



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Modulation of plant chemistry by rhizosphere bacteria

Jeon, J.

Citation

Jeon, J. (2020, July 7). *Modulation of plant chemistry by rhizosphere bacteria*. NIOO-thesis. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/123229>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/123229>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/123229> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Jeon, J.

Title: Modulation of plant chemistry by rhizosphere bacteria

Issue Date: 2020-07-07

Samenvatting

De co-evolutie tussen planten en microörganismen gaat meer dan 450 miljoen jaren terug. De rhizosfeer omvat slechts een paar millimeter grond nauw geassocieerd met en beïnvloed door plantenwortels. Het is rijk in organische stoffen die door de wortels uitgescheiden worden en is daardoor een hotspot voor microbiële activiteit en plant-microbe interacties. Deze interacties kunnen positieve, neutrale of negatieve effecten hebben op plant fitness. Rhizosfeerbacteriën met een positief effect op plantengroei en plantgezondheid worden ook wel aangeduid als 'plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)'. Recente studies toonden aan dat PGPR ook de chemie van planten kunnen veranderen, hetgeen kan leiden tot effectieve of ineffectieve partnerschappen tussen de microben en de plant. Een beter begrip van de chemie in deze partnerschappen zou daardoor nieuwe mogelijkheden kunnen bieden om plantengroei en afweer te sturen alsook de productie van waardevolle plant metabolieten. Het **doel van dit proefschrift** was om de impact van rhizosfeerbacteriën op plant metabolisme te onderzoeken en hoe veranderingen in dit metabolisme gekoppeld zijn aan plantengroei en afweer.

Diverse combinaties van plantensoorten, waaronder *Arabidopsis thaliana* (modelplant), *Brassica oleracea* var. *italica* (gewas) en *Artemisia annua* (medicinale plant), en fylogenetisch verschillende rhizobacteriële soorten, waaronder *Pseudomonas fluorescens* SS101 (*Pf*SS101), *Microbacterium* en drie *Paraburkholderia*-soorten, werden in dit proefschrift gebruikt als studiemodelsystemen. Metabolomics werd gebruikt om de impact van deze rhizobacteriën op de chemie van de waardplanten te bestuderen. Transcriptoom analyse werd gebruikt om de impact van de waardplant op de genexpressie in de rhizobacteriën te onderzoeken. Een reeks biotoetsen onthulden specifieke fenotypische en chemotypische reacties van de waardplanten op rhizobacteriële kolonisatie. Zo zette *P. fluorescens* (*Pf* SS101) een effectief partnerschap op met *Arabidopsis* en *Artemisia*, terwijl het in Broccoli leidde tot een aanzienlijke vermindering van de scheutbiomassa. Evenzo vertoonde *P. graminis* (*Pbg*) een effectief partnerschap met *Artemisia* en Broccoli, terwijl het partnerschap met *Arabidopsis* werd gekenmerkt door groeiachterstand en gelijktijdige accumulatie van stress-gerelateerde metabolieten in de bladeren. Metabolomics toonde vervolgens aan dat bij ineffectieve partnerschappen, d.w.z. *Pf* SS101-Broccoli en *Pbg*-*Arabidopsis*, secundaire metabolieten volgend op de phenylpropanoïde route, zoals flavonoïden, anthocyanine en stilbenoïden, verhoogd aanwezig waren in de scheut. Deze klassen van metabolieten werden onderdrukt of lieten geen verandering zien in effectieve partnerschappen tussen de rhizobacteriën en de waardplanten. In het bijzonder was accumulatie van flavonoïden geassocieerd met verminderde plantengroei, hoogstwaarschijnlijk door het transport, de distributie en/of de omzetting van auxine te verstoren. Deze studie toonde tevens aan dat wortelbehandeling van verschillende plantensoorten met rhizobacteriën 18-78% van de gedetecteerde secundaire metabolieten van planten in de scheut van de planten veranderde. Het voeden van deze energie-eisende reacties van planten op rhizobacteriën zonder de plantengroei in gevaar te brengen, vereist een verfijnde metabole regulatie.

Uit de gecombineerde analyse van primaire en secundaire metabolieten bleek dat behandeling van planten met rhizobacteriën de productie van oplosbare suikers in de scheut van de plant verhoogde, waarmee de plant mogelijk in staat was om te voldoen aan de hoge vraag naar energie en koolstof die nodig is voor groei en de productie van secundaire metabolieten. Fructose bleek een centraal ‘doelwit’ van rhizobacteriën in de plant. Planten behandeld met rhizobacteriën vertoonden een meer dan 280-voudige toename in fructose in vergelijking met niet behandelde planten. Fructose is het primaire substraat voor fructose-6-fosfaat, een belangrijk substraat voor de biosynthese van fosfo-enolpyruvaat en erytro-4-fosfaat. Deze twee tussenproducten zijn de pijlers van energie en secundair metabolisme. Bovendien kan fructose een rol spelen bij chemotaxis door bacteriën. Door zich te richten op een dergelijke multifunctionele metaboliet, kunnen rhizobacteriën mogelijk meerdere processen in planten veranderen om een effectief partnerschap tot stand te brengen. *Paraburkholderia*-soorten waren ook in staat om in Broccoli een systemische resistentie-respons (ISR) op te wekken tegen het bacteriële bladpathogeen *Xanthomonas campestris*. Het causale verband tussen de geïnduceerde afweerreactie en de geïnduceerde metabolieten moet nog verder worden onderzocht.

Naast hun impact op de groei en afweer van planten, toonde de behandeling met rhizobacteriën ook hun doeltreffendheid bij het stimuleren van de concentraties van een aantal metabolieten met voedings-, gezondheidsbevorderende en farmaceutische betekenis. Zo reguleerde *Pbg*-*Artemisia* de overvloed aan dihydro-artemisinine, een antimalaria-middel, aanzienlijk, terwijl *Pbg* en *Pf* SS101 verschillende indolische glucosinolaten, kankerchemo-preventieve middelen in Broccoli, stimuleerden. Gezien de grotere impact van rhizobacteriën op het fenotype en chemotype van de waardplant, hebben we ook de impact van een bekende bacteriële eigenschap op het fenotype en de chemie van planten bestudeerd. Eerdere studies die gebruik maakten van genoom-brede analyse van *Pf* SS101 gevolgd door mutagenese en genetische complementatie, toonden aan dat assimilatie van zwavel gereguleerd door het *cysH*-gen, een belangrijke rol speelt bij de inductie van groei en afweer in *Arabidopsis*. Onze huidige studie toonde aan dat de *cysH*-mutatie in *Pf* SS101 de ketenverlenging van de alifatische glucosinolaten in *Arabidopsis* beïnvloedde, terwijl bij Broccoli de *cysH*-mutatie leidde tot een accumulatie van indolische glucosinolaten en flavonoïden. Deze resultaten gaven aan dat zwavelassimilatie in *Pf* SS101 het metabolisme van de scheut op een plantensoort-specifieke manier moduleert.

In het “blind date experiment” dat gericht was op het vinden van het juiste partnerschap tussen verschillende rhizobacteriën en waardplanten, vertoonde *Pbg*-Broccoli een effectief partnerschap dat leidde tot een significante toename van scheutbiomassa en veranderingen in het metaboloom. Om licht te werpen op de bacteriële eigenschappen die door de gastheer tijdens hun interactie werden geactiveerd of onderdrukt, werd een genoom-brede transcriptoom-analyse uitgevoerd op *Pbg* die was gekweekt in aan- en afwezigheid van de waardplant. Onder de verschillend tot expressie gebrachte genen (DEG's) in *Pbg*, waren

genen die betrokken zijn bij flagellaire assemblage, chemotaxis en beweeglijkheid alsook genen geassocieerd met opname van voedingsstoffen en (een) ionentransporter. Toekomstige studies naar de rol van exudaten van plantenwortels in de modulatie van genexpressie van rhizobacteriën zullen nodig zijn voor een beter begrip van de architectuur van het chemische continuüm tussen planten en hun microbiom.

Dit proefschrift integreerde biotoetsen, fenotypering en chemotypering van planten door middel van de allernieuwste technologieën en leverde nieuwe inzichten op ten aanzien van de invloed die rhizobacteriën en planten op elkaar hebben. De bevindingen in dit proefschrift kunnen bijdragen aan de theorie die plant en hun microbiom ziet als multi-partiete entiteiten die samen evolueren als holobiont. Plantenveredelingsstrategieën en landbouwpraktijken die erop gericht zijn de samenstelling en functie van plantenmicrobiomen zodanig te sturen dat ze fenotypische en chemische eigenschappen van planten beïnvloeden, zullen de volgende uitdaging worden en een diepgaande bijdrage kunnen leveren aan de volgende groene revolutie.

