

## De kansen voor biostimulanten in toekomstige teeltsystemen

Piet Boonekamp

piet.boonekamp@planet.nl

**Gewasbescherming heeft het initiatief genomen om in een serie artikelen aandacht te besteden aan de waarde van biostimulanten in de praktijk. In een eerste artikel trachtte Aad Termorshuizen (2020) via zes vragen hierover, evenzovele antwoorden te krijgen. En daaruit blijkt dan de meerwaarde van biostimulanten voor de Nederlandse teeltsystemen niet eenduidig. Dit is wellicht het geval wanneer we uitgaan van huidige teeltsystemen en huidige regelgeving. Maar de waarde van biostimulanten komt naar mijn overtuiging in een ander daglicht bij de toekomstige transitie naar weerbare planten en teeltsystemen.**

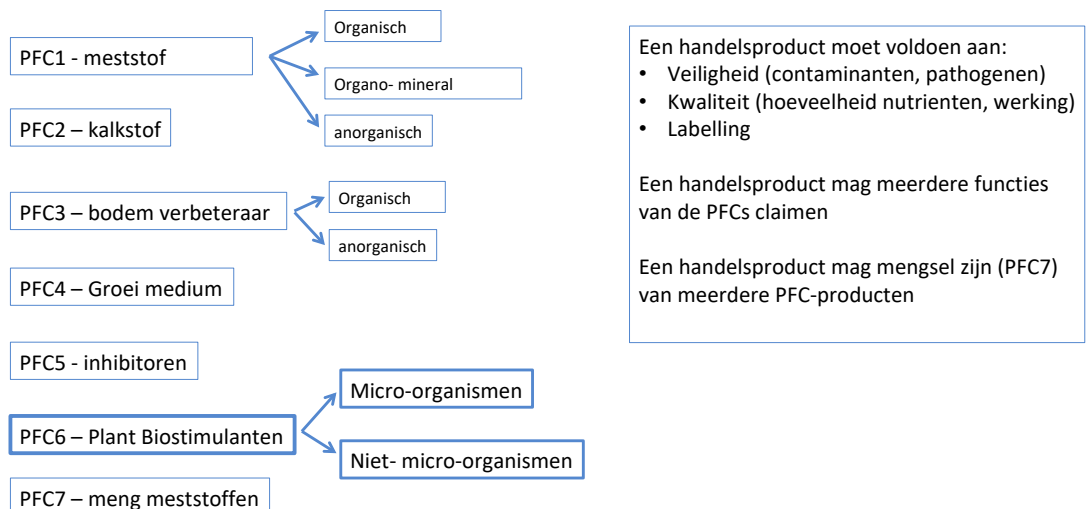
Nederland staat op het punt om tussen nu en 2030 teeltsystemen te ontwikkelen, die minder afhankelijk zijn van chemische inputs (kunstmest en chemische gewasbeschermingsmiddelen) door zowel de planten als de teeltomgeving weerbaarder te maken tegen biotische en abiotische stress. Om die weerbaarheid te verkrijgen en te behouden zullen biologische inputs als biostimulanten samen met biologische gewasbeschermingsmiddelen (biocontrol) waarschijnlijk een zeer belangrijke rol gaan spelen. Niet als één op één producten (voor ieder probleem één oplossing),

maar als een consortium van biologische stoffen/micro-organismen/natuurlijke vijanden die gezamenlijk een voldoende robuuste ondersteuning van weerbaarheid geven. Hiervoor zijn ook aanpassingen van de regelgevingen nodig. Ik wil argumenten aandragen voor deze aanpassingen en dat doe ik door in vijf paragrafen antwoord te geven op de volgende vragen: 1) wat zijn biostimulanten en wat is het traject naar regulering? 2) wat is het werkingsmechanisme van biostimulanten? 3) zijn de aparte wetgevingen voor biostimulanten en biocontrol passend? 4) zijn inschattingen van de veiligheidsrisico's up-to-date? 5) wat is de gezamenlijke rol van biocontrol en biostimulanten in de nieuwe weerbare teeltsystemen?

### 1. Wat zijn biostimulanten en wat is het traject naar regulering?

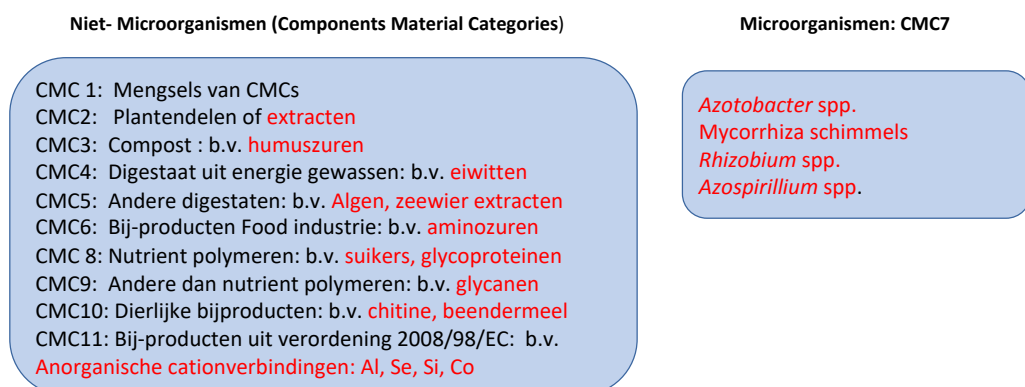
Biostimulanten als begrip zijn niet nieuw. Al in 1933 beschreef de Russische onderzoeker V. Filatov ze als 'Biogenic Stimulants' (Filatov 1951). Maar terwijl de chemische gewasbeschermingsmiddelen al jaren geleden streng gereguleerd werden en ook biocontrol producten hieronder gingen vallen (de huidige EU verordening

### De 7 Product Functie Categorieën (PFC's) onder de nieuwe Mestwet 2019/1009/EC



*Figuur 1: De zeven Product Functie Categorieën (PFC's) die vallen onder de nieuwe Mestwet 2019/1009/EC. Biostimulanten (PFC6) is één van de categorieën (linker deel). Het handelsproduct mag complex zijn in samenstelling en werking mits het aan een aantal randvoorwaarden voldoet (rechter deel).*

## PFC 6 Plant Biostimulanten: toegestane stoffen volgens nieuwe mestwet 2019/1009/EC



Figuur 2. De onderverdeling van biostimulanten (categorie PFC 6) in verschillende Components Material Categories (CMC's): niet-micro-organismen (CMC 1 t/m 6 en 8 t/m 11) en micro-organismen (CMC7), zoals gepresenteerd door Theodora Nikolakopoulou namens de EU-Commissie tijdens het Biostimulants World Congress in Barcelona, 18-21 november 2019.

1107/2009/EC), bleven biostimulanten in een schemergebied in de EU en daarbuiten. Het werd steeds meer ongewenst dat producten zonder een deugdelijke werkingsclaim en zonder afwijking van een veiligheidsrisico, vrij op de markt kwamen. Ondertussen werd er wel steeds meer onderzoek gedaan naar werkingsmechanismen van een breed scala aan biostimulanten tegen abiotische stress van de plant. Dit culmineerde in wetenschappelijke overzichten zoals die van Du Jardin in 2015. Hij breekt een lans voor een regelgeving waarbij niet zozeer de veelheid aan werkingsmechanismen, maar de claim moet bepalen of een aanvrager een product als biostimulant kan laten registreren. Als de claim leidend is dan kan een biostimulant ook een ingewikkeld stof, micro-organismen of zelfs een niet volledig gekarakteriseerd mengsel zijn. Daardoor wordt aansluiting mogelijk met bestaande regelgeving als REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, 1907/2006/EC) en 'Basis Stoffen' (1107/2009/EC), die beide complexe mengsels regelen. Dit leidde tot de EU- definitie van biostimulanten: 'een product dat de voedingsprocessen van een plant stimuleert onafhankelijk van het gehalte aan nutriënten van het product, met als enige doel één of meer van de volgende eigenschappen van de plant of de rhizosfeer van de plant te verbeteren: a) de efficiëntie van het gebruik van nutriënten; b) de tolerantie voor abiotische stress; c) kwaliteitskenmerken; d) de beschikbaarheid van in de bodem of in de rhizosfeer vastgehouden nutriënten'.

Deze definitie is de reden dat biostimulanten gekoppeld konden worden aan de mestwetgeving 2003/2003/EC, die nu geüpdatet is tot 2019/1009/EC, en in 2022 in werking treedt. De update was een complex proces, omdat maar liefst 7 Product-Functie Categorieën hieronder gebracht moesten worden, met biostimulanten als één van de categorieën (Fig 1). En dan bevat de productgroep Biostimulanten op haar beurt ook 11 categorieën, van anorganische stoffen tot micro-organismen (fig 2; zie ook tabel 1, Termorshuizen 2020). Voor een wetgeving zijn richtsnoeren nodig voor stof- en productregistratie. De European Biostimulant Industry Council (EBIC) heeft hiervoor voorstellen gedaan: de claim van een biostimulant moet een verifieerbaar effect zijn op één of meer van de vier aspecten van de definitie van 2019/1009/EC, zonder dat het effect onder alle omstandigheden hoeft op te treden. Producenten moeten dus op het product aangeven onder welke omstandigheden de gebruiker een effect mag verwachten. Omdat het product veelal complex is moeten de studies om die claims te onderbouwen in hoge mate flexibel zijn met variabelen als type gewassen, teeltcondities, bodemtype etc. Ricci (2019) geeft namens EBIC aanbevelingen voor een aantal richtlijnen waaraan dergelijke veldproeven moeten voldoen. Begin 2020 heeft de European Committee for Standardization (CEN) de opdracht van de Europese Commissie gekregen om vóór medio 2022 standaarden op te stellen, waaraan aanvragers moeten voldoen om hun product als biostimulant onder 2009/1009/EC te kunnen

registreren, met een CE certificaat voor het vrij vermarkten in de EU. Er zijn standaarden nodig voor bemonstering, claims, veiligheid en labeling. De CEN schakelt hiervoor de nationale normeringsautoriteiten in (zoals de NEN in Nederland), die op hun beurt producenten en andere stakeholders uit hun land erbij betrekken. De CEN verwacht dat er 32 standaarden ontwikkeld moeten worden om de wet in 2022 operationeel te krijgen. Een enorme klus.

## 2. Wat is het werkingmechanisme van biostimulanten?

Biostimulanten vormen een zeer heterogene verzameling van anorganische mineralen tot micro-organismen (fig 2). In de wetenschappelijke literatuur zijn zeer vele werkingsmechanismen beschreven voor de effecten op groei en abiotische stress. Deze effecten vinden plaats op verschillende niveaus:

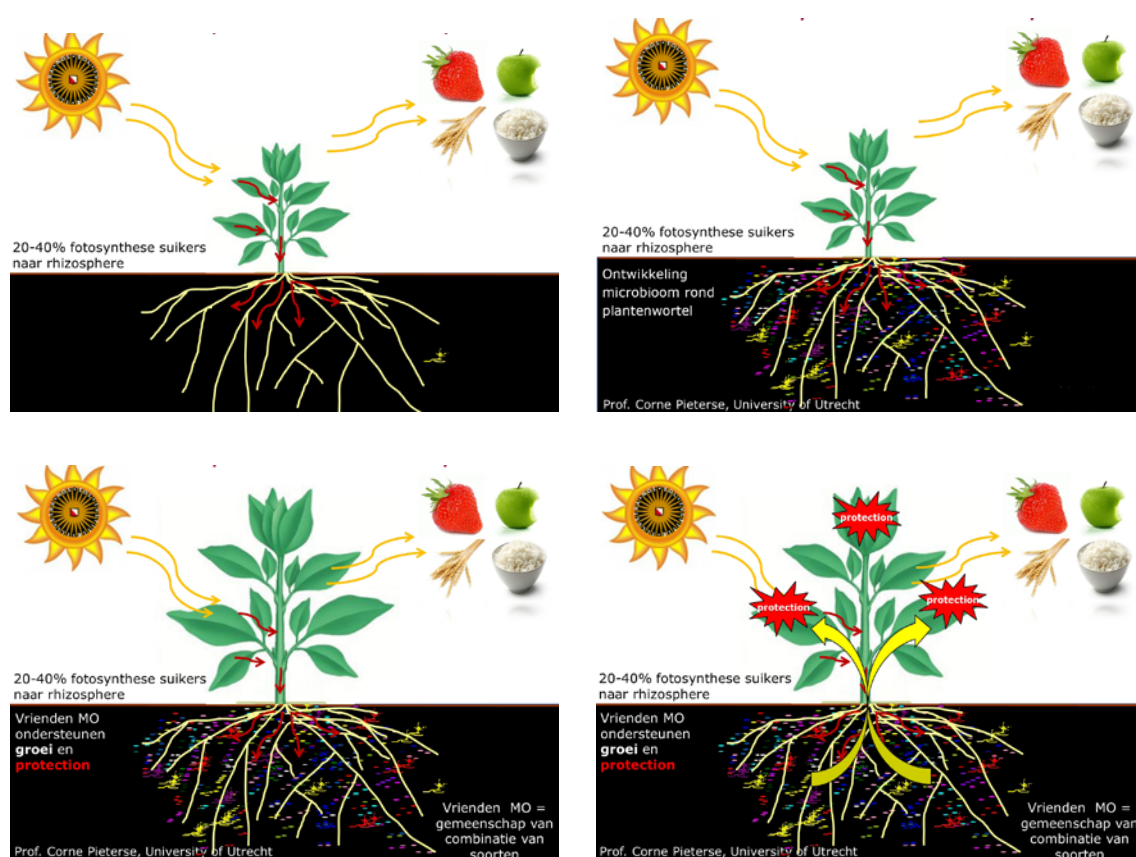
1. (sub)cellulair: gen expressies, enzymen, metabolieten als anti-oxidanten, membraanpompfuncties, signaalroutes
2. fysiologisch: groei en wortelmasse, communicatie, transport, fotosynthese onder stress
3. agronomisch: betere opname in wortels van macro- en micromeststoffen, toegenomen tolerantie tegen stress
4. economisch: betere opbrengsten, hogere kwaliteit, juist onder stress-omstandigheden.

De CEN heeft nu tot taak om toetsen vast te stellen om claims te kunnen onderbouwen. Men zou ervoor kunnen kiezen om met wetenschappelijke toetsen uit 1 en 2 de claim op effectiviteit (3 en 4) te bewijzen. Maar dat is niet werkbaar. Ten eerste, ieder product vanuit de 11 groepen biostimulanten (fig 2) bestaat uit een mix van biologische stoffen. Welke stof precies wat doet is al vrijwel niet te achterhalen, en of de gezamenlijke werkingsmechanismen optellen tot de uiteindelijke effectiviteit, al helemaal niet. Misschien zijn componenten die je helemaal niet meeneemt in je toetsen wel verantwoordelijk voor het uiteindelijke agronomische effect! Ten tweede, producten uit dergelijk complexe grondstoffen leveren nooit exact dezelfde samenstelling van het eindproduct. Dat geeft niet zolang er goede effectiviteitstoetsen zijn om toch het product te kunnen standaardiseren. De vraag welke moleculen wat doen wordt vanzelf minder relevant, wanneer de effectiviteit en dus de claim van het product als geheel maar te kwantificeren is. In wetenschappelijke literatuur werd een lans gebroken voor deze laatste aanpak (Yakhin 2017). In de Werkgroep 'Claims' van de CEN wordt op dit moment bezien of deze

zienswijze voldoende robuuste toetsen kan opleveren voor registratie van een biostimulantproduct onder 2019/1009/EC.

## 3. Zijn de aparte wetgevingen voor biostimulanten en biocontrol passend?

Biostimulanten zijn zo divers aan stoffen en micro-organismen dat definiëring van een overkoepelende werking ingewikkeld blijft. Daarom is in verordening 2019/1009/EC ook aangegeven wat ze NIET mogen zijn: geen gewasbeschermingsmiddel, bodemverbeteraar of meststof. Juridisch kom je er zo uit: wordt een gewasbeschermingseffect geclaimd van een stof of product dan is altijd registratie onder de gewasbeschermingsverordening 1107/2009/EC vereist. Maar uit veel wetenschappelijk onderzoek blijkt overlap in werking (Rouphael 2020). Een paar voorbeelden. Over chitosan, afbraakproduct van chitine, zijn veel effecten tegen abiotische stress gerapporteerd, maar ook werking tegen pathogene schimmels. Dit geldt ook voor laminarine, een macromolecuul uit zeewier. Vaak kan onderscheid gemaakt worden per commercieel eindproduct: hoofdzakelijk biostimulant of hoofdzakelijk biocontrol. Maar de signaalroutes in de plant blijken zo verbonden te zijn, dat deze producten toch een duaal effect opleveren. Ook anorganische verbindingen hebben een veelheid aan functies, vele tegen abiotische stress, maar ook effecten op infectie door pathogenen zijn beschreven. De juridische claims voor splitsing in de wetgevingen komen dus niet volledig overeen met de biologische werkelijkheid. Voor micro-organismen is het onderscheid biocontrol (gewasbescherming) en biostimulant nog lastiger te maken. Zowel voor bacteriën als schimmels is er een continuüm van mutualisme tot parasitisme in een hechte relatie met de plant. Dus is er ook een continuüm aan effecten op de plant, van voordelig tot nadelig. Volgens de verordening 2009/1009/EC komen er maar vier taxonomische groepen in aanmerking als biostimulant, te weten de drie bacteriegroepen *Azotobacter spp*, *Rhizobium spp*, *Azospirillum spp*. en de schimmelgroep *Mycorrhiza* (fig 2). Van deze groepen zijn ook stammen met werking tegen biotische stress beschreven, dus een werking als gewasbeschermingsmiddel. Bovendien vallen vele andere micro-organismen, die een prima werking als biostimulant hebben, straks niet onder de nieuwe wetgeving. Het gaat om huidige producten gebaseerd op o.a. *Aureobasidium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma* en *Streptomyces* soorten. Binnen deze taxonomische groepen zijn er ook stammen geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel. De meeste micro-organismen die



*Figuur 3. Representatie van de interactie van het microbiom in het wortelmilieu en de plant. De plant zendt signalen en voedingsstoffen naar de wortel. Hierdoor ontwikkelt zich het microbiom in symbiose met de plant. Dit microbiom (micro-organismen als vrienden van de plant) zorgt voor opname van voedingsstoffen en bevordert via signaaluitwisseling de groei van de plant, maar ook de weerbaarheid tegen ondergrondse en bovengrondse pathogenen. Door dit netwerk van interacties wordt de plant weerbaar tegen abiotische en biotische stress (Pascale 2020, met dank aan prof. Corné Pieterse van de Universiteit Utrecht).*

nu als biostimulant of als biocontrol op de markt zijn, vertonen overlappende werkingsmechanismen tegen abiotische en biotische stress. Daarnaast is er ook nog de interactie tussen biostimulanten en het microbiom, het complex van micro-organismen als vrienden in en rondom de plant (figuur 3). Het microbiom in de rhizosfeer is essentieel voor de plant voor afweer tegen ziekten, maar ook voor groei en opname van voedingsstoffen. Dit microbiom wordt zowel door de plant als door de omgeving van de wortel beïnvloed, en biostimulanten kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de optimalisatie ervan. Het microbiom is een *hot topic* in het onderzoek, met veelbelovende ontwikkelingen voor de weerbaarheid (Pascale, 2020). Het effect van biostimulanten op het microbiom is geen direct effect op de plant of een pathogeen, en valt dus strikt genomen niet onder de wetgevingen 2009/1009/EC en 1107/2009/EC. Maar onder welke wetgeving dan wel? Concluderend, voor micro-organismen – met een grote diversiteit aan overlappende

werkingsmechanismen – doet het juridische onderscheid geen recht aan de biologische werkelijkheid. De huidige wetgevingen zijn dus niet passend. Maar de biologische kennis van werkingsmechanismen en agronomische effectiviteit geeft wel aan dat verregaande harmonisatie of zelfs volledige integratie van de wetgevingen tot de mogelijkheden behoort.

#### 4. Zijn inschattingen van de veiligheidsrisico's up-to-date?

Biostimulanten vormen een heterogene groep met 11 categorieën stoffen (fig 2). Een van de belangrijkste aspecten waarvoor de CEN normen moet ontwikkelen is veiligheid: de producten moeten bij toepassing veilig zijn voor mens, dier en milieu. Voor de 10 categorieën van niet-microbiële biostimulanten kunnen waarschijnlijk normen uit bestaande wetgevingen worden overgenomen, zoals REACH (1907/2006/EC), 'Basis Stoffen'

## Veiligheidsrisico micro-organismen

Voor de evaluatie van veiligheidsrisico's gaat het om drie aspecten: 1) risico's van het micro-organisme/product zelf, 2) risico's van werkingsmechanismen *in situ*, en 3) risico's voor verspreidingen waardoor de ecologie wordt verstoord. De recente wetenschappelijke inzichten bieden uitkomst. Ten aanzien van eerste risico, kunnen stammen die verwant zijn aan dierlijke/humane pathogenen, of die mycotoxinen of neurotoxinen kunnen produceren, met wetenschappelijke technieken uitstekend onderscheiden worden. Producten hierop gebaseerd kunnen dus uitgesloten worden voor registratie als biocontrol. Als het product naast het micro-organisme ook een metaboliet bevat (zoals een antibioticum) als actieve stof, dan kan het risico op eenzelfde manier als een biologische of chemische stof binnen de verordening worden geëvalueerd. Ten aanzien van het tweede risico, wordt in een uitgebreide review (Köhl 2019a) geconcludeerd dat werkingsmechanismen van microbiële biocontrol *in situ* tijdelijk zijn, zeer plaatsspecifiek, en zeer snel weggebufferd worden door de natuurlijke microbiële omgeving. Veiligheidsrisico's van werking *in*

*situ* zijn dus onwaarschijnlijk. Ten aanzien van het derde risico (ongecontroleerde verspreiding) zijn noch uit de wetenschap, noch uit de praktijk aanwijzingen gevonden. Overal vond snel een afname plaats van de concentraties (Köhl 2019b). Een risico zou nog kunnen zijn dat door genuitwisseling met natuurlijk voorkomende micro-organismen er een 'super micro-organisme' zou kunnen ontstaan dat een gevaar kan zijn voor de omgeving. Uitwisseling van genen tussen micro-organismen, vooral tussen bacteriën, is een gebruikelijk proces. Maar Lugtenberg (2018) zet dit in perspectief. Dit proces zal ook geschieden tussen de natuurlijk voorkomende bacteriën onderling. Of tussen de natuurlijke bacteriën en de grote hoeveelheden die via mest worden ingebracht, met veelal ook humane/dierlijke pathogenen (b.v. *E. Coli*, *Salmonella*). De concentraties aan micro-organismen in eenmalige bemesting met koeienmest ( $10^{16}$  per hectare) zijn namelijk veel hoger dan de initiële concentraties van microbiële biocontrol toepassingen ( $10^{12}$  tot  $10^{13}$  per hectare). Nooit is het ontstaan van een 'super micro-organisme' waargenomen tot een niveau dat het een risico zou kunnen worden.

(1107/2009/EC), en de 'oude' mestwetgeving (2003/2003/EC), die alle de veiligheid van complexe mengsels regelen. Het zal waarschijnlijk vooral gaan om de afwezigheid van zware metalen en humane en dierlijke pathogenen.

Voor de categorie 'microbiële biostimulanten' is nu de veilige weg gekozen door vier taxonomische groepen te kiezen (fig 2) waarvan geen enkele stam bekend is met een potentieel risico voor mens, dier en milieu. Omdat het noodzakelijk is dat ook andere microbiële groepen als biostimulant geregistreerd kunnen worden (zie paragraaf 3) moeten hier veiligheidsnormen voor ontwikkeld worden. De nieuwe wet 2019/1009/EC geeft hiervoor weinig handvatten.

Volgens mij ligt de oplossing bij verordening 1107/2009/EC waarin al jaren microbiële biocontrolproducten geregistreerd worden, die in dezelfde microbiële groepen vallen als biostimulanten. De Europese Commissie evalueert op dit moment de 'data vereisten' voor deze micro-organismen omdat ze geen enkelvoudige chemische of biologische stoffen zijn, waarop de verordening van oudsher is gebaseerd, maar organismen die een veelheid aan stoffen kunnen produceren (zie ook kader).

De conclusie op basis van de wetenschappelijke inzichten (kader) is dat het richtsnoer van 1107/2009/EC vereenvoudigd kan worden.

Dit geldt niet alleen voor microbiële biocontrol, maar ook voor de microbiële biostimulanten onder verordening 2019/1009/EC én voor de grote groep micro-organismen die nu nog niet onder de nieuwe biostimulanten zijn opgenomen, maar wel als biostimulanten op de markt zijn (zie paragraaf 3). Die behoren immers allen tot dezelfde taxonomische groepen als microbiële biocontrol, en worden op vergelijkbare manier in de land- en tuinbouw gebruikt. De wetenschappelijke kennis van veiligheidsrisico's geeft aan dat op dit gebied verregaande harmonisatie of zelfs volledige integratie van de wetgevingen wenselijk is.

### 5. Wat is de rol van biocontrol en biostimulanten in de nieuwe weerbare teeltsystemen?

Medio 2019 is de 'Toekomstvisie Weerbare Planten en Teeltsystemen' van het ministerie LNV, mede ondertekend door een groot aantal



bedrijfslevenorganisaties, aangeboden aan de Tweede Kamer. De ambitie is: *'In 2030 bestaat de land- en tuinbouw in Nederland uit een duurzame productie met weerbare planten en teeltsystemen, waardoor ziekten en plagen veel minder kansen krijgen en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zo veel mogelijk kan worden voorkomen.'* De Visie geeft aan dat op alle niveaus de weerbaarheid verhoogd moet worden: bodem, rassen, uitgangsmateriaal, planten, gewassen, teeltsysteem en rondom het teeltsysteem. De visie focust op weerbaarheid tegen biotische stress, maar geeft aan dat voorkómen van abiotische stress ook bijdraagt aan de weerbaarheid tegen biotische stress. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor biostimulanten.

De laatste 10 jaar zijn er meer dan 700 wetenschappelijke publicaties verschenen over bijdragen van biostimulanten aan verbeterde groei en weerbaarheid tegen abiotische stress, met veelal ook effecten op biotische stress. Het gaat om fundamenteel, maar ook om toepassingsgericht onderzoek in tuinbouwgewassen als tomaat, sla, komkommer (Rouphael 2020), in siergewassen (Norstedt 2020) en in akkerbouwgewassen als mais en aardappel (Wadas 2020). Daarnaast kunnen biostimulanten een belangrijke rol spelen bij veredeling. Zeer recent is aangetoond dat de veredeling op dwerggenen voor korte rassen van tarwe in de 60er jaren – een succes van de 'Groene Revolutie' – als bijkomend effect had, dat het opnamemechanisme voor stikstof (N) verminderde, zodat hoge N-bemesting nodig werd. Er zijn microbiële biostimulanten gevonden die die opnamecapaciteit weer kunnen verhogen. Gepleit wordt om veredelingsonderzoek op weerbaarheid hand in hand te laten lopen met onderzoek aan biostimulanten (Oldroyd 2020). Ook effecten van biostimulanten als zaadcoating zijn beschreven op b.v. kikkererwten, waardoor meer groei, goede kolonisatie en wortelstelsel, meer chlorofyl in bladeren optreedt (Ma, 2019). In de meeste studies zijn de onderliggende werkingsmechanismen goed onderzocht, als basis voor de effectiviteit in de praktijk.

Van biostimulanten mag dus veel verwacht worden voor ondersteuning van de weerbaarheid op alle niveaus van de productieketen. Omdat biostimulanten de weerbaarheid tegen abiotische stress verhogen, wordt ook een deel van de biotische stress op de plant voorkómen, zodat nog optredende ziekten en plagen wellicht beter door biocontrol onder de duim gehouden kunnen worden. Dit alles vergt nog veel onderzoek en ontwikkeling de komende jaren.

En de toeleverende industrie? Die is er klaar voor, als de regelgevingen (zie paragrafen 3 en 4) in

lijn gebracht worden met de biologische werking en de daadwerkelijke risico's. Op het 4<sup>th</sup> World Congress Biostimulants in Barcelona, November 2019, waren ruim 1500 deelnemers, voornamelijk vanuit industrie. Opvallend was het brede wetenschappelijke onderzoek aan biostimulanten bij de industrie, van moleculair tot agronomisch. Sommige bedrijven doen geavanceerde R&D aan het microbiom om inzicht te krijgen in sleutelconsortia, hoe die te isoleren, en hoe die als producten te ontwikkelen om hiermee vervolgens het microbiom te kunnen versterken. Uit allerlei taxa van micro-organismen kwamen veelbelovende biostimulanten, veel en veel breder dan de vier taxonomische groepen die in de huidige EU regeling zijn opgenomen. De wereldmarkt is al opvallend groot: voor biocontrol en biostimulanten gezamenlijk 5 miljard euro, met een groei van ca 15% per jaar en een verwachting van 10 miljard in 2025. Hoewel er veel samenvoegingen van bedrijven plaatsvinden, is de markt zeer divers met honderden bedrijven en *start ups*. De laatste jaren zijn het niet zozeer de grote chemische/biologische gewasbeschermings- of *fertilizer* multinationals die biologische bedrijven overnemen, maar is er steeds meer consolidering tussen biologische bedrijven onderling. Een teken van volwassen worden van de sector.

**'Voor micro-organismen – met een scala aan overlappende werkingsmechanismen – doet het juridische onderscheid geen recht aan de biologische werkelijkheid.'**

Wat betekent dit alles voor de teler in 2030? Als de regelgeving gestroomlijnd wordt, zal de industrie de teler kunnen voorzien in een groot scala aan biostimulantproducten. Het is dan zaak dat de teler uit dit aanbod de goede combinaties kan maken om zijn eigen teeltsysteem te optimaliseren. Er is namelijk niet één standaard weerbaar teeltsysteem voor een bepaalde sector. Ze zijn divers en afhankelijk van het type bedrijf, gewassen, bodem en regio (al dan niet met een positieve interactie met natuur). Vooral de samenhang tussen de geschikte biostimulant- en biocontrolproducten zal belangrijk worden. Het gaat om maatwerk van een combinatie van meerdere biocontrol- en biostimulantproducten, want biotische en abiotische stress hangen met elkaar samen en moeten beiden voorkomen worden om optimale weerbaarheid op het bedrijf te krijgen. Onderzoek en alle partners van de Visie 2030 zullen de telers hierin moeten begeleiden

om stapsgewijs tot robuuste weerbare systemen te komen.

En dan komen we in 2030 weer dichtbij de oorspronkelijke definitie van biostimulanten uit de tijd vóór de grootschalige gewasbescherming. Toen het succes van de teelt afhankelijk was van weerbaarheid zonder onderscheid tussen biotische

en abiotische stress: '*Biogenic Stimulants*' die '*... increase the organism's resistance to pathogenic factors...*' en '*...emerge under the influence of unfavourable factors of the environment...*' volgens Filatov in 1933. Nu na één eeuw moeten we met de Visie 2030 die weerbaarheid weer terug zien te krijgen. Maar wel met veel meer kennis en technische mogelijkheden!

### Referenties\*

- Du Jardin P (2015). Biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hort.* 196: 3 – 14.
- Filatov V, (1951). Tissue treatment. Hypothesis of tissue therapy, or the doctrine on biogenic stimulators. *Priroda* 12: 20 – 28.
- Lugtenberg B. (2018). Putting concerns for caution into perspective: microbial plant protection products are safe to use in agriculture. *J. Plant Disease Protection* 125: 127 – 129.
- Köhl J, Kolnaar R, Ravensberg W (2019a). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Front Plant Sci* 10: 845 pp 1 – 19.
- Köhl J, Booij K, Kolnaar R, Ravensberg W (2019b). Ecological arguments to reconsider data requirements regarding environmental fate of microbial biocontrol agents in the registration procedure in the European Union. *BioControl* 64: 469 – 487.
- Ma Y, Látr A, Rocha I, Freitas H, Vosátka M, Oliveira R (2019). Delivery of inoculum of *Rhizophagus irregularis* via Seed Coating in Combination with *Pseudomonas libanensis* for Cowpea Production. *Agronomy* 9: 33, pp 1 – 11.
- Norstedt N, Chapin L, Taylor T, Jones M. (2020). Identification of *Pseudomonas* spp that increase ornamental crop quality during abiotic stress. *Front Plant Sci* 10: 1754 pp 1 – 12.
- Oldroyd G, Leyser O (2020) A plant's diet, surviving in a variable nutrient environment. *Science* 386: 45, pp 1 – 7
- Pascale A, Proietti S, Pantelides S, Stringlis J, (2020). Modulation of the root microbiome by plant molecules: the basis for targeted disease suppression and plant growth promotion. *Front Plant Sci* 10: 1741 pp 1 – 23.
- Ricci M, Tibury L, Daridon B, Sukalac K (2019). General Principles to Justify Plant Biostimulant Claims. *Front Plant Sci* 10: 494 pp 1 – 8.
- Rouphael Y, Colla G (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Front Plant Sci* 11: 40 pp 1 – 7
- Termorshuizen A, (2020). Zes vragen over Biostimulanten. en de Antwoorden. *Gewasbescherming* 51: 1, pp 14 – 17.
- Wadas W, Dzugiel T (2020). Changes in Assimilation Area and Chlorophyll Content of Very Early Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars as Influenced by Biostimulants. *Agronomy* 10: 387, pp 2 – 11.
- Yakhin O, Lubyantsev A, Yakhin I, Brown P (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci* 7: 2049 pp 1 – 32.

\*Vanwege de toegankelijkheid voor de lezer is zoveel mogelijk verwezen naar 'open access' wetenschappelijke literatuur.