



De Negen Balansen in Het Nieuwe Telen

Vorbereiding op de Denktank voor visie Kas Als Energiebron

Frank van der Helm¹, Jolijn Bonnet², Andre van der Wurff³

¹Inholland Hogeschool, ²Stichting Control in Food & Flowers, ³Groen Agro Control

Rapport nr. S20190044



Groen Agro Control
LABORATORIUM ONDERZOEK & ADVIES

inholland
hogeschool

Stichting Control in Food & Flowers

Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
T: +31(0) 15-2858124
E: info@stfoodandflowers.nl
KvK: 61916471

Inholland Hogeschool

Domein: AgriFood & Lifescience
Rotterdamseweg 141
2628 AL Delft
I: Inholland.nl
E: praktijkbureau.agrifood@inholland.nl

Auteur(s): Frank van der Helm, Jolijn Bonnet, Andre van der Wurff
Projectnummer: S20190044
Datum: 19-11-2019
Titel Rapport: De Negen Balansen in Het Nieuwe Telen
Opdrachtgever: Kas Als Energiebron; Ministerie van LNV en Glastuinbouw Nederland.
Contactpersoon opdrachtgever: Aat Dijkshoorn
Kernwoorden: HNT, KaE, denktank, visie, negen balansen, hormonen, energie, mineralen, ecologie.

De Stichting Control in Food & Flowers aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoud	pagina
Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Doelstelling.....	5
1.2 Werkwijze.....	5
1.3 Achtergrond.....	5
1.4 Vervolgstappen.....	7
2 Samenvatting presentaties.....	8
2.1 Mineralenbalans.....	8
2.2 Ecologische balans.....	9
2.3 Hormoonbalans.....	11
3 Denktank sessie.....	13
3.1 Programma.....	13
3.2 Werkvorm.....	13
4 Resultaten.....	14
4.1 Stelling 1. Mineralen balans.....	14
4.1 Stelling 2. Ecologische balans.....	16
4.2 Stelling 3. Hormoon balans.....	18
5 Discussie.....	20
5.1 Reflectie op het proces.....	20
5.2 Inhoudelijke discussie.....	20
5.2.1 Mineralenbalans.....	20
5.2.2 Ecologische balans.....	21
5.2.3 Hormoonbalans.....	21
5.2.4 Synthese.....	22
6 Conclusies en aanbevelingen.....	24
6.1 Conclusies.....	24
6.2 Aanbevelingen.....	24
Referenties.....	26
Bijlage 1: Presentatie projectgroep negen balansen.....	27
Bijlage 2: Lijst aanwezigen en groepsindeling.....	28
Bijlage 3: Stelling formuleren (5 groepen).....	29

Samenvatting

De sector heeft de ambitie uitgesproken al klimaatneutraal te willen zijn in 2040. Voor het behalen van deze ambitie richt het programma Kas als Energiebron zich meer en meer op een integrale benadering, waarbij de groei in balans is met productie, het wortelmilieu en de bodem en de plantgezondheid en plantweerbaarheid. Telers en onderzoekers lopen bij het toepassen van HNT soms tegen problemen aan die niet makkelijk te verklaren zijn met de zes balansen. In dit project is onderzocht in hoeverre de mineralenbalans, de ecologische balans en de hormoonbalans nuttige aanvullingen zijn op de bestaande zes balansen van het theoretisch kader van HNT. Hiervoor is een denktank sessie ontworpen voor de ontwikkeling van de visie op het programma. Tijdens deze bijeenkomst zijn drie korte inleidingen gegeven met betrekking tot de mineralenbalans, de hormoonbalans en de ecologische balans. De uitkomsten van deze sessie, samen met de informatie die is gebruikt als input voor deze sessie is in dit rapport weergegeven.

Van de drie voorgestelde balansen zijn de mineralenbalans en de ecologische balans op dit moment de meest voor de hand liggende aanvullingen voor het theoretisch kader. De mineralenbalans was voor de deelnemers het gemakkelijkste aan de zes balansen van HNT te relateren. Voor de ecologische balans ging de aandacht van de deelnemers vooral uit naar de ondergrondse situatie, waar nog veel vragen liggen. De hormoonbalans maakte weinig ideeën voor het sturen van de plant los, maar in veel van de balansen voor HNT spelen hormonen op de achtergrond wel een bepalende rol. Een voorbeeld hiervan is de *trade-off* tussen groei en plantweerbaarheid. De kennis hiervoor bleek maar bij weinigen paraat.

In de manier waarop oplossingen ingestoken worden zijn twee aanvliegroutes te onderscheiden. Bij de eerste regelt en stuurt de mens en de tweede aanvliegroute gaat uit van een plant die zelf veel kan regelen en sturen. De uitdaging voor HNT is beiden zo goed mogelijk te combineren.

Aanbevolen wordt om onderzoek te faciliteren naar metingen die het beter mogelijk maken om de status van de plant te volgen op gebied van mineralenbalans en ecologische balans. Daarnaast om de kennis te verdiepen om te werken aan ontwerpen voor innovaties waarin de zes balansen, aangevuld met de mineralenbalans, de ecologische balans en - indien er meer kennis is - de hormonen balans, in samenhang worden verbeterd. Ten slotte om kennis over hormonen te activeren op een manier die aansluit bij HNT moet communicatie zich richten op mechanismen in relatie tot de plantbalansen. Te denken valt aan cursussen en een serie vakbladartikelen.

1 Inleiding

De sector heeft de ambitie uitgesproken al klimaatneutraal te willen zijn in 2040. Voor het behalen van deze ambitie richt het programma Kas als Energiebron zich meer en meer op een integrale benadering, waarbij de groei in balans is met productie, het wortelmilieu en de bodem en de plantgezondheid en plantweerbaarheid. Een belangrijke pijler van Kas als Energiebron is Het Nieuwe Telen (HNT). In het theoretisch kader van HNT zijn zes balansen gedefinieerd. De waterbalans, de energiebalans en de assimilatenbalans in de plant en in kas de energiebalans, de vochtbalans en de CO₂-balans.

Telers en onderzoekers lopen bij het toepassen van HNT soms tegen problemen aan die niet makkelijk te verklaren zijn met de zes balansen. Bekende voorbeelden zijn de problemen die zijn ontstaan door het lichtspectrum bij roos (hormonen), effecten op de mineralenbalans ten gevolge van veranderingen in luchtbeweging en vochtregulatie en problemen die ontstaan met geel blad van groene potplanten door het versnellen van de teelt met licht en temperatuur. In dit project is onderzocht in hoeverre de mineralenbalans, de ecologische balans en de hormoonbalans nuttige aanvullingen zijn op de bestaande zes balansen van het theoretisch kader van HNT.

1.1 Doelstelling

“Verbeteren van de energie-efficiëntie van teeltstrategieën in Het Nieuwe telen door kort verkennend onderzoek naar het optimaal afstemmen van de mineralenbalans en de hormoonbalans op de zes balansen van het nieuwe telen om problemen met kwaliteit en weerbaarheid van de plant vroegtijdig te kunnen signaleren en met tijdig bijsturen voorkomen.”

Dit onderzoek is faciliterend aan de energiedoelstellingen doordat de kans op succes bij het toepassen van HNT wordt vergroot als alle relevante balansen voor de productie in beeld zijn. Daarnaast activeert het kennis en bewustzijn van processen in de plant die van belang zijn bij het realiseren van optimale productie en kwaliteit, waardoor energie zo efficiënt mogelijk ingezet wordt. Door de brede aanvliegroute is de kennis die gegenereerd wordt breed toepasbaar voor de hele sierteelt- en groentesector. Deze consultancy betreft een verkenning. Specifieke toepassingen in gespecialiseerde teelten worden niet uitgewerkt.

1.2 Werkwijze

Een korte verkenning door deskresearch die leidt tot een presentatie waarin een uitbreiding van het theoretisch kader van HNT met de mineralenbalans, de ecologische balans en de hormoonbalans wordt voorgesteld in aanvulling op de zes balansen uit Het Nieuwe Telen. De resultaten zijn besproken in de denktank van HNT, die voor de gelegenheid was aangevuld met wetenschappers op gebied van bemesting, ecologie en planthormonen op 10 oktober 2019 bij Duijvesteijn tomaten. De resultaten van deze bijeenkomst worden in dit rapport uitgewerkt in opdracht van Kas als Energiebron.

1.3 Achtergrond

In onderzoek en training voor HNT is op dit moment al aandacht voor bemesting en voeding gerelateerde problemen. In het onderzoek Grip op licht is bijvoorbeeld heel bewust de EC verhoogd bij meer instraling door diffuus licht, een hogere temperatuur en een hoge RV (Noort, et al., 2013). In het theoretisch raamwerk is dit echter niet benoemd als zelfstandige balans. In de basis kent HNT drie balansen. De waterbalans, de energiebalans en de assimilatenbalans (Geelen, Voogt, & Weel, 2015). In het theoretisch raamwerk is inmiddels onderscheid aangebracht tussen de balans in de kas en in de plant en komt het aantal op zes balansen. In de kas onderscheiden we de energiebalans, de vochtbalans en de CO₂-balans. In de plant onderscheiden we de energiebalans, de waterbalans en de assimilatenbalans. Dit zijn de huidige zes balansen van HNT.

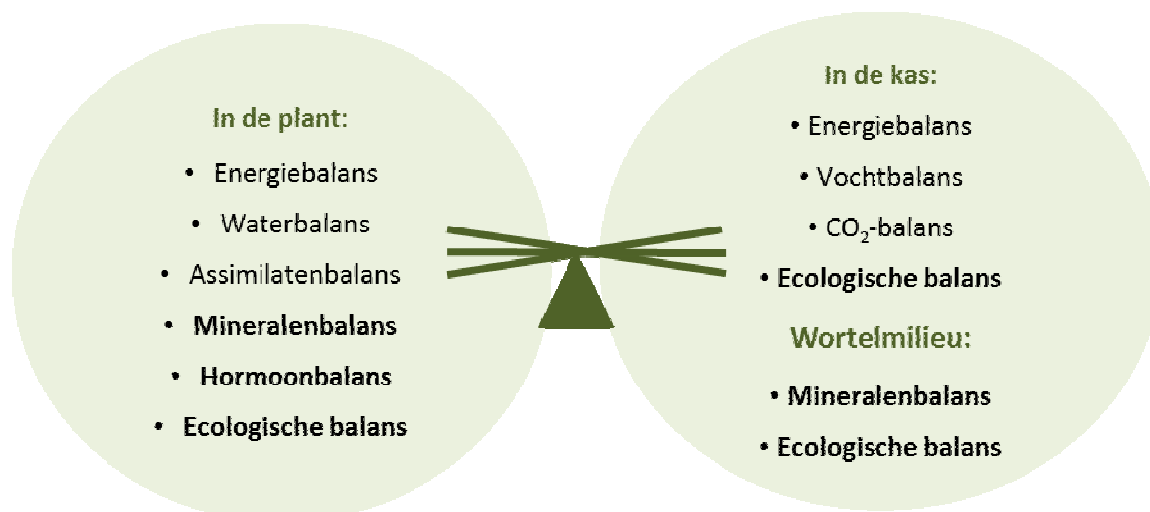
De mineralenbalans is eveneens tweeledig op te vatten:

- In de kas zijnde het wortelmilieu en
- in de plant zijnde de mineralen in de sapstroom, de vacuole en de droge stof.

Deze twee zijn niet hetzelfde, aangezien de opname en niet de beschikbaarheid van mineralen de concentratie in de plant bepaalt en mobiele mineralen binnen de plant nog verplaatst kunnen worden. Voor het vastleggen in droge stof van niet mobiele elementen is zelfs het moment van opname van belang. Bijvoorbeeld Calcium wordt passief opgenomen en is niet mobiel. De opname hangt sterk samen met de verdamping. Als deze tijdelijk zeer laag is kan er tijdelijk niet voldoende Calcium aanwezig zijn in het meristeem, waardoor bij deze cellen de celwand zwakker is en de celmembranen minder flexibel (Gelder, 2016). Dit kan later in de teelt, in het geval van een verstoring tot bladrandjes leiden (IJdo, Janse, Zijlstra, & Voogt, 2011). Een duidelijk voorbeeld van hoe de waterbalans en de mineralenbalans samenhangen.

Doorredenerend ontbreekt niet alleen de mineralenbalans. Ook de hormoonbalans en de ecologische balans zijn van belang voor een optimaal teeltresultaat. De hormoonbalans bestaat in beginsel alleen in de plant, al kan deze ook sporen nalaten in de kas in de vorm van (vluchtige) secundaire metabolieten. Deze secundaire metabolieten, die ontstaan onder invloed van de hormonen Jasmonzuur of Salicylzuur, stoot de plant uit via de wortels of het blad voor het lokken van bestuivers of natuurlijke vijanden van aanwezige plagen (Aartsma, Bianchi, Werf, Poelman, & Dicke, 2017). Een duidelijk voorbeeld van de interactie van de hormoonbalans met de waterbalans en de assimilatenbalans in de plant, is zichtbaar bij de auxineproductie van zaden die de sinksterkte vergroot voor het aantrekken van water en assimilaten naar de vruchten (Taiz & Zeiger, 2010).

De ecologische balans bestaat op het niveau van de plant bestaat uit de rhizosfeer of het microbiom en op het niveau van de kas uit de balans tussen ziekten en plagen en hun natuurlijke vijanden. De negen balansen voor het Nieuwe Telen zijn grafisch uitgewerkt in Figuur 1.



Figuur 1: Grafische presentatie van de 9 balansen van HNT

Telers en onderzoekers lopen bij het toepassen van Het Nieuwe Telen tegen problemen aan die niet makkelijk te verklaren zijn met de zes balansen. Bekende voorbeelden zijn de problemen die zijn ontstaan door het lichtspectrum bij roos (hormoonbalans), effecten op de mineralenbalans ten gevolge van veranderingen in luchtbeweging en vochtregulatie (mineralenbalans), problemen die ontstaan met geel blad van groene potplanten door het versnellen van de teelt met licht en temperatuur (mineralenbalans).

Het belang van de mineralenbalans in de plant neemt daarnaast ook nog eens toe door de rol die deze speelt bij de weerbaarheid van het gewas. Onbalans in de mineralentoestand kunnen de vatbaarheid voor ziekten en plagen versterken. Een bekend voorbeeld is het effect van een hoog nitraatgehalte (onbalans) op luis, maar minder bekende voorbeelden hiervan zijn het ontstaan van virussymptomen bij Alstroemeria en tomaat.

Voor het monitoren van de mineralenbalans in het wortelmilieu is een robuust systeem van analyses en streefwaarden opgesteld. Voor het meten van de mineralenbalans in de plant ontbreekt een dergelijk robuust systeem van analyses en streefwaarden.

1.4 Vervolgstappen

Op basis van dit project vinden er discussies plaats in de denktank van HNT. Hierdoor wordt de informatie uit dit project snel omgezet naar eventueel te nemen initiatieven en nieuwe speerpunten voor onderzoek (Figuur 2).



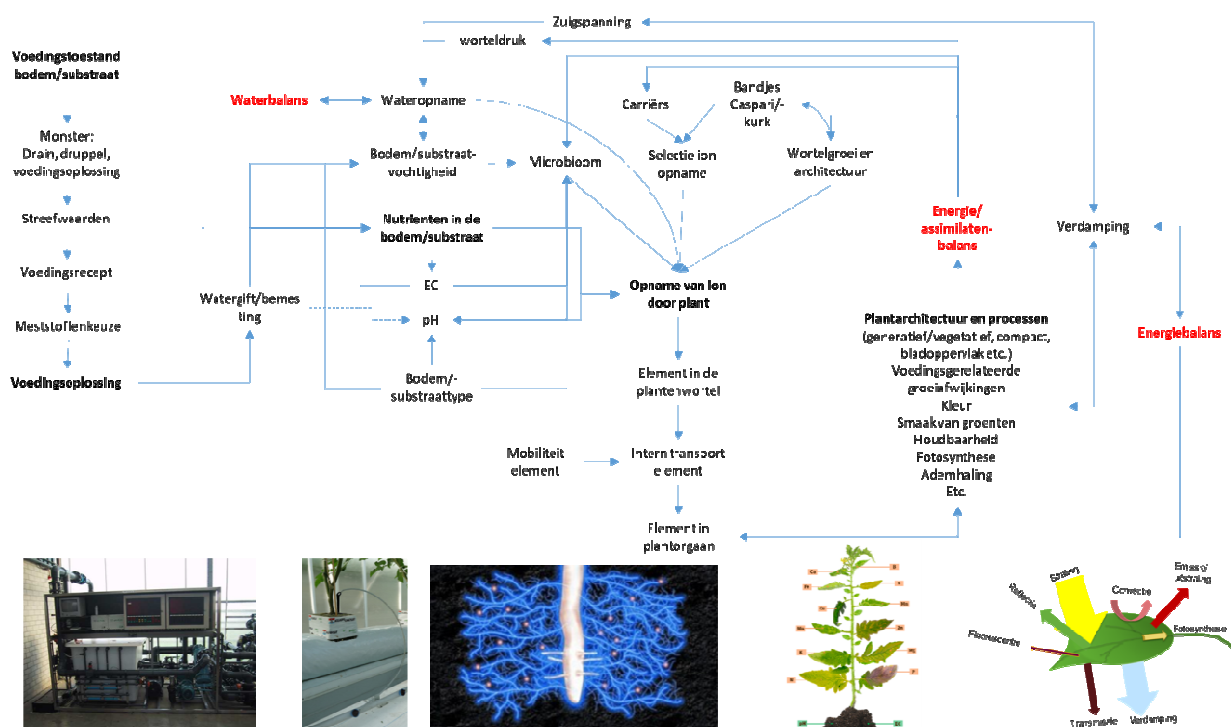
Figuur 2: Tijdlijn voor aanvulling van het theoretisch kader van Kas als Energiebron

2 Samenvatting presentaties

Tijdens de bijeenkomst op 10 oktober zijn drie korte inleidingen gegeven met betrekking tot de mineralenbalans, de hormoonbalans en de ecologische balans. In dit hoofdstuk zijn deze presentaties kort uitgewerkt. Voor de drie onderwerpen is zeer veel informatie aanwezig. Voor de discussie is echter gekozen om deze onderwerpen slechts kort te omschrijven en ervan uit te gaan dat er tijdens de discussie een aantal deelnemers met expertise aanwezig zullen zijn. Onderstaande beoogd daarom geen uitvoerige beschrijving, maar slechts een samenvatting.

2.1 Mineralenbalans

Voedingstoffen spelen een belangrijke rol bij de interne plant-balans. Mineralen zijn nodig voor het onderhoud van de plant, celwandstevigheid, het fotosyntheseapparaat etc. Om al deze processen goed te laten verlopen heeft een sterke, robuuste plant met optimale groei geen tekorten van bepaalde mineralen, maar ook geen overmaat.



Figuur 3: Schematisch overzicht van de mineralenbalans zoals ontwikkeld voor het project

De mineralenbalans wordt enerzijds bepaald door de voedingsoplossing die een teler meegeeft in zijn gietwater en door de bodem en het substraat (Figuur 3). Vervolgens wordt de opname van de mineralen bepaald door interactie met de bodem, bodemvochtigheid, maar ook door de hoeveelheid water die de plant opneemt en de heersende EC/pH. Hiernaast is ook de bovengrondse situatie van belang, bijvoorbeeld de mate van verdamping van de plant, de heersende plant fysiologische processen en de staat van het gewas. Zo hangt de mineralenbalans ook samen met de water- energie- en assimilatenbalans.

Verdeling in de plant speelt een rol (Zie bovengenoemd voorbeeld: Ca). Met NO_3^- en NH_4^+ kan de pH gestuurd worden, deze pH heeft invloed op de opname van andere elementen.

Door antagonisme en synergisme beïnvloeden de elementen elkaar bij de opname. Deze wisselwerking tussen mineralen onderling, en eventuele interactie met het substraat, kan het sturen met mineralen al gauw onoverzichtelijk maken. Vaak is het zo dat de verhouding van mineralen die meegegeven wordt, nog belangrijker is dan

de absolute hoeveelheden. Hierbij komt, dat de plantbehoefte aan bepaalde mineralen verschuift gedurende de teelt. Een goed voorbeeld hiervan is de kationen-ratio: K^+ , Ca^{++} en Mg^{++} . Deze kationen zijn antagonistisch in plantopname, bij het toedienen van de juiste verhouding is sprake van een balans met meerdere elementen die ieder op hun eigen manier bijdragen aan verschillende kwaliteitsaspecten. Magnesium is van belang voor de fotosynthese en de vraag van het gewas hiervan is hoger vroeg in de teelt. Een hoge concentratie Mg in de mat remt K- en Ca-opname. Calcium is belangrijk voor de vruchtkwaliteit, bij snelle groei kan de Ca-vraag van een gewas zeer hoog zijn. Het transport van Ca naar de vrucht is belangrijk, hierin speelt klimaat een grote rol. K is van belang voor vruchtkwaliteit en huidmondjesregulatie. Zo speelt ieder van deze kationen een belangrijke rol in de kwaliteit van een gewas en moet de sturing in orde zijn, zodat niet één van deze elementen door een verkeerde ratio slecht tot nauwelijks opgenomen wordt. Natuurlijk is deze balans eigenlijk niet slechts drieledig; B speelt ook een belangrijke rol in deze balans, en andere elementen zijn ook van invloed. Toch zou er gedacht kunnen worden aan deelbalansen als stuur mechanismen, om het geheel inzichtelijker te maken.

De anionenbalans is ook een sterk stuurmiddel, waarbij meer vegetatieve groei bereikt wordt door meer stikstof mee te geven, en bij minder stikstof en meer sulfaat/chloor meer generatief gestuurd wordt. Buiten de anionenbalans hangt de vegetatief/generatieve sturing sterk af van het klimaat; licht:temperatuur -verhouding en luchtvochtigheid spelen o.a. een rol. Ook de EC is van invloed.

2.2 Ecologische balans

De eerste associatie bij de ecologische balans is vaak de balans tussen plaag en biologische bestrijders. Deze balans is meer dan een kwestie van scouten en uitzetten van de benodigde bestrijders. Het klimaat beïnvloedt niet alleen het gedrag van plaag en bestrijder, maar ook de weerbaarheid van de plant. Waar voorheen de aandacht vooral op temperatuur en luchtvochtigheid was gericht, wordt steeds duidelijker dat ook lichtintensiteit en zelfs lichtspectrum van invloed zijn.

Ook bij schimmels lijkt het erop dat licht en lichtspectrum invloed kunnen hebben op



Figuur 4: Botrytis in Gerbera
(foto: Wageningen UR)

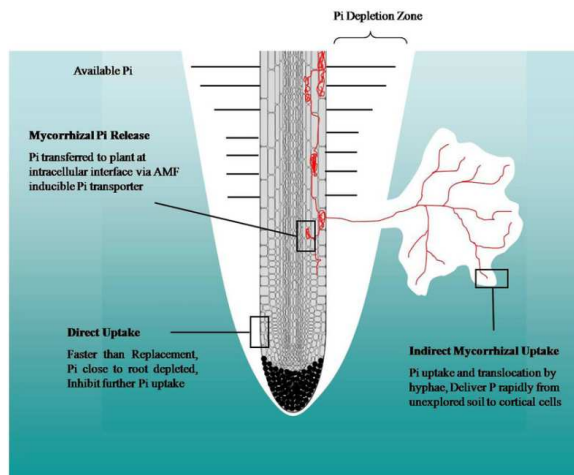
zowel de ontwikkeling van de schimmel als de vatbaarheid van de plant. Maar er is ook een sterke interactie met de energiebalans en de vochtbalans. Goed voorbeeld is de lange zoektocht naar de oorzaken van Botrytis in Gerbera, die zich heel lang op beheersing van de luchtvochtigheid heeft gericht, maar waar met beheersing van uitstraling door schermen pas echt grip op is gekomen.

Biologische bestrijding is allang niet meer uitsluitend het domein van macro-organismen zoals insecten en mijten.

Steeds meer inzicht en toepassingen zijn er voor bescherming van de plant door micro-organismen. Denk maar aan *Steinernema feltiae* aaltjes tegen bijv. larven

van varenrouwmug of trips of een toepassing met schimmels zoals *Beauveria bassiana* tegen bijvoorbeeld witte vlieg of *Trichoderma* stammen tegen diverse bodempathogenen.

Ondertussen toont de wetenschap steeds duidelijker aan hoe planten zelf actief samenwerking zoeken met aanwezige micro-organismen (schimmels en bacteriën). Deze samenwerking heeft voor de plant vele functies van hulp bij het opnemen van

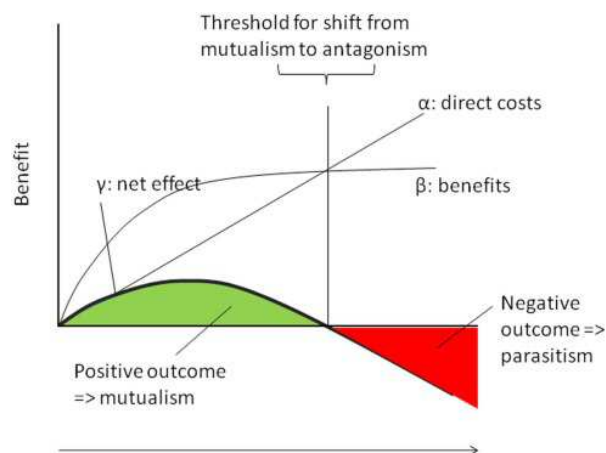


Figuur 5: Symbiose met een mycorrhiza maakt P opname mogelijk voor de plant als de directe omgeving is uitgeput (Rosewarne et al., 1999)

voedingstoffen, signalering en communicatie met soortgenoten tot een actieve rol bij de bescherming tegen ziekten en plagen. Bijvoorbeeld Fosfaat opname kan zowel direct zijn als indirect via endofytisch levende schimmels (mycorrhiza) in ruil voor assimilaten (Figuur 5). Een ander voorbeeld is de symbiose van planten met de bacterie *Pseudomonas simiae* WCS417, welke de wortelarchitectuur van *Arabidopsis* aanpast door deze sterk te vertakken. Recent is ontrafeld dat de bacterie dit doet via het mechanisme voor ijzergebrek in de plant. Bijkomstig stuurt de bacterie hiermee ook de verdediging van de plant aan. Naast aanpassing van het

wortelgestel ontstaat dus ook bovengrondse geïnduceerde resistentie. (Verbon, 2019).

Door DNA-analyse ontstaat er meer inzicht in de complexe verzameling van micro-organismen die zich op de plant of in de bodem of het substraat bevindt. Onder "het microbioom" verstaan we de samenstelling van micro-organismen in en op een organisme (de plant) of materiaal (de bodem) zoals vastgesteld met een DNA analyse (indeling in groepen) (Gopal & Gupta 2016).



Figuur 6: Omslag van mutualisme naar parasitisme in relatie tot mate van de kolonisatie door een endofyt (Martinez et al., 2011).

Meer kolonisatie door endofyten lijkt echter niet altijd beter (Figuur 6). In dit geval lijkt een middelhoge kolonisatie voldoende voor beschermende functies. Bij een te hoge kolonisatie kunnen de netto kosten in assimilaten soms hoger worden dan de baten (Martinez et al., 2011). De meerwaarde van mycorrhiza kolonisatie is op arme gronden vaak duidelijk zichtbaar en in voedselrijke gronden veel minder of niet.

2.3 Hormoonbalans

Plantboodschappers of planthormonen worden gezien als belangrijke signaalstoffen in de plant. Sommige hormonen hebben een specifieke structuurformule, terwijl andere een groep vertegenwoordigen van verwante moleculen. Een voorbeeld van de belangrijkste planthormonen zijn auxinen, cytokinine, gibberellinen, brassinosteroiden, jasmonzuur, salicylzuur, abscisinezuur, Ethyleen en strigolactonen. Deze hormonen spelen een belangrijke rol in de groei en de verdediging van de plant. De verhouding tussen hormonen in een cel bepaald uiteindelijk de reactie van de plant.

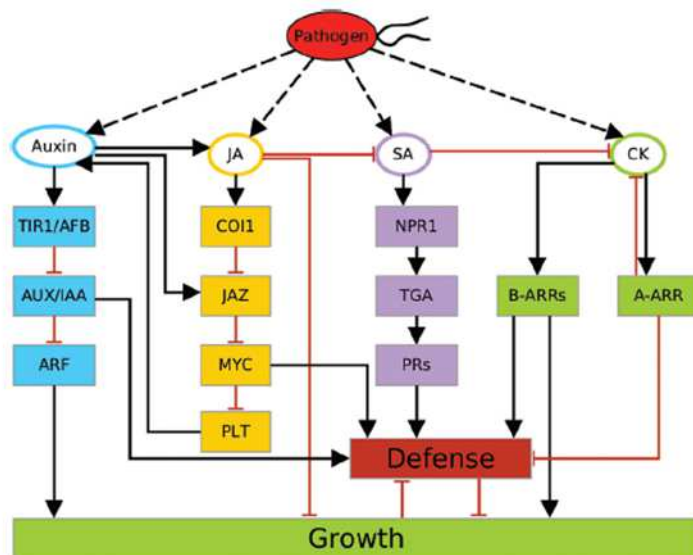
De plant wordt beschermd door a. fysieke bescherming (o.a. silicium, calcium, bedekken van plantoppervlak), b. toxiciteit (o.a. extracten en antistoffen van organismen) en c. aanschakelen van de plantafweer door zgn. elicitors/inducers.

De grote pijlers van het afweersysteem van de plant zijn de Geïnduceerde Systemische Resistentie (ISR) met een centrale rol voor de hormonen Jasmonzuur (JA) en Ethyleen (ET) en het Systemisch Verkregen Resistentie (SAR) met Salicylzuur (SA). De plant maakt “een keuze” voor een van deze afweersystemen afhankelijk van het type ziekte of plaag: Een soort dat zich voedt met levende cellen zoals *Pythium ultimum* (een zgn. biotroof) wordt geweerd door de salicylzuur route, terwijl een soort dat dode cellen nodig heeft zoals *Botrytis cinerea* (een zgn. necrotroof) gestopt wordt door de jasmonzuur route. Ook zijn er hemibiotrofe soorten zoals *Phytophthora capsici* die in eerste instantie de plant laten leven en pas daarna overschakelen naar een necrotrofe levensstijl (Van der Wurff et al. 2014). SA en JA afweersysteem routes werken elkaar tegen: Een SA reactie gaat ten koste van een JA reactie. De groeihormonen, zoals auxinen en cytokinen, zijn hier lokaal nauw bij betrokken (zie ook Giron *et al.* 2013).

Ook omgevingsfactoren zoals instraling, uitplanten, verplaatsing naar andere kas, -of van binnen naar buiten de kas en overgang naar een andere belichting hebben invloed. Een planthormoon dat hierin een belangrijke rol speelt is ABA. Deze route wordt ook als een belangrijke pijler gezien voor het plantafweer systeem omdat het o.a. de stand van de huidmondjes reguleert en dus de huidmondjes kan sluiten voor binnendringers zoals *Botrytis cinerea*. ABA heeft vooral een rol als leverancier van energie voor de plant en belangrijk bij bv. droogte stress. Bij omgevingsstress wordt dan ook voorrang gegeven aan deze route en minder aan de plantafweer.

Plantparasieten kunnen een afweersysteem “misleiden” om de plant binnen te komen. Een bekend voorbeeld hiervan is de schimmel *Botrytis*. Deze wordt in principe geweerd door de JA route, maar *Botrytis* produceert zelf een stof die het antagonistisch werkende SA route aanschakelt. Hierdoor verzwakt *Botrytis* de plant. Ook plant parasitaire aaltjes zoals wortelknobbelaaltje misleiden het afweersysteem van de plant: Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) kunnen het systeem van de plant manipuleren zodat ze de cellen kunnen gebruiken als voeding cel. Lokaal zijn ze gebaat bij een verhoogd groeihormoon niveau, terwijl de plant juist auxine productie wil voorkomen en zou moeten reageren met een hyper gevoelige reactie (HSR ofwel lokale afsterving van plantweefsel) via de SA route.

De interactie tussen groei en verdediging wordt globaal samengevat in afbeelding 8. De interacties tussen de hormonen voor met name groei (auxine, cytokinine) en verdediging (jasmonzuur, salicylzuur) worden hier verbonden. Hiermee wordt ook meteen zichtbaar dat ook de groeihormonen zoals cytokinen en auxinen een belangrijke rol spelen in de verdediging van de plant.



Figuur 8. Schematisch overzicht van de interacties tussen hormonen en de relatie tussen groei en verdediging tegen de bacterie *Pseudomonas syringae* DC3000. De zwarte pijlen geven een positief effect aan en de rode lijnen een remmend effect op een gen of een proces (groei, verdediging) *Uit: Naseem et al. 2015).*

Er is een begin gemaakt voor een raamwerk voor plantverdediging waarin bovenstaande is meegenomen en gekeken is naar RNA expressie van genen, hormonen en enzymactiviteit van PR (*pathogeen resistentie*) genen zoals β -glucanase en chitinase (Hofland-Zijlstra *et al.* 2014; Van der Wurff *et al.* 2014, 2016).

3 Denktank sessie

3.1 Programma

Op 10 oktober heeft een sessie plaatsgevonden van de denktank van HNT, die voor de gelegenheid was aangevuld met specialisten op gebied van mineralen, ecologie en in enige mate planthormonen. De lijst van deelnemers is toegevoegd in bijlage 2. De bijeenkomst startte na een korte inleiding met een kennismaking, waarbij de deelnemers multidisciplinaire groepen van 5 specialisten hebben gevormd. De groepen hebben zich vervolgens na een korte inleiding, zoals weergegeven in hoofdstuk 2, gebogen over een stelling en een vraag. Er zijn drie ronden gehouden. Een rode voor de mineralenbalans, de ecologische balans en ten slotte de hormoonbalans. Na elke ronde zijn de resultaten gedeeld. De werkvorm is in paragraaf 3.1 beschreven. De deelnemers is voor de discussie de onderstaande drie doelen meegegeven:

1. Concrete eenvoudige balansen op gebied van mineralen, hormonen en ecologische functies benoemen die stuuropaties voor kwekers inzichtelijk maken.
2. Belangrijke interacties van mineralen-, hormoon-, en de ecologische balans met de vastgestelde zes balansen goed in beeld krijgen.
3. Aandachtspunten en vragen benoemen voor zowel lopend en toekomstig onderzoek.

3.2 Werkvorm

Per ronde werd gedurende 10 minuten een plenaire inleiding verzorgd. Vervolgens ging de groep uiteen in vier groepen en werd in 35 a 40 minuten een stelling schriftelijk van commentaar voorzien, waarbij elke deelnemer zijn reactie op een stelling opschreef en deze doorgaf aan de buurdeelnemer, die reageerde op de stelling of reageerde op de reactie van de voorgaande schrijver(s). De laatste 15 min. werden de resultaten met elkaar besproken en werd een gezamenlijke presentatie gemaakt, al dan niet met een poster. In de daarna volgende plenaire sessie met alle deelnemers werd de presentatie gegeven. In totaal zijn er drie rondes gehouden, resp. met stellingen 1-3.

4 Resultaten

Hieronder zijn de resultaten van de vier discussiegroepen samengevat weergegeven. De samenvattingen zijn gebaseerd op de schriftelijke discussie (bijlage 3), de posters (bijlage 4) en de gevoerde mondelinge discussie. De samenvattingen zijn per stelling per groep weergegeven. Zie Bijlage 2 voor de groepsindeling.

4.1 Stelling 1. Mineralen balans

Stelling 1:

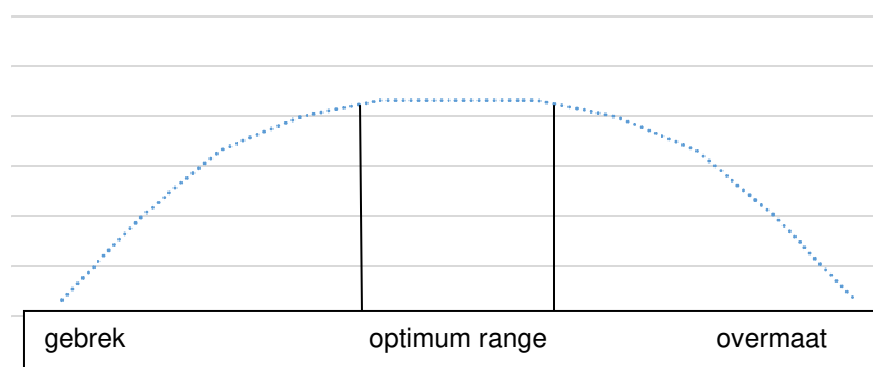
Bij het streven naar een optimale groei/weerbaarheid met de mineralenbalans zijn er meerdere deelbalansen en verliest een kweker al snel zicht op het geheel.
Hoe ondervangen we dit?

Groep 1

De teler kan dit ondervangen door automatisering aan de hand van een dashboard voor sturing op basis van metingen en modellen. Hierbij wordt zowel uitgangswater voor de teelt als drainwater doorgemeten op mineralen en deze data worden gecombineerd met klimaatdata in oogstmodellen. Deze modellen laten zien door het dashboard (eenvoudige interface) waarop de teler kan sturen. Eventueel kan met artificial intelligence (A.I.) worden gewerkt om het model continue te verbeteren. Ook kan verbinding worden gezocht met energie (instraling en efficiënte productieassimilaten), water (balans, BemestingAdvies Basis streefwaarden flexibel toepasbaar) en weerbaarheid (sturen op elementen zoals Ca, Si). Bij een weerbaarheidsmodel moet input gegeven worden op 1. Welk pathogeen, 2. Welk gewas, 3. Welke periode, 4. Welke mineralen en 5. Welke bij-effecten. Dit omdat mineralen een rol kunnen spelen in een specifieke gewas/pathogeen-combinatie in een specifieke periode. Daarnaast kunnen mineralen een verminderde weerbaarheid geven tegen een andere ziekteverwekker. Deze afweging kan dan worden gemaakt.

Groep 2

De discussie in deze groep richtte zich op de hardheid van de grenzen voor een optimum aan voedingstoffen. Is er sprake van een piek voor elk element of is het optimum meer afgevlakt en is het vooral zaak om geen tekorten te veroorzaken (Figuur 7). In hoeverre kan de plant hierin zelf sturen vanuit een gegeven aanbod van organische meststoffen en onder invloed van een faciliterend bodemleven? Is het hiermee mogelijk om de grenzen van het optimale gebied naar buiten te verschuiven? Is de opname van mineralen sturend voor de groei of bepaalt de groei de opname? De plant (groei) meer sturend laten zijn vraagt wel een systeemstap, dus van systeem A naar systeem B, waarbij meerdere zaken tegelijk in samenhang veranderen. Hierbij kunnen vele onvoorziene problemen naar voren komen. Alternatief is alle complexe relaties onderzoeken en in kaart brengen bijv. met behulp van een allesoverziend computerprogramma. Echter, misschien is het wel voldoende om de belangrijkste oorzaak/gevolg-relaties voor korte en lange termijn te onderscheiden met daaruit voortvloeiende acties. Vroegtijdig en beter kunnen signaleren, dus meer kunnen meten, is eigenlijk belangrijk voor alle alternatieven.



Figuur 7: schematische weergave van een optimumrange i.p.v. een piek

Groep 3

Belangrijk om bij telers het besef te laten groeien dat alles met elkaar samenhangt. De plant kan veel zelf, als hij het goed heeft. Daarom moeten eerst teveel fluctuaties (overbodig bijsturen) voorkomen worden, en moet men de plant optimale omstandigheden aanbieden om te allen tijde een goed wortelstelsel te ontwikkelen, goed te groeien etc. (dus dat hij niet teveel moet schakelen). Dan verloopt de opname beter. Discussie was, in hoeverre de plant zelf zijn optimale mineralenverhouding bewust opneemt en hoeveel gestuurd kan worden. Er is wel winst te behalen op mineralenbalans. Enerzijds is er al erg veel kennis beschikbaar, maar moeten er nog veel bruggen geslagen worden tussen verschillende kennisvelden (praktijk en fundamentele kennis, kennis over bovengrondse en ondergrondse processen, nutriënten, micro-organismen, etc.).

Onderzoek moet meer praktijkgericht zijn, en vooral niet monofactorieel. Alles hangt met elkaar samen, en één aspect aanpassen (bijvoorbeeld een verandering in de mineralengift) voldoet dus niet. Soms is hierbij een verandering (of meerdere) in klimaat nodig om het gewenste effect te bereiken. Dit is voor onderzoek erg lastig, want bij het aanpassen van verschillende aspecten: wat test je dan? Aan welk aspect of combinatie van aspecten ligt een bepaalde gemeten verandering? Zodoende is het belangrijk om gewasdata, productie, klimaat en mineralengift te koppelen en patronen te proberen ontdekken (dit is snel te ingewikkeld, hier kan AI/ modelleren dienst doen).

Andere vragen: liggen weerbaar telen en productiegericht telen in dezelfde lijn? Is een gezonde, niet-gestreste plant altijd meer weerbaar? Soms wordt weerbaarheid verhoogd door lage een dosis stress.

Groep 4

Concentreren op de aspecten van de mineralenbalans die: aantoonbaar, reproduceerbaar, objectief beoordeelbaar zijn. En er moet duidelijk zijn bij welke randvoorwaarden aan klimaat, bodem en plant (o.a.) er voldaan moet worden voordat de mineralenbalans aan deze voorwaarden voldoet. In dat geval kan er gestuurd worden. Deze interacties zijn mogelijk te ingewikkeld, maar wellicht in praktijkonderzoek uit te zoeken. In dit geval mogen er niet teveel randvoorwaarden wisselen. Mogelijk is de Ca/Mg/K balans een belangrijke om vanuit te beginnen (Hier evt. B in meenemen wegens belangrijke invloed op bovenstaande balans). Goed aanknopingspunt om in de praktijk mee te starten, er moet wel alert gebleven worden op andere factoren. Dynamiek in sturing gedurende het etmaal is waarschijnlijk ook positief. Vochtbalans in kaart brengen en mineralenbalans hiermee in connectie brengen is belangrijk. Ook meten (droge stof-, opname-, bladsap-) gebruiken, hierbij niet alleen bijsturen op metingen achteraf, maar vooruitdenken. Goede interpretatie van de resultaten is hierbij erg belangrijk.

4.1 Stelling 2. Ecologische balans

Stelling 2:

Door niet alleen de plant centraal te stellen bij de teeltsturing, maar ook het microleven waar de plant mee samenleeft, is het mogelijk om input van energie, meststoffen en (chemische) gewasbeschermingsmiddelen te besparen.

Wat is er nodig om fundamentele kennis over plant-microbe interacties beter in te kunnen zetten in de teelt?

Groep 1

Er is meer toegepast onderzoek nodig. Er zijn veldmetingen nodig om dit te kunnen quantificeren, zoals omzettingssnelheden om verbanden in tijd te kunnen volgen. Kennis kan worden overgebracht middels demo-onderzoek. Begin het onderzoek bij organismen die al een bewezen functie hebben. Er is op dit moment veel kennis input van toeleveranciers en vanuit de fundamentele wetenschap. Er zit daar een spanning. Er zijn honderden producten maar er is vaak geen herhaalbaar bewijs. Bewijs van werking in praktijk ontbreekt vaak, of is niet meetbaar. Raamwerk voor functioneren en randvoorwaarden voor werking van organismen is er niet. Maak dus werking voorspelbaar. Bijv. DNA analyse kan een rol spelen in het praktisch meten van de microbiologie, zoals mineralisatie van meststoffen, maar ook op naam brengen van identiteit en functies met behulp van metagenomica. De DNA informatie kan vervolgens gelinked worden aan plantperformance (fenotype, oogst, weerbaarheid). DNA technieken worden steeds goedkoper. Natuur wordt getypeerd door dynamiek in ruimte en tijd, dus per definitie is dit complex. Belangrijke vragen zijn : hoe verhoudt weerbaar telen zich tot gangbare/chemische maatregelen qua effectiviteit? Hoe voorspelbaar is het? En voldoet het huidige teeltsysteem (of moeten we bijvoorbeeld omschakelen naar organische/cyclische teelt)?

Groep 2

De discussie richtte zich vooral op ondergronds levende micro-organismen. De stelling werd gedaan dat tot maximaal 50% van de assimilaten weg kunnen lekken via de wortels in de vorm van wortellexudaten (niet iedereen geloofde dit; de plant is zuinig als een Zeeuw). De stelling werd onderbouwd met dat het stopzetten van de fotosynthese de plant vaak meer kost, dan doorgaan en assimilaten weg laten lekken. De kennis komt uit metingen van resolved carbon, geen makkelijke meting. De exudaten zorgen voor bloei en verval van kolonies micro-organismen die de plant zowel kunnen ondersteunen als beschadigen. Een andere stelling was dat het theoretisch mogelijk moet zijn om, net zoals bij mensen, een plantondersteunend microbiom in een substraat/bodem te brengen dat voor een meer weerbaar plant/substraat systeem zorgt. Het gaat dan om een mengsel van micro-organismen met diverse plantondersteunende functies. Middelen die in de handel zijn blijken bij nader onderzoek nog wel eens niets te bevatten. Verstandig is om bij evaluatie en opschaling van principes uit de fundamentele wetenschap vooral naar het effect op de plant te kijken. Genetische analyses leveren vaak veel data en weinig inzicht op. De opschaling vraagt ook om een systeemaanpak. Biotoetsen is de enige methode die beschikbaar is voor het meten van effect. Deze zijn wel duur, omslachtig en moeilijk uit te voeren. Samenwerking tussen fundamentele wetenschappers, toegepaste onderzoekers en kwekers is genoemd als voorwaarde voor een succesvolle vertaling van wetenschappelijk inzicht naar de dagelijkse praktijk. De kosten voor het bepalen van microbiom (genoom sequentie) wisselen sterk per instelling.

Groep 3

Gezamenlijk associëren: praktijkonderzoekers samen met wetenschappers die op deelgebieden fundamenteel onderzoek doen. Systeemaanpak door alle disciplines bij elkaar te brengen en de basisrelaties in kaart te brengen tussen balansen. Microbiom hoeft niet volledig begrepen te worden of ondersoorten op naam gebracht te worden. Microbiom voorlopig een te grote black box voor detailbegrip. De relatie plant-microbiom is al oud, als

de plant het goed heeft selecteert hij zelf de goeie jongens wel. Wat wel belangrijk is, is meer inzicht verkrijgen in wat er (ook ondergronds) nodig is aan randvoorwaarden om een plant de gelegenheid te geven een goed microbiom te ondersteunen. Ook: mogelijk belangrijke schakel met stelling 1; verschillende mensen (met verschillend microbiom) halen ook niet dezelfde nutriënten uit dezelfde voeding, bij een verstoord microbiom kan ondervoeding optreden, zelfs bij een gezond dieet. (Uiteindelijk is een detailbegrip wellicht wel van belang overigens: kan verklaren waarom planten geheel verschillend reageren op bijv. biostimulanten. Voorlopig is erkenning van bestaan microbiom en monitoring algehele reactie plant op maatregelen voldoende).

Groep 4

Er is hier behoefte aan reproduceerbare proefresultaten die de meerwaarde van microleven kunnen aantonen. En dan is het zaak te kijken of er randvoorwaarden te bepalen zijn om het microleven te laten floreren. Ook belangrijk is om duidelijk te maken wat het doel is: soms heeft het niet direct hogere productie tot gevolg, maar wel hogere weerbaarheid. Er is nog te weinig bekend van positieve microbiologie, en dit is nog niet toepasbaar. Hoe kan onderzoek de basale kennis vertalen naar de praktijk? Er is nog te weinig kennis op de interactie en hoe dit reproduceerbaar toe te passen is. Kan er onderzoek plaatsvinden naar een bepaalde 'basisset' van positieve bodemorganismen, die bijvoorbeeld aanwezig is bij gezonde planten in een systeem zonder ontsmetting, en hoe deze evt. te realiseren is? Wat zijn hierin de key-populaties? En welke omstandigheden zijn hiervoor nodig? Vertaling naar huidige teeltsystemen belangrijk. Moeilijk wegens sterke verschillen per gewas/cultivar en teeltsysteem/substraat.

4.2 Stelling 3. Hormoon balans

Stelling 3:

Ondergrondse sturing (bemesting, watergift, bodemleven, temperatuur etc.) en bovengrondse sturing (klimaat, licht, snoei, gewasbescherming) kunnen elkaar versterken en verzwakken via o.a. de hormoonhuishouding. Inzicht in de onderlinge balansen kan voorkomen dat acties elkaar tegenwerken.
Hoe communiceren we dit inzicht?

Groep 1

Er is op dit moment heel weinig kennis in de praktijk en in het toegepast onderzoek over de rol van hormonen. Is er al voldoende kennis om te communiceren? Weten we al genoeg? Zijn alle balansen helder? Er moeten eerst metingen komen om relaties te kunnen leggen en effecten te quantificeren. Nog veel fundamenteel onderzoek nodig naar de relaties hormoon huishouding en de gevolgen voor de gewasbescherming, groei&ontwikkeling en microbiom. Een model zou kunnen helpen om de kennis toe te passen. Effecten kunnen soort specifiek zijn (bv bloei-aansturing). Op gebied van plantgroei is er veel meer (toegepaste) kennis over de rol van hormonen dan van plantweerbaarheid. Voorbeeld hiervan is weefselkweek en toepassing van hormonen om groei te beïnvloeden. Hormonen spelen een doorslaggevende rol in diverse balansen zoals balans tussen groei en weerbaarheid. Maar het gaat vaak om kleine variaties in verhoudingen tussen verschillende hormonen, daarnaast variëren concentraties van cel-tot-cel. Hierdoor kan de variatie binnen-, en tussen planten groot zijn. Het meten van hormonen kan inzicht geven in de mogelijkheden die het weerbaar telen biedt.

Groep 2

Als de plant iets zelf regelt dan is het de hormoonbalans. Moeten we ons hier mee gaan bemoeien? Nee, is de heersende mening. Het is erg ingewikkeld. Sommigen vragen zich hardop af of de hormoonbalans wel relevant is. Anderen beweren dat het geen zin heeft de hormoonbalans te monitoren, maar kennis erover is wel belangrijk voor het inzicht in de plant. Er is maar 1 plant. Is deze bovengronds gezond, dan vaak ook ondergronds. Voorbeeld dat is besproken; paprikatelers die veel hebben geoogst moeten het erna bezuren, doordat er te weinig assimilaten voor de wortels waren en de plant dus een klap krijgt. Spelen hormonen hierbij niet ook een rol? Groeipunten maken namelijk auxinen aan die de wortelontwikkeling stimuleren. In de wortels worden juist cytokininen gemaakt die de scheutgroei stimuleren. Bij de beperkte wortelgroei als gevolg van zware plantbelasting in paprika lijken hormonen op de achtergrond weldegelijk een rol te spelen. Maar, moet een teler dit weten? Toch wel, is de overheersende mening. Ander voorbeeld, PGPR bacteriën produceren groeihormonen waardoor planten zichtbaar harder groeien. Waarom produceert de plant zelf niet meer hormoon om harder te groeien?

De interesse voor plantenhormonen lijkt wat naar de achtergrond gezakt en bij weinigen is de kennis nog echt paraat. Beter begrip van de rol van hormonen kan van waarde zijn voor de cursussen over HNT om de bekende balansen beter uit te leggen. De uitdaging is wel om een aansprekende koppeling te maken naar de praktijk met relevante voorbeelden voor de balansen uit HNT. Eenvoud is belangrijk.

Groep 3

Hormonen zijn meer middel dan sturingsmechanisme. Er kan tot op zekere hoogte gebruik van gemaakt worden: foefjes die telers nu al gebruiken voor het in bloei brengen d.m.v. hormoonbehandelingen, half afbreken blad roos voor knopuitloop, groeiregulatie perkgoed etc. De andere balansen hebben meer een technisch karakter, de "hormoonbalans" is misschien geen balans (zoals de andere).

Er moet eerst duidelijker inzicht verkregen worden in hoe teeltmaatregelen elkaar bevorderen of tegenwerken (al dan niet via hormonen) voor er een boodschap te communiceren is.

Groep 4

Het is belangrijk het fundamentele te begrijpen, maar moeten alle onderliggende mechanismen van haver tot gort bekend zijn voordat er al gebruik van gemaakt kan worden in een gewas? In de praktijk is het misschien belangrijker om op gewasreactieniveau te kijken n.a.v. behandelingen/omstandigheden. Met licht, temperatuur en voeding *etcetera* kan gewas gestuurd worden, hormonen zijn handig voor teelttrucs”, maar volledige onderliggende mechanismen zijn nog niet zodanig bekend dat het als stuurmiddel gebruikt kan worden.

5 Discussie

In de discussie volgt een korte reflectie op het proces en de resultaten met vervolgens een korte overkoepelende discussie in de synthese.

5.1 Reflectie op het proces

De gekozen werkvorm heeft ervoor gezorgd dat de input van de verschillende specialismen gelijkwaardig was. Iedere deelnemer had goed de kans om zijn gedachten en ideeën in te brengen. Dit werkte inspirerend. Desondanks zijn er wel enkele kanttekeningen te maken. In de bijeenkomst waren niet alle disciplines evenredig vertegenwoordigd. Door de breed gekozen opzet waren van sommige disciplines maar 1 of enkele deelnemers aanwezig. De groepjes bestonden uit vijf zelfgekozen deelnemers, dus de disciplines waren ook niet evenredig over de groepen verdeeld. Dit kan voor gebrek aan kennis op bepaalde stellingen hebben gezorgd in sommige groepen. Met name waar het de hormoonbalans betrof bleef de parate kennis van de aanwezigen achter. De aanwezigheid van echte specialisten op dit gebied had de discussie meer op scherp kunnen zetten.

Er was relatief weinig tijd per stelling. Dit ging ten koste van de diepgang in de discussie na afloop van de schriftelijke ronde. De discussie was vaak nog niet klaar toen de presentaties al begonnen. De keuze voor drie stellingen was, met de gegeven tijd, vrij ambitieus. Hierdoor is nog informatie blijven liggen of niet geheel duidelijk geworden.

5.2 Inhoudelijke discussie

5.2.1 Mineralenbalans

In meerdere groepjes werd de vraag gesteld hoe de mineralenbalans zich tot de plant verhoudt – in hoeverre selecteert de plant zelf welke mineralenverhouding hij nodig heeft, wanneer klimaat, zuurstof, waterbeschikbaarheid geen limiterende factoren opleveren? Bepaalt de opname van de plant de groei, of bepaalt de groei de opname? Is er per mineraal een nauwgezet optimum voor de plant, of is het goed zolang er binnen een bredere range beschikbaarheid is?

Men denkt over het algemeen wel dat een beter afgestemd aanbod van mineralen tot een optimaler teeltresultaat kan leiden, maar hierbij wordt ook aangegeven dat er niet bekend is hoe ruim deze optima zijn. Om te sturen met de mineralenbalans zijn er enige suggesties gedaan:

Eenzijds kan begonnen worden met het in kaart brengen van simpele oorzaak-gevolg relaties of kunnen deelbalansen dienst doen als eerste aanknopingspunt om sturing in de praktijk al in te zetten of binnen praktijkonderzoek meer inzicht te vergaren (bijvoorbeeld de kationenbalans, inclusief Borium en de anionenbalans).

Belangrijk hierbij, is dat in de context van vergaarde oorzaak/gevolg-relaties, begrepen wordt welke randvoorwaarden nodig zijn om deze oorzaak/gevolg-relaties te doen gelden. Hiervoor is het belangrijk om de invloed van energie- en vochtbalans op de mineralenbalans beter in kaart te brengen (en mogelijke andere invloeden zoals gewas en substraat). Kortom: omdat de mineralenopname en de mineraalverdeling van de plant naast het aanbod van mineralen onderhevig is aan klimaat en watergift, rijst de vraag: hoe breng je zo een multi-dimensionale complexe samenhang in beeld? In onderzoek wordt er gewerkt door het aanpassen van één variabele, maar dit voldoet niet altijd. Hoe kom je tot betrouwbaar onderzoek aan de samenhang van meerdere facetten, en hoe zijn hier toch betrouwbare mechanismen uit te destilleren? Hoe maak je zulk onderzoek reproduceerbaar? Wellicht kan modelleren/AI hier een rol spelen. Er is behoefte aan het betrouwbaar kunnen koppelen van klimaatdata/vochtgegevens aan mineralenopname en groei/productie. Kan er een computersysteem ontwikkeld worden waarin verschillende facetten gestuurd worden, maar waar ook door het overzichtelijk maken van metingen oorzaak/gevolg-patronen in ontdekt kunnen worden?

Hiernaast is ook het lastige van sturing met mineralen, dat de sturing achteraf plaatsvindt. Een uitdaging is om oorzaak/gevolg-relaties vast te stellen en de randvoorwaarden

waarbinnen deze reproduceerbaar zijn. Deze zouden dan gebruikt kunnen worden om vooraf te sturen in plaats van achteraf bij te stellen.

5.2.2 *Ecologische balans*

Opvallend is dat de meeste discussie gaat over de ondergrondse ecologische balans, terwijl de meest zichtbare interactie met de huidige zes balansen toch vooral bovengronds is. Het ondergrondse is een grote black box, waar ook nog maar weinig aan gemeten wordt. Uit de reacties van de deelnemers spreekt een groot kennishiaat. De grote uitdaging lijkt het om fundamentele kennis en inzichten op cel-, orgaan- en plantniveau om te zetten naar een systeemstap op gewasniveau. Deelnemers geven aan dat hier de nodige stappen in gezet kunnen worden, want er liggen vele bouwstenen klaar. Maar, hoe schuif je die zo goed mogelijk in elkaar? Wellicht is het goed om hierbij niet te zoeken naar probleem-oplossing relaties, maar met meerdere bouwstenen tegelijk te bouwen aan een robuust systeem dat gericht is op het voorkomen van verstoringen.

Weerbaarheid toont zich niet in het beter worden van een zieke plant, maar in alle gezonde planten in het gewas die zich goed verdedigen tegen aanwezige ziekten en plagen. Het testen van middelen op effectiviteit in een verder reguliere context lijkt in dat opzicht geen zinnige exercitie. Toch is juist dat wat telers graag zien. Dit kan eraan bijdragen dat weerbaar telen tot nu toe nog weinig vertrouwen geniet, maar nog vooral hoop en verwachting. Hier ligt misbruik om de hoek, zoals ook blijkt uit dat bij het nader bestuderen van een middel, terwijl dit middel het werkzame organisme niet eens bevatte, zoals een van de onderzoekers aanhaalde.

Het kan interessant zijn om recente innovaties op gebied van mineralen en ecologie te combineren. Innovaties op gebied van organische meststoffen kunnen goed aansluiten op versterking van ecologische functies in een teeltsysteem. Dit kan resulteren in een efficiënter, weerbaarder systeem. Niet alleen op bedrijfsniveau, maar door het sluiten van kringlopen ook op een hoger niveau (mestoverschot).

Een andere vraag die naar voren komt is "Hoe bouw je dit en hoe houd je dit in de gaten (welke metingen kun je doen)?" Vele metingen zijn tegenwoordig mogelijk om de ecologische balans in kaart te brengen. De praktijk werkt veel met scouten in het veld en PCR en ELISA toetsen in het laboratorium. Bodemvoedselweb en microbiombepalingen zijn over het algemeen nog lastig te interpreteren als graadmeter voor de effectiviteit van de ecologische functies, ook voor de fundamentele wetenschap. Geopperd is om daarom naar het effect op de plant te kijken, maar de daarvoor benodigde biotoetsen kennen ook nadelen (tijd, geld, risico op falen). Biotoetsen zijn goed voor onderzoek, maar de plant staat bij de kweker in de kas en biotoetsen zijn daar uitgesloten.

Samenwerking tussen fundamentele wetenschap, toegepaste wetenschappers en kwekers lijkt nodig om tot een betere interpretatie van zaken als microbiom te komen. "Wat zijn de sleutelpopulaties?" is een vraag die wordt gesteld. Voorgesteld is om DNA-analysmethoden te ontwikkelen voor het monitoren van ecologische functies, zoals je ook op basis van een QTL het aanwezige nitrificerende bodemleven kunt monitoren. Dit lijkt voor meerdere ecologische functies mogelijk, nu steeds meer over de genetische achtergrond van plant-microbe en microbe-microbe interacties bekend wordt. Dus niet kijken naar welke organismen zitten er, maar welke functies zijn vervuld. Ook hier is een integrale benadering en samenwerking tussen meerdere specialisten op verschillende niveaus belangrijk.

5.2.3 *Hormoonbalans*

In het algemeen wordt er geconcludeerd dat er te weinig kennis is over de rol van hormonen voor praktische toepassing in de teelt. De expertise van de deelnemers ligt niet op het gebied van hormonen.

Onder dat voorbehoud wordt erkend dat er nog veel fundamentele kennis nodig is om de (complexe) rol van hormonen in de plant beter te leren begrijpen, voordat deze kennis klaar is voor toegepast onderzoek en vertaald kan worden in praktische teeltmaatregelen.

De vraag is of de kennis over hormonen zich laat vertalen in concrete sturingsmaatregelen voor de teelt of dat het alleen nodig is om achterliggende mechanismen te verklaren. Planten

zijn zelf in staat zijn om dit te regelen. Anderen geven daarop kritiek door de te noemen dat PGPR organismen (Plant Growth Promoting Rhizosphere bacteria/fungi) de plant sneller laten groeien door bijvoorbeeld de productie van auxine-achtige stoffen. Daarmee rijst de vraag waarom de plant dat zelf dan niet doet? Ook kunnen plantpathogenen de plantverdediging omzeilen waarbij ze sturen op een antagonistisch werkend verdedigingssysteem. Beide voorbeelden, van zowel PGPR als plantpathogenen, laten zien dat er sturingsmogelijkheden zijn waarmee er op plantweerbaarheid gestuurd kan worden. Er zijn in ieder geval meetmethoden nodig en een raamwerk om de rol van hormonen in de teelt (groei en weerbaarheid) verder te kunnen onderzoeken. Bijvoorbeeld in hoeverre hormonen elkaar tegen werken en de groeistimulatie gepaard kan gaan met de plantweerbaarheid. Of dat sturing op groei en productie altijd een negatief effect zal hebben op de plantweerbaarheid.

Op dit moment is er veel meer praktische kennis beschikbaar op het gebied van groei en productie, zoals gebruik van hormoon (-achtige) stoffen voor sturing op gewasgroei, zoals afbreken blad roos voor knopuitloop en groeiregulatie in perkgoed. Hormonen worden ook routinematig toegepast in de weefselkweek. Maar er is weinig toepasbare kennis op het gebied van plantweerbaarheid tegen ziekten en plagen.

Er wordt in de discussies gemeld dat er aantoonbaar belangrijke interacties zijn in de plant tussen processen boven- en ondergronds. Zie hiervoor de concrete discussie over auxinen en cytokininen die hetzij bovengronds- of ondergronds geproduceerd worden en die effecten laten zien op scheut:wortel verhouding.

Maar is dit kennis die een teler moet weten, of is het meer iets voor de cursus HNT om achterliggende mechanismen op bijvoorbeeld plantweerbaarheid te verklaren? Een praktisch voorbeeld is dat een hoge plantbelasting in het begin van de teelt negatieve gevolgen heeft voor de productie later in de teelt door de achterblijvende wortelvorming. De lesstof moet dan wel op een praktische en eenvoudige manier aan de deelnemers worden uitgelegd.

Eventuele praktijkkennis kan worden gecommuniceerd met behulp van praktijk-demonstratieproeven.

5.2.4 *Synthese*

De resultaten overziend lijken er twee zienswijzen te onderscheiden in de bandering van de teelt en het teeltsysteem. De zienswijze waarin actief gestuurd wordt op de plant en die waarin de plant zoveel mogelijk zelf regelt. Dit komt ook terug in HNT, zoals bij het realiseren van stabiliteit bij het regelen van het klimaat en de aandacht voor de plant die de processen in de kas vaak ook zelf sterk beïnvloed. Voor de nieuwe balansen voor ecologie en mineralen is dit in beeld gebracht door dit als tegenstellingen op te somen (Tabel 1). In beide gevallen is er sprake van Hi-tech tuinbouw, waarin een productief en gezond gewas het uitgangspunt is.

Dat in tabel 1 tegenstellingen zijn weergegeven wil niet zeggen dat er slechts twee keuzes zijn. De uitdaging voor het nieuwe telen is beiden zo goed mogelijk te combineren. Het is bijvoorbeeld noodzakelijk om strenge hygiëne toe te passen door bestaande ziekten en plagen, maar ook door nieuwe die jaarlijks opduiken. Dit neemt niet weg dat je ecologische functies zo goed mogelijk kunt versterken, als je weet hoe je hierop kunt sturen. Iets wat we nu nog onvoldoende kunnen, alleen al doordat we het niet goed kunnen meten. Het inzicht dat de plant in samenwerking met het bodemleven de opname van mineralen sterk kan beïnvloeden betekent niet dat een teler hier minder aandacht voor hoeft te hebben. In tegendeel, het is een kans om nog beter te sturen. Hiervoor is het nodig inzicht te hebben in de situatie in de plant door bijvoorbeeld opname analyse of plantsap metingen.

Tabel 1: Tegenstellingen in zienswijze tussen sturen op plant processen of de plant zelf laten sturen.

<i>De mens stuurt en beschermt de plant</i>	<i><=></i>	<i>De plant regelt het zelf</i>
Input gedreven	<=>	Kringloop gedreven
Monocultuur en steriel	<=>	Ecologische communities realiseren
Chemische meststoffen	<=>	Organische mest (evt. met moderne omzetting naar minerale fracties)
Gewasbescherming gericht op uitroeien	<=>	Gewasbescherming gericht op biologisch evenwicht
Steriel (ontsmetten)	<=>	Levend (biologische zuivering)
Maximaliseren productie	<=>	Stabiliseren productie
Vatbare rassen of monogene resistenties	<=>	Sterke rassen door (partiële-) resistentie en/of tolerantie
Problemen oplossen	<=>	Verstoringen voorkomen
Terugbrengen naar eenvoudige enkelvoudige relaties	<=>	Samenhang zoeken in complexe relaties
Streeft naar optimum	<=>	Blijft binnen grenzen
Tegen de natuur in	<=>	Met de natuur mee
Monitoren omgeving (klimaat en mineralen)	<=>	Monitoren van de plant en ecologische functies

Ten slotte, bij presentatie van dit rapport in een workshop bij het evenement “10 jaar HNT” is naar voren gebracht dat vooral ook niet vergeten moet worden naar de economische balans.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Van de drie voorgestelde balansen zijn de mineralenbalans en de ecologische balans de meest voor de hand liggende aanvullingen op het theoretisch kader.

De mineralenbalans was voor de deelnemers het makkelijkst te koppelen aan de zes balansen HNT door sterke samenhang met de vochtbalans en de energiebalans. Simpele oorzaak-gevolgrelaties of deelbalansen binnen de mineralenbalans kunnen een eerste aanknopingspunt zijn voor sturing in de praktijk of verder onderzoek. Resultaat uit onderzoek moet goed reproduceerbaar zijn. Een belangrijke vraag is hoe het mogelijk is om bij sturing van de voeding meer vooruit te zien?

Voor de ecologische balans ging de aandacht van de deelnemers vooral uit naar de ondergrondse situatie, waar nog veel vragen liggen. Verkregen inzicht en fundamentele kennis op cel-, orgaan- en plantniveau is lastig om te zetten naar gewasniveau. Dit maakt het lastig in beeld te krijgen (meten) wat de meerwaarde is van micro en macro-organismen op gebied van weerbaarheid, plantengroei en mineralenopname. Microbioombepalingen zijn bijv. nog lastig te interpreteren. Een belangrijke vraag is hoe we bruggen kunnen slaan tussen ecologische functie en aanwezige organismen → zijn er sleutelpopulaties of juist sleutelfuncties te identificeren?

De hormoonbalans maakte weinig ideeën voor het sturen van de plant los, maar in veel van de balansen voor HNT spelen hormonen op de achtergrond wel een bepalende rol. Parate kennis van reeds bekende mechanismen lijkt wat weggezakt en is niet goed vertaald naar de teelt. Nu zijn voornamelijk “foefjes” bekend, zoals het gebruik van hormoonachtige stoffen voor groei of bloei-inductie.

In het algemeen werd er geconcludeerd dat er te weinig (fundamentele) kennis is over de rol van hormonen voor praktische toepassing in de teelt. Er zijn (betaalbare) meetmethoden nodig en een raamwerk om dit verder te kunnen onderzoeken. Op dit moment is er wel praktische kennis op het gebied van groei en productie, maar weinig toepasbare kennis op het gebied van weerbaarheid tegen ziekten en plagen. In hoeverre staat volop sturen op optimale groei (via hormoonroutes) plantweerbaarheid in de weg? Er zijn belangrijke interacties tussen boven- en ondergronds (zie discussie over auxines en cytokinines). Maar is dit kennis dat een teler moet weten of is het meer iets voor de cursus HNT om achterliggende mechanismen te verklaren?

In de manier waarop oplossingen ingestoken worden zijn twee zienswijzen te onderscheiden: Bij de eerste regelt en stuurt de mens en de tweede gaat uit van een plant die zelf kan regelen en sturen. De uitdaging voor het nieuwe telen is beiden zo goed mogelijk te combineren. Een aantal deelnemers voorzien de noodzaak tot een systeemstap. Voor het succesvol ontwikkelen van een systeemstap waarin de negen balansen in samenhang worden ingevuld is een multidisciplinair onderzoeksteam vereist, waarin niet alleen specialisaties samen komen, maar ook verschillende niveau's waarop onderzoekers opereren (fundamenteel, en toegepast onderzoek)

6.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om in speerpunten voor onderzoek op te nemen:

- Onderzoek naar metingen die het (beter) mogelijk maken om de status van de plant te volgen op gebied van mineralenbalans en de ecologische balans. Ook hier begint het nieuwe telen met meten.
- Verder verdiepend onderzoek naar mogelijkheden voor innovaties waarin acht balansen, dus aangevuld met de mineralenbalans en de ecologische balans, in samenhang worden verbeterd leidend tot een systeemstap. Hiervoor wordt de inzet van een multidisciplinair team met samenwerking op fundamenteel en toegepast niveau sterk aanbevolen (transdisciplinaire samenwerking).

- Verdiepend onderzoek om meer praktisch inzicht te krijgen over de trade-off tussen groei en weerbaarheid.
- Aanbevolen wordt kennis over hormonen in de sector te activeren op een manier die aansluit bij HNT, dus gericht op mechanismen in relatie tot de plantbalansen. Voor kennisoverdracht valt te denken aan een cursus en een serie vakbladartikelen.

Referenties

- Aartsma, Y., Bianchi, F., Werf, w., Poelman, E., & Dicke, M. (2017). Herbivore-induced plant volatiles and tritrophic interactions across. *New Phytologist*, 216, 1054–1063.
- Geelen, P. A., Voogt, J. O., & Weel, P. (2015). De basisprincipes van "Het Nieuwe Telen". Bleiswijk: LTO glaskracht.
- Gelder, A. (2016). Verdamping; Balans tussen noodzaak en overmaat. Bleiswijk: Wageningen UR glastuinbouw.
- Giron, D. , Frago, E. , Glevarec, G. , Pieterse, C. M. and Dicke, M. (2013), Cytokinins as key regulators in plant–microbe–insect interactions: connecting plant growth and defence. *Funct Ecol*, 27: 599-609.
- Hofland-Zijlstra, J.D.; Broek, R.C.F.M. van den; Breeuwsma, S.J.; Wensveen, W. van; Stevens, L.H.; Vos, R.C.H. de; Verhoef, N.; Balk, P. (2014) Screening van genen, metabolieten en afweereiwitten : betrokken bij natuurlijke afweer tegen Botrytis. Rapport 66.
- Murali Gopal & Alka Gupta (2016) Microbiome Selection Could Spur Next-Generation Plant Breeding Strategies, *Front. Microbiol.*, 07 December 2016.
- Ijdo, M., Janse, J., Zijlstra, J., & Voogt, W. (2011). Bladrandjes en Ca bij tomaat. Bleiswijk: Wageningen UR glastuinbouw.
- Naseem M, Kaltdorf M, Dandekar T (2015) The nexus between growth and defence signalling: auxin and cytokinin modulate plant immune response pathways. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 66, No. 16 pp. 4885–4896.
- Noort, F., Kromwijk, W., Snel, J., Warmenhoven, M., Meinen, E., Li, T., Marcelis. (2013). 'Grip op licht' bij potanthurium en bromelia. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw.
- Partida Martinez, Laila & Heil, Martin. (2011). The Microbe-Free Plant: Fact or Artifact?. *Frontiers in plant science*. 2. 100. 10.3389/fpls.2011.00100.
- Rosewarne, G. M., Barker, S., Smith, S. E., & Smith , F. A. (1999). A *Lycopersicon esculentum* phosphate transporter (LePT1) involved in phosphorus uptake from a vesicular–arbuscular mycorrhizal fungus. *The New Phytologist*, 144(3), 507-516.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (fifth edition). Sunderland USA: Sinauer associates inc. .
- Van der Wurff, A.W.G., M.A. Streminska , M.A. Slooten , F. van Noort ,W. Holtman en H. Korthout (2014) Plantversterking in Potplanten - Biostimulanten, middelen en plantreactie in Kalanchoe met *Phytophthora*, Begonia met *Fusarium* en Arabidopsis met *Phytophthora* en *Botrytis*. Rapport GTB-1326.
- Van der Wurff, A.W.G., M.A. Streminska, F.A. de Boer, E. Bruyant en Y. Cuesta Arena (2016) Nieuwe methoden in Plantversterking tegen Ondergrondse Ziekten en Plagen - Gebruik van lokaal aanwezige antagonisten uit groeisubstraat en plant. Rapport GTB-1427.

Bijlage 1: Presentatie projectgroep negen balansen

Deze is als aparte bijlage aangeleverd.

Bijlage 2: Lijst aanwezigen en groepsindeling

Universiteit Leiden, NIOO KNAW	Martijn	Bezemer	ecoloog
Agropoli	Wilma	Windhorst	fytopatholoog
Delphy	Lisanne	Schuddebeurs	onderzoeker
Groeibalans	Rene van	Gastel	adviseur plantgezondheid
Groen Agro Control	Andre van der	Wurff	fytopatholoog
Hogeschool InHolland	Frank van der	Helm	onderzoeker
Hogeschool InHolland	Nelleke	Kreike	moleculair bioloog
Hoogendoorn Growth Management	Jan	Voogt	onderzoeker
ministerie van LNV	Leo	Oprel	beleidsambtenaar
Plant Lighting	Govert	Trouwborst	plantfysioloog
Plant Lighting	Stefan van den	Boogaart	plantfysioloog
PlantmonitoringNL	Peter	Geelen	plantfysioloog
SCFF	Jolijn	Bonnet	onderzoeker
SCFF	Ruud	Kaarsemaker	onderzoeker plantenvoeding en bodemmedia
Wageningen University & Research	Arie de	Gelder	onderzoeker
Wageningen University & Research	Marjolein	Kruidhof	onderzoeker biologische gewasbescherming
Wageningen University & Research	Chris	Blok	onderzoeker plantenvoeding en bodemmedia
Wageningen University & Research	Kees	Weerheim	plantfysioloog
Glastuinbouw Nederland	Dennis	Medema	innovatiespecialist
Glastuinbouw Nederland	Aat	Dijkshoorn	Projectleider HNT

Bijlage 3: Stelling formulieren (5 groepen)

Gezien het formaat van het bestand als aparte bijlage aangeleverd.



uw partner voor teeltzekerheid!

De Stichting Control in Food & Flowers voert onderzoek uit op het gebied van agrarische productie, voeding en hieraan gerelateerde biotechnologie. De Stichting heeft als doel het bevorderen van innovatieve technologische kennis op het gebied van productie en kwaliteit van levensmiddelen en agrarische producten in de sector. Dit vindt plaats door het uitvoeren van onderzoek en ontwikkeling, samenwerken met andere organisaties, bevorderen van technologische kennis, kennisoverdracht, voorlichting en wetenschappelijke publicaties.

Stichting Control in Food & Flowers

Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
T: +31(0) 15-2858124
E: info@stfoodandflowers.nl
www.stfoodandflowers.nl
KvK: 61916471