

Växtbiostimulanter – nya redskap i odlarens verktygslåda



Innehåll

Sammanfattning.....	4
1. Kort om regelverk för växtbiostimulanter och marknad i EU	6
2. Vad är växtbiostimulanter?.....	7
3. Hur fungerar växtbiostimulanter?	8
4. Olika kategorier av växtbiostimulanter	10
5. Vad gäller i ekologisk produktion?	11
6. Mikroorganismer som växtbiostimulanter.....	13
6.1 Bakterier	13
6.1.1 Framställning av bakteriepreparat	13
6.1.2 Bakteriernas effekter på växter	14
6.1.3 Tester i växthus och i fält.....	14
6.2 Svampar.....	15
6.2.1 Framställning av svamppreparat	16
6.2.2 Svamppreparatens effekter på växter	16
6.2.3 Arbuskulär mykorrhiza i odling	17
7. Råvarumaterial och extrakt som växtbiostimulanter.....	19
7.1 Algbaserade preparat	19
7.1.1 Algpreparatens historia.....	19
7.1.2 Framställning av algextrakt.....	19
7.1.3 Algextraktens sammansättning	19
7.1.4 Algprodukternas effekter på växter	20
7.1.5 Samverkan av algprodukter.....	22
7.2 Kompostbaserade produkter	22
7.2.1 Framställning av maskkompostextrakt	23
7.2.2 Kompostextraktens innehåll.....	24
7.2.3 Kompostextraktens effekter på växter.....	25
7.2.4 Användning av kompostextrakt.....	25
7.3 Växtbaserade produkter	26

8. Hydrolysat som växtbiostimulanter	27
8.1 Proteinhydrolysat	27
8.1.1 Framställning av proteinhydrolysat	27
8.1.2 Proteinhydrolysatens sammansättning	27
8.1.3 Proteinhydrolysatens effekter på växter	28
8.1.4 Användning av proteinhydrolysat	28
8.2 Humusbaserade ämnen	29
8.2.1 Framställning av humusbaserade produkter	30
8.2.2 Humusbaserade produkters sammansättning	30
8.2.3 Humussyrornas effekter på växter	30
8.2.4 Användning av humuspreparat	31
8.3 Biopolymerer	32
8.4 Övriga växtbiostimulerande ämnen	33
9. Lathund för olika kategorier av växtbiostimulanter	34
När du vill testa en växtbiostimulant	35
10. Förklaringar till några begrepp	36

Litteraturgenomgång och text: Anton Samuelsson, hortonom

Text och redigering: Pauliina Jonsson, Jordbruksverket

Sammanfattning

I detta häfte redovisar vi information om växtbiostimulanter. Vi går igenom vilka ämnen eller grupper av ämnen som finns och vilka effekter de kan ha på växten. Du kan läsa om vilka mekanismer som antas ligga bakom de olika effekterna på grödan. Häftet riktar sig till rådgivare och odlare som vill veta mer om forskningen på området. Syftet är att bidra med information i ämnet, men häftet tar inte ställning till produkternas lönsamhet.

Växtbiostimulanter har under de senaste åren blivit populära. Med hjälp av dem vill man stärka växterna, öka tillväxten eller förbättra kvaliteten. Växtbiostimulanter är produkter som ämnar förbättra grödans tillväxt, kvalitet eller stresstolerans på ett sätt som skiljer sig från gödselmedel och växtskyddsmedel.

Efter ett beslut i EU sommaren 2019 är växtbiostimulanter en egen produktkategori inom förordningen för gödselprodukter. Genomförandet av beslutet dröjer däremot till sommaren 2022. Därefter kan de första certifierade och CE-märkta växtbiostimulanterna säljas i Europa. Produktkategorin i förordningen omfattar ett begränsat antal mikrobiella och icke-mikrobiella växtbiostimulanter. Det finns ett bredare produktval på marknaden.

I häftet är växtbiostimulanterna uppdelade efter ursprungsmaterial och framställningsmetod. Det leder till viss överlappning mellan olika kategorier. I ekologisk produktion finns det särskilda regler, till exempel att mikroorganismer inte får härstamma från genetiskt modifierade organismer och att humusprodukter från leonardit ska vara en biprodukt vid gruvdrift.

Mikrobiella växtbiostimulanter är bakterier eller svampar. Bakterierna kan vara nodulerande, leva inuti växten på olika sätt, eller verka i växternas rotzon eller utanpå rötterna. Bakterier har flera olika verkningsmekanismer, men många stimulerar tillväxt eller skyddar från stress. Svampar som växtbiostimulanter förbättrar toleransen mot stress som torka och kyla. De bildar hyfer på större ytor än vad växternas rötter omfattar och kan transportera vatten och växtnäring till växterna även under svårare förhållanden. Arbuskulär mykorrhiza, då svamphyferna tränger in i rotcellerna och bildar där ett nystan, är en av de vanligaste symbioserna mellan växter och svampar.

Bland de icke-mikrobiella växtbiostimulanterna finns råvaruextrakt och hydrolysat. Algbaserade produkter är ett av de vanligaste råvaruextrakten. De har utvecklats från alger som gödselmedel och är en av de vanligaste produktgrupperna inom växtbiostimulanter. Förutom att de innehåller växtnäringssämnen så är de rika på polysackarider, proteiner, fytohormoner och florotanniner. Många av algextraktens aktiva ämnen har positiv verkan på till exempel blomning och fruktens pigmentering. Algprodukternas verkan är dosberoende och varierar

beroende på växtslag och utvecklingsstadium. Algprodukter är vanliga som växtbiostimulanter.

Kompostbaserade växtbiostimulanter är också råvaruextrakt. Extrahering kan ske till exempel från en maskkompost och innehåller både mikroorganismer och olika växtnäringsämnen samt fytohormoner. Auxin och gibberellin är exempel på fytohormoner och båda reglerar växtens tillväxt och utveckling. Algprodukter och kompostextrakt sprutas ofta på bladverket för effektivast upptag och verkan i växten.

Hydrolysat innebär att det har skett en kemisk reaktion tillsammans med vatten. På detta sätt får man fram växtbiostimulanterna i kategorin proteinhydrolysat. Dessa innehåller färdiga byggstenar för proteinsyntes men påverkar även växtens metaboliska system som citronsyracykeln. Proteinhydrolysat kan tillverkas med hjälp av enzymatisk eller kemisk framställning från animaliska eller vegetabiliska källor. Proteinhydrolysat är vanliga som växtbiostimulanter.

Humusbaserade växtbiostimulanter är hydrolysat med ursprung från bland annat torv, kompost, humushaltigt vatten och leonardit. Dessa, humus- och fulvinsyror används för att stimulera och stärka växten på olika sätt. Ökad enzymaktivitet, näringsupptag och en ökad rottillväxt har noterats i flera försök. Fulvinsyrorna är mycket små molekyler och används som bladpreparat. Humussyror blandas i stället i odlingssubstratet eller i jorden. Humusbaserade produkter är en stor grupp inom växtbiostimulanter.

Bland växtbiostimulerande ämnen finns även mindre grupper som biopolymerer, till exempel polypeptider och lignosulfater. Dessa kan ha växtbiostimulerande verkan men vissa som kitosanhydroklorid är istället registrerade i EU som allmänkemikalier med andra växtstärkande effekter. Övriga ämnen, till exempel vitaminprodukter, kan också räknas som växtbiostimulanter under vissa förutsättningar.

Det är viktigt att förstå hur en växtbiostimulant fungerar för att kunna fatta ett beslut om användningen. Mycket forskning bedrivs inom området men de flesta verkningsmekanismer är ännu inte helt klarlagda. Sist i detta häfte finns en lathund för de olika kategorierna av växtbiostimulanter samt litteraturhänvisningar.

1. Kort om regelverk för växtbiostimulanter och marknad i EU

Det finns ett stort intresse för växtbiostimulanter och år 2020 var försäljningsvärdet i Europa över 740 miljoner € - ett värde som växer med cirka 10% per år [1]. Det har länge saknats en harmoniserande lagstiftning kring växtbiostimulanter inom EU, vilket inneburit att tillverkare och återförsäljare har fått följa de nationella standarder och riktlinjer som funnits i respektive EU-land.

Den 15 juli 2019 beslutade EU om en ny förordning för gödselprodukter, (EU) 2019/1009¹, där växtbiostimulanter för första gången inkluderas som en egen produktkategori. Genomförandet kommer, med undantag för vissa artiklar, att dröja fram till den 16 juli 2022, då de första CE-märkta² (Conformité Européenne vilket betyder i överensstämmelse med EG-direktiven) gödselprodukterna kan saluföras i Europa. CE-märkningen blir en viktig stämpel för återförsäljare och konsumenter att produkten är kontrollerad och håller en god standard. Det finns dock inga krav på CE-märkning och växtbiostimulanter kan fortfarande komma att säljas separat under de nationella regelverken.

1 Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2019/1009 av den 5 juni 2019 om fastställande av bestämmelser om tillhandahållande på marknaden av EU-gödselprodukter och om ändring av förordningarna (EG) nr 1069/2009 och (EG) nr 1107/2009 samt om upphävande av förordning (EG) nr 2003/2003

2 En produktmärkning för Europeiska unionens inre marknad. Produkten får säljas utan ytterligare krav om den överensstämmer med grundläggande krav på exempelvis hälsa, säkerhet, funktion, miljö och kontrollprocedur.

2. Vad är växtbiostimulanter?

Växtbiostimulanter är ämnen eller mikroorganismer som på olika sätt påverkar växtnäringsprocesser. Enligt EU:s definition är växtbiostimulanter produkter med syftet att förbättra någon av följande punkter:

- tillgänglighet av näringsämnen i jorden eller rotzonen
- växtens näringsupptag
- växtens tolerans mot abiotisk stress som till exempel kyla eller torka
- växtens kvalitet

Växtbiostimulanter kan ha effekter som liknar både gödselmedel och växtskyddsmedel. Effekterna kan röra sig om förbättrad tillväxt, kvalitet och motståndskraft mot skadegörare. Inom EU räknas växtbiostimulanter som en gödselprodukt, och hamnar därmed under ett annat regelverk än växtskyddsmedel. Andra gödselprodukter är exempelvis gödselmedel, kalkningsmedel och olika kompostprodukter eller stenmjöl.

Växtbiostimulanterna skiljer sig från gödselmedel då deras effekt på växter inte är kopplad till näringsinnehållet. Effekten av produkterna beror istället på andra processer i mark och växt. Det är vanligt att växtbiostimulanter tillsätts i gödselmedel, eller att växtbiostimulanten i sig har ett naturligt högt näringsinnehåll. I de doser som används är mängden tillförd näring oftast försumbar.

Växtskyddsmedel och växtbiostimulanter skiljer sig också åt. Växtbiostimulanterna verkar endast på växternas motståndskraft och inte genom direkta effekter mot skadegörare som växtskyddsmedel gör. Det huvudsakliga användningsområdet för växtbiostimulanter är att förbättra grödans växtkraft och vitalitet. Därför betraktas dessa ämnen snarare som ett komplement till övriga odlingsåtgärder.

3. Hur fungerar växtbiostimulanter?

Effekten av växtbiostimulanter varierar från fall till fall, så det är viktigt att förstå hur de fungerar innan användning i praktisk odling. Det pågår forskning på området för att avgöra hur växtbiostimulanter ska användas för bästa effekt.



Många av försöken med växtbiostimulanter sker i kontrollerade miljöer som i växthus. I detta försök på SLU Alnarp undersöktes bland annat vattenförbrukning under odlingen och vikt vid skörd. Foto: Pauliina Jonsson

Växtbiostimulanter kan fungera både genom att stimulera olika biologiska processer inuti växten och genom fysikalisk verkan på sin omgivning. Till exempel, dessa ämnen kan i små doser stimulera växtens rotsystem att förgrenas. Andra växtbiostimulanter frigör svårslösliga näringsämnen och gör dem växttillgängliga. I båda exemplen effektiviseras näringsupptaget, men verkningsmekanismerna ser olika ut. I tabell 1 beskrivs några av de vanligaste verkningsmekanismerna.

Tabell 1. Vanliga förklaringsmodeller för växtbiostimulanternas effekter på växter

EXEMPEL PÅ BIOLOGISKA VERKNINGSMEKANISMER		
VERKNINGSMEKANISM	PÅVERKAR	KAN HA EFFEKT PÅ VÄXTENS
Hormonliknande processer	tillväxt och utveckling	morfologi, förhållande mellan rot- och skottmassa, blomning, fruktsättning, kvalitetsegenskaper med mera
Primära ämnesomsättningsprocesser	produktivitet och näringsupptag	tillväxtpotential, näringsinnehåll och primära metaboliter
Sekundära ämnesomsättningsprocesser	grundläggande skydd mot stress och skadegörare	antioxidantinnehåll och sekundära metaboliter
Ekologiska processer	växtens interaktioner med sin omgivning	morfologi, förekomst av symbiotiska strukturer och försvarsmekanismer
EXEMPEL PÅ FYSIKALISKA VERKNINGSMEKANISMER		
VERKNINGSMEKANISM	PÅVERKAR	KAN HA EFFEKT PÅ VÄXTENS
Enzymatiska egenskaper	frigörandet av organiskt bunden näring	tillgång till lösliga näringsämnen
Kelaterande egenskaper	metalljoners löslighet i vätskor	tillgång till svårlösliga näringsämnen och skydd mot tungmetaller
Adsorberande egenskaper	katjonbyteskapaciteten i substrat eller vätska	möjlighet till kontrollerat frigörande av näringsämnen över tid
Osmotiska egenskaper	osmotisk potential i en vätska	förmåga att överleva salt- och torkstress

Vid användandet av växtbiostimulanter har dos, appliceringsteknik och behandlingstillfälle en stor roll för effekten. Grödans näringsstatus, utvecklingsstadium och sort är viktiga parametrar i de fall växtbiostimulanter påverkar biologiska processer. Faktorer som klimat, jordens bördighet, mullhalt och pH-värde påverkar effekten av de växtbiostimulanter som verkar genom sina fysikaliska egenskaper. Det finns undantag, och de flesta växtbiostimulanter innehåller en blandning av ämnen som gör att alla ovanstående faktorer är viktiga.

4. Olika kategorier av växtbiostimulanter

Växtbiostimulanter kan kategoriseras på olika sätt av aktörerna. I EU:s nya förordning specificeras två huvudkategorier - mikrobiella och icke-mikrobiella produkter. I övrigt saknas en mer detaljerad indelning och en växtbiostimulant kan bestå av alla de komponenter som är tillåtna för gödselprodukter, så länge de uppfyller de effektkrav som definieras i förordningen.

I detta häfte kategoriseras växtbiostimulanter efter framställningsmetod och råvarutyp. De olika kategorierna är mikrobiella växtbiostimulanter och icke-mikrobiella växtbiostimulanter. Icke-mikrobiella växtbiostimulanter är indelade i råvarumaterial och extrakt, hydrolysat (produkter som har framställts med hjälp av en kemisk reaktion med vatten) och isolerade ämnen. Detta redovisas i tabell 2. Denna indelning är grov och det förekommer överlappningar. När CE-märkta växtbiostimulanter kommer ut på marknaden 2022, kan kategoriseringen bli annorlunda beroende på vilka produkter som registreras.

Tabell 2. Kategorisering av växtbiostimulanter

MIKROBIELLA							
LEVANDE KULTURER							
bakterier	svampar						
ICKE MIKROBIELLA							
RÅVARUMATERIAL OCH RÅEXTRAKT			HYDROLYSAT			ISOLERADE ÄMNEN	
kompost-baserade produkter	alg-baserade produkter	växt-baserade produkter	protein-hydrolysat	humus-baserade ämnen	biopoly-merer	organiska ämnen	oorganiska ämnen

5. Vad gäller i ekologisk produktion?

Inom certifierad ekologisk produktion ingår de tillåtna växtbiostimulanterna i *bilaga I* i EU förordningen (EG) nr 889/2008³. Bilagan anger vilka gödselmedel, jordförbättringsmedel och näringsämnen som är tillåtna i ekologisk produktion. En ny förordning för ekologisk produktion, (EU) 2018/848⁴, börjar tillämpas den 1 januari 2022.

I bilaga I finns en lista över godkända gödselmedel, där följande ämnen kan klassas som växtbiostimulanter:

- hydrolyserade proteiner med animaliskt ursprung (ska inte appliceras på ätliga delar av grödan)
- hydrolyserade proteiner med vegetabiliskt ursprung
- leonardit, obehandlat organiskt sediment rikt på humussyror (endast om den erhålls som biprodukt vid gruvdrift)
- humus- och fulvinsyror (endast om de erhålls genom oorganiska salter eller lösningar, utom ammoniumsalter, eller erhålls genom rening av dricksvatten)
- mikroorganismer (som inte härrör från genetiskt modifierade organismer)

³ Kommissionens förordning (EG) nr 889/2008 av den 5 september 2008 om tillämpningsföreskrifter för rådets förordning (EG) nr 834/2007 om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter med avseende på ekologisk produktion, märkning och kontroll

⁴ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/848 av den 30 maj 2018 om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter och om upphävande av rådets förordning (EG) nr 834/2007



Odlare har testat växtbiostimulanter i bland annat tomatodling. Mycket kan vinnas om fruktutvecklingen är jämn. Foto: Christina Winter.

I Sverige har KRAV, LRF och Ekologiska Lantbrukarna tillsammans med lantbruksbranschen tagit fram Nationella riktlinjer (NR) för ekologisk produktion. Syftet med Nationella riktlinjer är att göra EU:s regler mer användarvänliga och att de tillämpas lika. På NRs hemsida⁵ finns även en aktuell lista över vilka enskilda produkter, gödsel- och jordförbättringsmedel, som har bedömts tillåtna för användning i certifierad ekologisk produktion. I listan finns flera preparat som kan ha växtbiostimulerande verkan.

⁵ <https://www.lrf.se/politikochpaverkan/marknad-och-mervarden/ekologiskt/nationella-riktlinjer-for-ekologisk-produktion/tillatetbedomda-insatsvaror-i-ekologisk-produktion/>

6. Mikroorganismer som växtbiostimulanter

6.1 Bakterier

Bakterier som klassas som växtbiostimulanter är ofta antingen artspecifika endosymbionter (bakterier som lever inuti växten) eller mer breda plant *growth-promoting rhizobacteria*, fritt översatt till "frilevande tillväxtfrämjande rhizobakterier" [2]. Endosymbionter omfattar olika typer av kvävefixerande bakterier som bildar symbiotiska noder i rötterna hos särskilda växter [2]. Exempel på dessa är *Rhizobium*-bakterier som fixerar kväve i rötter på ärtväxter, eller *Frankia*-bakterier som fixerar kväve i rötterna av al och havtorn [3]. Denna symbios är väldigt selektiv och bara relevant för ett begränsat antal grödor. I EU:s nya förordning är för tillfället endast endosymbionter ur släktet *Rhizobium* spp. upptagna som växtbiostimulantprodukter.

Tillväxtfrämjande rhizobakterier, *plant growth-promoting rhizobacteria*, är däremot en väldigt bred grupp av bakterier som på olika sätt kan gynna eller stimulera växten när de finns i rotzonen, på rötterna eller inuti plantan [2]. Hur artspecifika de är, vilka livsstrategier de har samt hur de interagerar med växterna, varierar stort [4]. Majoriteten av arter som används i odlingssammanhang finns inom släktena *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp., *Alcaligenes* spp., *Arthobacter* spp., *Agrobacterium* spp., *Burkholderia* spp., *Comamonas* spp., *Pantoea* spp., *Rhizobium* spp., *Serratia* spp. och *Variovorax* spp. [4]. I EU:s nya förordning finns bakterier *Azotobacter* spp. och *Azospirillum* spp. upptagna i växtbiostimulantprodukter.

6.1.1 Framställning av bakteriepreparat

Formulering av tillväxtfrämjande rhizobakterier, *plant growth-promoting rhizobacteria*, är under konstant utveckling [5]–[7]. Både torrformulerade och flytande produkter förekommer. Torrformulerade produkter kan vara mer kostnadseffektiva och lättare att lagra men omfattar endast sporbildande bakterier. Flytande och färska produkter lämpar sig för ett större urval av bakterier och användningsområden. Hantering och lagringsmiljö kan däremot ha en större inverkan på innehållet av dessa. Valet av tillsatser och bärare är avgörande för att upprätthålla tillräckligt stora och stabila bakteriepopulationer över tid. En av de största begränsningarna för bakteriepreparatens användning är hållbarheten. Den varierar mellan ungefär 6 månader till 2 år vid korrekt förvaring.

6.1.2 Bakteriernas effekter på växter

Tillväxtfrämjande rhizobakterier har flera mekanismer för att stimulera tillväxt och kan ha flertalet effekter på växter [4], [6], [7]. Ökad skörd, kvalitet och stresstolerans är exempel på gynnsamma effekter. En av de viktigaste verkningsmekanismerna är bakteriernas produktion av olika ämnen. Fytohormoner (ämnen som tillverkas i växter och vars funktion är att reglera tillväxt och utveckling), lättflyktiga organiska föreningar och andra signalämnen påverkar växternas egen hormonproduktion och enzymaktivitet. Tillväxtfrämjande rhizobakterier kan producera en rad ämnen som ökar tillgängligheten av näringsämnen i rotzonen, till exempel enzymer, kelaterande ämnen och olika syror. Tillsammans kan dessa mekanismer leda till förändringar i växtens tillväxt och utveckling. Förbättrad näringstillgång, närings- och vattenupptag och bättre osmotisk balans är andra kända effekter.

Det är också vanligt att tillväxtfrämjande rhizobakterier stimulerar växtens försvarsmekanismer [6]. Med vissa undantag sker detta genom en process som kallas *inducerad systemisk resistens*. Detta är en del av växtens immunförsvar för att skydda mot gnagande insekter och nekrotrofa mikroorganismer (organismer som överlever och reproducerar sig inuti värdväxten) [8]. Beroende på hur växtens olika försvarsmekanismer samverkar innebär inducerad systemisk resistens att skyddet mot sugande insekter och biotrofa mikroorganismer (mikroorganismer som livnär sig på levande celler) kan minska. Effekterna kan både vara till växtens fördel och nackdel beroende på situation [8]. Det förekommer även effekter där tillväxtfrämjande rhizobakterier förhindrar etableringen av sjukdomsalstrande mikroorganismer genom antibiosis (mikroorganismer som hämmar eller dödar varandra), parasitism, produktion av skyddande biofilm eller genom konkurrens om resurser och utrymme [6].

6.1.3 Tester i växthus och i fält

Diversitet hos rot- och jordlevande bakterier gör det enklare för forskare att hitta arter som visar tillväxtstimulerande egenskaper i kontrollerade miljöer som i växthusodlingar. Problem uppstår när de ska appliceras i fält och behöver konkurrera med det i marken naturligt förekommande mikrolivet. Mängden tillförda mikroorganismer minskar oftast ned till naturligt förekommande nivåer kort efter en behandling [4], [9]. Produkter behöver testas i de fältförhållanden som råder i den specifika odlingen innan de med viss säkerhet kan användas i produktionsledet. Generellt är det svårt att veta när, var och hur olika tillväxtfrämjande rhizobakterier kommer att ha effekt.

På grund av detta menar vissa forskare att skräddarsydda lösningar behövs [4], [10]. Bakterierna måste vara kompatibla med miljö, gröda och odlingsstrategi. Jordanalyser kan vara ett viktigt underlag för valet av tillväxtfrämjande

rhizobakterier. I en kalkrik jord kan till exempel bakterier med förmåga att mineralisera kalcium vara gynnsamma. I en fosforfattig jord kan däremot bakterier med förmåga att mineralisera fosfor vara av nytta [4]. En annan strategi är att använda en blandning av bakterier som är anpassade för olika förhållanden eller som fyller olika funktioner för växten [7].



Användning av växtbiostimulanter har hittills varit vanligare i miljöer med höga temperaturer och i jordar med låg mullhalt. På bilden test av produkter i en odling av dadelpalmer. Foto: Pauliina Jonsson

6.2 Svampar

Svampar som lever i symbios med växter används i olika odlingssammanhang. Marknaden har vuxit de senaste decennierna, framförallt inom skogsbruk, bioanering och orkidéodling, men även inom andra former av odling [11].

Själva symbiosen mellan svamphyfer och plantrötter kallas mykorrhiza och ser olika ut beroende på kombinationen av svamp och växt. Den vanligaste formen av symbiosen kallas arbuskulär mykorrhiza. Över 80 procent av alla landlevande växter har förmågan att bilda arbuskulär mykorrhiza [12]. Undantag är grödor ur familjen korsblommiga växter, kålväxter, där man ännu inte lyckats isolera svampar som bildar arbuskulär mykorrhiza [13].

Andra typer av svampar är exempelvis endofytiska svampar (svampar som lever inuti växten utan att det syns) som inducerar produktionen av kåda och essentiella oljor [14]. I EU:s nya förordning finns mykorrhizasvampar listade som tillåtna växtbiostimulanter. Texten nedan fokuserar på arbuskulär mykorrhiza då den är de mest studerade av mykorrhizasvamparna.

6.2.1 Framställning av svamppreparat

De vanligaste arbuskulära mykorrhizasvamparna inom växtbiostimulanter kommer från släkten *Rhizophagus* och *Funneliformis* [12]. Många produkter innehåller en blandning av flera arter. Formulering och produktion är en mycket komplicerad process, då mykorrhizasvampar inte kan föröka sig utan en värdväxt [15], [16]. För att odla dem krävs att sporer och hyfer inokuleras direkt på rötterna vilket gör det svårt att få en helt ren produkt. Största utmaningarna vid framställningen är att minimera kontaminering med andra svampar och bakterier. Massproduktion sker ofta i växthus eller laboratorieliknande miljöer för att kunna hålla odlingarna så sterila som möjligt [12]. Färdiga arbuskulär mykorrhiza-produkter förekommer vanligtvis i pulver-, tablett- eller granulat-form [11]. På grund av framställningssvårigheterna är det viktigt att försäkra sig om kvalitet vid köp av arbuskulär mykorrhiza.

6.2.2 Svamppreparatens effekter på växter

Mykorrhizasymbiosen handlar om ett utbyte av kolhydrater och näringsämnen mellan växten och svampen. Svamparnas hyfer täcker en mycket större yta än vad rötterna gör, och de är mycket effektivare på att ta upp vatten och näring ur jorden. Vilka näringsämnen som mykorrhizasvampen specialiserar sig på ser olika ut. Generellt är mykorrhizasvamparna bra på att ta upp fosfor [12]. Upptaget av andra näringsämnen, såsom ammoniumkväve, koppar, zink, kalium, kalcium, magnesium och järn förbättras till olika grad [12]. Växter med mykorrhiza klarar generellt stress bättre än vad växter utan mykorrhiza gör. Detta återspeglas i fältförsök, där effekten av mykorrhizabehandlingar ofta är störst under perioder av näringsbrist, saltstress och torka [12].

Mykorrhizasymbiosen kan också påverka växtens produktion av fytohormoner, vilket leder till förändringar i växtens tillväxt och utveckling [12]. Detta kan resultera i förändringar i rot- och skotttillväxt, biomassa, blomning och olika kvalitetsparametrar såsom närings- och antioxidantinnehåll [12]. Det är viktigt att poängtera att symbiosen inte alltid påverkar tillväxten positivt. Hämmad tillväxt kan uppstå till följd av att en stor del av de kolhydrater som växten tillverkar konsumeras av svampen [17]. En viktig faktor i sammanhanget är ljustillgång, då detta avgör hur mycket kolhydrater växten har råd att avvara utan att påverka sin egen tillväxt. Vid god ljustillgång minskar risken för tillväxthämning.

På grund av dess symbiotiska natur påverkar mykorrhiza många av växtens försvarsmekanismer. Detta sker genom en unik process kallad mykorrhiza inducerad resistens [18]. Processen påminner mycket om den inducerade resistensen som uppstår vid användning av bakteriepreparat, och ger ett skydd mot nekrotrofa mikroorganismer (mikroorganismer som dödar de angripna växtcellerna innan de tillgodogör sig innehållet) och gnagande insekter. Nackdelen är, att skyddet mot biotrofa mikroorganismer (mikroorganismer som livnär sig på levande celler) och sugande insekter kan bli svagare.

6.2.3 Arbuskulär mykorrhiza i odling

Den arbuskulär mykorrhiza som finns i växtbiostimulanter finns naturligt i de flesta jordar [12]. Detta innebär att användning av mykorrhizaprodukter kan vara överflödigt i frilandsodlingar som redan har stora populationer av naturligt förekommande och lokalt anpassade mykorrhizasvampar. På dessa jordar är det bättre att långsiktigt gynna etablering av naturliga mykorrhizasvampar genom odlingsmetoder. I odlingar där substratet ersätts vid varje odlingscykel, som i krukodlingar, är sannolikheten större att inokulering med mykorrhiza gör skillnad.

De flesta odlingsmetoder påverkar förekomst, diversitet och etablering av arbuskulär mykorrhiza [12]. Mykorrhizasvampar missgynnas av allt för god tillgång till lösligt fosfor, då växten ej behöver investera i symbiosen för att tillgodose sitt näringsbehov. Vid användning av mineralgödsel kan utvecklingen av arbuskulär mykorrhiza hämmas, medan mer komplexa organiska gödselmedel vanligtvis stimulerar mykorrhizabildandet. En ökad diversitet av värdväxter påverkar förekomsten av mykorrhizasvampar positivt, både om de förekommer i fält samtidigt eller i en växtföljd. Åtgärder som stör jorden, exempelvis harvning och plöjning, påverkar mykorrhizasvampar negativt. Detsamma gäller om marken lämnas utan vegetation under längre perioder. Vid odling i kruka eller bädd är substratets sammansättning viktigt för etableringen av arbuskulär mykorrhiza. Det kan också vara svårare att etablera mykorrhiza i en hydroponisk odling. Användningen av växtskyddsmedel, speciellt fungicider, kan påverka mykorrhizasvampens förekomst och etableringsförmåga negativt [12].

Beprövad erfarenhet säger att det är viktigt att undvika odlingsåtgärder som kan störa mykorrhizasvamparna under de första veckorna efter användning av mykorrhizaprodukter, då man vill att svampen ska etablera sig så effektivt som möjligt.



Vid etableringen av en längre kultur som jordgubbar kan man testa behandling med mykorrhizapreparat. Lämna alltid en nollruta, det vill säga, några bäddar utan behandling för jämförelser.
Foto: Pauliina Jonsson

7. Råvarumaterial och extrakt som växtbiostimulanter

7.1 Algbaserade preparat

7.1.1 Algpreparatens historia

Brunalger har använts som gödsling och jordförbättring i många kustnära områden sedan länge [26], [27]. På mitten av 1900-talet upptäcktes nya metoder som möjliggjorde kommersialisering av algpreparat. Det blev till exempel möjligt att utvinna polysackarider ur algbiomassa för fibertillverkning [26]. Kort efter detta utvecklades det första algextraktet som gödselmedel. Resultatet var en lätthanterlig, transporterbar produkt med lovande effekter på växter. Sedan dess har extraktionstekniken förbättrats, och många nya produkter med växtbiostimulerande verkan har utvecklats. Algbaserade produkter är idag den största kategorin inom växtbiostimulanter [27]. Produkter baseras framförallt på olika brunalger såsom *Ascophyllum nodosum*, *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia maxima*, *Ecklonia radiata*, *Durvillaea potatorum*, *Durvillaea antarctica* och *Laminaria digitata* [27].

7.1.2 Framställning av algextrakt

De flesta algbaserade produkterna är förädlade till vattenlösliga pulver eller flytande extrakt [27] för att undvika de tillväxthämmande ämnen som bildas vid nedbrytningen av många alger i rå form. Detta görs genom bas- eller syralösningar, kallpressning, eller mekanisk "sprängning" av algceller [27]. Framställningsmetoden påverkar extraktets innehåll, och därmed potentiella effekt [26], [27]. Bas- och syralösningar förändrar till viss del den ursprungliga sammansättningen av råvaran. Kallpressning och cellsprängning anses bevara den kemiska integriteten av råvaran allra bäst.

7.1.3 Algextraktens sammansättning

Alger innehåller ett brett spektrum av makro- och mikronäringsämnen samt en stor mängd bioaktiva ämnen (ämnen som påverkar aktiva, levande växtceller) [27], [28]. Kommersiella algextrakt brukar innehålla en stor mängd polysackarider, omkring 30–40 procent av torrvikten [28]. Näst största grupp är proteiner och dess nedbrytningsprodukter, mellan 3–15 procent av torrvikten [28]. Andra viktiga ämnen med biologiska effekter på växter är fytohormoner,

brassinosteroider, betainer, polyaminer och florotanniner [27]. Innehållet påverkas till stor del av algart och framställningsmetod [27], [28].

7.1.4 Algprodukternas effekter på växter

Algbaserade produkter, med sitt breda innehåll av ämnen, påverkar växter på olika sätt. Effekter som nämns återkommande i litteraturen berör tillväxt och utveckling, tolerans av abiotisk stress (stress orsakad av icke-levande faktorer som kyla eller torka) och biotisk (stress orsakad av skadeinsekter eller –svampar), samt grödans kvalitet och lagringsbarhet [27], [28]. Mer specifikt rör det sig om ökad grobarhet, skott- och rottillväxt, näringsupptag, näringsinnehåll, pigmentering, blomning och slutligen skörd [27]. Många effekter är dosberoende. Det sker tillväxtökning vid relativt låga doser och tillväxthämning vid allt högre doser [28].



Bär ska hålla smak, färg samt klara en viss tids transport och lagring. En del odlare har testat om algbaserade bladpreparat vid blomning kan stärka produktkvaliteten. Foto: Christina Winter

På grund av detta dosberoende sägs algbaserade produkter ha hormonliknande effekter [27], [28]. Innehållet av aktiva former av fytohormoner är såpass lågt att de inte direkt kan påverka växten [27]. Forskare anser snarare att fytohormoner tillsammans med övriga bioaktiva ämnen agerar signalmolekyler för olika metaboliska processer och det hormonella nätverket i växten. Detta påverkar växtens egen fytohormonproduktion, vilket kan ge upphov till många effekter i växtens tillväxt och utveckling [27].

Andra bioaktiva ämnen i algbaserade produkter har biologiska effekter som inte är hormonliknande. Exempelvis verkar florotanniner, unika fenoler som förekommer i brunalgers cellväggar, som ett skydd mot UV-strålning, tungmetaller

och mikrobiella skadegörare [27]. Vissa av dessa agerar som signalmolekyler som stimulerar syntes av ytterligare fenoler [27]. Dessa ämnen inhiberar också enzymer involverade i att bryta ned tillväxthormonet auxin, vilket kan resultera i tillväxtstimulering [27]. Ett annat exempel är polyaminer, viktiga reglerande ämnen som interagerar med och påverkar andra bioaktiva ämnen. Polyaminer agerar signalmolekyler för flera processer i växten. De påverkar bland annat blomning, fruktutveckling och hur växten reagerar vid stress, och har till exempel ökat näringsinnehåll och kvalitet i frukt [27].

En annan mycket viktig grupp bioaktiva ämnen i algbaserade produkter är polysackarider, kolhydrater som byggs upp av ett stort antal monosackarider. Polysackariderna delas in i laminariner, alginater, karragenaner, fucaner och ulvaner [29]. Olika alger producerar olika typer av polysackarider, och deras effekter varierar stort. Exempelvis är alginater ofta involverade i tillväxtstimulering, medan laminariner initierar försvarsmekanismer [29]. Tabell 3 sammanställer exempel på olika alger, vilka polysackarider de innehåller, samt vilka effekter som har studerats på växter i laboratoriemiljö.

Algbaserade produkter innehåller även ämnen som fysikaliskt påverkar odlings-substrat, näringsämnen och osmotiska processer i växten. Flera av polysackariderna påverkar substratets struktur och vattenhållande förmåga positivt, vilket i sin tur kan förbättra näringstillgång och mikrobiell aktivitet [27], [28]. Flera ämnen kan dessutom bilda kelatkomplex med vissa mineraler, och på detta sätt göra svårlösliga näringsämnen mer tillgängliga för växten. Betainer, som också finns i algbaserade produkter, är starka osmolyter (föreningar som upprätthåller rätt osmotiskt tryck i växtcellen) och de tas aktivt upp i växtceller för att bibehålla rätt osmotisk balans över cellmembranet [27]. Detta ger ett bra skydd mot salt-, tork-, värme- och köldstress i flera växter [27].

Tabell 3. Olika alggruppers innehåll av polysackarider och deras effekter på växter. Baserad på "Algae as Fertilizers, Biostimulants, and Regulators of Plant Growth" av Dmytryk, A. och Chojnacka, K., 2018 [29].

ALGGRUPP	POLYSACKARIDER	EXEMPEL PÅ STUDERADE EFFEKTER I VÄXTER
Brunalger <i>Ascophyllum</i> spp. <i>Ecklonia</i> spp. <i>Fucus</i> spp. <i>Laminaria</i> spp. <i>Sargassum</i> spp.	alginater	• Förbättrar stress- och försvarsrespons • Stimulerar tillväxt • Inducerar groning • Ökar koncentration av essentiella oljor • Förbättrar kväueupptag
	fucaner	• Förbättrar stress- och försvarsrespons • Förbättrar rödpigmentering
	laminaraner	• Aktiverar försvarsmekanismer
Rödalger <i>Euchema</i> spp. <i>Chondracanthus</i> spp. <i>Gigartina</i> spp. <i>Hypnea</i> spp.	karragenaner	• Inducerar och förbättrar försvarsmekanismer • Förbättrar fotosyntes och metabolism • Stödjer kol- och kväveassimilation • Stödjer tillväxt och snabbare utveckling • Ökar koncentration av essentiella oljor
Grönalger <i>Ulva</i> spp.	ulvaner	• Inducerar och förbättrar försvarsmekanismer

7.1.5 Samverkan av algprodukter

Ämnena i algbaserade produkter samverkar på ett mycket komplext sätt, och involverar en stor mängd biologiska och fysikaliska processer som är svåra att förutspå. Resultatet av en behandling beror bland annat på dos, algart, framställningsmetod, lagringsförhållanden, produktens färskhet, appliceringsteknik, gröda, sort och grödans utvecklingsstadium. Då de största positiva effekterna redovisats i försök där grödan utsatts för någon form av stress verkar det som att algbaserade produkter gör skillnad under ogynnsamma odlingsbetingelser [28].

Algbaserade produkter kan vattnas ut eller sprutas på bladverket. Vid bladapplikering uppnås bäst effekt under tidpunkter på dagen då bladens klyvöppningar är vidöppna, till exempel på morgonen.

7.2 Kompostbaserade produkter

Denna kategori innehåller produkter med ett varierande innehåll baserat på kompost och andra organiska restprodukter [19]. Det flesta marknadsförs vanligtvis som gödselmedel eller jordförbättrare. Det finns exempel där produkten snarare hamnar inom ramen för en växtbiostimulant. Det kan vara olika sorters extrakt från till exempel fermentering eller maskkompostering. En av de mer kända produkterna är maskkompostextrakt.

I en maskkompost bryts organiskt material ned med hjälp av mikroorganismer och maskar. I storskalig, industriell maskkompostering är maskarterna *Eisenia andrei* och *Eisenia fetida* vanliga [20]. Dessa arter uppföras snabbt, är lätta att distribuera, tål höga salthalter och är inte så känsliga för variationer i temperatur eller fuktighet [20]. Maskarna är effektiva nedbrytare och kan omsätta halva sin egen vikt varje dag vid optimala förhållanden. Resultatet blir en mullrik kompostprodukt med växtbiostimulerande egenskaper. En mogen maskkompost är dessutom full av mikroorganismer som är gynnsamma för växter [20], [21]. Maskar förändrar också mikrobiomet (sammansättningen av mikroorganismer i komposten) de bryter ned, vilket minskar risken för spridning av sjukdomsalstrande mikroorganismer [22]. Detta gör maskkompostering till en kostnadseffektiv metod för att omvandla rest- och avfallsprodukter till användbara odlingsresurser [20].

Observera att på grund av sitt naturliga innehåll av mikroorganismer är det oklart hur dessa och liknande produkter kommer att klassificeras inom EU:s regelverk för gödselprodukter och växtbiostimulanter.

7.2.1 Framställning av maskkompostextrakt

Kompostextrakt kan framställas ur mogen kompost på olika sätt [23], [24]. Det enklaste är att samla upp avrinningsvätska direkt från botten av komposten och använda den i odlingen. Alternativt så läggs den färdiga komposten i en filterande behållare som dränks i syresatt vatten, likt en tepåse och man brygger kompostte. Det finns flertalet recept för kompostte, till exempel ett där kompost, vatten och en näringskälla, som melass, blandas i en behållare. Blandningen hålls sedan i konstant omrörning i någon dag för att låta mikroorganismerna i komposten bryta ned innehållet och samtidigt själva uppföras under syrerika förhållanden. Därefter filtrerar man bort de fasta partiklarna för att få en flytande produkt. Tillverkning av maskkompostextrakt kräver ingen avancerad utrustning och görs gärna i anslutning till odlingen eftersom extraktet ska användas omgående.



Kompostte som tillverkas på gården ska användas omgående eftersom teet innehåller levande mikroorganismer. Dessa behöver syre och kolhydrater för att överleva och tål inte långvarig lagring och transport utan att förändras. Foto: Pauliina Jonsson

7.2.2 Kompostextraktens innehåll

Innehållet i mogen maskkompost är väldokumenterat [20], men det finns jämförelsevis få studier som har undersökt innehållet i olika maskkompostextrakt [25]. De studier som finns pekar på att både den näring och de bioaktiva ämnen som finns i maskkomposten också finns i dess extrakt [23]–[25].

Mogen maskkompost innehåller framförallt näringsämnen som lätt kan tas upp av växterna - framförallt kväve, fosfor, kalcium, kalium och magnesium [20]. Innehållet av näringsämnen varierar beroende på vad som komposterats, komposteringstiden och framställningsmetoden [20]. Förutom näring är

maskkompost även rikt på flertalet bioaktiva ämnen, ämnen som påverkar levande växtceller. Det rör sig bland annat om olika humusbaserade ämnen och fyttohormoner såsom auxin, gibberellin, cytokinin, etylen och abskisinsyra [20]. Större delen av de bioaktiva ämnena som finns i maskkompost produceras av mikroorganismer under komposteringen.

Mikroorganismer är inte alltid en betydande del av slutprodukten, men förekommer oftast i någon mån. Bland mikroorganismer som associerats med maskar hittas kvävefixerande, nitrifierande samt fosfatlösande bakterier, tillväxtfrämjande rhizobakterier (plant growth promoting bacteria) och nedbrytande svampar [22]. Vilka mikroorganismer som förekommer beror främst på maskarten som använts i komposteringen, men även på råvarorna som komposterats samt hur produkten har hanterats och lagrats [25]. Lagringsbarheten i en maskkompost uppskattas till cirka ett år, men vid det tillfället kan det mikrobiella innehållet se annorlunda ut från ursprungsprodukten [25].

7.2.3 Kompostextraktens effekter på växter

Det finns tre huvudsakliga vägar genom vilka maskkompost kan påverka växter, och dessa är tätt sammanlänkade [20]. Påverkan kan vara genom den fysiska närvaron av mikroorganismer, vilket kan påverka flera ekologiska processer som nedbrytning, fotosyntes och pollinering i både substrat och växt. Vidare kan växterna påverkas genom fyttohormoner och olika hormonliknande ämnen producerade av mikroorganismerna, vilket kan påverka växtens tillväxt och utveckling. Slutligen kan påverkan ske genom produktens innehåll av humusbaserade ämnen vilket bland annat kan påverka näringsprocesser och ha tillväxtstimulerande effekter på växten. Man kan förvänta sig liknande effekter från olika maskkompostextrakt.

7.2.4 Användning av kompostextrakt

I och med att maskkompostextrakt till viss del uppvisar hormonliknande effekter på tillväxt och utveckling, kan en behandling ge upphov till olika effekter beroende på dos, gröda, sort och grödans utvecklingsstadium [25]. Då produkterna varierar stort i innehåll kan det vara svårt att förutspå effekten av en behandling. Maskkompost kan uppvisa synergistiska effekter med nyttobakterier och mykorrhiza [20].

Maskkompostextrakt lämpar sig för att sprutas på bladverket, då detta ger en jämnare spridning och maximerar produktens upptag och effekt [23], [24]. Att vattna ut produkten är också möjligt, men det finns en risk att en del sköljs neråt i jordprofilen och går förlorat för växrötterna. Det är även möjligt att använda maskkompostextrakt i hydroponiska system, men detta kräver en

utrustning anpassad för att hantera den eventuella mikrobiella tillväxt som annars kan täppa igen delar av systemet [23].

7.3 Växtbaserade produkter

Växtbaserade biostimulanter är ett relativt outforskat område. Forskningen har hittills fokuserat främst på växtskyddseffekter, men vissa forskare menar att de även har stor potential som växtbiostimulanter [2]. Växter producerar intressanta sekundära metaboliter såsom fenoler, kinoner, flavoner, flavonoider, tanniner och kumariner, som kan ha växtbiostimulerande effekter [30].

Det har gjorts ett antal försök med olika växtextrakt. Bland annat har blad-sprutning med extrakt från ek ökat kvaliteten hos vindruvor, och senare vinet, genom ett förhöjt innehåll av polyfenoler [31]–[33]. Denna effekt liknar resultatet som uppstår vid ekfatslagring. Positiva effekter har också dokumenterats vid bladsprutning av extrakt från moringaträd, röda vindruvor, blåbär och havtornsblad [34]–[38].

8. Hydrolysat som växtbiostimulanter

8.1 Proteinhydrolysat

Proteinhydrolysat definieras som en blandning av peptider och aminosyror som är tillverkade från en proteinkälla genom hydrolys (klyvning av ämnen genom påverkan av vatten) [39]. Det är med andra ord protein som brutits ned i mindre beståndsdelar, såsom aminosyror och peptider. Aminosyror och peptider förekommer naturligt och fyller essentiella funktioner för alla organismer. Proteinhydrolysat blev till en början kända som näringstillskott för människor och djur, där de fortfarande är vanliga. De har även visat sig användbara för växter och deras tillväxt, och används därför i yrkesmässig odling.

8.1.1 Framställning av proteinhydrolysat

Proteinhydrolysat kan framställas från flera olika råvaror, både från djur- och växtriket [40]. Framställningen görs antingen kemiskt med hjälp av syror eller baser, eller med hjälp av proteinnedbrytande enzym [40]. Enzymatisk framställning är vanligare för växtbaserade än för djurbaserade proteinhydrolysat. En majoritet av marknaden idag består av kemiskt framställda djurbaserade hydrolysat.

8.1.2 Proteinhydrolysatens sammansättning

Innehållet i proteinhydrolysat varierar beroende på dess ursprung och framställningsmetod [41]. Proteinhydrolysat från baljväxter och fisk innehåller relativt mycket asparagin- och glutaminsyra. Produkter från kollagen (fiberprotein från bland annat hud och senor) är rika på glycin och prolin, och produkter från kasein (fosforrik protein i mjölk, ostämne) är rika på glutaminsyra och prolin. Växtbaserade proteinhydrolysat har en aminosyraprofil som är anpassad för växter, och innehåller även fytohormoner, fettsyror, kolhydrater och fenoler som kan ha en extra biologisk verkan på växten [40], [41].

Enzymatiskt framställda hydrolysat kan ha ett lägre innehåll av aminosyror än kemiskt framställda hydrolysat, men har istället ett högre innehåll av polyaminer, peptider och andra bioaktiva ämnen [40]. Kemisk framställning tenderar att bryta ned innehållet i mindre beståndsdelar som resulterar i en större andel aminosyror men färre komplexa molekyler. Kemisk framställning kan också förändra vissa aminosyror så att de blir biologiskt inaktiva för växten [40]. Detta har gjort att enzymatiskt framställda, växtbaserade proteinhydrolysat förespråkas av vissa forskare [40].

8.1.3 Proteinhydrolysats effekter på växter

Förutom att vara en utmärkt kvävekälla med färdiga byggstenar för protein-syntes, ger proteinhydrolysat också upphov till en rad biologiska effekter när de appliceras på grödor [2], [40], [41]. Det är framförallt olika processer i växtens ämnesomsättning som kan stimuleras.

Tydligast effekter kan ses på den primära metabolismen, alltså den del av ämnesomsättningen som berör normal tillväxt, utveckling och reproduktion [41]. Enzymer involverade i citronsyracykeln och glykolysen kan öka sin aktivitet till följd av en proteinhydrolysatbehandling [41]. Detta leder till en större omsättning av kolhydrater i växten. På samma sätt kan kväveomsättningen stimuleras, då aktiviteten hos enzymer involverade i att bilda organiskt bundet kväve ökar till följd av en behandling.

Proteinhydrolysat kan även ha effekter på den sekundära metabolismen, alltså den del av ämnesomsättningen som bland annat berör interaktioner med andra organismer och omgivningen [41]. Aktiviteten hos enzymer involverade i flavonoidsyntesen kan öka när växter är under saltstress [41]. Flavonoider är starkt förknippade med växters stressrespons och fyller viktiga skyddande roller i växtcellerna.

Förutom biologiska effekter på växten verkar flera aminosyror genom fysikaliska processer i vätskor och substrat. Vissa aminosyror, såsom betain, är osmolyter som kan användas för att upprätthålla rätt osmotiskt tryck i växtcellerna, vilket skyddar mot tork- och saltstress [42]. Andra aminosyror har kelaterande egenskaper, som kan bidra till förbättrat näringsupptag och ett visst skydd mot toxicitet av tungmetaller [2], [40]. Aminosyror är också starka antioxidanter. Detta kan öka växtens stresstolerans genom att minska mängden fria radikaler och andra skadliga ämnen som uppstår under stress [2].

8.1.4 Användning av proteinhydrolysat

Effekten av proteinhydrolysat påverkas starkt av appliceringsmetod. Vid jordapplicering omsätts produkten snabbt av jordlevande mikroorganismer, vilket resulterar i att endast en mindre del av den tillförda produkten tas upp av växterna [41]. Detta kan vara en önskvärd effekt om man vill öka den biologiska aktiviteten i jorden, men bör undvikas om det är en direkt påverkan på växten som är målet för behandlingen. Vissa försök redovisar synergistiska effekter mellan proteinhydrolysat och mikrobiella produkter såsom mykorrhizasvampar [43], vilket också kan vara en fungerande behandlingsmetod.

Bladapplicering är att föredra om man vill behandla själva växten. Då kan peptider och aminosyror tas direkt upp genom bladen utan att konkurrera med jordens mikroorganismer. Aminosyrorna transporteras sedan både aktivt och

passivt genom hela växten [41]. Bladapplicering kan under vissa förhållanden minska rötternas förmåga att ta upp nitrater, som följd av en förändrad kvävebalans mellan rot- och bladvävnad [41].

Väderförhållandena spelar en stor roll vid bladapplicering av proteinhydrolysat. Hög luftfuktighet, låg vindstyrka, öppna klyvöppningar samt ett tillräckligt tjockt lager av proteinhydrolysat är avgörande för ett effektivt upptag av produkt [44]. Ogynnsamt väder har beräknats kunna leda till 40 gånger lägre upptag av produkten jämfört med gynnsamma väderförhållanden [44]. Vindstilla tidpunkter på morgon, kväll eller efter regn är ofta de bästa tiderna för bladbehandling med proteinhydrolysat.



Proteinhydrolysat har använts för att minska stresspåverkan av sol och värme i odling av amerikanska blåbär i södra Afrika. Foto: Pauliina Jonsson

8.2 Humusbaserade ämnen

Humus är en naturlig produkt som härstammar från nedbrytningsprocesser av olika typer av organiskt material. Humus kan komma från material som bryts ned och från olika nedbrytande mikroorganismers metabolism, och anses vara ett av de vanligaste organiska ämnena på planeten [2]. I jorden spelar humusämnena en viktig roll i samspelet mellan växtrötter, mikroorganismer och organiskt material.

Det finns en mångfald av humusämnen. I sitt naturliga tillstånd bildar de långa kedjor och aggregat som är under konstant omvandling beroende på miljön de befinner sig i [45]. Detta gör dem väldigt komplexa och svårstuderade. Vi förstår ännu inte helt och hållet hur humusämnen fungerar och interagerar med sin omgivning [46]. I försök har humusbaserade ämnen visat stor användningspotential och de har blivit en populär produktkategori inom växtbiostimulanter.

8.2.1 Framställning av humusbaserade produkter

Humusbaserade produkter har olika ursprung, såsom grönkompost, torv, matjord eller leonardit, en oxiderad form av brunkol [2]. Även humusrikt vatten kan vara en källa för humusprodukter. Extraheringen görs vanligtvis med hjälp av starka syror och baser för att bryta upp de komplexa kedjor som håller humusämnena från att vara lösliga i vatten [47].

8.2.2 Humusbaserade produkters sammansättning

Humusmolekyler delas in i tre fraktioner baserat på de olika egenskaperna. Fraktionerna är huminer, humussyror och fulvinsyror. Huminer är väldigt stora och stabila molekyler som inte kan extraheras i en lösning [45]. Humussyror är hydrofoba (vattenavvisande) ämnen som blir lösliga när pH-värdet går över neutralt, men annars bildar de aggregat som fälls ut i lösningen [45]. Fulvinsyror är hydrofila ämnen som är lösliga i alla pH och är tillräckligt små för att kunna tas upp direkt i växtceller [45], [48]. I de allra flesta fall som rör växtbiostimulanter syftar man endast till humus- och fulvinsyrorna, då det är dessa som kan extraheras och göras vattenlösliga.

Beroende på framställningsmetod och råvarumaterial kan mångfalden av humusämnen, samt kvoten mellan humussyror och fulvinsyror se olika ut. Generellt kan sägas att produkter utvunna ur komplexa råvaror såsom kompost har en högre diversitet än produkter utvunna ur mer homogena råvaror såsom kolen leonardit [49], [50].

8.2.3 Humussyrornas effekter på växter

Humusämnen har hög katjonutbyteskapacitet, och kan binda viktiga näringsämnen [2]. Humus har dessutom kelaterande egenskaper vilket underlättar upptaget av exempelvis järn [51]. Förekomsten av humusämnen stimulerar även den biologiska aktiviteten i jorden [51]. De doser som används i växtodling är oftast låga jämfört med naturligt förekommande humus. Därför undrar många hur stor effekt som kan fås med hjälp av produkterna [52], [53]. Vissa forskare

menar att den växtbiostimulerande effekten kommer från humusämnenas övriga egenskaper [52].

Humusämnen kan påverka hormonproduktion och andra signalvägar i växten, med flertalet biologiska effekter som följd [52]. Ökad enzymaktivitet, protein-metabolism, fotosyntes, respiration och näringsupptag nämns återkommande i den vetenskapliga litteraturen [51], [52], [54], [55]. Resultatet blir framförallt olika effekter på rotsystemet, såsom ökad rotförgrening, rottillväxt och produktion av rotexudat [51], [52], [54], [55]. Detta kan leda till ökad skotttillväxt, stress-tolerans och mikrobiell aktivitet i rotzonen.

Den slutliga effekten på tillväxt och skörd varierar mellan försök, men har i en stor litteraturgenomgång uppskattats till 15–25 procent genomsnittlig tillväxtökning [49]. Effekten tenderar att vara större i försök där grödan utsatts för torkstress, vilket kan vara en följd av bättre näringsutnyttjande och ett större rotsystem efter behandling med humuspreparat. Det har också noterats en trend att humusämnen har en starkare effekt på örtartade växter än på vedartade växter, samt en starkare effekt på enhjärtbladiga än på tvåhjärtbladiga växter [49], [54].

8.2.4 Användning av humuspreparat

Humusämnen kan användas i jord- och bladbehandlingar. Deras komplexa egenskaper påverkas i stor grad av miljön de befinner sig i. Detta gör det svårt att förutspå vilka effekter de kommer att ha på olika grödor under olika odlingsbetingelser. I detta avseende är det viktigt att tänka på skillnaden mellan humussyror och fulvinsyror, då de har vissa olikheter.

Fulvinsyror är mycket små, lösliga ämnen som fritt kan röra sig över växtens cellmembran [48]. De har dessutom en mycket hög katjonbyteskapacitet och en stark förmåga att kelatera metaller såsom järn [48]. Detta innebär att de kan vara viktiga för transporten av mikronäringsämnen, men även att de kan agera signalmolekyler i växtcellerna på ett hormonliknande sätt [48]. De påverkas mindre av miljön än vad humussyror gör, men löper också högre risk att lakas ur jorden.

Humussyror är mer komplexa. Det finns både små och reaktiva, samt stora och stabila humussyror. De minsta och mest reaktiva humussyrorna uppvisar stimulerande effekter på växter redan vid låga doser [50]. Dessa är tillräckligt små för att kunna interagera med cellerna på hormonliknande sätt. Stora, stabila humussyror kräver ofta högre doser för att uppnå effekter [50]. De kan däremot vara viktiga i bildandet av aggregat med jordpartiklar och andra humusämnen. Teorin är att växten genom sitt rotexudat kan frigöra de små, reaktiva humusämnen ur dessa jordaggregat över tid [54].

Innehållet av olika humusämnen är en mycket viktig faktor i hur en produkt verkar i fält. Produkter med högt innehåll av fulvinsyror är bättre lämpade för sprutning på bladverket där de kan verka direkt på växten. Produkter med större andel av humussyror kan däremot lämpa sig som jordbehandling, där de kan verka över en längre tid i rotzonen.

De flesta produkter innehåller en blandning av fulvinsyror och humussyror och varierar stort i koncentration. Det kan också vara viktigt att se till mångfalden av humusämnen i produkten. Produkter som extraherats från komplexa råvaror, såsom kompost, kan ha starkare effekt än produkter från mer homogena råvaror, som exempelvis leonardit [54]. Optimal appliceringsmetod och dosering kan se väldigt olika ut för olika produkter, och måste anpassas för varje enskild gröda och odlingssystem.



Testa och utvärdera växtbiostimulerande produkter i en mindre omfattning och i flera av gårdens grödor. Foto: Pauliina Jonsson

8.3 Biopolymerer

Biopolymerer är ännu en relativt liten grupp inom växtbiostimulanterna. En biopolymer kan liknas vid en lång kedja av molekyler sammansatta i ett mönster. De kan ha olika ursprung, sammansättning och funktioner i växter. Biopolymerer kan omfatta polypeptider, lignosulfater [56] och olika polysackarider från alger [57]. Dessa stimulerar ofta tillväxt och stressresponser i växterna genom att aktivera olika signalvägar i växten [56], [57]. Kitin, kitosan och deras derivat är andra exempel på vanligt förekommande biopolymerer som historiskt har klassats som växtbiostimulanter [2]. Dessa används för att stimulera olika processer kopplade till skydd mot stress och angrepp. De kan beskrivas som djur- och svamprikets motsvarighet till cellulosa och de finns bland annat i svamparnas cellväggar, insektsskal och i fiskfjäll. Eftersom biopolymerer kan användas i växtskyddssyfte är det inte helt säkert att kitinbaserade produkter kommer att registreras som växtbiostimulanter under EU:s nya förordning. I dagsläget är till exempel kitosanhydroklorid registrerad som en allmänkemikalie inom EU.

8.4 Övriga växtbiostimulerande ämnen

Det finns flera andra grupper av ämnen som kan ha växtbiostimulerande verkan. Till exempel:

- Vitaminprodukter som kan aktivera försvarsresponsen *inducerad-stress-resistens* i växten, öka stresstoleransen, samt aktivera enzym som använder vitaminer som co-enzym [58]–[60].
- Enskilda aminosyror som betain är osmolyter som produceras och tas upp i många växtceller och bidrar till att upprätthålla rätt osmotisk balans i cellen [42]. Betainbehandling medför en ökad torkstresstolerans i ett stort antal växter [42]
- Många oorganiska salter, som exempelvis klorider, fosfater, fosfiter, silikater och karbonater, kan påverka växters osmotiska balans, pH och redox-värden (reduktion och oxidation reaktion), samt hormoner och enzymer involverade i stressresponser [2].
- Vissa kemiska grundämnen är gynnsamma för specifika växtsläkten eller arter, och brukar därför inte klassas som traditionell växtnäring [2]. Det rör sig huvudsakligen om aluminium, koppar, natrium, selen, kisel och kobolt. Växterna kan ha nytta av cellväggsstärkande kisel, lagra selen som skydd mot patogener eller använda natrium som skydd mot osmotisk stress.

9. Lathund för olika kategorier av växtbiostimulanter

Nedan finns en översiktlig lathund för vad olika växtbiostimulanter innehåller och vilka effekter de kan ha på växter. Tabellen är en förenkling av verkligheten, och tar upp enbart de mest omnämnda effekterna i litteraturen. Det är viktigt att tänka på att dosering, odlingsbetingelser, gröda, sort och appliceringsmetod har stor inverkan på resultatet av en behandling. Olika produkter kan också skilja avsevärt i innehåll och effekt. Fel dos kan i värsta fall leda till negativa effekter såsom tillväxthämning eller fytotoxicitet som till exempel brännskador.

KATEGORI	NYCKELORD	TILLFÖR FRÄMST	TYDLIGAST EFFEKTER
Bakterier Svampar	probiotika*	mikroorganismer	Förbättrar näringsupptag och skydd mot olika former av stress genom effekter på näringsprocesser i jord och växt samt stimulering av hormonella processer i växten
Kompostbaserade produkter	probiotika*	näringsämnen, humusämnen, fytosteroner och andra signalämnen (ofta även mikroorganismer)	Förbättrar näringsupptag och skydd mot olika former av stress genom effekter på näringsprocesser i jord och växt samt stimulering av hormonella processer i växten
Algbaserade produkter	vitalitet	mikronäringsämnen, polysackarider, fenoler, fytosteroner och andra signalämnen	Förbättrar växtens allmäntillstånd och grundläggande skydd mot stress genom tillförsel av skyddande ämnen och stimulering av hormonella och metaboliska processer i växten
Växtbaserade produkter	kvalitet	fenoler och olika signalämnen	Förbättrar kvalitetsaspekter samt grundläggande skydd mot stress genom tillförsel av antioxidanter
Proteinhydrolysat	ämneshomsättning	peptider och aminosyror	Ökar omsättningen av kol och kväve i växten genom att stimulera växtens ämneshomsättning
Humusbaserade ämnen	näringsupptag	humussyror och fulvinsyror	Förbättrar och effektiviserar näringsupptag genom effekter på näringsprocesser i jord och växt samt stimulering av rottillväxt och rotförgrening
Biopolymerer	signalering	polyaminer, polysackarider eller liginosulfonater	Aktiverar stress- och försvarsresponser och stimulerar tillväxt genom olika signalvägar i växten
Isolerade ämnen	specifikt för varje enskilt ämne		

*Probiotika är goda bakterier som när de ges i tillräckliga mängder ger hälsofördelar för växterna.

När du vill testa en växtbiostimulant

Vid test av växtbiostimulanter , tänk på följande:

- Välj en växtbiostimulant som testats i oberoende försök.
- Kom ihåg att produkter inom samma kategori kan skilja i kvalitet och effekt. Kontakta gärna tillverkaren eller återförsäljaren för försöksresultat.
- Välbeprövade produkter fungerar inte på alla grödor och i alla odlings-sammanhang. Skaffa dig kunskap om produkten har testats på din gröda och under förutsättningar som liknar din odling.
- Testa produkten i mindre skala under flera säsonger och under olika förutsättningar. Var försiktig om du kombinerar produkten med andra preparat.
- Glöm inte att fråga andra rådgivare och odlare om deras erfarenhet av olika produkter.



Det finns mest kunskap kring användning av växtbiostimulanter i hortikulturella kulturer. Preparat testas nu i lantbruksgrödor i fält. Det kan vara jordbehandlingar innan potatisodling eller användning av bladpreparat i spannmålsodling. Foto: Pauliina Jonsson

10. Förklaringar till några begrepp

Arbuskulär	Vid denna form av symbios tränger svamphyferna in i rotcellerna och bildar där ett nystan, som med hjälp av enzymer omvandlas till proteiner.
Bioaktiv	Ett ämne som har effekt på levande celler.
Biotrof	Mikroorganismer som livnär sig på levande celler.
Fytohormon	Ämnen som tillverkas i växter och vars funktion är att reglera tillväxt och utveckling.
Fytotoxisk	Ämnen som ger skador i växter (även människor och djur i andra sammanhang).
Hormonliknande	Ger i kontrollerade miljöer upphov till effekter som kan liknas med fytohormoner.
Hydrofil	"Vattenälskande". Ett ämne som är lösligt i vatten.
Hydrofob	"Vattenskyende". Ett ämne som inte är lösligt i vatten.
Hydrolys	En kemisk process där molekyler klyvs efter behandling med vatten.
Hydroponisk	Odling av växter i kärl med vatten, där näring tillförs direkt genom vattnet.
Inert	En substans eller ett ämne som inte reagerar med sin omgivning.
Inokulera	Ympning av en mikroorganism i en ny levnadsmiljö.
Katjonbyteskapacitet	Partiklarnas förmåga att genom elektrokemiska processer attrahera och binda näringsämnen.
Kelat	Ämnen som kapslar in växtnäringsämnen för att göra de mer växttillgängliga.
Klyvöppning	Öppningar i växtens blad som används för att reglera avdunstning av vatten och gaser.
Mikrobiom	De mikroorganismer som lever samlade i en viss biologisk miljö.
Nekrotrof	Mikroorganismer som dödar de angripna växtcellerna innan de tillgodogör sig innehållet.
Obligat symbiont	En organism som endast kan överleva och reproducera sig inuti sin värd.
Osmolyt	Föreningar som är viktiga för att upprätthålla rätt osmotisk tryck i cellen.
Primär metabolism	Processer involverade i växtens grundläggande tillväxt, utveckling och reproduktion.
Probiotika	Främjande bakterier som när de ges i tillräckliga mängder ger hälsofördelar.
Sekundär metabolism	Processer involverade i sekundära funktioner, såsom interaktioner med omgivningarna.

Källhänvisningar

- [1] Market Data Forecast ltd., "Europe Biostimulants Market by Type and Size | Industry Report 2020-2025", *Market Data Forecast*. <http://www.marketdataforecast.com/> (åtkomstdatum jan. 20, 2021).
- [2] P. du Jardin, "Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 3–14, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.
- [3] K. Markmann och M. Parniske, "Evolution of root endosymbiosis with bacteria: how novel are nodules?", *Trends in Plant Science*, vol. 14, nr 2, s. 77–86, feb. 2009, doi: 10.1016/j.tplants.2008.11.009.
- [4] M. Ruzzi och R. Aroca, "Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 124–134, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.042.
- [5] Y. Bashan, L. E. de-Bashan, S. R. Prabhu, och J.-P. Hernandez, "Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013)", *Plant Soil*, vol. 378, nr 1–2, s. 1–33, maj 2014, doi: 10.1007/s11104-013-1956-x.
- [6] R. Backer *m.fl.*, "Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture", *Front. Plant Sci.*, vol. 9, s. 1473, okt. 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.01473.
- [7] B. Tabassum *m.fl.*, "Bottlenecks in commercialisation and future prospects of PGPR", *Applied Soil Ecology*, vol. 121, s. 102–117, dec. 2017, doi: 10.1016/j.apsoil.2017.09.030.
- [8] C. M. J. Pieterse, C. Zamioudis, R. L. Berendsen, D. M. Weller, S. C. M. Van Wees, och P. A. H. M. Bakker, "Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes", *Annual Review of Phytopathology*, vol. 52, nr 1, s. 347–375, aug. 2014, doi: 10.1146/annurev-phyto-082712-102340.
- [9] J. Köhl, K. Booiij, R. Kolnaar, och W. J. Ravensberg, "Ecological arguments to reconsider data requirements regarding the environmental fate of microbial biocontrol agents in the registration procedure in the European Union", *BioControl*, vol. 64, nr 5, s. 469–487, okt. 2019, doi: 10.1007/s10526-019-09964-y.
- [10] S. Timmusk, L. Behers, J. Muthoni, A. Muraya, och A.-C. Aronsson, "Perspectives and Challenges of Microbial Application for Crop Improvement", *Front. Plant Sci.*, vol. 8, feb. 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.00049.

- [11] S. Pal, H. B. Singh, A. Farooqui, och A. Rakshit, "Commercialization of Arbuscular Mycorrhizal Technology in Agriculture and Forestry", i *Agriculturally Important Microorganisms*, H. B. Singh, B. K. Sarma, och C. Keswani, Red. Singapore: Springer Singapore, 2016, s. 97–105.
- [12] Y. Rouphael m.fl., "Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 91–108, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.002.
- [13] M. Cosme, I. Fernández, M. G. A. Van der Heijden, och C. M. J. Pieterse, "Non-Mycorrhizal Plants: The Exceptions that Prove the Rule", *Trends in Plant Science*, vol. 23, nr 7, s. 577–587, juli 2018, doi: 10.1016/j.tplants.2018.04.004.
- [14] H. A. El Enshasy, S. Z. Hanapi, R. A. Malek, S. A. Abdelgalil, och O. M. Leng, "Endophytic Fungi: The Desired Biostimulants for Essential Oil Production", i *Advances in Endophytic Fungal Research*, B. P. Singh, Red. Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 211–232.
- [15] A. Kumar, R. Singh, och A. Adholeya, "Biotechnological Advancements in Industrial Production of Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Achievements, Challenges, and Future Prospects", i *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology*, T. Satyanarayana, S. K. Deshmukh, och B. N. Johri, Red. Singapore: Springer Singapore, 2017, s. 413–431.
- [16] M. Vosátka, A. Látr, S. Gianinazzi, och J. Albrechtová, "Development of arbuscular mycorrhizal biotechnology and industry: current achievements and bottlenecks", *Symbiosis*, vol. 58, nr 1–3, s. 29–37, dec. 2012, doi: 10.1007/s13199-012-0208-9.
- [17] M. W. Schwartz m.fl., "The promise and the potential consequences of the global transport of mycorrhizal fungal inoculum", *Ecol Letters*, vol. 9, nr 5, s. 501–515, maj 2006, doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00910.x.
- [18] D. D. Cameron, A. L. Neal, S. C. M. van Wees, och J. Ton, "Mycorrhiza-induced resistance: more than the sum of its parts?", *Trends in Plant Science*, vol. 18, nr 10, s. 539–545, okt. 2013, doi: 10.1016/j.tplants.2013.06.004.
- [19] P. du Jardin, "The science of plant biostimulants - a bibliographic analysis". Publications Office of the EU, apr. 01, 2012, Åtkomstdatum: okt. 15, 2019. [Online]. Tillgänglig vid: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5c1f9a38-57f4-4f5a-b021-cad867c1ef3c>.
- [20] W. S. Wong, H. T. Zhong, A. T. Cross, och J. W. H. Yong, "Plant Biostimulants in Vermicomposts", i *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*, John Wiley & Sons, Ltd, 2020, s. 155–180.

- [21] R. Joshi, J. Singh, och A. P. Vig, "Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants", *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 14, nr 1, s. 137–159, mar. 2015, doi: 10.1007/s11157-014-9347-1.
- [22] J. Pathma och N. Sakthivel, "Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential", *SpringerPlus*, vol. 1, nr 1, dec. 2012, doi: 10.1186/2193-1801-1-26.
- [23] S. S. Bidabadi, "Waste management using vermicompost derived liquids in sustainable horticulture", *Trends in Horticulture*, vol. 1, nr 3, aug. 2018, doi: 10.24294/th.v1i3.175.
- [24] S. Quaik och M. H. Ibrahim, "A Review on Potential of Vermicomposting Derived Liquids in Agricultural Use", vol. 3, nr 3, s. 6, 2013.
- [25] K. Donohoe, "Chemical and Microbial Characteristics of Vermicompost Leachate and their Effect on Plant Growth", *School of Life and Environmental Science, The University of Sydney*, vol. 2018, s. 287, 2018.
- [26] J. S. Craigie, "Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture", *J Appl Phycol*, vol. 23, nr 3, s. 371–393, juni 2011, doi: 10.1007/s10811-010-9560-4.
- [27] W. A. Stirk, K. R. R. Rengasamy, M. G. Kulkarni, och J. van Staden, "Plant Biostimulants from Seaweed", i *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*, John Wiley & Sons, Ltd, 2020, s. 31–55.
- [28] D. Battacharyya, M. Z. Babgohari, P. Rathor, och B. Prithiviraj, "Seaweed extracts as biostimulants in horticulture", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 39–48, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.012.
- [29] A. Dmytryk och K. Chojnacka, "Algae As Fertilizers, Biostimulants, and Regulators of Plant Growth", i *Algae Biomass: Characteristics and Applications*, K. Chojnacka, P. P. Wiczorek, G. Schroeder, och I. Michalak, Red. Cham: Springer International Publishing, 2018, s. 115–122.
- [30] M. Pylak, "Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit", *Rev Environ Sci Biotechnol*, s. 20, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>.
- [31] A. M. Martínez-Gil, T. Garde-Cerdán, A. Zalacain, A. I. Pardo-García, och M. R. Salinas, "Applications of an oak extract on Petit Verdot grapevines. Influence on grape and wine volatile compounds", *Food Chemistry*, vol. 132, nr 4, s. 1836–1845, juni 2012, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.12.016.
- [32] A. M. Martínez-Gil, T. Garde-Cerdán, L. Martínez, G. L. Alonso, och M. R. Salinas, "Effect of Oak Extract Application to Verdejo Grapevines on Grape

- and Wine Aroma”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 59, nr 7, s. 3253–3263, apr. 2011, doi: 10.1021/jf104178c.
- [33] A. I. Pardo-García, A. M. Martínez-Gil, E. Cadahía, F. Pardo, G. L. Alonso, och M. R. Salinas, ”Oak extract application to grapevines as a plant biostimulant to increase wine polyphenols”, *Food Research International*, vol. 55, s. 150–160, jan. 2014, doi: 10.1016/j.foodres.2013.11.004.
 - [34] A.-R. M. A. Merwad, ”Using Moringa oleifera extract as biostimulant enhancing the growth, yield and nutrients accumulation of pea plants”, *Journal of Plant Nutrition*, vol. 41, nr 4, s. 425–431, feb. 2018, doi: 10.1080/01904167.2017.1384012.
 - [35] M. A. Mona, ”The potential of Moringa oleifera extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants”, *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 5, nr 3, s. 42–49, sep. 2013, doi: 10.5897/IJPPB2012.026.
 - [36] A. Ertani, D. Pizzeghello, O. Francioso, A. Tinti, och S. Nardi, ”Biological Activity of Vegetal Extracts Containing Phenols on Plant Metabolism”, *Molecules*, vol. 21, nr 2, s. 205, feb. 2016, doi: 10.3390/molecules21020205.
 - [37] A. Ertani, P. Sambo, C. Nicoletto, S. Santagata, M. Schiavon, och S. Nardi, ”The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture”, *Chem. Biol. Technol. Agric.*, vol. 2, nr 1, s. 11, dec. 2015, doi: 10.1186/s40538-015-0039-z.
 - [38] A. Ertani, M. Schiavon, A. Altissimo, C. Franceschi, och S. Nardi, ”Phenol-containing organic substances stimulate phenylpropanoid metabolism in *Zea mays*”, *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, vol. 174, nr 3, s. 496–503, juni 2011, doi: 10.1002/jpln.201000075.
 - [39] G. Schaafsma, ”Safety of protein hydrolysates, fractions thereof and bioactive peptides in human nutrition”, *Eur J Clin Nutr*, vol. 63, nr 10, s. 1161–1168, okt. 2009, doi: 10.1038/ejcn.2009.56.
 - [40] G. Colla m.fl., ”Biostimulant Action of Protein Hydrolysates: Unraveling Their Effects on Plant Physiology and Microbiome”, *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, dec. 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.02202.
 - [41] G. Colla m.fl., ”Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture”, *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 28–38, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.037.
 - [42] M. Ashraf och M. R. Foolad, ”Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance”, *Environmental and Experimental Botany*, vol. 59, nr 2, s. 206–216, mar. 2007, doi: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.

- [43] Y. Roupshael, M. Cardarelli, P. Bonini, och G. Colla, "Synergistic Action of a Microbial-based Biostimulant and a Plant Derived-Protein Hydrolysate Enhances Lettuce Tolerance to Alkalinity and Salinity", *Front. Plant Sci.*, vol. 08, feb. 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.00131.
- [44] J. Pecha, T. Fürst, K. Kolomazník, V. Friebrová, och P. Svoboda, "Protein biostimulant foliar uptake modeling: The impact of climatic conditions", *AIChE Journal*, vol. 58, nr 7, s. 2010–2019, juli 2012, doi: 10.1002/aic.12739.
- [45] A. Piccolo, "The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science", i *Advances in Agronomy*, vol. 75, Elsevier, 2002, s. 57–134.
- [46] D. Petrov, D. Tunega, M. H. Gerzabek, och C. Oostenbrink, "Molecular Dynamics Simulations of the Standard Leonardite Humic Acid: Microscopic Analysis of the Structure and Dynamics", *Environ. Sci. Technol.*, vol. 51, nr 10, s. 5414–5424, maj 2017, doi: 10.1021/acs.est.7b00266.
- [47] M. H. B. Hayes, R. Mylotte, och R. S. Swift, "Humin", i *Advances in Agronomy*, vol. 143, Elsevier, 2017, s. 47–138.
- [48] P. Calvo, L. Nelson, och J. W. Kloepper, "Agricultural uses of plant biostimulants", *Plant and Soil*, vol. 383, nr 1–2, s. 3–41, okt. 2014, doi: 10.1007/s11104-014-2131-8.
- [49] M. T. Rose, A. F. Patti, K. R. Little, A. L. Brown, W. R. Jackson, och T. R. Cavanaugh, "A Meta-Analysis and Review of Plant-Growth Response to Humic Substances", i *Advances in Agronomy*, vol. 124, Elsevier, 2014, s. 37–89.
- [50] A. C. García m.fl., "Structure-Property-Function Relationship in Humic Substances to Explain the Biological Activity in Plants", *Scientific Reports*, vol. 6, nr 1, feb. 2016, doi: 10.1038/srep20798.
- [51] L. Zanin, N. Tomasi, S. Cesco, Z. Varanini, och R. Pinton, "Humic Substances Contribute to Plant Iron Nutrition Acting as Chelators and Biostimulants", *Frontiers in Plant Science*, vol. 10, maj 2019, doi: 10.3389/fpls.2019.00675.
- [52] D. C. Olk, D. L. Dinnes, J. Rene Scoresby, C. R. Callaway, och J. W. Darlington, "Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—a review", *Journal of Soils and Sediments*, vol. 18, nr 8, s. 2881–2891, aug. 2018, doi: 10.1007/s11368-018-1916-4.
- [53] G. Lyons och Y. Genc, "Commercial Humates in Agriculture: Real Substance or Smoke and Mirrors?", *Agronomy*, vol. 6, nr 4, s. 50, okt. 2016, doi: 10.3390/agronomy6040050.
- [54] L. P. Canellas m.fl., "Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, s. 15–27, nov. 2015, doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.

- [55] L. P. Canellas och F. L. Olivares, "Physiological responses to humic substances as plant growth promoter", *Chem Biol Techn Agric*, vol. 1, nr 1, s. 3, 2014, doi: 10.1186/2196-5641-1-3.
- [56] L. Lucini, Y. Roupael, M. Cardarelli, P. Bonini, C. Baffi, och G. Colla, "A Vegetal Biopolymer-Based Biostimulant Promoted Root Growth in Melon While Triggering Brassinosteroids and Stress-Related Compounds", *Front. Plant Sci.*, vol. 9, s. 472, apr. 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.00472.
- [57] F. Rachidi, R. Benhima, Y. Kasmi, L. Sbabou, och H. E. Arroussi, "Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches", *Sci Rep*, vol. 11, nr 1, Art. nr 1, jan. 2021, doi: 10.1038/s41598-020-78820-2.
- [58] A. Hamada och A. Al-Hakimi, "Exogenous ascorbic acid or thiamine increases the resistance of sunflower and maize plants to salt stress", *Acta Agronomica Hungarica*, vol. 57, nr 3, s. 335–347, sep. 2009, doi: 10.1556/AAgr.57.2009.3.8.
- [59] I.-P. Ahn, S. Kim, och Y.-H. Lee, "Vitamin B 1 Functions as an Activator of Plant Disease Resistance", *Plant Physiology*, vol. 138, nr 3, s. 1505–1515, juli 2005, doi: 10.1104/pp.104.058693.
- [60] A. M. Hamada och L. M. V. Jonsson, "Thiamine treatments alleviate aphid infestations in barley and pea", *Phytochemistry*, vol. 94, s. 135–141, okt. 2013, doi: 10.1016/j.phytochem.2013.05.012.
- [61] U. Pesticide Research Institute, "Vitamins B₁, C and E". Technical Evaluation Report for the USDA National Organic Program, apr. 01, 2015.
- [62] A. O. Aremu *m.fl.*, "Physiological role of phenolic biostimulants isolated from brown seaweed *Ecklonia maxima* on plant growth and development", *Planta*, vol. 241, nr 6, s. 1313–1324, juni 2015, doi: 10.1007/s00425-015-2256-x.
- [63] K. R. R. Rengasamy, "Eckol Improves Growth, Enzyme Activities, and Secondary Metabolite Content in Maize (*Zea mays* cv. Border King)", *J Plant Growth Regul*, s. 7, 2015, doi: DOI:10.1007/s00344-015-9479-8.
- [64] K. R. R. Rengasamy, M. G. Kulkarni, S. C. Pendota, och J. Van Staden, "Enhancing growth, phytochemical constituents and aphid resistance capacity in cabbage with foliar application of eckol – a biologically active phenolic molecule from brown seaweed", *New Biotechnology*, vol. 33, nr 2, s. 273–279, mar. 2016, doi: 10.1016/j.nbt.2015.11.002.



Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se
www.jordbruksverket.se

OVR572



Europeiska jordbruksfonden
för landsbygdsutveckling, Europa
investerar i landsbygdsområden