

Uloga biostimulatora u smanjenju stresa biljaka

Sažetak

Biostimulatori su (ne-hranjive) tvari ili mikroorganizmi koji pospješuju procese hranidbe biljaka i doprinose smanjenju posljedica stresa uzrokovanog abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Mogu biti mikrobn (korisne bakterije i gljive) i nemikrobni (huminske kiseline, aminokiseline, ekstrakti morskih algi, kitozan i anorganski biostimulansi). Različitim mehanizmima djelovanja biostimulatori potiču učinkovitije iskorištavanje hraniva, otpornost biljaka na stres i povoljno djeluju na kvalitativna svojstva biljaka. Uslijed restrikcija u primjeni sredstava za zaštitu bilja i gnojiva, kao dio alternativnih rješenja pojavljuju se biostimulatori.

Gljučne riječi: biostimulatori, stres, homeostaza, mikoriza, usvajanje hraniva

Uvod

Na rast i razvoj biljaka utječu razni biotički (štetnici, biljni patogeni, čovjek i dr.) i abiotički čimbenici (suša, salinitet, temperatura i dr.). Zbog sesilnog načina života, biljke ne mogu napustiti stanište s nepovoljnim uvjetima. Zato imaju nizove gena odgovornih za aktivaciju mehanizama koji omogućuju reakciju na stres i održavanje homeostaze (Altman i Hasegawa, 2012; Hasanuzzaman i sur., 2019). Klimatske promjene i njezine posljedice imaju sve izraženiji negativan utjecaj na rast i razvoj biljaka (Ahrens i sur., 2020; Pandey i sur., 2017). Sve veće restrikcije u primjeni sredstava za zaštitu bilja i gnojiva uvjetuju potrebu za pronalaskom kompleksnih rješenja kojima će se (barem djelomično) nadomjestiti njihova smanjena primjena. U tome ulogu imaju i biostimulatori (Nephali i sur., 2020). Primjenjuju se na različite načine ovisno njihovoj namjeni i formulaciji pripravka – folijarno, zalijevanjem tla, potapanjem presadnica i dr.

Stres

Stres biljaka je posljedica nepovoljnih životnih uvjeta ili utjecaja različitih tvari koje ometaju metabolizam biljke, njezin rast i razvoj. Uzrokuju ga razni abiotički i biotički čimbenici, uključujući i one antropogene. Ovisno o vremenu trajanja, stres može biti kratkotrajan i dugotrajan. Slabiji stres se kompenzira aklimatizacijom, adaptacijom i homeostaznim mehanizmima. Jaki i kronični stres uzrokuje značajna oštećenja koja mogu dovesti do smrti stanica (Devi i sur., 2017; Lichtenthaler, 1996; Pareek i sur., 2010).

Stres je obično posljedica kombinacija različitih negativnih utjecaja na biljku. S obzirom na broj uzročnika moguće je razlučiti pojedinačni, višestruki individualni i kombinirani stres. Pojedinačni stres je posljedica jednog uzročnika koji negativno djeluje na rast i razvoj biljaka, dok je kombinirani stres posljedica djelovanja više uzročnika koji djeluju istovremeno ili se djelomično preklapaju. Tipičan primjer kombiniranog stresa uzrokovnog abiotičkim uzročnicima je ljetna suša u kombinaciji s visokim temperaturama. Primjer stresa uzrokovnog biotičkim uzročnicima je istovremeni napad više različitih štetnih organizama. Često dolazi i do kombiniranog djelovanja abiotičkih i biotičkih čimbenika stresa (He i sur., 2018; Pandey i sur., 2017; Van Oosten i sur., 2017).

¹ Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju. amesic@agr.hr

Agrokemikalije

Za sprečavanje nastanka i ublažavanje posljedica stresa biljaka koriste se različite agrokemikalije. Postoji više definicija agrokemikalija. Europska Agencija za zaštitu okoliša prihvaća definiciju prema kojoj Stephenson i sur. (2006) definiraju agrokemikalije kao poljoprivredne kemikalije koje se koriste u uzgoju usjeva i proizvodnji hrane, a obuhvaćaju pesticide, dodatke krmivima, veterinarske lijekove i druge slične tvari. Speight (2017) koristi nešto prošireniju definiciju agrokemikalija prema kojoj one obuhvaćaju različite kemijske proizvode koji se koriste u poljoprivredi: širok raspon pesticida (zoocidi, herbicidi i fungicidi), ali i sintetska gnojiva, hormone i druge regulatore rasta, kao i koncentrirano stajsko gnojivo.

Pojednostavljeno, agrokemikalije obuhvaćaju sredstva za zaštitu bilja i gnojidbene proizvode.

Prema legislativi Europske unije (Europski parlament i Vijeće, 2009) sredstva za zaštitu bilja obuhvaćaju sredstva za suzbijanje štetnih životinja (zoocidi), uzročnika biljnih bolesti (fungicidi) i korova (herbicidi), ali i tvari koje djeluju na životne procese bilja, poput tvari koje djeluju na rast, no na drugačiji način od hranjivih tvari (regulatori rasti biljaka).

Legislativa Europske unije (Europski parlament i Vijeće, 2019) kategorizira gnojidbene proizvode u sedam kategorija:

1. gnojiva (organska, organsko-mineralna, anorganska),
2. vapneni materijali,
3. poboljšivači tla (organski i anorganski),
4. uzgojni supstrati,
5. inhibitori (inhibitori nitrifikacije, denitrifikacije i ureaze),
6. biljni biostimulatori (mikrobni i nemikrobni),
7. mješavine gnojidbenih proizvoda.

Zakonski okvir o biljnim biostimulatorima

Europska legislativa (Europski parlament i Vijeće, 2019) definira biljne biostimulatore kao proizvode koji pospješuju procese hranidbe biljaka neovisno o sadržaju hraniva u njima, i to isključivo radi poboljšavanja jednog ili više sljedećih svojstava biljke ili rizosfere biljke:

1. učinkovitosti iskorištavanja hraniva,
2. otpornosti na abiotički stres,
3. kvalitativnih svojstava,
4. dostupnosti hraniva inaktiviranih u tlu ili rizosferi.

Propisano je koliko biljni biostimulatori najviše smiju sadržavati kontaminata (kadmija, šesterovalentnog kroma, olova, žive, nikala i anorganskog arsena), ali i bakra i cinka.

Mikrobni biljni biostimulatori sastoji se od mikroorganizma ili zajednice mikroorganizama, ali ne smiju sadržavati patogene organizme u količinama iznad propisanih granica.

Sastav i djelovanje biljnih biostimulatora

Osim osnovne podjele na mikrobne i nemikrobne, du Jardin (2015) opisuje biljne biostimulatore kroz sedam kategorija:

1. Huminske i fulvične kiseline

Huminske i fulvične kiseline glavne su komponente organske tvari tla, treseta, ugljena, sedimenata i otopljene organske tvari. Imaju značajnu ulogu u plodnosti tla gdje pospješuju njegova fizikalna, fizikalno-kemijska, kemijska i biološka svojstva. Imaju značajan utjecaj na poboljšanje usvajanja makro i mikrohraniva putem korijena, zbog povećanog kapaciteta izmjene

kationa u tlu koje sadrže polianionske humusne tvari, te povećane raspoloživosti fosfora koji ometa taloženje kalcijevog fosfata. Osim toga, doprinose rastu i razvoju biljnih organa uslijed djelovanja na staničnu stjenku (Jindo i sur., 2012; Klučáková, 2018).

Huminske kiseline visoke molekulske mase potiču aktivnost enzima bitnih za metabolizam fenilpropanoida ključnih za nastanak fenolnih spojeva u biljci (Olivares i sur., 2015). Polifenoli igraju ključnu ulogu u interakcijama između biljaka i okoliša. Njihova bioaktivnost i njihova uloga u obrani od stresa obično se pripisuje njihovom antioksidativnom djelovanju (Šamec i sur., 2021).

Huminske kiseline potiču linearni rast i masu korijena, te pospješuju iskoristivost hraniva i smanjuju njihovo ispiranje u okoliš (du Jardin, 2015).

2. Aminokiseline, hidrolizati proteina i drugi dušični spojevi

Hidrolizati proteina su složena mješavina oligopeptida, peptida i slobodnih aminokiselina koje nastaju djelomičnom ili opsežnom hidrolizom. Dobivaju se kemijskom ili biološkom razgradnjom proteina na peptide koji sadrže 2-20 aminokiselinskih jedinica (Clare i Swaisgood, 2000; Nasri, 2017).

Rastu i razvoju biljaka izravno doprinose kroz asimilaciju dušika i regulacijom enzima važnih za Krebsov ciklus (Colla i sur., 2014). Neke aminokiseline (poput prolina) imaju i kelirajući učinak čime umanjuju stres uslijed izloženosti biljaka teškim metalima. Neizravni učinci također su značajni za rat i razvoj biljaka. Hidrolizati proteina povećavaju biomasu i aktivnost mikroorganizama u tlu, a time i plodnost tla. Kelirajuće i druge kompleksne aktivnosti pojedinih aminokiselina i peptida doprinose dostupnosti hranjivih tvari i njihovom usvajanju putem korijena. Doprinosu toleranciji biljaka na abiotički stres, poput visokog saliniteta (du Jardin, 2015) ili niskih temperatura (Bogunović i sur., 2015).

Velik broj aminokiselina je animalnog podrijetla, te je važno posvetiti posebnu pažnju da ne uzrokuju genotoksičnost, ekotoksičnost, niti fitotoksičnosti (Corte i sur., 2014).

3. Ekstrakti morskih algi i drugih biljaka

Iako se morske alge koriste za gnojidbu biljaka od davnina, njihov biostimulirajući učinak je poznat tek od nedavno. To otkriće dovelo je do komercijalne primjene ekstrakata morskih algi i njihovih komponenti poput polisaharida laminarina i karagenana, derivata alginske kiseline (alginati) i produkata njihove razgradnje ali i drugih komponenti. U komercijalnoj upotrebi su uglavnom smeđe alge iz rodova *Ascophyllum*, *Fucus* i *Laminaria*. Važan izvor karagenana su crvene alge (Khan i sur., 2009).

Ekstrakti morskih algi unaprjeđuju mineralni sastav tretiranih biljaka. Utječući na povišenje sadržaja sumpora, željeza, cinka, magnezija i bakra doprinose rezistentnosti na abiotički i biotički stres (du Jardin, 2015).

4. Kitozan i drugi biopolimeri

Kitozan je derivat hitina, poslije celuloze, najzastupljenijeg polisaharida u prirodi. Inducira aktivnost nekoliko obrambenih gena u biljkama, poput gena povezanih s patogeneza - glukonaze i hitinaze. Također inducira rad mnogih enzima važnih u antioksidacijskoj zaštiti organizma, poput superoksid dismutaze, katalaze i peroksidaze. Kitozan se koristi kao biostimulator za poticanje rasta biljaka i toleranciju na abiotički stres. Također potiče otpornost biljke na napad patogena – biofungicid (Pichyangkura i Chadchawan, 2015). Utvrđeno je da pospješuje učinkovitost fungicida na osnovi gljive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Abdullah i Sukar, 2021).

5. Anorganski biostimulatori

Aluminij, kobalt, natrij, selen i silicij se smatraju korisnim elementima za biljke. Ne trebaju ih sve biljke, ali potiču rast i mogu biti esencijalni za pojedine biljne vrste. Smatra se da pospješuju otpornost biljaka na biotički stres uzrokovan patogenima i herbivorima, ali i na abiotički stres uzrokovan sušom, salinitetom i nedostatkom hraniva ili toksičnim djelovanjem pojedinih tvari. Korisni učinci niskih koncentracija aluminija, kobalta, natrija i selena obično su nezamijećeni u usporedbi s negativnim posljedicama njihova djelovanja u visokim koncentracijama. Pravilnim korištenjem odgovarajućih (nižih) količina tih elemenata moguće je povećati produktivnost biljaka i njihovu nutritivnu vrijednost (du Jardin, 2015; Pilon-Smits i sur., 2009).

6. Korisne (mikorizne) gljive

Iako su gljive najčešći biljni patogeni, postoje i korisne gljive koje imaju razvijen simbiotski odnos s biljkama, sličan onome koji u lišajevima imaju gljive i alge ili cijanobakterije. Mikoriza (grč. *mýkēs* – gljiva + *rhiza* – korijen) je oblik blagog parazitizma od kojeg i gljiva i biljka imaju korist. Približno 90 % kopnenih biljaka ima simbiotski odnos s mikoriznim gljivama pri čemu biljke imaju korist u opskrbi makro- (npr. fosforom) i mikro-hranivima, dok gljive od biljke dobivaju hraniva koja stvaraju biljke (Bonfante i Genre, 2010; Behie i Bidochka, 2014). Osim unaprjeđenja u usvajanju hraniva, mikoriza pozitivno djeluje na smanjenje stresa, povećanje prinosa i kvalitete uzgajanih biljaka (du Jardin, 2015).

7. Korisne bakterije

Najčešće se koriste bakterije roda *Rhizobium* kao mutualistički endosimbionti ili rizosferni mutualisti. Korisne bakterije imaju brojne korisne funkcije, a utječu na:

- a) usvajanje hraniva s dušikom, fiksacija i solubilizacija netopljivih minerala (P, K, Zn), organskih kiselina i siderofora,
- b) stvaranje antimikrobnih metabolita i različitih litičkih enzima,
- c) djelovanje regulatora rasta i fitohormona koje inducira stres,
- d) ublažavanje abiotičkog stresa kojeg uzrokuju suša, visoki salinitet tla, ekstremne temperature, oksidativni stres i teški metal,
- e) induciranje obrambenih mehanizama biljke (Hamid i sur., 2021).

Zaključak

Zahvaljujući različitim načinima djelovanja na rast i zdravlje biljaka, biostimulatori imaju veliku perspektivu kao dio modernih rješenja za ekonomski isplativu i uspješnu biljnu proizvodnju. Dodatni poticaji rastu primjene biostimulatora su smanjivanje broja registriranih aktivnih tvari sredstava za zaštitu bilja i zahtjevi za što racionalnijom primjenom hraniva uz što manju kontaminaciju okoliša. S obzirom da biostimulatori mogu ublaživati posljedice stresa i djeluju na učinkovitiju primjenu hraniva i smanjuju njihovo ispiranje, oni su značajan dio složenih mjera koje doprinose uspješnom uzgoju biljaka. To potvrđuje i rastući broj biostimulatora koji se nude na svjetskom i domaćem tržištu.

Literatura

- Abdullah, R. R. H., Sukar, N. A. (2021) Enhancing the efficacy of the biopesticide *Beauveria bassiana* by adding chitosan to its secondary metabolites. *International Journal of Entomology Research*, 6 (1), 30-35.
- Ahrens, C. W., Andrew, M. E., Mazanec, R. A., Ruthrof, K. X., Challis, A., Hardy, G., Byrne, M., Tissue, D. T., Rymer, P. D. (2020) Plant functional traits differ in adaptability and are predicted to be differentially affected by climate change. *Ecology and Evolution*, 10 (1), 232-248.
- Altman, A., Hasegawa, P. M. (2012) *Plant Biotechnology and Agriculture, Prospects for the 21st Century*, Elsevier Inc.
- Behie, S. W., Bidochka, M. J. (2014) Nutrient transfer in plant-fungal symbioses. *Trends in Plant Science*, 19, 734-740.
- Bogunović, I., Duralija, B., Gadže, J., Kisić, I. (2015) Biostimulant usage for preserving strawberries to climate damages. *Horticultural Science (Prague)*, 42, 132-140.
- Bonfante, P., Genre, A. (2010) Interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature Communications*, 1, 48, 1-11.
- Clare, D. A., Swaisgood, H. E. (2000) Bioactive Milk Peptides: A Prospectus. *Journal of Dairy Science*, 83, 1187-1195.
- Colla, G., Roupael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., Cardarelli, M. (2014) Biostimulant action of a plant-derived protein hy-

drolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1–6.

Corte, L., Dell'Abate, M. T., Magini, A., Migliore, M., Felici, B., Roscini, L., Sardella, R., Tancini, B., Emiliani, C., Cardinali, G., Benedetti, A. (2014) Assessment of safety and efficiency of nitrogen organic fertilizers from animal-based protein hydrolysates—a laboratory multidisciplinary approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 235–245.

Devi, E. L., Kumar, S., T. Singh, T. B., Sushel, K. S., Beemrote, A., Devi, C. P., Chongtham, S. K., Singh, C. H., Yumlembam R. A., Haribhushan, A., Prakash, N., Shabir H. Wani, S. H. (2017) Adaptation Strategies and Defence Mechanisms of Plants During Environmental Stress. U: Ghorbanpour M., Varma A., ur. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Springer, Cham.

du Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14.

Europski parlament i Vijeće (2009) Uredba (EZ) br. 1107/2009 Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009. o stavljanju na tržište sredstava za zaštitu bilja i stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 79/117/EEZ i 91/414/EEZ. *Službeni list Europske unije*, L 309/1.

Europski parlament i Vijeće (2019). Uredba (EU) 2019/1009 Europskog parlamenta i Vijeća od 5. lipnja 2019. o utvrđivanju pravila o stavljanju gnojivnih proizvoda EU-a na raspolaganje na tržištu te o izmjenama uredba (EZ) br. 1069/2009 i (EZ) br. 1107/2009 i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 2003/2003, *Službeni list Europske unije* L 170/1.

Hamid, B., Zaman, M., Farooq, S., Fatima, S., Sayeed, R. Z., Baba, Z. A., Sheikh, T. A., Reddy, M. S., El Enshasy, H., Gafur, A., Suriani, N. L. (2021) Bacterial Plant Biostimulants: A Sustainable Way towards Improving Growth, Productivity, and Health of Crops. *Sustainability*, 13 (5), 2856. <https://doi.org/10.3390/su13052856>

Hasanuzzaman, M., Prasad, M. N. V., Fujita, M. (2019) *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*, Elsevier Inc.

He, M., He, C.-Q., Ding, N.-Z. (2018). Abiotic Stresses: General Defences of Land Plants and Chances for Engineering Multistress Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1771.

Jindo, K., Martim, S. A., Navarro, E. C., Aguiar, N. O., Canellas, L. P. (2012) Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant Soil* 353, 209–220.

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2009) Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.* 28: 386–399.

Ključková, M. (2018) Size and Charge Evaluation of plant Humic and Fulvic Acids as Crucial Factors to Determine Their Environmental Behaviour and Impact, *Frontiers in Chemistry*, 6: 235.

Lichtenthaler H, K. (1996) Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Plant Physiology* 148: 4–14.

Nasri, M. (2017) Chapter Four - Protein Hydrolysates and Biopeptides: Production, Biological Activities, and Applications in Foods and Health Benefits. A Review. *Advances in Food and Nutrition Research*, 81: 109-159.

Nephali, L., Piater, L. A., Dubery, I. A., Patterson, V., Huyser, J., Burgess, K., Tugizimana, F. (2020) Biostimulants for Plant Growth and Mitigation of Abiotic Stresses: A Metabolomics Perspective. *Metabolites*, 10 (12): 505. doi: 10.3390/metabo10120505.

Olivares, F. L., Aguiar, N.O., Rosa, R. C. C., Canellas, L. P. (2015) Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Sci. Hortic.* 183, 100–108.

Pandey, P., Irulappan, V., Muthukumar V., Muthappa Senthil-Kumar, M. (2017) Impact of Combined Abiotic and Biotic Stresses on Plant Growth and Avenues for Crop Improvement by Exploiting Physio-morphological Traits. *Frontiers in Plant Science*, 8: 537.

Pareek, A., Sopory, S. K., Bohnert, H., Govindjee (Eds.) (2010) *Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation*, Springer Netherlands.

Pichyangkura, R., Chadchawan, S. (2015) Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 49-65.

Pilon-Smits, E. A. H., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., Schiavon, M. (2009) Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3): 267-274.

Speight, J. G. (2017) *Environmental Organic Chemistry for Engineers*, Elsevier Inc.

Stephenson, G. R., Ferris, I. G., Holland, P. T., Nordberg, M. (2006) Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006), *International Union of Pure and Applied Chemistry, Chemistry and the Environment Division, Pure Appl. Chem.*, 78(11): 2075–2154

Šamec, D., Karalija, E., Šola, I., Vujić Bok, V., Salopek-Sondi, B. (2021) The Role of Polyphenols in Abiotic Stress Response: The Influence of Molecular Structure. *Plants* 2021, 10, 118. <https://doi.org/10.3390/plants10010118>.

Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggio, A. (2017) The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technology in Agriculture*, 4: 5.

Prispjelo/Received: 11.10.2021.

Prihvaćeno/Accepted: 14.3.2022.

Professional paper

The role of biostimulants in reducing plant stress

Abstract

Biostimulants are (non-nutrient) substances or microorganisms that improve plant nutrition processes and help reduce the effects of stress caused by abiotic and biotic influences. They can be microbial (beneficial bacteria and fungi) and non-microbial (humic acids, amino acids, seaweed extracts, chitosan and inorganic biostimulants). Through their various mechanisms of action, biostimulants enhance the efficiency of nutrient utilization, the stress resistance of plants and have a positive effect on the qualitative characteristics of plants. Due to the limitation of applicable pesticides and fertilizers, biostimulants are also a part of the alternative solutions.

Key words: biostimulants, stress, homeostasis, mycorrhiza, nutrient uptake