemonderzoeker bij Colorado State University in de Verenigde Staten. 'Dat maakt de resultaten sterk variabel. Het is heel moeilijk om een wonderproduct te maken dat overall werkt.'

Dat de producten levende wezens bevatten is onderdeel van het probleem; voor een optimaal effect, moeten ze een plekje zien te verwerven in het lokale ecosysteem. Een manier om ze een voorsprong te geven, is door ze op de plantenzaden toe te passen in plaats van in de aarde. Zo kunnen ze direct de wortels van de jonge plant koloniseren en domineren. Vanwege die concurrentiestrijd nemen de populaties van toedienende microben vaak ook na verloop van tijd af. Spuut een boer met Serenade, bijvoorbeeld, dan resulteert dat in eerste instantie in een hoge dichtheid van *B. subtilis* in de bodem, maar in de loop van het seizoen neemt die sterk af, omdat de bacterie het aflegt tegen de lokale concurrentie. 'Het toedienen van alleen die ene stam is vaak niet genoeg', weet Raaijmakers. 'In zulke gevallen heb je een consortium van twee, drie, of zelfs vijf of meer samenwerkende stammen nodig.'

Raaijmakers leidt op dit moment een project om oude gewassen te bestuderen en de microben in hun natuurlijke omgeving, zoals wilde bonen in Colombia en de tarwevoorouder *triticum tauschii* (Tausch's geitengras). Zijn team hoopt planteneigenschappen en bijbehorende symbiotische microben te identificeren waarvan moderne gewassen zouden kunnen profiteren. In eerste instantie kan dat stoffen opleveren die boeren en tuinders kunnen toedienen om goede microben aan te trekken of slechte te weren. Maar op de lange termijn hopen de weten-

schappers de plantengenen die verantwoordelijk zijn voor de aanmaak van die stoffen te herintroduceren in de moderne gewassen.

Als effectieve middelen eenmaal zijn gevonden, moeten bedrijven zowel in de Verenigde Staten als Europa een dikke stapel documenten aanleveren met bewijs dat zowel de afzonderlijke stammen als het product als geheel veilig is voor consument en omgeving. 'Dat is een extreem arbeidsintensief en duur proces', zegt Raaij-

## De markt voor chemische gewasbescherming stagneert, terwijl die voor biologische middelen toeneemt

makers. Daarom krijgen veel van de bestaande producten niet het label 'biopesticiden', maar 'biostimulanten', het landbouwequivalent van de zelfzorgmiddelen bij de drogist. Voor de laatste categorie gelden minder strenge normen, maar is de markt ook minder lucratief.

**'HIER WORD IK** zó opgewonden van!' Pius Floris loopt tot aan zijn middel door een heuphoog haver- en wikkeveld, elke twee meter bukkend om de gewassen te inspecteren. De gewassen in zone B, met de hoogste dosering organische mest en schimmelsporen, hebben bijna twee keer de hoogte bereikt van die in zone A en zijn tientallen centimeters groter dan die in zone C. Later zal blijken dat de oogst van veldje B maar liefst 5,2 ton bedroeg, twintig procent meer dan van land dat kunstmatig is beregend met kunstmeststoffen.

Floris' visie is radicaal en zijn ambitie groots: gedegradeerde landbouwgrond 'gezeen' en gezond houden met een holistisch pakket van maatregelen waarin microben centraal staan. De hoop is dat dan de kunstmest overbodig wordt. 'De moeder van alle kwaad', vindt Floris, want het is funest voor het microbiële leven. Kunstmest bevat geen organisch materiaal en sporenelementen, waardoor er daar steeds minder van in de bodem overblijft, het veroorzaakt verzilting, en onderdrukt de kolonisatie van mycorrhiza; studies hebben aangetoond dat ze ook symbiotische bacteriën kunnen transformeren in concurrenten die elkaar uitmoorden.

Het proefproject, dat nu in zijn derde jaar is, zou zomaar het gelijk van Floris kunnen gaan bewijzen. Het team leende een oude Romeinse ploeg van een lokaal museum, ploegde de bodem lichtjes los en maakte richels dwars op de helling die het regenwater langer vasthiel. Ze zaaiden haverplanten samen met wikke, een gewas dat bacteriën trekt die stikstof aantrekken en in de wortels achterlaten na de oogst. Ze plantten olijfbomen om de microbiële diversiteit te stimuleren. Vervolgens splitsten ze het gebied van honderd hectare in drie zones. Zone A behandelden ze met kunstmest en chemische

bestrijdingsmiddelen; op de zones B en C pasten ze verschillende hoeveelheden toe van een organische meststof, die bestond uit gefermenteerde druivenresten met een reeks bacteriën en schimmels en een dosis van vier verschillende soorten mycorrhizasporen. Geen van de gebieden werd bewaterd.

Beheerder Alejandro Campo del Rio graaft een diep gat in zone B om het succes te kunnen verklaren. De plantenwortels hebben hun weg gevonden tot bijna twee meter in de rotsachtige bodem, diep genoeg om het grondwater te bereiken. Dit had niet kunnen gebeuren zonder mycorrhiza, die zich door de rots heen hebben gewerkt door zuren uit te scheiden. *Floris*: 'Deze schimmels stellen de gewassen in staat om te overleven zonder irrigatie, zelfs tijdens de droogste delen van het jaar.'

Anderen volgen het experiment met interesse, maar niet iedereen is ervan overtuigd dat *Floris*' recept de oplossing is voor de landbouw als geheel. 'Als je het verschil wilt maken, moet je inhaken op het bestaande systeem', zegt Wallenstein. 'Het is niet realistisch om een plotse radicale verandering te verwachten. Voor de boeren zou het een te groot financieel risico vormen om hun meststoffen en pesticiden in de ban te doen en volop te investeren in nieuwe apparatuur om de biologicals toe te dienen.'

Prem Bindraban, uitvoerend directeur van het door de kunstmestindustrie gesteunde Virtual Fertilizer Research Center in Washington, erkent dat chemische meststoffen gunstige microben kunnen schaden. 'Maar in mijn ogen is kunstmest nog steeds van essentieel belang om de opbrengst op peil te houden', zegt hij. 'We moeten een oplossing vinden die de voordelen van kunstmest en symbiotische bacteriën combineert.' Novozymes' vice-president Schäfer is het met hem eens. 'Biologicals kunnen helpen de hoeveelheid kunstmest en water te verminderen, maar er zal een rol blijven voor de chemie.'

Pius Floris wil echter kijken hoe ver hij kan komen met zijn microbiële helpers. Het team hoopt binnenkort een grote Europese onderzoekssubsidie binnen te slepen om de methoden nog meer te verfijnen en bestuderen. Als dat goede resultaten oplevert, willen ze deze manier van werken in heel de regio gaan uitrollen. Het mogelijk maken van landbouw in dit soort 'marginale' gebieden wordt steeds belangrijker. De wereldbevolking groeit, terwijl de bodemkwaliteit wereldwijd afneemt en er door de klimaatverandering vaker extreme droogtes optreden. De recente watercrisis in de Amerikaanse staat Californië is een toonaangevend voorbeeld.

Op die dag in mei, terwijl Floris van de Spaanse akker terugkeert naar zijn auto, dendert er op de aangrenzende akker een tractor voorbij. Een wolk van organische stof stijgt op. Floris wijst naar zijn voorhoofd: 'Ploegen bij dertig graden, halverwege het seizoen? Een ramp voor de bodem en zijn inwoners!' Hij zucht. 'Ach, we moeten niet te pessimistisch zijn. Er verandert al een hoop. En het gaat sneller dan ooit.' ♦