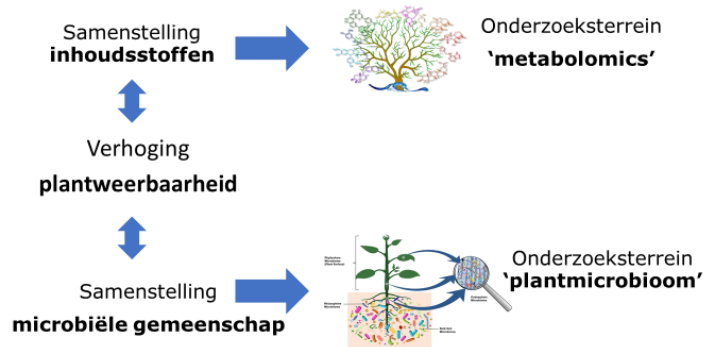


PPS Weerbaarheid

Samenvatting

Het project richtte zich op het meten van veranderingen in plantweerbaarheid in relatie tot veranderingen in de samenstelling van de micro-organismen rondom de wortels (microbioom) en de plantinhoudsstoffen (metaboolom). Deze drie zaken zijn onderling verbonden, als er één element verandert veranderen de andere twee vaak ook. De aanname bij de start van het project (hypothese 1) was dat er patronen in de samenstelling van de plantinhoudsstoffen en het microbioom zijn, die samen gaan met verhoging van de plantweerbaarheid.



Figuur 1. Onderlinge afhankelijkheid van plantweerbaarheid, microbioom en metaboolom.

Het onderzoek is gedaan in twee gewassen, tomaat en aardappel. Deze twee gewassen vertegenwoordigen twee sectoren, de glastuinbouw en de akkerbouw, beiden bij dit project betrokken. Beide gewassen behoren tot de familie van de Solanaceae. In deze plantenfamilie komen specifieke plantinhoudsstoffen (alkaloiden) voor die betrokken zijn bij de verdediging. Onze aanname bij de start van het project (hypothese 2) was dat de patronen in microbioom en/of metaboolom die samen gaan met verhogen van de plantweerbaarheid niet uniek zijn per gewas, maar hetzelfde patroon laten zien in gewassen die verwant zijn.

In het project zijn twee proeven gedaan met tomaat en drie proeven met aardappel. Om patronen in beide gewassen te kunnen vergelijken zijn beide gewassen geteeld in kokossubstraat. Daarnaast is tomaat geteeld in steenwol, het gangbare substraat in Nederland en aardappel is geteeld in zandgrond en in het laatste jaar ook in grond met klei, om ook hier dichterbij de praktijk waar aardappel wordt geteeld in zowel gebieden met zandgrond als gebieden met (zee) klei.

Omdat bij het verhogen van plantweerbaarheid in alle planten dezelfde planthormonen een rol spelen (zie review, gemaakt eerste jaar van dit project) zijn in de beide gewassen dezelfde elicitor-stoffen gebruikt ter verhoging van de plantweerbaarheid. Dit waren twee planthormonen: Salicylzuur en Jasmonzuur, vier bovengrondse elicitors: FADO (oligosaccharide), Inssimo (analoog salicylzuur), Chitosan (polysaccharide), Systemin (polypeptide), en 4 ondergrondse elicitors: Serenade (*Bacillus amyloquefaciens*), *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas simiae*, en Trianum (*Trichoderma harzianum* T-22).

In het eerste en tweede experiment met tomaat zagen we voor jasmonzuur, salicylzuur en Inssimo resultaten zoals verwacht. Deze resultaten vonden we in beide substraten, kokos en steenwol. Jasmonzuur verhoogt de weerbaarheid tegen trips (*Frankliniella occidentalis*). Salicylzuur en Inssimo verhogen de weerbaarheid tegen meeldauw. Ook was er een antagonistisch effect, als weerbaarheid tegen trips wordt verhoogd, wordt de weerbaarheid tegen meeldauw verlaagd en vice versa. In de metaboolom data leidde toepassing van jasmonzuur ook duidelijk tot een verhoging van afweerstoffen, zoals bijvoorbeeld fenolen en tomatine, een bekende alkaloid. Salicylzuur en Inssimo veranderde het patroon in mindere mate en er werden andere, nog onbekende stoffen geïnduceerd. Andere elicitors leidden niet tot duidelijke veranderingen in het metaboolom.

In het eerste experiment met aardappel was geen van de elicitors in staat de weerbaarheid te verhogen tegen *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, trips (*Frankliniella occidentalis*), en/of bladluis (groene perzikluis, *Myzus persicae*). Daarom hebben we in het tweede experiment gefocust op de planthormonen in verschillende concentraties. Helaas kregen we hierdoor geen duidelijker resultaten. Er was wel verschil in plantweerbaarheid, maar er was geen oplopend effect bij oplopende dosis, ook waren er verschillen tussen de groeimedia. Behandeling met Jasmonzuur zorgde net als in tomaat voor verandering in inhoudsstoffen, zoals een verhoging van fenolen. Maar de grootste verschillen in metaboolom en ook microbiom worden gevonden tussen de substraten. Daarom hebben we een derde experiment gedaan, waarin we de planthormonen nog eens testen. Nu in aardappels geteeld in drie groeimedia in potten, onder een afdak buiten. In dit derde experiment zagen we in geen van de substraten een verhoging van de plantweerbaarheid tegen *P. infestans* en *A. solani* door elicitors. Wel was er een groot verschil in plantweerbaarheid tussen substraten.

Wat opviel was dat in alle experimenten met zowel tomaat als aardappel, het effect van de groeimedia op de plantweerbaarheid groot was. Welk substraat een hogere plantweerbaarheid gaf, verschilde per jaar. Daarnaast was er ook in alle analyses van het microbiom en het metaboolom een significant effect van de groeimedia. Dit substraateffect was zelfs altijd groter dan het effect van de elicitors. Dat het microbiom verschilt tussen de substraten was te verwachten. Het is bekend dat meer waterige substraten, zoals steenwol, vaak meer bacteriën dan schimmel bevatten. Ook weten we dat organisch stofgehalte de schimmeligroei bevoordeelt. Dat substraat ook een groot effect heeft op de samenstelling van de inhoudsstoffen was niet bekend.

Over de jaren zien we verschillen tussen hoe microbiom en metaboolom door de substraten worden beïnvloed. Ook verschilt het per jaar welk substraat een hogere plantweerbaarheid gaf. Dit in tegenstelling tot het effect van jasmonzuur (en in mindere mate van salicylzuur en Inssimo) op de plantweerbaarheid en het metaboolom, dat hetzelfde patroon over de jaren vertoont. Dat substraat over de jaren verschillende effecten heeft, heeft waarschijnlijk te maken met onze proefopzet waarin optimale irrigatie en bemesting voor elke substraat afzonderlijk niet mogelijk was.

Conclusies

1. Jasmonzuur, salicylzuur en Inssimo kunnen de plantweerbaarheid in tomaat verhogen tegen resp. trips, en meeldauw.
2. In onze toetsen vonden we geen verhogen van de plantweerbaarheid in aardappel tegen *Phytophthora* en *Alternaria* na het eenmalig toepassen van de planthormonen jasmonzuur of salicylzuur.
3. Plantinhoudsstoffen veranderen na toepassen van jasmonzuur en in mindere mate ook na toepassen van salicylzuur en Inssimo.
4. Microbiom verschilt tussen planten behandeld met de verschillende bovengrondse en ondergrondse elicitors, maar het is moeilijk om consistente patronen te vinden.
5. Substraatsamenstelling (en de daarbij horende irrigatie en bemestingsstrategie) heeft grote invloed op zowel plantweerbaarheid, als ook op plantinhoudsstoffen en het microbiom.
6. Effecten van elicitors op plantweerbaarheid en metaboolom zijn consistent over tijd.
7. Effecten van substraat op plantweerbaarheid, metaboolom en microbiom verschillen over tijd. Onze proefopzet waarin optimale irrigatie en bemesting voor elk substraat niet mogelijk is, spelen hierin waarschijnlijk een grote rol.

Hypotheses

1. Er zijn patronen in de samenstelling van de plantinhoudsstoffen en het microbiom, die samen gaan met verhoging van de plantweerbaarheid.

In tomaat zien we een duidelijk patroon voor veranderingen in plantweerbaarheid en plantinhoudsstoffen na het toepassen van jasmonzuur (en in mindere mate voor salicylzuur en Inssimo), maar voor plantweerbaarheid en microbiom zien we geen duidelijke patronen. In aardappel was er geen consistent

patroon van verhoging van plantweerbaarheid door elicitors. Daarom kon in aardappel deze hypothese niet worden bevestigd voor plantinhoudsstoffen, noch voor microbioom.

2. De verandering in microbioom en/of metaboolom die samen gaan met verhogen van de plantweerbaarheid zijn niet uniek per gewas, maar hetzelfde patroon wordt gevonden in verwante gewassen.

Toepassen van Jasmonzuur zorgt voor verhoging van fenolen in zowel aardappel als tomaat. Voor geen van de andere elicitors kon zo'n patroon worden vastgesteld in de plantinhoudsstoffen. Ook voor het microbioom zijn geen overeenkomende patronen tussen aardappel en tomaat gevonden.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

1. Substraat, irrigatie en bemesting hebben grote invloed op plantweerbaarheid, metaboolom en microbioom. Voor consistente resultaten is het nodig om experimenten te doen in een set-up waarin irrigatie en bemesting per substraat te regelen zijn.
2. Aardappelen die groeien in het veld, zullen elk jaar een ander irrigatiepatroon hebben, en dus zal de beschikbaarheid van voedingsstoffen gedurende een teelt en over jaren verschillen. Voor het zoeken naar consistente patronen, zijn data van veel jaren nodig of een proefopzet waarin irrigatie en bemesting precies kunnen worden geregeld.
3. Jasmonzuur laat hele consistente patronen zien in plantweerbaarheid en plantinhoudsstoffen. Er is nog geen product op de markt met deze werking. Het wordt aanbevolen deze zoektocht voort te zetten.

Aanbevelingen voor de praktijk

1. Bij de toepassing van toegelaten (microbiologische) middelen om weerbaarheid in planten te verhogen moet rekening worden gehouden met de groeiomstandigheden van het gewas. De effectiviteit van deze middelen verschilt sterk, afhankelijk van het gebruikte groeiomstandigheden zoals gebleken is uit dit onderzoek. Jasmonzuur gaf in onze proeven wel consistente resultaten, maar er is nog geen product toegelaten met dezelfde werking.
2. Weerbaarheidsmechanismen verschillen per plantensoort. Ook tussen planten die taxonomisch verwant met elkaar zijn, zoals in dit onderzoek aardappel en tomaat, blijken verschillend te reageren op middelen die weerbaarheid induceren. Ook hier geldt dat er, omdat er nog geen middelen op basis van Jasmonzuur ontwikkeld zijn, geen middelen bestaan met een 'algemene' werkzaamheid tot verhoging van weerbaarheid, ondanks dat dat door producenten van deze middelen vaak wordt geclaimd.
3. De verdedigingsmechanismen in planten om zich te weren tegen ziekteverwekkers verschilt per ziekteverwekker en uit dit onderzoek is gebleken dat een één op één vertaalslag van fundamentele kennis uit Arabidopsis onderzoek naar cultuurgewassen niet (altijd) mogelijk is. Ook hier geldt dat werkingsmechanismen van middelen die weerbaarheid verhogen tegen biotische stress sterk zal afhangen van de gewas-ziekteverwekker combinatie. De microbioomsamenstelling in de wortels van planten verschilt sterk afhankelijk van het type groeiomstandigheden (steenwol versus kokos in dit onderzoek). Dit biedt perspectieven voor sturing van het plantenmicrobiom en daarmee verbetering van de plantweerbaarheid door het aanbrengen van veranderingen in de samenstelling van het groeiomstandigheden. Er lopen verschillende onderzoeken waarbij geprobeerd wordt om het microbiom te sturen door toevoeging van compost en/of organische stof. Voor consistente resultaten over de jaren heen is nog tijd nodig.