

Økologi, Planter

## Biostimulanter – hvad er det og virker de?

Biostimulanter repræsenterer en bred vifte af produkter. Generelt ses en tendens til, at biostimulanter virker bedst under dyrkningsforhold hvor planterne mangler vand eller næringsstoffer, eller er udsat for andre former for stress.

Viden om

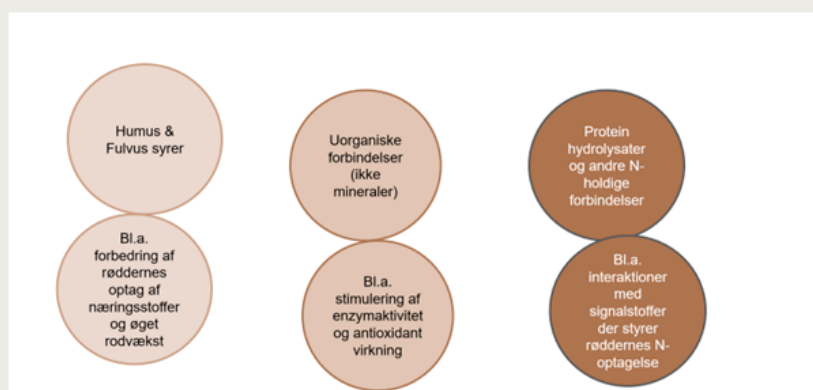


### Hvad er biostimulanter?

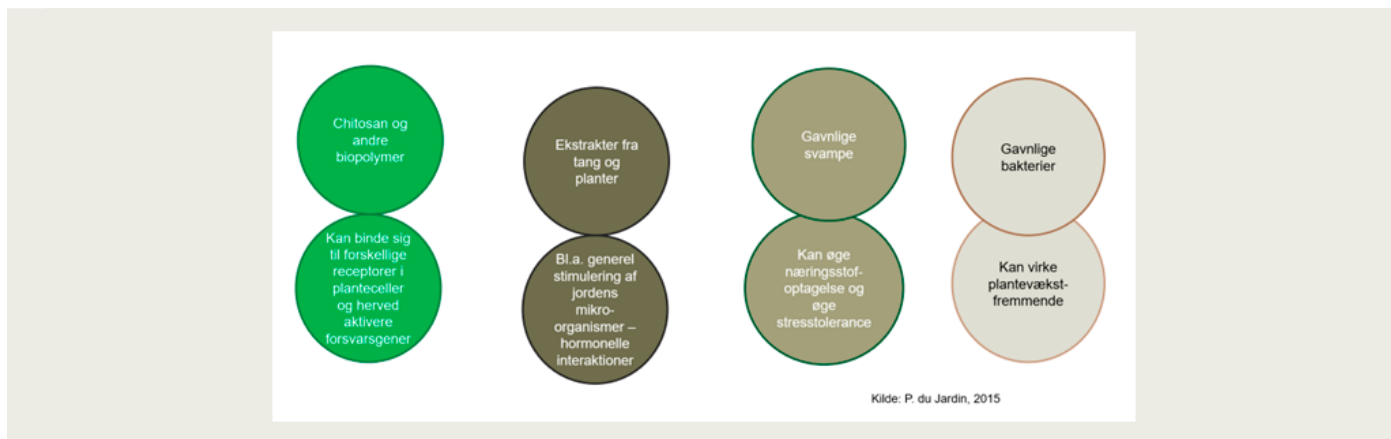
Biostimulanter repræsenterer en bred vifte af produkter med meget forskelligartede virkningsmekanismer. Det kan f.eks. være en væske der skal sprøjtes ud på jorden, indarbejdes i jorden, blandes med gylle og så indarbejdes i eller på jorden, det kan være et fast produkt – med de samme muligheder, det kan være en biostimulant der er podet på frøet, eller det kan være et "biological" der skal sprøjtes på afgrøden osv.

Mange biostimulanter hævdes at kunne medvirke til at forbedre planternes næringsstofudnyttelse og øge tolerance overfor abiotisk stress. Generelt ses en tendens til, at biostimulanter virker bedst under suboptimale dyrkningsforhold, dvs. når planterne mangler vand eller næringsstoffer, eller er udsat for andre former for stress.

Du Jardin (2015) har opdelt biostimulanter i følgende kategorier, med de overordnede virkningsmekanismer kort beskrevet i figur 1 og 2.



Figur 1.



Figur 2.

Baltazar et al., 2021 giver en grundigere beskrivelse af en række af kategorierne. Beskrivelserne findes i oversat form nedenfor. Alle referencerne kan findes i originalartiklen: [Baltazar, M.; Correia, S.; Guinan, K.J.; Sujeeth, N.; Bragança, R.; Gonçalves, B. Recent Advances in the Molecular Effects of Biostimulants in Plants: An Overview. Biomolecules 2021, 11, 1096.](#)

Det er vigtigt at understrege, at beskrivelserne af de enkelte biostimulanter effekter på plantevækst i det følgende primært er baserede på laboratorie-, væksthus- og vækstkammerforsøg, altså forsøg, hvor alle - eller de fleste – variable kan kontrolleres, og hvor det derfor er relativt nemt at opnå positive, statistisk signifikante resultater. Denne artikel sluttet af med et afsnit om biostimulanter effekter i markforsøg, hvor billedet er et noget andet og mere broget.

## Humussyrer og fulvussyrer

Humussyrer og fulvussyrer kan både virke direkte og indirekte på planter. De indirekte virkninger kan være lige fra en stigning i mikrobielle populationer, forbedret kationbytningskapacitet og indvirkning på jordens pH-bufferegenskaber, øget tilgængelighed og mobilisering af jordens næringsstoffer og forbedring af jordstrukturen (García-Mina et al., 2004; García et al., 2016; Dawood, et al., 2019 & Gerke et al., 2021).

De direkte virkninger kan være påvirkning af flere molekyllære mekanismer såsom fotosyntetisk aktivitet, proteinsyntese og enzymatisk aktivitet, samtidig med at de er i stand til at påvirke fytohormoner (Nardi et al., 2017; Nardi et al., 2018 & Zanin et al., 2019).

Selvom humussyrer og fulvussyrer er lovende biostimulanter er der stadig behov for yderligere forskning vedrørende deres virkninger og virkningsmåde (García et al., 2016 & et al., 2019).

## Specielt om humussyrer

Selvom de primært er forbundet med forbedring af rodvækst (Canellas et al., 2015), har humussyrer også vist sig at give andre fordele såsom øget mobilisering af næringsstoffer, forbedring af fotosyntesehastighed, respiration og vandbalance, samt forøgelse af indholdet i fotosyntetiske pigmenter (Xu et al., 2012 & Godara et al., 2021).

Humussyrer består af molekyler, hvor de funktionelle grupper af aromatiske ringe, carboxyl ( $\text{R-COOH}$ ) og hydroxyl ( $\text{R-OH}$ ), tilsyneladende spiller en vigtig rolle i plantens ernæring ved at danne komplekser med kationer af essentielle næringsstoffer (Chen et al., 2004; García et al., 2019; Bocanegra et al., 2006 & Jindo et al., 2020).

Når der er vandunderskud, har det vist sig, at tilsætningen af humussyrer til jorden afbødte de negative virkninger i planter ved at forbedre produktionen af fotosyntetiske pigmenter, samtidig med at det relative vandindhold blev holdt på højere niveauer og dermed forbedrede fotosyntesen (Khorasaninejad et al., 2018; Qin et al., 2018; Abdelaal et al., 2018 & Man-Hong et al., 2020).

## Specielt om fulvussyrer

Ligesom humussyrer, så består fulvussyrer bl.a. af store mængder carboxylgrupper ( $\text{COOH}$ ) (Nardi et al., 2019). Virkningerne af fulvussyrer er mest undersøgt i kombination med tangekstrakter, men nogle undersøgelser har set isoleret på fulvussyrs effekt på plantevækst. Den lave molekylvægt fulvussyrer har, gør det muligt for dem at trænge gennem membranernes porer, og ved at danne komplekser med kationer kan det



Ligesom humussyrer kan fulvussyrer også spille en potentiel rolle som biostimulerende midler i kampen mod abiotisk stress. F.eks. fører tørkestress til en hurtig ophobning af reaktive iltarter i plantevæv, hvilket forårsager en række negative virkninger på celleniveau (Baxter et al., 2014), som kan dæmpes af fulvussyrer.

Anvendelsen af humussyrer kan forbedre plantevækstparametre, øge indholdet af fotosyntetiske pigmenter, carotenoider, samlede phenoler, flavonoider og NPK-koncentration (Bayat et al., 2021).

## Proteinhydrolysater

Fødevarer- og landbrugsindustrien genererer store mængder organisk biomasse på grund af de produktions- og forarbejdningsprocedurer, der er forbundet med fremstilling af store mængder fødevarer (Zu & Geelen, 2018). Denne biomasse er normalt beriget med sekundære metabolitter, som kan bruges til at producere proteinhydrolysater (PH'er) gennem hydrolyse af råmaterialer, enten af vegetabilsk eller animalsk oprindelse.

Proteinhydrolysater har vist sig at fremme plantens primære og sekundære metabolisme (Apone et al., 2010; Rouphael & Colla, 2018). Andre egenskaber ved disse biostimulanter omfatter højere næringsstofoptagelse på grund af stigning i opløselighed og mobilitet af mikronæringsstoffer, stigning i densitet, længde og antal af laterale rødder, såvel som øget enzymaktivitet (Colla et al., 2014; Colla et al., 2015; Ertani et al., 2009 and García-Martínez et al., 2010).

## Tangekstrakter

Anvendelse af tangekstrakter kan give en stigning i planternes tolerance overfor biotiske og abiotiske belastninger (Guinan et al., 2012 & Battacharyya, 2015).

Det har været opfattelsen, at tangekstrakter havde "væksthormon-lignende aktivitet". Men nyere undersøgelser har ændret opfattelsen af tangekstrakters virkemåder, og flytter fokus til specifikke polysakkarider og andre ikke-væksthormonmolekyler som de mest sandsynlige drivkræfter for effekter observeret i planter (Baltazar et al., 2021).

## Svampe- og bakteriebaserede biostimulanter

Mikroorganismerne i svampe- og bakteriebaserede biostimulanter spiller en nøglerolle i fyllosfæren, rhizosfæren og endosfæren af planter, hvor de øger tilgængeligheden af visse næringsstoffer og letter optagelsen af næringsstoffer (Vandenkoornhuyse et al., 2015).

De fleste bakterier, der direkte eller indirekte interagerer med planter, betegnes Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB), som omfatter både fritlevende bakterier i jorden såvel som rhizobakterier, der koloniserer rhizosfæren (Glick, 2012; Jha & Saraf, 2015 & Ramakrishna, 2019). Flere funktioner tilskrives disse mikroorganismer, herunder syntesen af plantevækstregulatorer og opløsning af uorganiske næringsstoffer (Ruzzi & Aroca, 2015).

## Eksempel på Plant Growth Promoting Bacteria

Bacillus spp.: Disse bakterier fungerer ikke kun som biofungicider, der fremmer plante- og jordsundhed (Jacobsen et al., 2004; Mahmood et al., 2017 & Caulier et al., 2018), men også som biostimulerende midler på grund af de producerede metabolitter og opløsningen af essentielle næringsstoffer til former der letter rodoptagelsen (Radhakrishnan et al., 2017).

## Eksempel på svamp med biostimulerende effekt

Trichoderma spp: Inden for svampe er det arter af Trichoderma-slægten der er mest lovende (López-Bucio et al., 2015). Selvom det typisk er forbundet med biopesticider, har flere Trichoderma spp. stammer fået stigende interesse som biostimulerende midler på grund af deres evner til at forbedre tolerancen over for abiotiske belastninger og øge plantevækst, udvikling og udbytte (Hermosa et al., 2012; Wooet al., 2014; and Lorito et al., 2015).

## Effekter af biostimulanter i markforsøg

Langt størstedelen af den videnskabelige forskning i biostimulanter effekter er foretaget under kontrollerede forhold, dvs. i væksthuss, vækstkammer eller lignende. Det hænger sammen med, at markforsøg er dyre og besværlige, samt at resultaterne af markforsøg ofte er inkklusive. Vejr (nedbør, vind), jordbundsforhold (struktur, tekstur, pH, redoxforhold, luftskifte, dræningsforhold, varierende



næringsstoftilgængelighed), temperaturekstremer, mikroklima, sygdoms- og skadedyrstryk, ukrudt, forfrugt, såbedstilberedning, gødskning og etablering af afgrøden er bare nogle af de parametre som kan påvirke resultaterne i markforsøg betragteligt.

Hertil kommer at markjord generelt i forvejen indeholder titusindvis af mikrobielle arter, hvilket yderligere komplicerer afprøvningen af tilsætning af enkeltorganismer.

Derfor ved vi ikke ret meget om, hvorvidt og hvornår biostimulanter egentlig virker under markforhold. Meget tyder dog på, at biostimulanter primært har en positiv effekt under suboptimale dyrkningsforhold, dvs. forhold, hvor planternes vækst er begrænset af mangel på vand, varme eller næringsstoffer, eller presset af sygdomme eller skadedyr.

En meget stor del af de videnskabelige publikationer, som præsenterer positive effekter af tilsætning af biostimulanter i markforsøg er således fra egne af verden, hvor de gennemsnitlige udbytter er langt under de danske (Nordamerika, Australien, Mellemøsten og Sydasien er alle stærkt repræsenterede). Der er med andre ord stor mangel på videnskabelige markforsøg fra tempererede, oceaniske klimaer, foretaget på god, frugtbar jord, altså under forhold der ligner de danske.

Der ses en tendens til, at ikke-mikrobielle biostimulanter (huminstoffer, proteinhydrolysater, tangekstrakter o.l.) anvendt på planternes overjordiske dele har større potentiale i en dansk kontekst end mikrobielle biostimulanter (gavnige svampe og bakterier) som sættes til dyrkningsjorden eller podes på udsæden.

Det kan hænge sammen med, dels at den naturlige underjordiske fauna har bedre betingelser i et fugtigt, tempereret klima end den har i et tørt, tropisk eller subtropisk klima, dels at den gængse landbrugspraksis er bedre i Nordeuropa, hvor markerne generelt er grønne en større del af året, sædskifterne er mere diverse, gødningsmængderne bedre afstemt osv.

Med andre ord "mangler" der generelt ikke i samme grad mikroorganismer i nordeuropæisk landbrugsjord som i Australien, Indien eller USA, hvor klima og uhensigtsmæssig dyrkningspraksis gennem længere tid har udpint og forringet jorden. Dermed ikke sagt, at mikrobielle biostimulanter ikke kan give positive resultater under forhold, der ligner de danske, men blot at det sjældent ses i de videnskabelige dyrkningsforsøg, der foretages.

Desuden er specifikke arter af mikroorganismer tilpasset det habitat (den jord og det klima), de kommer fra. De fleste kommercielle pødekulturer med gavnlige svampe og/eller bakterier (mikrobielle biostimulanter) deklareres ikke med oprindelsen af mikroorganismene. Det gør det svært at spå om deres virkning, idet de specifikke arter muligvis slet ikke egner sig til etablering i den givne mark, eller de egner sig "for godt" og bliver invasive med efterfølgende forringelse af jordens biodiversitet til følge. Endelig kan pødekulturerne i visse tilfælde indeholde andet end mikroorganismer, hvilket kan vise sig i sig selv at være problematisk.

Et meget tydeligt eksempel på de ovenfor beskrevne problematikker er anvendelsen af pødekulturer med inokulum af mykorrhizadannende arbuskelsvampe (Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF)), ofte blot kaldet mykorrhizasvampe.

## Gennemgang af forsøg og review-artikel

Her følger en gennemgang af først et forsøg, hvor tilsætning af AMF viste sig problematisk, og dernæst af en review-artikel, som sår tvivl om de mange positive resultater med AMF i den videnskabelige litteratur i det hele taget:

Duell et al. (2022) undersøgte i et vækstkammerforsøg effekten af 6 forskellige, kommercielt tilgængelige produkter AMF-inokulum på 9 flerårige (7 hjemmehørende og to invasive) græsmarksplantearters vækst i jord fra fersk eng. Undersøgelsen viste ingen tegn på positive effekter af inokulation af hjemmehørende plantearter. Tværtimod hæmmede flere af produkterne de hjemmehørende plantearters vækst og stimulerede de invasive plantearters vækst.

Derudover indeholdt to af produkterne så høje koncentrationer af P eller N, at de konsekvent mindske rodkoloniseringen med AMF set i forhold til kontrol-leddene uden inokulation. Undersøgelsens resultater understreger vigtigheden af at afdække forekomsten af hjemmehørende AMF-arter i dyrkningsjorden, før der investeres tid og penge i AMF-inokulanter til brug i markafgrøder.

Når markforsøg med AMF-inokulation giver positive resultater er de typisk foretaget under suboptimale dyrkningsforhold – altså i egne af verden, hvor udbytterne generelt ligger under, hvad de er i Danmark.

I det hele taget er det usikkert, om kommercielle AMF-inokulanter overhovedet har nogen effekt ved brug i markafgrøder. I en kritisk litteraturgennemgang påpeger Hart et al. (2017) med henvisning til fire store metaanalyser, at resultaterne fra studier af AMF-inokulation er inkonsistente.



De påpeger for eksempel, at der ses en tendens i litteraturen til, at studier, der viser en positiv effekt af AMF-inokulation på plantevækst i markforsøg, sjældent måler udbytte, reproduktivt output eller andre meningsfulde indikatorer på forbedret planteavl (Hart, et al., 2017). De anfører desuden, at de fleste forsøg med inokulation på markniveau er foretaget på meget udpinte jorde med ekstremt lavt naturligt inokulum-potentiale (Ibid.).

Én af tekstens helt centrale pointer er, at de fleste landbrugsjorder allerede har veletablerede, hjemmehørende AMF-samfund (Oehl, et al., 2010), samt at specialfremstillede inokulanter med organismer fra nærliggende økosystemer har vist sig mere effektive end kommercielle, standardiserede inokulanter i genopretningsprojekter (Maltz & Treseder, 2015).

Derfor anses det for risikabelt at introducere AMF-arter, som er fremmede for det givne økosystem. Bekymringen går på, at kommercielle inokulanter i bedste fald i mange tilfælde er overflødige, og i værste fald kan obstruere den naturlige mykorrhizadannelse, eller endda introducere invasive arter, som kan forstyrre økosystemets mikrobielle balance (Hart, et al., 2017).

## Referencer

Duell, E. B., Cobb, A. B. & Wilson, G. W. T., 2022. Effects of Commercial Arbuscular Mycorrhizal Inoculants on Plant Productivity and Intra-Radical Colonization in Native Grassland: Unintentional De-Coupling of a Symbiosis?. *Plants*, 31 august, p. artikel 2276.

Hart, M. M., Antunes, P. M., Chaudhary, V. B. & Abbott, L. K., 2017. Fungal inoculants in the field: Is the reward greater than the risk? *Functional Ecology*, 10 August, pp. 1-10.

Li, J.-t. et al., 2021. A comprehensive synthesis unveils the mysteries of phosphate-solubilizing microbes. *Biological Reviews*, 21 juli, pp. 2771-2793.

Maltz, M. R. & Treseder, K. K., 2015. Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: a meta-analysis. *Restoration Ecology*, 1 juni.

Oehl, F. et al., 2010. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biology & Biochemistry*, 14 januar, pp. 724-738.

## Emneord

[Afgroder](#)[Økologi](#)

Publiceret: 20. december 2022

Opdateret: 20. december 2022

## Vil du vide mere?



### Janne Aalborg Nielsen

Landskonsulent, Jord og Klima.

SEGES

[jaan@seges.dk](mailto:jaan@seges.dk)

+45 4034 9051



### Jon Aagaard Enni

Konsulent

Innovationscenter for Økologisk Landbrug P/S

jone@icoel.dk  
+45 2027 0837

## Støttet af

Fonden for **økologisk landbrug**



Innovationscenter for Økologisk Landbrug udvikler ny viden og løsninger til landmænd og rådgivere. Sammen udvikler vi et mere bæredygtigt landbrug.

|                      |       |                                                  |
|----------------------|-------|--------------------------------------------------|
| SEGES Innovation P/S | Tlf.  | 8740 5000                                        |
| Agro Food Park 15    | Fax.  | 8740 5010                                        |
| 8200 Aarhus N        | Email | <a href="mailto:info@seges.dk">info@seges.dk</a> |

