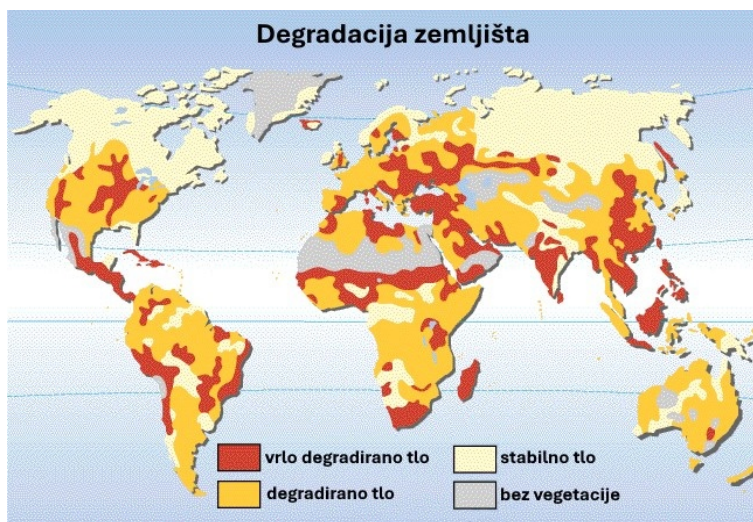


Biostimulatori i njihova primjena u biljnoj proizvodnji

prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Suvremena poljoprivreda neprestano se razvija i unapređuje pa je sve više inovativnih rješenja za povećanje visine i kvalitete uroda, veću efikasnost gnojidbe uz manji rizik za devastaciju tla i onečišćenje okoliša. Brzi porast prinosa dogodio se između 1950. i 1960. godine selekcijom visokoprinosnih sorti i unapređenjem agrotehničkih mjera uzgoja, odnosno *prve zelene revolucije*. Napredak je nastavljen rješavanjem osjetljivosti biljaka na bolesti i štetnike, istraživanjem povećanja potencijala fotosinteze, kapaciteta akumulacije asimilata i tolerancije na stresove okoliša uz sve veći uzgoj GMO biljaka (*druga zelena revolucija*). Suvremenu poljoprivredu obilježava sve prisutnija praksa primjene podataka i komunikacijskih tehnologija koje se najčešće označava kao *pametna poljoprivreda* ili *treća zelena revolucija*. Trenutno, *suvremena biljna proizvodnja sve više istražuje primjenu biostimulato*ra, a njihova primjena postala je uobičajena praksa u poticanju rasta, poboljšanju usvajanja hraniva, zaštiti od stresa i povećanju prinosa bolje kvalitete.

Primjena sve efikasnijih mineralnih gnojiva i sintetskih pesticida dugo je bio glavni oslonac uspješne biljne proizvodnje osiguravajući usjevima esencijalne elemente biljne ishrane, ali i zaštitu od štetnika i bolesti. *Međutim, njihova primjena nije bila bez ozbiljnih posljedica jer se njihovim gubicima u okoliš te destruktivnim utjecajem na kemijsko-fizikalna svojstva tla, kao i negativan utjecaj na okoliš* (najčešće ispiranjem i isparavanjem) dovelo je do značajnih problema (Slika 1.).



Slika 1. *Degradacija zemljišta primjena nije bila bez ozbiljnih posljedica jer se njihovim gubicima u okoliš te destruktivnim utjecajem na kemijsko-fizikalna svojstva tla, kao i negativan utjecaj na okoliš* (najčešće ispiranjem i isparavanjem) dovelo je do značajnih problema (Slika 1.).

Tlo je najveći i najznačajniji prirodni resurs čovječanstva. *Nažalost, pretjeranim ili neodgovornim korištenjem tla dolazi do pada njegove produktivnosti uz različiti stupanj degradacije, a proces upropaštavanja tla je gotovo uvijek jednosmjernan, bez realne mogućnosti vraćanja u prethodno stanje*. U procesu degradacije tla promjene su prividno male, barem u životu jedne ljudske generacije, što smanjuje potrebnu pozornost i odlaže pravovremeno poduzimanje mjera za zaustavljanje destruktivnih procesa. Stoga, briga o zemljišnim resursima, njegovim prirodnim bogatstvima i biološkoj raznolikosti sve više zaokuplja širu populaciju, a ne samo poljoprivredne proizvođače te sve više postaje odgovornost cjelokupne društvene zajednice

U prirodi ljudi je da probleme pokušavaju riješiti brzo, jeftino i jednostavno što je otvorilo širok prostor za primjenu *aditiva za gnojiva* (poboljšanje kvalitete i stabilnosti gnojiva, čvrstoće granula, sprečavanje gubitka hranjivih tvari i dr.) poput fosfora, sumpora, dušika i kalija iz tla i okoliša) i pesticida (površinski aktivne tvari, ulja, sredstva za zakiseljavanje i puferi, pomoćna sredstva za gnojiva i dr.), a zatim i primjenu različitih *biostimulato*ra (*fitostimulato*ra, *bioefektora*), odnosno *fiziološki aktivnih tvari*. Prvi komercijalni biostimulator (*agrostemin*) pojavio se na našim prostorima prije 50-ak godina pa je to zapravo povod za ovaj tekst, a dobiven je iz kukolja (*Agrostemma githago*) i još nekih korova, kao i dodatak mikroelemenata i vjerojatno nekih *fitohormona*. *Agrostemin* se primjenjivao masovno, ali pokazao se uspješnim uglavnom na području Latinske Amerike na siromašnim, slabo plodnim tlima. Zapravo, ne postoje čvrsti znanstveni dokazi koji bi potvrdili da kukolj ima povoljan utjecaj na pšenicu, ali je dokazano da djeluje negativno na pšenicu i druge usjeve kao konkurent na svjetlo, vodu i hraniva, kao domaćin patogenim organizmima i putem onečišćenja uroda.

Od pojave *Agrostemina*, pa sve do danas, pojavio se niz biostimulatora za koje se tvrdilo da mogu povećati prinos i njegovu kvalitetu, smanjiti štetne učinke suše, mraza, štetnika i različitih patogena, povećati otpornost na stres, utjecati na bolje ukorjenjivanje biljaka i brži početni rast, bolje korištenje vode i smanjiti potrebu za gnojdbom. U tu svrhu koriste se različite *aminokiseline*, *huminske i fulvokiseline*, *bakterije*, *gljive*, *mineralni elementi* (najčešće silicij, titan i jod), *vitamini*, *fosfiti (fosfonati)* i dr. Primjenjuju se najčešće folijarno u različitim stadijima vegetacije, zatim u tlo prije sadnje ili presađivanja biljaka i u hranjivim otopinama za hidroponski uzgoj. Priroda biostimulatora je raznolika kao i njihove fiziološke funkcije. To može biti određena tvar, smjesa više komponenti i/ili mikroorganizama. *Biostimulatori mogu biti biljni hormoni (fiziološki aktivne tvari) te regulirati fiziološke procese kao aktivatori (auksini, gibberelini, citokinini i etilen), ali i inhibitori (dormini, defolijanti, desikanti i herbicidi) te retardanti*, uglavnom sintetskog podrijetla (npr. CCC) te prirodni inhibitori, npr. različiti *fenolni i terpenoidni spojevi*, neki *amini, aldehidi, ketoni, alkaloidi* i dr. spojevi.

Biostimulatori nisu precizno definirani te je potrebno naglasiti da to nisu hranjive tvari, ali mogu olakšati njihov usvajanje, poticati rast ili otpornost na stres. *Budući da su antioksidansi npr. antocijani ili osmoprotektori, npr. prolin*, njihova primjena može pvisiti toleranciju biljaka na nepovoljne uvjete okoliša kao što su hladnoća, suša, slanost, kemijska kontaminacija ili toksičnost teških metala. Također, *biostimulatori* ne djeluju izravno na štetočine, te nisu niti pesticidi, pa se često koristi definicija: *“Biljni biostimulator je svaka tvar ili mikroorganizam koji se primjenjuje na biljke s ciljem poboljšanja učinkovitosti ishrane, tolerancije na abiotički stres i/ili svojstava kvalitete usjeva, bez obzira na sadržaj hranjivih tvari”*. *Novonastala paradigma naglašava da biljke nisu samostalni organizmi unutar svog biotopa (staništa) već su domaćini i partneri brojnoj mikrobioti* (mikroorganizmima, bakterijama i gljivicama), kako izvan, tako i unutar njezinih tkiva, omogućuju im da odgovore i prilagode se *abiotičkim i biotičkim stresovima*. Razumno je pretpostaviti da ako možemo funkcionalno povezati ove asocijacije živih organizama, tada možemo ojačati njihovu ulogu u zaštiti biljaka od stresa.

Važno je naglasiti da kad u tlu nema dovoljno hraniva, niti rezervnih hraniva koja bi se mogla aktivirati, *biostimulatori* ne mogu povećati njihovu količinu pa niti prinos biljaka. Međutim, *mobilizacija* organskih rezervi tla bez nadoknade iznesenih hraniva mineralnom ili organskom gnojdbom na dulji rok je problematična praksa. *Proces oslobađanja elemenata iz organske tvari do pristupačnih oblika naziva označava se kao mineralizacija ili mobilizacija hraniva*. Podrazumijevaju se svi procesi koji vode do transformacije nepristupačnih organskih rezervi u pristupačna hraniva, odnosno razgradnju humusa kao veoma kompleksne organske tvari do nisko molekularnih organskih spojeva podložnih mineralizaciji ili izravno pogodnih za usvajanje korijenom, kad im je molekularna masa mala (<1.000 kDa).

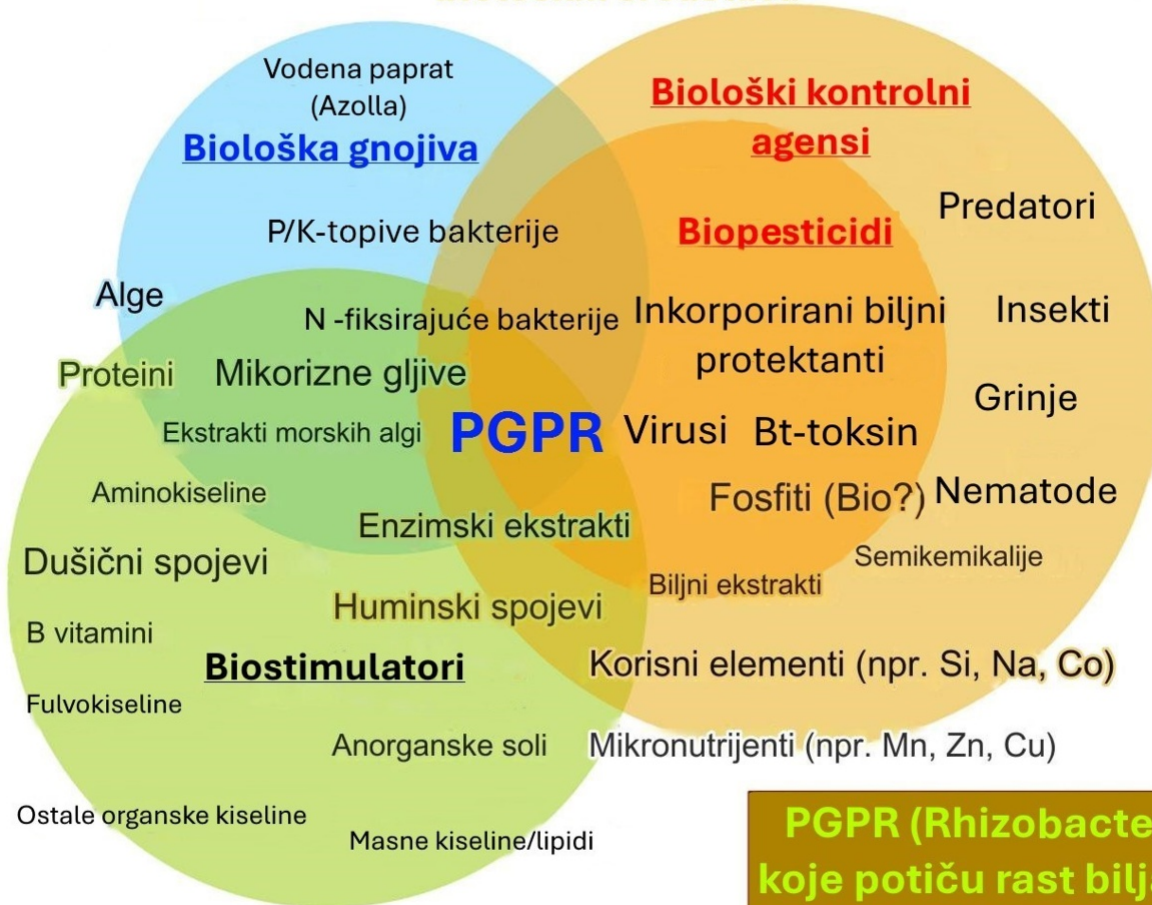
Meta-analiza 180 studija učinkovitosti primjene biostimulatora (većina istraživanja provedena je u euroazijskim i mediteranskim regijama u uvjetima umjerene klime) pokazala je da je primjena biostimulatora djelovala pozitivno na prinos u rasponu 8,5 - 30,8 %, ali je metodologija primjene bila važna za njihovu učinkovitost, a efekt je bio veći s povećanjem doze. Povrće je najviše reagiralo povećanjem prinosa, a povrće koje se uzgaja zbog gomolja i korijena znatno manje. Mahunarke su značajno bolje reagirale na primjenu biostimulatora nego voće, žitarice i drugi usjevi. Također, mahunarke su značajno bolje reagirale na primjenu biostimulatora u odnosu na voće, žitarice i druge usjeve. Generalno se moglo zaključiti kako su biostimulatori bili efikasniji u neoptimalnim (lošijim) uvjetima uzgoja.

Budući kako različita bakterijska gnojiva i drugi stimulatori koji aktiviraju hraniva (razlažu zapravo rezerve hraniva) osiromašuju i degradiraju tlo snižavajući najprije sadržaj humusa što postupno narušava strukturu tla. *Koloidne čestice (glina i humusne tvari) se premještaju u dublje slojeve tla (eluvijacija)* što dovodi do njegove *kompakcije (zbijanja)*, pojave *pokorice* i *zakiseljavanje tla*, *erozije* te pogoršava *vodno-zračni režim*, *odnosno ubrzava sve negativne procese biološke, fizikalne, kemijske i ekološke degradacije tla*. Podsjećam kako je degradacija tla izazvala nestanak čitavih civilizacija, npr. Mezopotamije i Rimskog carstva te kroz povijest uništila poljoprivredu mnogih zemalja i regija.

Otuda *biostimulatori* nisu univerzalno rješenje, ali mogu biti posebno korisni pod određenim uvjetima u biljnoj proizvodnji, naročito *organskoj (ekološkoj) poljoprivredi* jer oni djeluju stimulirajući prirodne procese te neizravno osiguravaju hranjive tvari mobilizirajući rezervna hraniva. Dakle, biostimulacija nije zamjena za dobre poljoprivredne prakse poput pravilne gnojidbe, navodnjavanja ili suzbijanja štetočina, ali u određenim uvjetima može poboljšati rast biljaka, otpornosti na različite stresove i ukupnu proizvodnju. Stoga primjena biostimulatori neće magično promijeniti loše zemljišne, klimatske ili agrotehničke uvjete u pogodne, ali može pomoći u ublaživanju negativnih efekata u biljnoj proizvodnji.

Budući da je u EU i u drugim dijelovima svijeta jako poraslo tržište biljnih stimulatora, tvari biološke kontrole (biopesticidi), bakterijalnih gnojiva i drugih preparat s mikroorganizmima koji pospješuju rast bilja (*Plant Growth Promoting Microorganisms; PGPM*), predložena je standardizacija tih proizvoda (Slika 2.). Naime, za razliku od registriranih *PGPM* i *PPP preparata (Plant Protection Products)*, često se korištenje biostimulatora neutemeljeno reklamira uz tvrdnje da će doprinijeti održivoj poljoprivrednoj praksi povećanjem rasta usjeva i prinosa te ponuditi alternativu ili zamjenu za smanjenje ovisnosti poljoprivrede o opasnim agrokemikalijama. Zbog toga se predlažu smjernice za dizajn i provedbu terenskih ispitivanja *PGPM*, kao i preporuke za vrstu i opseg prikupljanja i evaluaciju podataka. Na taj način biostimulatori, uključujući *PGPM* (npr. rodovi bakterija *Azotobater*, *Azospirillum* i *Rhizobium* koji fiksiraju N_2 ili *mikorizne gljive*) morali bi biti registriran kao *PPP*, *biognojivo* ili *biostimulator* i moraju ispunjavati odgovarajuće posebne zahtjeve, kako se predlaže za različite kategorije EU gnojidbenih proizvoda uključujući *mikrobne* i *nemikrobne biljne biostimulatore*.

Kategorije proizvoda i aktivnih tvari poljoprivrednih bioloških sredstava



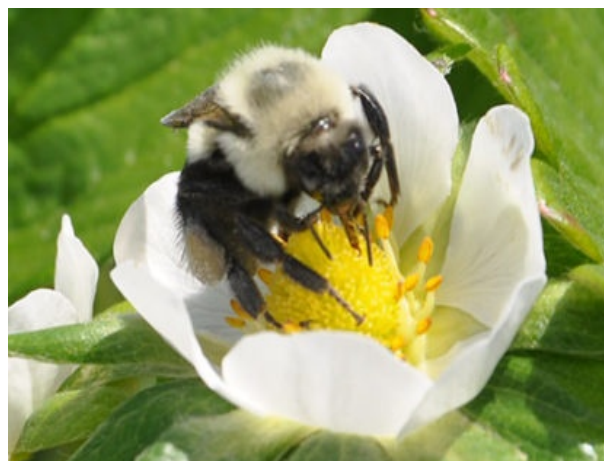
Slika 2. *Kategorije proizvoda i odgovarajuće vrste aktivnih tvari poljoprivrednih bioloških sredstava za biljnu proizvodnju*

Bez obzira na često upitnu efikasnost primjene biostimulatora, poljoprivredno zemljište je sve ograničeniji resurs, a klimatske promjene rezultiraju sve više vremenskim ekscesima i štetama pa zbog potrebe za sve više hrane njihova primjena postupno raste. Oprez proizvođača u primjeni biostimulatora uglavnom je izazvan primjenom ž inovativnih strategija u uzgoju usjeva koje nisu uvijek jamstvo uspjeha te iz uvjerenje korisnika kako ove alternativne metode pokazuju nisku efikasnost u odnosu na primjenu konvencionalnim agro-kemikalija. Budući da se biostimulatori definiraju kao preparati koji mogu poboljšati efikasnost gnojidbe, povećati prag tolerantnosti na abiotičke stresove i podići visinu i kvalitet uroda, svakako treba razmotriti i profitabilnost njihove primjene, odnosno njihovu ekonomsku isplativost, što je zaista kompleksan problem. Naime, rezultati poljskih pokusa su jasno pokazali da odgovor biljaka ovisi o sastavu i dozama pripravaka te primjena na različitim vrstama biljaka s različitim dozama, agroekološkim uvjetima i etapama razvitka može biti, npr. na kukuruzu posve neučinkovita te je potrebno razviti specifične preporuke i savjete kako bi se osigurala pozitivna reakcija usjeva.

Između biostimulatora i herbicida moguće su negativne izravne reakcije te se njihova primjena preporučuje sekvencijalno, odnosno vremenski odvojeno, uvijek kad nije prethodno provjerena negativna interakcija. Kombinacija pojedinih biostimulatora i herbicida u dosadašnjim istraživanjima pokazala je različite učinke na usjeve, od kojih su neki bili pozitivni, a drugi negativni ili pak beznačajni pa se kod pojave novih preparata zahtijeva permanentno istraživanja za učinkovitu primjenu najprikladnijih kombinacija.

Uzbudljiv novi razvoj u kontroli bolesti je vektorizacija pčela. Taj proces može se primjenjivati za prirodno oprašivanje (Slika 3.) prethodno sakupljene peludi i ne predstavlja nikakve zdravstvene rizike za pčele, ljude i okoliš. Pčele mogu prenositi istovremeno jedan ili više bio-preparata na cvjetove

koji su najčešće cilj napada različitih bolesti i štetnika. Naime, biostimulatori koji se koriste u maloj količini, osobito za biološku kontrolu patogena, mogu se primjenjivati prenošenjem pčela. Npr., uzgojeni soj prirodne endofitne gljive iz roda *Clonostachys Rosea*, koja živi unutar žive biljke i blokira/suzbija infekcije *botritisom* (*Botrytis*; siva plijesan ili trulež) i *sklerocinijom* (*Sclerotinia*; bijela trulež) može se prenositi od cvijeta do cvijeta pčelama, a nije štetna za biljke i bezopasna je za ljude. Ako pčele prenesu gljivicu na neodgovarajuće biljke domaćine, gljivica ugi ba nakon 24 - 48 h. Također, na isti način mogu se prenositi i neki drugi biostimulatora kao što je *entomopatogene* (endofitne) gljive *Beauveria bassiana*



Slika 3. Prijenos biostimulatora pčelama

koja se koristi se kao *biološki insekticid* za suzbijanje brojnih štetnika kao što su *termiti*, *tripsi*, *bijele mušice*, *lisne uši* i različiti *kornjaša*. Zatim mogu se prenositi bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt) koja živi u tlu i proizvodi protein toksičan za neke insekte kad ga pojedu s hranom, ali hrana nije toksična za ljude i sve sisavce (ali *Bacillus thuringiensis* soj *aizawi* može biti otrovan za pčele) te antibiotici (npr. *streptomycin*) radi suzbijanja bakterijskih i gljivičnih bolesti određenog voća, povrća i sjemena, a posebno je koristan za suzbijanje plamenjače na jabukama i kruškama.