

Primjena biostimulatora na bazi aminokiselina u poljoprivrednoj proizvodnji

Sažetak

Zbog čestih pojava stresnih uvjeta u poljoprivrednoj proizvodnji primjena biostimulatora postala je redovna tehnološka mjera. Pravilnom primjenom biostimulatora smanjuje se negativan učinak brojnih stresnih uvjeta, poput niske ili visoke temperature, nedostatka vlage i ostalih stresnih uvjeta. Danas se najviše upotrebljavaju biostimulatori na bazi aminokiselina jer oni imaju dokazani učinak na biljku, male doze primjene te prihvatljivu cijenu za poljoprivrednog proizvođača. Kod izbora biostimulatora potrebno je voditi računa o količini i sastavu aminokiselina u proizvodu kako bi primjenom bio ostvaren očekivani učinak. Natržištudanaspostojivelikibrojpreparatateseizbormožeprikladoditisvimvrstamapoljoprivredne proizvodnje; od proizvodnje na otvorenim poljima ratarskih kultura do intenzivne proizvodnje povrća i cvijeća u zaštićenim prostorima.

KLjučne riječi: biostimulator, aminokiseline, poljoprivredna proizvodnja, abiotski stres, biotski stres

Uvod

Biostimulatori su tvari različitog; organskog ili anorganskog porijekla i različitog kemijskog sastava koje imaju biostimulativni učinak na biljku. Primjenom biostimulatora (aminokiseline, huminski ekstrakti, ekstrakti morskih algi i dr.) smanjuje se učinak stresnih uvjeta na biljku te se pozitivno utječe na otpornost biljke na abiotske i biotske čimbenike stresa (Bulgari i sur., 2015, La Pena i Hughes, 2007, Van Oosten i sur., 2017, Yakhin i sur., 2017). Povećanje visine i kvalitete prinosa primjenom biostimulatora izmjereno je kod velikog broja poljoprivrednih kultura, poput pšenice (Abd El-Baky i sur., 2010, Desoky i sur., 2018, Prakash i sur., 2011), kukuruza (Anjum i sur., 2011, Ertani i sur., 2009, Ertani i sur., 2013, Jäger i sur., 2010), lisnatog povrća (Andriolo i sur., 2005, Colla i sur., 2015, Kulkarni i sur., 2019, Lucini i sur., 2015, Orsini i sur., 2018, Polo i sur., 2006, Rouphael i sur., 2018, Tsouvaltzis i sur., 2014), plodovitog povrća (Abbas, 2013, Colla i sur., 2017, Di Stasio i sur., 2018, Selivanova i sur., 2016, Rouphael i sur., 2017, Polo i Mata, 2018, Turkmen i sur., 2004), mahunarki (Elzaawely i sur., 2016), duhana (Castro i sur., 2012), jagode (Lisiecka i sur., 2011, Marfa i sur., 2009, Spinelli i sur., 2010), borovnice (Cocetta i sur., 2015), jabuke (Colla G. i Rouphael Y. 2019) i vinove loze (Parrado i sur., 2007, Colla i Rouphael, 2019). Prema podacima koje prenosi časopis Bussines Wire (2020) globalna vrijednost tržišta biostimulatora procijenjena je na vrijednost od 2,6 miliona USD te bi prema istim predviđanjima vrijednost tržišta biostimulatora u 2025. godini iznosila oko 4,9 miliona USD. Velika potražnja za biostimulatorima uvjetovana je ubrzanim tehnološkim razvojem poljoprivredne proizvodnje ali isto tako i sve jače izraženim stresnim uvjetima okoline. Glavni čimbenici smanjenja visine i kvalitete prinosa poljoprivrednih kultura su preniska ili previsoka temperatura zraka te nedostatak vode uslijed smanjene količine oborina. Kako na ukupnu potrošnju biostimulatora utječe cijena i doza po jedinici površine, dominantan proizvod na tržištu biostimulatora su i dalje proizvodi na bazi aminokiselina, dok se ostale grupe proizvoda koriste u manjim količinama (Colla i Rouphael, 2019). Poticaj primjeni biostimulatora je i uvođenje visokoprinosa sorti i hibrida u poljopri-

¹ dr.sc. David Gluhić, Poljoprivredni odjel Poreč, Veleučilište Rijeka, Karla Huguesa 6, 52 440 Poreč
Autor za korespondenciju: davidgluhic@yahoo.com

vrednu proizvodnju, gdje se ciljanom primjenom biostimulatora može postići očekivani visoki prinos (Calvo, Nelson i Kloepper, 2014, Subbarao, Hussain, i Ganesh, 2015, Yakhin i sur., 2017).

Danas je u proizvodnju biostimulatora uključen veliki broj tvrtki, koje su okupljene oko nekoliko strukovnih organizacija. Jedna od takvih organizacije je i European Biostimulants Industry Council (EBIC) koji okuplja 55 tvrtki koje se bave proizvodnjom biostimulatora. Osnovna uloga ove strukovne organizacije jest unaprjeđenje tehnologije proizvodnje i učinkovitosti biostimulatora te razvoj zakonodavnog okvira za proizvodnju i trgovanje biostimulatorima. Jedna od važnijih aktivnosti je i stručno te znanstveno promoviranje primjene biostimulatora kroz organizaciju stručnih skupova poput svjetskog kongresa na temu biostimulatora koji su do sad bili organizirani u Strasbourgu (Francuska, 2012), Firenci (Italija, 2015), Miami (SAD, 2017) i Barceloni (Španjolska, 2019).

Stoga je cilj ovog rada prikazati osnovne karakteristike biostimulatora na bazi aminokiselina i mogućnosti primjene u poljoprivrednoj proizvodnji.

Podjela biostimulatora

Biostimulatori su tvari koje imaju fiziološki aktivni utjecaj na sljedeće procese u biljci (Colla i Rouphael, 2019, Yakhin i sur., 2017):

- Povećanje otpornosti na stresne uvjete
- Poticanje svih fizioloških procesa u biljci (rast, cvatnja, oplodnja, sinteza suhe tvari)
- Bolje usvajanje hraniva (povećanje učinkovitosti gnojidbe)
- Povećanje kvalitete i visine prinosa poljoprivrednih kultura

Važno je istaknuti da iako biostimulatori povećavaju učinkovitost gnojidbe, oni nisu gnojiva i ne mogu zamijeniti ulogu gnojiva u poljoprivrednoj proizvodnji (Calvo i sur., 2014, Jardin, 2015, Kauffman i sur., 2007, Halpern i sur., 2015).

Prema podijeli koje navode Halpern i sur. (2015) biostimulatori se mogu podijeliti u sljedeće grupe proizvoda:

- Biostimulatori na bazi aminokiselina
- Biostimulatori na bazi ekstrakta morskih algi (*Ascophyllum nodosum*, *Lithothamnium calcareum*, *Ecklonia maxima* i druge vrste morskih algi) i ekstrakti mikroalgi
- Biostimulatori na bazi huminskih ekstrakta (huminske i fulvo kiseline)
- Mikrobiološki preparati (metaboliti gljiva, bakterija i ostalih mikroorganizama)
- Elementi u tragovima (silicij, jod, selen i drugi rijetki elementi)
- Vitamini B i D grupe

U poljoprivrednoj proizvodnji su najčešće u primjeni preparati na bazi aminokiselina, ekstrakta morskih algi i preparati na bazi huminskih ekstrakata.

Biostimulatori na bazi aminokiselina

Aminokiseline su specifični spojevi koji se sastoje od amino grupe (koja ima visoki pH) i karboksilne grupe (grupa sa niskim pH vrijednostima) te centralno smještenog atoma ugljika. Ovisno o položaju amino grupe, mogu biti L- i D- aminokiseline, te su sa strane biljke, u metabolizmu iskoristive samo slobodne (nevezane) L-aminokiseline. Posebnost aminokiselina jest da su to spojevi niske molekularne mase, lako se usvajaju (nije potrebna dodatna energija za usvajanje) i lako penetriraju u list te ne ovise o aktivnosti klorofila (Koksal i sur., 1999, Pecha i sur., 2011). Dosadašnjim istraživanjima brojnih istraživača (Abraham i sur., 2010, Jardin 2015, Akram, Ashraf, i Al-Qurainy, 2012, Claussen 2005, Halpern i sur., 2015, Pecha i sur., 2011, Przybysz, Gawronska, i Gajc-Wolska, 2014, Szabados, i Savouré, 2010, Zhou i sur., 2007), utvrđe-

no je postojanje gotovo 250 različitih aminokiselina od kojih 20 ima fiziološki važnu i specifičnu ulogu u metabolizmu biljaka (Tablica 1).

Tablica 1. Popis fiziološki važnih aminokiselina
Table 1. List of physiologically important amino acids

Alanin/ alanine	Izoleucin/ isoleucine
Aspargin/ asparagine	Leucin/ leucine
Aspartanska kiselina/ Aspartic acid	Lizin/ lysine
Arginin/ arginine	Metionin/ methionine
Cistein/ cysteine	Prolin/ proline
Fenilalanin/ phenylalanine	Serin/ serin
Glicin/ glycine	Treonin/ threonine
Glutamin/ glutamine	Triosin/ triosin
Glutaminska kiselina/ Glutamic acid	Triptofan/ tryptophan
Histidin/ histidine	Valin/ valine

Izvor/Source: Jardin, 2015

Važno je napomenuti da svaki fiziološki proces u biljci za pravilno odvijanje zahtjeva prisutnost određene aminokiseline (Cohen i Gisi, 1994, Polo i sur., 2006, Yakhin i sur., 2017). Pregled fiziološki uloga nekih aminokiselina prikazan je u Tablici 2.

Tablica 2. Fiziološke uloge pojedinih aminokiselina
Table 2. Physiological roles of individual amino acids

Aminokiselina/The amino acid	Fiziološka uloga/The physiological role
Prolin/ proline	Abiotski stres (suša, visoka temperatura)/ Abiotic stress (drought, high temperature) Cvatnja i oplodnja/ Flowering and fertilization
Arginin/ arginine	Razvoj korijena/ Root development Sinteza hormona rasta (auxina)/ Growth hormone (auxin) synthesis
Alanin/ alanine	Sinteza klorofila/ Chlorophyll synthesis
Glutaminska kiselina/ glutamic acid	Sinteza klorofila/ Chlorophyll synthesis

Izvor/Source: Jardin 2015, Yakhin i sur., 2017

Prema porijeklu sirovine za ekstrakciju amino kiselina, iste se mogu podijeliti na:

- Aminokiseline ekstrahirane iz materijala životinjskog porijekla
- Aminokiseline ekstrahirane iz materijala biljnog porijekla
- Aminokiseline dobivene iz metabolita mikroorganizama
- Sintetske aminokiseline

Sa stajališta biljke, ne postoje razlike u usvajanju aminokiselina dobivenih iz različitih izvornih sirovina. Biljka prepoznaje određene aminokiseline prema biokemijskom sastavu, te ih kao takve može uključiti u svoje fiziološke procese (Yakhin i sur., 2017).

Za proizvodnju aminokiselina koristi se nekoliko tehnoloških postupaka ekstrakcije izvorne sirovine, od kojih se najčešće koriste enzimatska hidroliza i hidroliza upotrebom kiselina. Osnovne razlike između ta dva postupka ekstrakcije prikazane su u sljedećoj tablici (Tablica 3).

Tablica 3. Osnovne razlike između enzimatske hidrolize i hidrolize upotrebom kiselina
Table 3 The main difference between the enzymatic hydrolysis and hydrolysis using acids

Vrsta hidrolize/Type of hydrolysis	Enzimatska hidroliza/Enzymatic hydrolysis	Hidroliza upotrebom kiselina/Hydrolysis using acids
Sredstvo za hidrolizu/Hydrolysis agent	Enzimatska otopina/ Enzymatic solution	Kiselina/ Acid
Razgradnja peptida/Peptide degradation	Razgradnja samo specifičnih peptidnih veza (ovisno o vrsti enzima)/ Degradation of specific peptide bonds only (depending on the type of enzyme)	Kompletna razgradnja peptidnih veza/ Complete degradation of peptide bonds
Digestija/ Digestion	Djelomična (nepotpuna) digestija/ Partial (incomplete) digestion	Potpuna digestija/ Complete digestion
Sadržaj slobodnih aminokiselina/ Free amino acid content	Nizak sadržaj slobodnih aminokiselina/ Low content of free amino acids	Visoki sadržaj slobodnih aminokiselina/ High content of free amino acids
Količina peptida/ Amount of peptide	Visoki sadržaj peptida/ High peptide content	Nizak sadržaj peptida/ Low peptide content
Usvajanje od strane biljke/ Adoption by the plant	Otežano usvajanje od strane biljke (zbog visoke količine peptida)/ Difficult plant uptake (due to high peptide content)	Lako usvajanje od strane biljke/ Easy adoption by the plant

Izvor/Source: Cavani i sur., 2006, Colla i sur., 2014, Madende i Hayes, 2020, Yakhin i sur, 2017

Doza i vrijeme primjene aminokiselina

Za potpuni učinak protiv stresa preporuča se preventivna primjena aminokiselina (Cohen i Gisi, 1994, Jardin 2015, Yakhin i sur, 2017). Međutim, kako se pojedine stresne situacije ne mogu predvidjeti, aminokiseline pokazuju i vrlo dobar kurativni učinak protiv posljedica stresa. U sljedećoj tablici prikazani su najčešći uzroci stresa kod poljoprivrednih kultura (Tablica 4).

Tablica 4. Oblici stresa za poljoprivredne kulture

Table 4. Stress forms for crops

Agroklimatski stres/Agroclimatic stress	Vegetacijski stres/ Vegetation stress	Ostali izvori stresa/ Other sources of stress
<ul style="list-style-type: none"> ● Nedostatak vode/ Lack of water ● Nedostatak svjetla/ Lack of water ● Visoka količina soli/ Lack of water ● Neodgovarajuća pH vrijednost tla/ Inadequate soil pH ● Visoka/Niska temperatura/ High / Low temperature ● Teški metali/ Heavy metals ● Visoka koncentracija hraniva/ High nutrient concentration ● Zagađivači (polutanti različitog porijekla)/ Pollutants (pollutants of different origin) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sadnja/ Planting ● Rezidba/ Pruning ● Cvatnja/ Flowering ● Rast plodova/ Fruit growth ● Dozrijevanje plodova/ Fruit ripening 	<ul style="list-style-type: none"> ● Oštećenje biljaka (tuča)/ Damage to plants (hail) ● Fitotoksičnost nakon primjene pesticida (herbicida)/ Phytotoxicity after application of pesticides (herbicides) ● Oštećenja uzrokovana gljivicama (bolesti), nematodama, insektima i sl./ Damage caused by fungi (diseases), nematodes, insects, etc.

Izvor/Source: Colla i Roupael, 2019

Doza primjene pojedinih biostimulatora na bazi aminokiselina ovisiti će o intenzitetu stresa i oštećenju nakon završetka stresnih uvjeta, o vrsti stresa, razvojnoj fazi biljke i koncentraciji slobodnih aminokiselina u pojedinom preparatu. Generalno, doze primjene kreću se u rangu od 1-5 L ha⁻¹. Aminokiseline se uglavnom primjenjuju u folijarnoj gnojidbi, ali se učinkovito mogu primijeniti i kroz sustave fertirigacije ili zalijevanjem pojedinačnih stabala. U sljedećoj tablici prikazane su doze primjene za nekoliko najčešće korištenih biostimulatora, dostupnih na tržištu Hrvatske (Tablica 5).

Tablica 5. Doze primjene pojedinih biostimulatora dostupnih na tržištu Hrvatske; djelomični prikaz

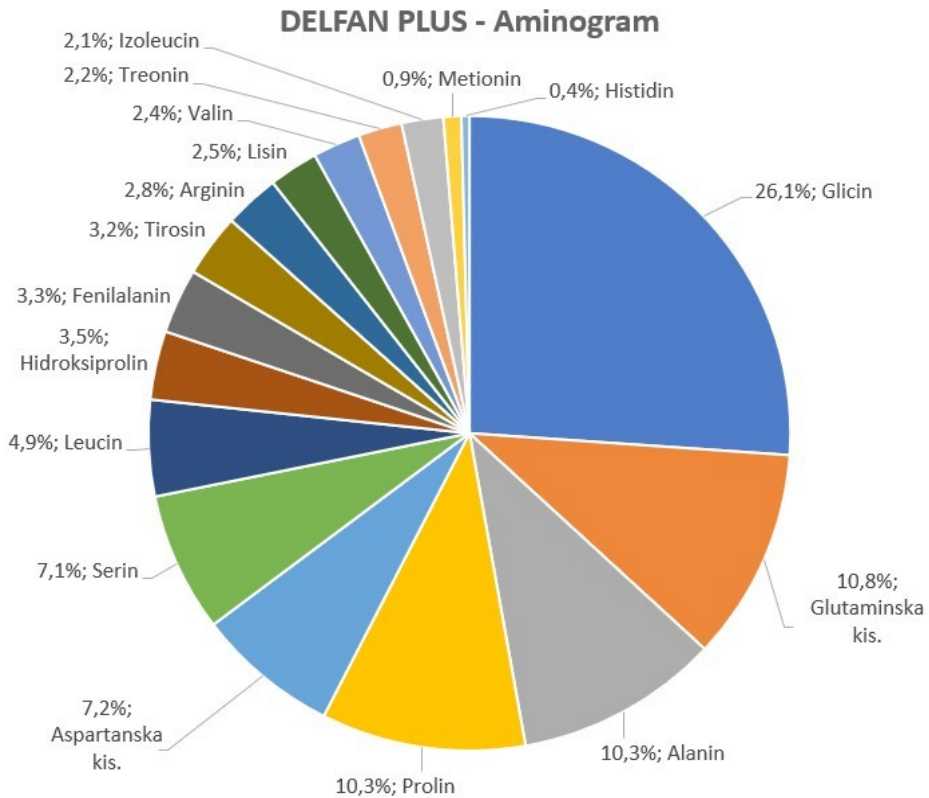
Table 5. Doses of application of certain biostimulants available on the Croatian market; partial view

Trgovački naziv biostimulatora/ Trade name of biostimulator	Koncentracija slobodnih aminokiselina/ Free amino acid concentration	Doza primjene/ Dose of administration	Proizvođač biostimulatora/ Manufacturer of biostimulators
DELFIN PLUS	24% slobodnih aminokiselina/ free amino acids	1,0 L ha ⁻¹	Tradecorp, Španjolska/ Spain
DRIN	15% slobodnih aminokiselina/ free amino acids	1,5-2,0 L ha ⁻¹	GreenHass, Italija/Italy
ALBAMIN	-	2,0-3,0 L ha ⁻¹	Alba Milagro, Italija/Italy
ISABION	10,3% slobodnih aminokiselina/ free amino acids	2,0-3,0 L ha ⁻¹	Syngenta, Švicarska/ Switzerland
POLYAMIN	-	1,5-2,5 L ha ⁻¹	Haifa, Izrael/ Israel

Izvor/Source: Glasnik zaštite bilja, 2005, 28 (1)

Osim doze primjene i koncentracije slobodnih aminokiselina, važan parametar oko izbora pojedinog biostimulatora je i međusobni odnos pojedinih aminokiselina u preparatu, tzv. aminogram (Cohen i Gisi, 1994, Jardin 2015, Yakhin i sur, 2017). Aminogram prikazuje količinu pojedinih aminokiselina, te je važan parametar prilikom izbora preparata, jer sve aminokiseline nemaju jednaku fiziološku ulogu. Primjerice, kako je prolina vrlo važna aminokiselina koja povećava otpornost na ekstremne stresne uvjete (niske/visoke temperature i nedostatak vode) jasno je da biostimulatori koji sadrže veće količine prolina imaju znatno bolji učinak protiv stresa niskih/visokih temperatura (Bulgari i sur., 2015).

Na sljedećoj slici prikazan je primjer aminograma za biostimulator Delfan plus, proizvođača Tradecorp iz Španjolske (slika 1.).



Slika 1. Aminogram za biostimulator na bazi aminokiselina Delfan Plus

Figure 1. Aminogram for Delfan Plus amino acid biostimulator

Izvor/Source: Delfan Plus, Product Guide, Tradecorp Sl., 2008

Način primjene biostimulatora na bazi aminokiselina

Za primjenu biostimulatora na bazi aminokiselina postoji više mogućnosti. Najčešće se aminokiseline primjenjuju folijarno (samostalni tretman ili u kombinaciji sa folijarnim gnojivima ili pesticidima) jer se brzo i lako usvajaju preko lista. Međutim, aminokiseline se mogu uspješno primijeniti i kroz sustav fertirigacije jer se dobro usvajaju i preko korijena a dobro utječu i na mikrobiološku aktivnost tla (Bulgari i sur., 2015, Brown i Saa, 2015, Calvo, Nelson, i Kloepper, 2014, Jardin 2015, Yakhin i sur., 2017)

Vrijeme primjene biostimulatora ovisi o poljoprivrednoj kulturi i tehnologiji proizvodnje. U sljedećoj tablici prikazani su kritični momenti u uzgoju nekoliko poljoprivrednih kultura kada je obavezna primjena biostimulatora (Tablica 6).

Tablica 6. Vrijeme primjene biostimulatora kod nekih poljoprivrednih kultura
Table 6. Application time of biostimulants in some crops

Poljoprivredna kultura/ Crop	Vrijeme primjene biostimulatora/ Application time of biostimulator
Strne (ozime) žitarice/ (winter) cereals	Kraj zimskog mirovanja/ End of winter dormancy Cvatnja/ Flowering Rast zrna/ Grain growth Sinteza proteina u zrnu/ Grain protein synthesis
Drvenaste kulture/ Woody plants	Kretanje vegetacije u rano proljeće (opasnost od kasnih mrazova)/ Vegetation movement in early spring (danger of late frost) Cvatnja i oplodnja/ Flowering and fertilization Ljetni period rasta plodova/ Summer fruit growth period
Maslina/ Olive	Kraj zimskog mirovanja/ End of winter dormancy Cvatnja/ Flowering Ljetni period visokih temperatura i nedostatka vode u tlu/ Summer of high temperatures and lack of water in the soil Sinteza ulja u plodovima/ Synthesis of oils in fruits
Povrće/ Vegetables	Uzgoj presadnica/ Growing seedlings Sadnja presadnica/ Planting seedlings Cvatnja/Flowering Rast plodova/ Fruit growth Dozrijevanje plodova/ The ripening of the fruits
Jagoda/ Strawberry	Početak vegetacije u proljeće/ Beginning of vegetation in spring Cvatnja/Flowering Dozrijevanje plodova/ The ripening of the fruits
Salata/ Salad	Sadnja presadnica/ Planting seedlings Rast lisne mase/ Growth of leaf mass

Izvor/Source: Bulgari i sur., 2015, Brown i Saa, 2015, Calvo, Nelson, i Kloepper, 2014, Jardin 2015, Yakhin i sur., 2017

Zaključak

U današnjoj modernoj poljoprivrednoj proizvodnji primjena biostimulatora, pogotovo na bazi aminokiselina, postala je redovna tehnološka mjera. Zbog učestale pojave različitih stresnih uvjeta (niske i visoke temperature, suša i dr.) većina poljoprivrednih kultura ne može ostvariti svoj potencijal prinosa i kvalitete, pa se redovnom mjerom primjene biostimulatora postižu veći i stabilniji prinosi, što su potvrdila brojna istraživanja na temu primjene biostimulatora u poljoprivrednoj proizvodnji. Na tržištu postoji veliki broj proizvoda koji sadrže aminokiseline te poljoprivredni proizvođači imaju široku mogućnost izbora preparata za primjenu u uzgoju poljoprivrednih kultura.

Literatura

- Abbas, S. (2013) The influence of biostimulants on the growth and on the biochemical composition of *Vicia faba* CV. Giza 3 beans. *Rom. Biotechnol. Lett.* 18, 8061–8068.
- Abd El-Baky, H. H., RI-Baz, F. K., El Baroty, G. S. (2010) Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments. *J. Sci. Food Agric.* 90, 299–303.
- Abrahám, E., Hourton-Cabassa, C., Erdei, L., Szabados, L. (2010) Methods for determination of proline in plants. *Plant Stress Tolerance* 639, 317–331.
- Akram, N., Ashraf, M., Al-Qurainy, F. (2012) Aminolevulinic acid-induced changes in some key physiological attributes and activities of antioxidant enzymes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants under saline regimes. *Sci. Hortic.* 142, 143–148.
- Andriolo, J. L., Luz, G. L. D., Witter, M. H., Godoi, R. D. S., Barros, G. T., Bortolotto, O. C. (2005) Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Hortic. Bras.* 23, 931–934.
- Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L., Ali, S. (2011) Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 197, 409–417.
- Brown P., Saa S. (2015) Biostimulants in agriculture, *Front. Plant Sci.* 6, 671–674.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. (2015) Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 31, 1–17.
- BusinessWire. Global Plant Biostimulants Market Analysis, Trends, and Forecasts 2020-2025 - ResearchAndMarkets.com, dostupno na: <https://www.businesswire.com/news/home/20200128005559/en/Global-Plant-Biostimulants-Market-Analysis-Trends-Forecasts>
- Calvo, P., Nelson, L., Klopper, J. W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383, 3–41.
- Castro, J., Vera, J., González, A., Moenne, A. (2012) Oligo-carrageenans stimulate growth by enhancing photosynthesis, basal metabolism, and cell cycle in tobacco plants (var. Burley). *J. Plant Growth Regul.* 31, 173–185.
- Cavani, L., Ter Halle, A., Richard, C., Ciavatta, C. (2006) Photosensitizing properties of protein hydrolysate-based fertilizers. *J. Agric. Food Chem.* 54, 9160–9167.
- Claussen, W. (2005) Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci.* 168, 241–248.
- Cocetta, G., Rossoni, M., Gardana, C., Mignani, I., Ferrante, A., Spinardi, A. (2015) Methyl jasmonate affects phenolic metabolism and gene expression in blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *Physiol. Plant* 153, 269–283.
- Cohen Y., Gisi U. (1994) Systemic translocation of ¹⁴C-dl-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 45, 441–456
- Colla G, Roupheal Y, Canaguier R., Svecova E., Cardarelli M (2014) Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front. Plant Sci.* 5, 448–458
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., Roupheal, Y. (2017) Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience* 52, 1214–1220.
- Colla G., Roupheal Y. (2019) Biostimolanti per un'agricoltura sostenibile, Edizioni Informatore Agrario
- Desoky, E. S., Merwad, A. R., Rady, M. (2018) Natural biostimulants improve saline soil characteristics and salt stressed-sorghum performance. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 49, 967–983.
- Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Dell'Aversana, E., Carillo, P., (2018) *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. *J. Appl. Phycol.* 30, 2675–2686.
- Elzaawely, A., Ahmed, M., Maswada, H., Xuan, T. (2016) Enhancing growth, yield, biochemical and hormonal contents of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with moringa leaf extract. *Arch. Agron. Soil Sci.* 63, 687–699.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C. (2009) Biostimulant activities of two protein hydrolysates on the growth and nitrogen metabolism in maize seedlings. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 172, 237–244.
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., Nardi, S. (2013) Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant Soil* 364, 145–158.
- Gluhić, D. (2005) Gnojiva (*Odabrana poglavlja*), *Glasnik zaštite bilja*, 1-120
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., Yermiyahu, U. (2015) *The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake*. In: Sparks D.L. (Ed.) *Advances in Agronomy*, 141-174
- Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation, *Sci. Hortic.* 196, 3-14
- Jäger, K., Bartók, T., Ördög, V., Barnabás, B. (2010) Improvement of maize (*Zea mays* L.) anther culture responses by algae-derived natural substances. *S. Afr. J. Bot.* 76, 511–516.
- Koksal A.I., Dumanoglu H., Guenes N.T., Aktas M. (1999) The effects of different amino acid chelate foliar fertilizers on yield, fruit quality, shoot growth and Fe, Zn, Cu, Mn content of leaves in Williams pear cultivar (*Pyrus communis* L.). *Turk. J. Agric. For.* 23, 651-658
- Kulkarni, M., Rengasamy, K., Pendota, S., Gruz, J., Plačková, L., Novák, O. (2019) Bioactive molecules derived from smoke and seaweed *Ecklonia maxima* showing phytohormone-like activity in *Spinaca oleracea* L. *New Biotechnol.* 48, 83–89.
- La Pena, R. D., Hughes, J. (2007) Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. *J. SAT Agric. Res.* 4, 1–22.
- Lisiecka, J., Knaflewski, M., Spizewski, T., Fraszczak, B., Kaluzewicz, A., Krzesinski, W. (2011) The effect of animal protein hydrolysate on quantity and quality of strawberry daughter plants cv. 'Elsanta'. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 10, 31–40.
- Lucini, L., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Canaguier, R., Kumar, P., Colla, G. (2015) The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. *Sci. Hort.* 182, 124–133.
- Madende M., Hayes M. (2020) Fish By-Products Use as Biostimulants: An overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA, *Molecules* 25, 1122-1142
- Marfà, O., Cáceres, R., Polo, J., Ródenas, J. (2009) Animal Protein Hydrolysate as a biostimulant for transplanted

strawberry plants subjected to cold stress. *Acta Hort.* 842, 315–318

Orsini, F., Pennisi, G., Mancarella, S., Al Nayef, M., Sanoubar, R., Nicola, S., (2018). Hydroponic lettuce yields are improved under salt stress by utilizing white plastic film and exogenous applications of proline. *Sci. Hort.* 233, 283–293.

Parrado, J., Escudero-Gilete, M. L., Friaza, V., Garcia-Martinez, A., Gonzales-Miret, M. L., Bautista, J. D. (2007) Enzymatic vegetable extract with bioactive components: influence of fertiliser on the colour and anthocyanins of red grapes. *J. Sci. Food Agric.* 87, 2310–2318.

Pecha J., Furst T., Kolomaznik K., Friebrova V., Svoboda P. (2011) Protein biostimulant foliar uptake modelling: the impact of climatic conditions. *AIChE J.* 58, 2010-2019

Polo J., Barroso R., Rodenas J., Azcon-Bieto J., Caceres R., Marfa O. (2006) Porcine hemoglobin hydrolysate as a biostimulant for lettuce plants subjected to conditions of thermal stress. *Hort Technology* 16, 483-487

Polo, J., Mata, P. (2018) Evaluation of a biostimulant (Pepton) based in enzymatic hydrolyzed animal protein in comparison to seaweed extracts on root development, vegetative growth, flowering, and yield of gold cherry tomatoes grown under low stress ambient field conditions. *Front. Plant Sci.* 8, 2261-2269.

Przybysz, A., Gawronska, H., Gajc-Wolska, J. (2014) Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: case study. *Front. Plant Sci.* 5, 713-718.

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocati, M., Costa, G. (2010) A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Sci. Hort.* 125, 263–269

Subbarao, S., Hussain, I. Ganesh, P. (2015) Biostimulant activity of protein hydrolysate: influence on plant growth and yield. *J. Plant Sci. Res.* 2, 125-129.

Szabados, L., Savouré, A. (2010) Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci.* 15, 89–97.

Tradecorp Sl. (2008) Delfan Plus, Product Guide

Türkmen, Ö, Dursun, A., Turan, M., Erdinç, Ç (2004) Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agric. Scand. Sec. B Soil Plant Sci.* 54, 168–174

Tsouvaltzi, P., Koukounaras, A., Siomos, A. S. (2014) Application of amino acids improves lettuce crop uniformity and inhibits nitrate accumulation induced by the supplemental inorganic nitrogen fertilization. *Int. J. Agric. Biol.* 16, 951–955.

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. *Technol. Agric.* 4, 5-10.

Zhou Z., Zhou J., Li R., Wang H., Wang J. (2007) Effect of exogenous amino acids on Cu uptake and translocation in maize seedlings. *Plant Soil* 292, 105-117

Yakhin, O., Lubyantsev, A., Yakhin, I., Brown, P. (2017) Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front. Plant Sci.* 7, 2049-2059.

Prispjelo/Received: 24.3.2020.

Prihvaćeno/Accepted: 22.4.2020.

Review paper

Application of amino acid-based biostimulants in agricultural production

Abstract

Due to the frequent occurrence of stressful conditions in agricultural production, the use of biostimulants has become a regular technology solution against stress. The proper and frequently use of biostimulants reduces the negative effects of many stressful conditions, such as low or high temperature, lack of moisture in soil and other stressful conditions. Nowadays, amino acid-based biostimulants are the most widely used due to proven positive effect on the plant, low doses of application, and a reasonable price for the farmers. The amount and composition of the amino acids in the product must be taken like important factor for biostimulants use in order to achieve the best effect on application. There are many products on the market today and the choice can be adapted to all types of agricultural production; from cheap production in open arable crops until to intensive production of vegetables and flowers in protected greenhouses.

Key words: biostimulants, amino acids, agriculture, abiotic stress, biotic stress