BOTANIE

HET MICROBIOOM

DOOR FEMKE DE JONG

Een gunstig microbioom is voor planten mogelijk zó belangrijk, dat er met de juiste combinatie van micro-organismen minder kunstmest en pesticiden nodig zijn. Beetje bij beetje ontrafelen biologen mede daarom de geheimen van het plantenmicrobioom.

'Je zou het niet zeggen, maar dit zijn aardappelplanten van hetzelfde ras', zegt Roeland Berendsen, onderzoeker plant-microbe-interacties aan de Universiteit Utrecht, wijzend op een foto met groepjes aardappelplanten. Twee groepjes zijn rood omlijnd. In het ene vakje zijn alle planten groot en weelderig. De planten in het andere vakje zijn klein, en uit lang niet alle van de zestien geplante pootaardappelen groeit een plant. Hoewel ze genetisch bijna identiek zijn, komen de pootaardappelen van ieder groepje uit een ander moederveld. Vandaar het verschil in vitaliteit (*Environmental Microbiome*, 21 februari). 'Onze aanname was dat het microbioom dat op die aardappels zit daarbij een rol speelt', zegt Berendsen.

Het microbioom, het totaal aan microben dat op en in de plant leeft, noemen onderzoekers ook wel het tweede genoom van de plant. De plant en zijn microbioom vullen elkaar namelijk aan. 'Ondanks dat er ook microbiële ziekteverwekkers van planten aanwezig zijn in dat microbioom, hebben planten in het algemeen veel baat bij het microbioom dat op hen leeft', zegt Berendsen. Dit tweede genoom zou boeren daarom weleens kunnen helpen om genoeg voedsel te produceren voor de groeiende wereldbevolking. Maar eerst is het nodig om de interactie tussen plant en microbioom beter te begrijpen. Waardoor floreren aardappelplanten wel bij het ene microbioom, maar niet bij een ander?

Waardoor floreren aardappelplanten wel bij het ene microbioom, maar niet bij een ander?

De interactie tussen schimmels en planten is inmiddels algemeen bekend. Op uitnodiging van planten koloniseren schimmels de wortels, waarvandaan het zogeheten hyfennetwerk van de schimmel zich uitstrekt. Zo helpen schimmels planten met de opname van nutriënten en water. In ruil daarvoor geeft de plant suikers aan de schimmel. De interactie tussen rhizobiumbacteriën en vlinderbloemigen is een ander bekend voorbeeld. 'Maar er zijn steeds meer voorbeelden van andere microben die op de plant leven en waar de plant voordeel van heeft. Ze kunnen bijvoorbeeld helpen met voedingstoffenopname of de architectuur van de plant veranderen. En er zijn een hoop microben die planten beschermen tegen de ziekteverwekkers en eigenlijk een extensie zijn van het plantimmuunsysteem', vertelt Berendsen.

In het simpelste geval gebeurt dit laatste passief: door een plek in te nemen die daarna bezet is voor een ziekteverwekker. Maar microben kunnen planten ook actief beschermen. 'Het allerbeste argument dat ik daarvoor kan vinden', zegt Berendsen, 'is dat er regelmatig bodems worden gevonden waarin planten gewoon veel minder ziek worden.'

ZIEKTEWEREND

De eerste beschrijvingen van deze zogenaamde ziektewerende bodems komen uit 1913. Daarbij viel op dat in velden met steeds grotere uitbraken van de tarwehalmdoderziekte, er opeens nog nauwelijks geïnfecteerde planten waren. 'Op deze ziektewerende bodems kun je een plant groeien, en je kunt zelfs een ziekteverwekker kweken en erbij gooien, maar die planten worden dan niet ziek', zegt Berendsen. Als onderzoekers van tevoren alle microben doden door de grond te steriliseren, worden planten echter weer vatbaar voor ziekteverwekkers. 'Ziektewerendheid wordt dus echt veroorzaakt door iets dat in die bodem leeft. Een bacterie of schimmel', zegt Berendsen.

In de jaren negentig bevestigden de onderzoekers David Weller en Jos Raaijmakers dit (*Applied and Environmental Microbiology*, 1997). Ze vonden een *Pseudomonas*-bacterie die een antibioticum produceert dat de ziekteverwekker remt, of zelfs doodt. In ziektewerende bodems kwam deze bacterie in groten getale voor. Maar hij was afwezig in andere gronden.

Het is geen toeval dat deze helpende microben zo talrijk aanwezig zijn in ziektewerende bodems. Planten werven ze actief. Dit laat onderzoek door Berendsen ook zien (*The ISME Journal*, 2018). 'We infecteerden bovengrondse plantendelen met valse meeldauw, en zagen dat benedengronds heel specifieke bacteriën gerekruteerd worden door de plant, die dan vervolgens beschermen tegen die ziekteverwekking.' De bacteriën beschermen niet alleen de om hulp schreeuwende planten, maar ook hun nakomelingen. Welke microben een plant kan aantrekken hangt wel af van de in de bodem aanwezige microben. Wat er niet is, kan tenslotte ook de schreeuw

FOTO: SHUTTERSTOCK

Geen vredelievende samenleving

Planten, schimmels, en bacteriën: ze hebben elkaar nodig. Maar dat wil niet zeggen dat ze elkaar zonder slag of stoot accepteren. Microben onderling vechten om een plaatsje nabij een plant. Hun wapens: de antimicrobiële stoffen die ze uitscheiden. Maar in een poging ziekteverwekkers buiten de deur te houden, laat een plant microben ook niet zomaar toe. 'Immuunreceptoren van een plant herkennen geconserveerde moleculen van microben die schade veroorzaken. Op het moment dat die herkenning plaatsvindt, zetten ze hun afweerrespons aan', zegt plantonderzoeker Roeland Berendsen. Alleen zijn die geconserveerde moleculen, ook echt geconserveerd: ook niet-pathogene micro-organismen maken ze. 'Die worden dus ook herkend', zegt Berendsen. 'Gelukkig kunnen een aantal van de gunstige microben die wij onderzoeken die eerste afweerrespons van een plant onderdrukken. En dat is ook nodig om de plant te kunnen kolonialiseren.'

ALS TWEEDE GENOOM

Voor het aantrekken en onderhouden van een gunstig tweede genoom betalen planten wel een prijs

om hulp niet horen. Dit zag Berendsen ook terug toen ze het microbioom op de pootaardappelen uit verschillende moedervelden bestudeerden. Elk moederveld gaf de pootaardappelen een uniek microbioom mee. Dit is het startkapitaal dat de pootaardappel meeneemt.

Zodra een aardappel ontkiemt en groeit, begint de plant ook met het actief cultiveren van zijn microbioom. Hij cultiveert zijn startkapitaal, maar ook van de in het veld aanwezige microben die de plant willen koloniseren. 'Om specifieke microben te rekruteren gebruiken planten signaalstoffen', zegt onderzoeker Lemeng Dong van de Universiteit van Amsterdam. Dong bestudeert de chemische communicatie tussen planten en de in de grond aanwezige microben. 'De best bestudeerde communicatie is die tussen de plant en rhizobiumbacteriën', zegt Dong. Daarbij gebruikt de plant flavonoïden om de bacteriën te rekruteren. 'Een ander voorbeeld zijn strigolactonen die mycorrhizaschimmels aantrekken.'

SIGNAALSTOFFEN

Uit haar onderzoek naar parasiterende aaltjes heeft Dong aanwijzingen dat er meer van dit soort signaalstoffen zijn. 'Zulke aaltjes zijn ook voor aardappelen een groot probleem', zegt Dong. 'Hun eieren kunnen wel twintig jaar in de bodem blijven. Ze kruipen pas uit het ei als ze signaalstoffen, in dit geval solanoeclepin, detecteren die laten weten dat er een gastheerplant in de buurt is.' Solanoeclepin komt alleen niet rechtstreeks van de plant, blijkt uit onderzoek van Dong: als aardappelplanten groeien in grond zonder microben, is solanoeclepin afwezig. Dong vermoedt dat microben signaalstoffen van planten kunnen omzetten in solanoeclepin, en onderzoekt dit nu verder.

Nu nog gebruiken boeren soms wilde aardappelsoorten die immuun zijn voor parasiterende aaltjes als een vanggewas om de luistervinken te slim af te zijn. 'Die produceren nog wel hetzelfde signaal, waardoor de aaltjes uit het ei kruipen', zegt Dong, 'maar omdat de plant immuun is, overleven de aaltjes het niet.' Zo kunnen boeren hun akker ontdoen van op aardappel parasiterende aaltjes. Idealiter hebben de commerciële aardappelrassen ook immuniteit voor parasiterende aaltjes, of scheiden ze in hun communicatie met gunstige bacteriën een net iets andere stof uit om te voorkomen dat ze slapende aaltjes wakker maken.

Naast lokken met suikers en signaalstoffen kunnen planten hun microbioom ook sturen door stoffen met een antimicrobiële werking uit te scheiden. 'Aardappels gebruiken hiervoor bittere glycoalkaloïden. Hoewel ze hiermee een ander organisme gericht kunnen doden, zijn er ook microben die deze giftige stoffen kunnen afbreken. Daardoor kunnen ze de plant toch koloniseren', zegt Dong. Op deze manier kan de plant ervoor zorgen dat er bijvoorbeeld meer plantbeschermende *Pseudomonas*-bacteriën komen.

Voor het aantrekken en onderhouden van een gunstig tweede genoom betalen planten wel een prijs. Een plant investeert tot wel 40 procent van zijn suikers in zijn microbioom. Op het moment dat voedingstoffen voor het grijpen liggen, schroeft de plant de investering in z'n microbioom terug. Kunstmest heeft zo een negatieve invloed op het microbioom. Tegelijkertijd kan een gunstig microbioom misschien de functie van kunstmest geheel of gedeeltelijk overnemen. De vraag is echter: wanneer is er een gunstig microbioom aanwezig?

Een postdoc in de groep van Berendsen, Yang Song, onderzocht of ze de groei aan de hand van de op pootaardappelen aanwezige microben kon voorspellen (*BioRxiv*, 18 april). 'Zij heeft de microbioom- en groeidata van die aardappels genomen en een machinelearning-algoritme gebruikt om die twee aan elkaar te koppelen', zegt Berendsen. Dit lukte met de data van het proefveld waarmee ze het algoritme trainde. Ook kon het algoritme de groei van aardappelplanten in twee andere velden van datzelfde jaar voorspellen op basis van hun microbiële startkapitaal. Maar de echte test kwam het jaar daarna. 'Als je data gebruikt waarmee het model niet gebouwd is', zegt Berendsen, 'doet die het dan nog steeds?' Wat bleek: 'Er was een significante correlatie tussen wat we voorspeld hebben en wat we geobserveerd hebben. Heel cool.'

In totaal bleken er wel negentienduizend bacterie- en schimmelsoorten aanwezig te zijn op de pootaardappelen. Het model voorspelde wat voor invloed al die microben op de groei van de plant hebben. Maar het deed meer. 'Het model laat ons ook zien welke bacteriesoorten de beste voorspellers van die groei zijn', zegt Berendsen. Deze voorspellers zijn slechts een fractie van de negentienduizend aangetroffen soorten. Hun voorkomen en hoeveelheid correleert met de latere groei van die aardappels, in zowel positieve als negatieve zin, en voorspelt of de pootaardappelen uitgroeien tot vitale aardappelplanten of juist niet. ■

Microben uit de Andes

In Nederland kweekt men veel aardappels, waaronder veel pootaardappels, die inclusief hun microbieel startkapitaal afkomstig uit de Nederlandse akkers de hele wereld over gaan. Maar de aardappel komt oorspronkelijk uit de Andes en is daar geco-evolueerd met lokale microben. Nu het belang van een gunstig microbioom steeds duidelijker is, is de grote vraag: hebben we tijdens de veredeling niet alleen bepaalde planteneigenschappen verloren, maar ook bepaalde microben? Om daar achter te komen brengen ze bij het Nederlands Instituut voor Ecologie de interactie tussen wilde aardappelverwanten en hun microben in kaart. Zodat onderzoekers eventueel microben met nuttige functies kunnen terugbrengen naar het gewas.