

## Zastosowanie nawozów aminokwasowych w rolnictwie

The use of amino acid fertilizers in agriculture

Paulina Pipiak\*, Monika Skwarek

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Skórzanego

---

### **Streszczenie**

Nawozy aminokwasowe (AAF) zawierające hydrolizaty białkowe i/lub aminokwasy są znanymi biostymulatorami roślin. W pracy opisano funkcje wybranych aminokwasów w roślinach oraz omówiono wpływ AAF na wzrost i jakość plonu roślin uprawnych. Omówiono również zastosowanie nawozów aminokwasowych w łagodzeniu skutków abiotycznego i biotycznego stresu roślin.

### **Abstract**

Amino acid fertilizers (AAF) containing protein hydrolysates and/or amino acids are known as plant biostimulants. This paper describes the functions of selected amino acids in plants and discusses the influence of AAF on the growth and quality of crop plants. The use of amino acid fertilizers in alleviating the effects of abiotic and biotic stress of plants was also discussed.

*Słowa kluczowe:* nawóz aminokwasowy, aminokwasy, hydrolizat białkowy, biostymulator

*Keywords:* amino acid fertilizer, amino acids, protein hydrolysate, biostimulant

## **1. Wstęp**

Nowoczesne rolnictwo wiąże się z intensywną produkcją, która ukierunkowana jest nie tylko na poprawę ilości, ale przede wszystkim jakości plonu oraz zwiększenie rentowności gospodarstw. W związku z tym, ogromnego znaczenia dla rolnictwa nabrało odpowiednie odżywianie roślin uprawnych [1]. Do ich prawidłowego wzrostu i rozwoju niezbędna jest dostępność składników mineralnych (makro- i mikroelementów) [2, 3]. W rolnictwie XX wieku głównym źródłem składników pokarmowych dla roślin uprawnych były nawozy mineralne.

---

\*autor korespondencyjny: dr Paulina Pipiak: p.pipiak@ips.lodz.pl

Obecnie dąży się do precyzyjnego dostosowania nawożenia do warunków glebowych oraz wymogów odmian roślin uprawnych. Ich rolą jest dostarczenie roślinom łatwo przyswajalnych składników pokarmowych w formie pojedynczych pierwiastków lub prostych związków organicznych [4]. Rynek nawozów napędza postęp biologiczny i tworzenie nowych genotypów roślin, a także próby projektowania nowych związków chemicznych, mających wpływ na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. Na rynek wprowadzane są nowe nawozy zawieszinowe, chelatowane nawozy mikroelementowe, a także preparaty ciekłe, zawierające stymulatory wzrostu roślin [5, 6].

## **2. Charakterystyka nawozów aminokwasowych (AAF)**

Produkty nawozowe na bazie białka można podzielić na hydrolizaty białkowe (PH) składające się z mieszaniny peptydów i aminokwasów lub preparaty zawierające pojedyncze aminokwasy [7]. Ważną cechą biochemiczną aminokwasów jest ich aktywność optyczna. Wszystkie, z wyjątkiem glicyny, mogą istnieć w dwóch optycznie czynnych (enancjomerycznych) formach: L- i D-, które wykazują różną aktywność biologiczną [8, 9]. Aminokwasy wykorzystywane w nawozach mogą być pozyskiwane z białek roślinnych [10, 11] lub zwierzęcych [12, 13]. PH mogą być wytwarzane z odpadów zwierzęcych (produkty uboczne ze skóry zwierząt i ryb, pióra z kurcząt, kazeina) lub biomasy roślinnej (nasiona roślin strączkowych, siano z lucerny) [14, 15]. Ich pozyskiwanie możliwe jest poprzez zastosowanie hydrolizy chemicznej (przy użyciu kwasów lub zasad) [16, 17], termicznej [18] lub enzymatycznej [19, 11]. Główną rolę w rozwoju roślin pełnią L-aminokwasy. Przez długi czas zakładano, że D-aminokwasy są inhibitorami wzrostu roślin, ostatnie badania wykazały jednak że rośliny są w stanie przyswajać oraz metabolizować obie formy aminokwasów [20, 21].

W skali globalnej większość nawozów aminokwasowych (AAF), przeznaczonych dla rolnictwa, produkowane jest we Włoszech, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych, Chinach i Indiach.

Obecnie, najwięcej jest na rynku hydrolizatów białkowych pochodzenia zwierzęcego. Produkcja biostymulatorów oraz nawozów jest sposobem na waloryzację produktów ubocznych z przemysłu mięsnego oraz skórzanego niektórych firm w Europie i Azji Wschodniej [15]. Nawozy aminokwasowe są dostępne w postaci płynnych ekstraktów, rozpuszczalnego proszku lub granulatu i mogą być stosowane dogłębowo lub dolistnie. Handlowo dostępne preparaty różnią się zawartością peptydów i aminokwasów [14].

### **3. Wpływ aminokwasów na rośliny**

Aminokwasy są dobrze znanymi biostymulatorami, które mają pozytywny wpływ na wzrost i plonowanie roślin [7]. Są prekursorami białek [22], które pełnią w roślinach wielorakie funkcje: budulcową (strukturalną), metaboliczną (enzymy) i transportową [23]. Pełnią istotną rolę biologiczną jako budulec enzymów, kwasów nukleinowych, przeciwutleniaczy i hormonów [24]. Aminokwasy dzięki swojej budowie działają jak bufony, które pomagają utrzymać korzystne pH w komórce roślinnej [25, 26]. Mogą łagodzić skutki działania na rośliny stresu środowiskowego [27, 28]. Dodatkowo, aminokwasy pozytywnie wpływają na proces fotosyntezy oraz oddychanie mitochondrialne roślin [29, 30]. Zaletą ich stosowania jako biostymulatorów jest ich mobilność oraz łatwy transport w roślinach [31]. Aminokwasy mogą bezpośrednio lub pośrednio wpływać na wzrost rośliny i wydajność plonu [26, 30, 32, 33]. Przykłady wybranych funkcji aminokwasów w roślinach przedstawiono w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Wybrane funkcje aminokwasow w roslinach

Aminokwas	Skrót	Funkcja w roslinie	Literatura
Glicyna	Gly	czynnik chelatujacy; prekursor chlorofilu, zwiksza wydajnosć fotosyntezy	[34] [35]
Alanina	Ala	uczestniczy w odpornosci na niskie temperatury; stymuluje synteze chlorofilu; uczestniczy w metabolizmie hormonow; stymuluje mechanizm odpornosci na wirusy	[36] [37]
Prolina	Pro	marker reakcji na stres; poprawia plodnosć pylku i zawiazywanie owocow; reguluje gospodarkę wodną w roslinie	[38], [39]
Hydroksypolina	Hyp	marker reakcji na stres; poprawia plodnosć pylku i zawiazywanie owocow; reguluje gospodarkę wodną w roslinie	[38], [39]
Fenylalanina	Phe	stymuluje kiełkowanie; prekursor tworzenia ligniny i tkanek zdrewnialych	[34]
Seryna	Ser	prekursor auksyn; uczestniczy w regulacji rownowagi wodnej; niezbedna do syntezy chlorofilu	[40]
Treonina	Thr	stymuluje kiełkowanie nasion	[23]
Arginina	Arg	uczestniczy w odpornosci na niskie temperatury; prekursor poliamin; niezbednych do rozpoczecia podzialow komorkowych	[36]
Kwas asparaginowy	Asp	stymuluje kiełkowanie nasion	[23]
Kwas glutaminowy	Glu	czynnik chelatujacy; stymulator wzrostu; stymuluje kiełkowanie; stanowi pulę rezerwową azotu organicznego niezbednego do syntezy innych aminokwasow i bialek	[35]

### 3.1. Wplyw nawozow aminokwasowych na wzrost roslin i jakość upraw

Jakość upraw można zdefiniować jako zestaw właściwości agronomicznych (np. wielkość owoców, plon, odporność na bakterie i grzyby) i organoleptycznych (np. kolor, kształt, jędrność), a także zawartość składników odżywczych i witamin [41]. Obecnie wiele uwagi poświęca się możliwości wykorzystania aminokwasów i peptydów do odżywiania roślin [15, 28, 42, 43,]. Skuteczność stosowania nawozów aminokwasowych można rozpatrywać w kontekście ich wpływu na kiełkowanie i wzrost sadzonek, produktywność roślin, jakość owoców i warzyw oraz oddziaływanie na mikrobiom [15] (Tabela 2).

Amirkhani i wsp. [44] zbadali zdolność kiełkowania i wzrost siewek brokułu (*Brassica oleracea* L.) po otoczkowaniu ich nasion mieszaniną: mąka sojowa/włókna celulozowe/ziemia okrzemkowa. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu stwierdzono wzrost pędów i korzeni siewek roślin, a także zwiększoną ilość świeżej i suchej masy roślin [44]. W innym doświadczeniu wykazano, że dogłebowe zastosowanie żelatynowych kapsułek w uprawie ogórka (*Cucumis sativus* L.) zwiększa zawartość azotu, powierzchnię liści oraz ilość świeżej i suchej masy [45].

Skuteczność stosowania preparatów aminokwasowych w stymulowaniu wzrostu biomasy pędu i korzeni zbadano podczas szklarniowej uprawy pomidora (*Solanum lycopersicum* L.). Badania wykazały, że dogłebowa lub dolistna aplikacja aminokwasowych biostymulatorów zwiększa wydajność uprawy, poprzez zwiększenie liczby owoców i ich średniej masy, a także całkowitej ilości suchej masy [10, 46, 47]. Obserwowana zwiększona zawartości azotu w liściach pomidorów traktowanych AAF wynika ze zwiększonej asymilacji azotu, która może opierać się na wzroście aktywności enzymów (reduktazy azotanowej i syntetazy glutaminianowej) lub może być związana z rozwojem systemu korzeniowego [10].

Dolistna aplikacja hydrolizatów białkowych pochodzenia zwierzęcego pozytywnie wpływa również na wydajność plonów drzew owocowych, co wykazały doświadczenia przeprowadzone na papai (*Carica papaya* L.) [48]. Również bananowce traktowane AAF wykazywały wzrost całkowitej zawartości białka, fenoli, flawonoidów oraz aktywności antyoksydacyjnej [49]. Natomiast stosowanie roślinnego hydrolizatu białkowego w uprawie winorośli (*Vitis vinifera* L.) zwiększało stężenie fenolu oraz antocyjanów w owocach [50].

Tejada i wsp. [51] zbadali zależność między stosowaniem biostymulatorów aminokwasowych a zmianami zachodzącymi w strukturze oraz aktywności drobnoustrojów glebowych. Największy wpływ na aktywność drobnoustrojów glebowych oraz wzrost roślin uzyskano stosując hydrolizat z otrębów ryżowych.

Prawdopodobnie przyczyną najwyższej skuteczności tego preparatu jest zawartość w nim związków o małej masie cząsteczkowej, które mogą być łatwo przyswojone przez drobnoustroje. Autorzy sugerują również, że niższa zawartość tłuszczów w preparacie może sprzyjać absorpcji składników odżywczych i peptydów przez drobnoustroje [51].

**Tabela 2.** Przykłady pozytywnego wpływu AAF na wzrost roślin

<b>Etap rozwoju rośliny</b>	<b>Roślina</b>	<b>Literatura</b>
kiełkowanie i wzrost siewek	brokuł ( <i>Brassica oleracea</i> L.)	[44]
	ogórek ( <i>Cucumis sativus</i> L.)	[45]
wzrost pędu i korzeni	pomidor ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.)	[46, 47, 10]
rozwój owoców	papaja ( <i>Carica papaya</i> L.)	[48]
	bananowce	[49]
	winorośl ( <i>Vitis vinifera</i> L.)	[50]

### **3.2. Skuteczność nawozów aminokwasowych w łagodzeniu skutków stresu biotycznego i abiotycznego**

Na jakość i ilość upraw wpływają stresogenne czynniki biotyczne i abiotyczne, na które stale narażone są rośliny. Stres wywołany niekorzystnymi bodźcami może znacznie zmniejszyć plony, ponieważ rośliny zużywają swoje rezerwy energii i metabolitów do walki ze stresem zamiast wykorzystywać je do wydajnego plonowania [41]. Do czynników abiotycznych zaliczane są temperatura, promieniowanie ultrafioletowe, niekorzystny skład gleby (zasolenie, kwasowość, niedobór minerałów), ograniczona dostępność wody lub jej nadmiar oraz czynniki mechaniczne (np. wiatr). Czynniki biotyczne obejmują m.in. bakterie, grzyby i wirusy, które są przyczyną wielu chorób roślin [41].

Stres solny należy do stresów abiotycznych, ograniczających wydajność plonowania roślin. Po osiągnięciu toksycznego poziomu stężenia soli, liście ulegają przedwczesnemu starzeniu oraz zmniejsza się ich obszar aktywny fotosyntetycznie, co skutkuje zahamowaniem wzrostu rośliny [52].

Sadak i wsp. [53] wykazali, że zastosowanie AAF łagodzi szkodliwy wpływ zasolenia na rośliny bobiku (*Vicia faba* L.). Dolistne opryskiwanie roślin mieszaniną aminokwasów poprawiło ich parametry morfologiczne i biochemiczne, a tym samym zwiększyło ich plon [53]. Efekty te były zgodne z wynikami badań przeprowadzonych na roślinach kukurydzy (*Zea mays* L.), które wykazały wpływ AAF na zmniejszenie aktywności enzymów przeciwutleniających i syntezy fenoli, indukowanych przez zasolenie [54]. Zastosowanie preparatu aminokwasowego na korzenie i liście sałaty (*Lactuca sativa*) w warunkach zasolenia zwiększyło ilość jej suchej masy. Było to związane z poprawą metabolizmu azotu w roślinach oraz wzrostem wydajności fotosyntezy [55]. Badania potwierdzają, że zastosowanie aminokwasów w warunkach stresu solnego umożliwia roślinom utrzymanie optymalnego stosunku  $K^+/Na^+$  i ostatecznie zmniejsza ich wrażliwość na zasolenie [56].

W innym eksperymencie zbadano wpływ dolistnego zastosowania aminokwasów na odpowiedź roślin na stres abiotyczny, związany z niedoborem wody. Użycie preparatu aminokwasowego złagodziło negatywny wpływ suszy na pszenicę (*Triticum aestivum* L.) i spowodowało znaczny wzrost całkowitej zawartości węglowodanów i białka w ziarnach [57].

Skuteczność preparatów aminokwasowych wykazano także w przypadku uprawy lucerny (*Medicago sativa* L.) w warunkach nadmiaru wody w glebie. Dolistne zastosowanie preparatów aminokwasowych spowodowało wzrost wysokości roślin, zwiększenie ilości suchej masy oraz zwiększenie zawartości białka z 17% w wariancie próby kontrolnej do 22% w wariancie po zastosowaniu AAF [58].

Preparaty bogate w aminokwasy mogą odgrywać także istotną rolę w zwiększaniu tolerancji roślin na niską temperaturę. Bott [59] przeprowadził doświadczenie obejmujące potraktowanie sałaty (*Lactuca sativa* L.) mieszaniną aminokwasów i poddanie jej niskiej temperaturze o różnych wartościach.

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że rośliny potraktowane AAF uzyskały większą ilość świeżej masy i wykazywały wyższe przewodnictwo szparkowe niż rośliny kontrolne [59]. W innym doświadczeniu zbadano tolerancje wieloletniej trawy, życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) na stres wysokiej temperatury. Rośliny poddane działaniu wysokiej temperatury (36°C) jednocześnie potraktowane nawozem aminokwasowym wykazały wysoką aktywność fotosyntetyczną oraz wyższą zawartość chlorofilu, karotenoidów oraz polifenoli niż próba kontrolna [59, 60].

Ze względu na wysoką wartość odżywczą, pieprz (*Capsicum annuum* L.) został użyty jako roślina modelowa do badania wpływu biostymulatorów na plon i parametry jakościowe owoców w warunkach zmniejszonego nawożenia. Przeprowadzone doświadczenia wykazały zwiększoną aktywność przeciwutleniającą, większą zawartość witaminy C oraz fenoli w owocach, a także zwiększoną zawartość barwników w liściach po zastosowaniu biostymulatora. Badania wykazały, że w uprawie hydroponicznej biostymulatory nie mogą całkowicie zastąpić mineralnego odżywiania, ale mogłyby pomóc zrównoważyć pobieranie składników odżywczych i ich dystrybucję w roślinie [61].

Czynnikami wywołującymi stres biotyczny roślin są m.in. bakterie, wirusy, grzyby oraz szkodniki [41]. Możliwość wykorzystania aminokwasów w ochronie roślin przed patogenami badano między innymi w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach [62, 63, 64]. Preparaty aminokwasowe wykazały skuteczność w hamowaniu rozwoju grzyba *Sclerotinia sclerotiorum* wywołującego zgniliznę twardzikową fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) w czasie jej uprawy oraz przechowywania. Przeprowadzone testy *in vitro* bezpośrednio potwierdziły działanie AAF na patogen. W badaniach polowych wykazano wysoką skuteczność preparatów aminokwasowych w ograniczaniu zgnilizny twardzikowej fasoli oraz indukcję odporności w roślinach [62].



**Tabela 3.** Zastosowanie AAF w łagodzeniu skutków abiotycznego i biotycznego stresu roślin

Czynnik stresowy	Roślina	AAF	Literatura
zasolenie	bobik ( <i>Vicia faba</i> L.)	Amino Total	[53]
	kukurydza ( <i>Zea mays</i> L.)	PH z lucerny	[54]
	sałata ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	Trainer	[55]
niedobór wody	pszenica ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	Delfan	[57]
nadmiar wody	lucerna ( <i>Medicago sativa</i> L.)	Kadestim, Amino-forte	[58]
niska temperatura	sałata ( <i>Lactuca sativa</i> )	Terra-Sorb	[59]
wysoka temperatura	życica trwała ( <i>Lolium perenne</i> L.)	Terra-Sorb	[59], [60]
zmniejszone nawożenie	pieprz ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	Radifarm, Megafol	[61]
grzyb <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	fasola ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Argo-Sorb	[62]
		Folium, Agro-Sorb L-	[63]
		Amino+, Agro-Sorb	[64]
		Radiculum	

#### 4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono krótką charakterystykę nawozów aminokwasowych oraz zebrano dane literaturowe ukazujące ich duży potencjał w zwiększaniu plonów roślin uprawnych. Skuteczność stosowania AAF zanalizowano w odniesieniu do ich wpływu na kiełkowanie i wzrost sadzonek, produktywność roślin, jakość owoców i warzyw oraz oddziaływania na mikrobiom. Badania potwierdzają wzrost akumulacji azotu w roślinach traktowanych nawozami aminokwasowymi, co przekłada się na wzrost biomasy pędów i korzeni oraz zwiększenie liczby i masy owoców.

W pracy wykazano także, że rośliny traktowane AAF lepiej radzą sobie w warunkach stresu abiotycznego oraz biotycznego. Zastosowanie nawozów aminokwasowych zmniejsza wrażliwość roślin na zasolenie oraz niską temperaturę. Zastosowanie nawozów aminokwasowych w odżywianiu roślin może stać się rozwiązaniem dla wyzwań stawianych współczesnemu rolnictwu.

### Źródło finansowania

Praca została wykonana w ramach subwencji pt.: „Wpływ zastosowania biostymulatora na plonowanie kukurydzy zwyczajnej (*Zea mays* L.)”, Ł-IPS (PS/LD20/229.05/30).

### Literatura

- [1] Piwowar A.: *Zarys problematyki nawożenia w zrównoważonym rozwoju rolnictwa w Polsce*, *Ekonomia i Środowisko* **1**, 2013, str. 143-155.
- [2] Katyal J. C., Datta S. P.: *Role of micronutrients in ensuring optimum use of macronutrients*, IFA International Symposium on Micronutrients, New Delhi, India 2004, str. 12.
- [3] Spiak Z.: *Jak należy nawozić mikroelementami – warunki stosowania i doboru mikroelementów*, *Więś Jutra* **11**, 2001, str. 15-17.
- [4] Podleśna A.: *Źródła składników pokarmowych dla roślin we współczesnym rolnictwie*, *Więś Jutra* **7**, 2006, str. 6-8.
- [5] Antonkiewicz J., Łabętowicz J.: *Innowacje chemiczne w odżywianiu roślin od starożytnej Grecji i Rzymu po czasy najnowsze. Praca przeglądowa*, *Agronomy Science* **72**, 2017, str. 1-18.
- [6] Ditta A., Arshad M., Ibrahim M.: *Nanoparticles in sustainable agricultural crop production: applications and perspectives*, *Nanotechnology and Plant Sciences*, 2015, str. 55-75.
- [7] Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W.: *Agricultural uses of plant biostimulants*, *Plant Soil* **383**, 2014, str. 3-41.
- [8] McMurry J.: *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [9] Grishin D. V., Zhdanov D. D., Pokrovskaya M. V., Sokolov N. N.: *D-aminoacids in nature*, *Agriculture and Biomedicine* **13** (1), 2019, str. 11-22.
- [10] Colla G., Rouphael Y., Canaguier R., Svecova E., Cardarelli, M.: *Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis*, *Frontiers in Plant Science* **5**, 2014, str. 448.
- [11] Ertani A., Cavani L., Pizzeghello D., Brandellero E., Altissimo A., Ciavatta C., Nardi S.: *Biostimulant activities of two protein hydrolysates on the growth and nitrogen metabolism in maize seedlings*, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **172**, 2009, str. 237-244.
- [12] Ławińska K., Lasoń-Rydel M., Gendaszewska D., Grzesiak E., Sieczynska K., Gaidau C., Epure D. G., Obraniak A.: *Coating of seeds with collagen hydrolysates from leather waste*, *Fibres and Textiles in Eastern Europe* **136**, 2019, str. 59-64.
- [13] Cavani L., Halle A. T., Richard C., Ciavatta C.: *Photosensitizing properties of protein hydrolysate-based fertilizers*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 2006, str. 9160-9167.
- [14] Colla G., Nardi S., Cardarelli M., Ertani A., Lucini L., Canaguier R., Rouphael Y.: *Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture*, *Scienta Horticulturae* **96**, 2015, str. 28-38.

- [15] Colla G., Hoagland L., Ruzzi M., Cardarelli M., Bonini P., Canaguier R., Roupael Y.: *Biostimulant action of protein hydrolysates: unraveling their effects on plant physiology and microbiome*, *Frontiers in Plant Science* **8**, 2017, str. 2202.
- [16] Jie M., Raza W., Xu Y. C., Shen Q. R.: *Preparation and optimization of amino acid chelated micronutrient fertilizer by hydrolyzation of chicken waste feathers and the effects on growth of rice*, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **31**, 2008, str. 571-582.
- [17] Zhang F., Meng X., Feng C., Ran W., Yu G., Zhang Y., Shen Q.: *Hydrolytic amino acids employed as a novel organic nitrogen source for the preparation of PGPF-containing bio-organic fertilizer for plant growth promotion and characterization of substance transformation during BOF production*, *PLOS One* **11**, 2016.
- [18] Csapó J., Kiss-Csapó Zs., Albert Cs., Lóki K.: *Hydrolysis of proteins performed at higher temperature and for short times with reduced racemization, in order to determine the enantiomers of D- and L- amino acids*; *Analytica Chimica Acta* **1**, 2008, str. 31-48.
- [19] Bhaskar N., Benila T., Radha C., Lalitha R. G.: *Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of Catla (Catla catla) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease*, *Bioresource Technology* **99**, 2008, str. 335-343.
- [20] Friedman M.: *Chemistry, nutrition, and microbiology of D-aminoacids*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 1999, 3457-3479.
- [21] Brückner H., Westhauser T.: *Chromatographic determination of L- and D-amino acids in plants*, *Amino Acids* **24**, 2003, str. 43-55.
- [22] Rai V. K.: *Role of amino acids in plant responses to stress*, *Biologia Plantarum* **45**, 2002, str. 471-478.
- [23] Popko M., Michalak I., Wilk R., Gramza M., Chojnacka K., Górecki H.: *Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat*, *Molecules* **23**, 2018, str. 470.
- [24] Shukla R., Sharma Y. K., Shukla A. K.: *Molecular mechanism of nutrient uptake in plants*, *International Journal of Current Research and Academic Review* **2**, 2014, str. 142-154.
- [25] Davies D. D.: *Physiological aspects of protein turn-over*, *Encyclopedia of Plant Physiology* **45**, 1982, str. 481-487.
- [26] Radkowski A., Radkowska I., Godyń D.: *Effects of fertilization with an amino acid preparation on the dry matter yield and chemical composition of meadow plants*, *Journal of Elementology* **23**, 2018, str. 947-958.
- [27] Kowalczyk K., Zielony T.: *Effect of Aminoplant and Asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool* [w:] *Biostimulators in modern agriculture. General aspects*. H. Gawrońska (red.), Wieś Jutra, Warszawa 2008.
- [28] Ali Q., Athar H., Haider M. Shahid S., Aslam N., Shehzad F., Naseem J., Ashraf R., Ali A., Hussain S.: *Role of amino acids in improving abiotic stress tolerance to plants* [w:] *Plant Tolerance to Environmental Stress*, CRC Press, Boca Raton 2019, str. 175-204.

- [29] Meijer A. J.: *Amino acids as regulators and components of nonproteinogenic pathways*, The Journal of Nutrition **39**, 2003, str. 2057-2062.
- [30] Khan Sh., Yu H., Li Q., Gao Y., Sallam B. N., Wang H., Liu P., Jiang W.: *Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability*, Agronomy **9**, 2019, str. 266.
- [31] Tegeder M., Rentsch D.: *Uptake and partitioning of amino acids and peptides*, Molecular Plant **3**, 2010, str. 997– 1011.
- [32] Mohamed A. M.: *Effect of some bio-chemical fertilization regimes on yield of maize – master thesis*, 2006, Zagazig University, str. 70-177.
- [33] Azimi M. S., Daneshian J., Sayfzadeh S., Zare, S.: *Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit*, International Journal of Agronomy and Crop Science **5**, 2013, str. 816-819.
- [34] Baqir H. A., Zeboon N. H., Al-behadili A. A. J.: *The role and importance of amino acids within plants: a review*, Plant Archives **19**, 2019, str. 1402-1410.
- [35] Souri M. K.: *Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review*, Open Agriculture **1**, 2016, str. 118–123.
- [36] Levitt J.: *Response of plant to environmental stress Volume 1: chilling, freezing and high temperature stress*, Academic Press, California 1980.
- [37] Zeier J.: *New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways*, Plant Cell and Environment **36**, 2013, str. 2085-2103.
- [38] Mattioli R., Biancucci M., El Shall A., Mosca L., Costantino P., Funck D., Trovato M.: *Proline synthesis in developing microspores is required for pollen development and fertility*, BMC Plant Biology **18**, 2018, str. 356.
- [39] Hayat S., Hayat Q., Alyemeni M. N., Wani A. S., Pichtel J., Ahmad A.: *Role of proline under changing environments: a review*, Plant Signaling and Behavior **7**, 2012, str. 1456-1466.
- [40] Zhao Y.: *Auxin Biosynthesis*, Arabidopsis Book 2014.
- [41] Drobek M., Frac M., Cybulska J.: *Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress – a review*, Agronomy **9**, 2019, str. 335.
- [42] Van Oosten M. J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A.: *The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants*, Chemical and Biological Technologies in Agriculture **4**, 2017, str. 1-12.
- [43] Näsholm T., Kielland K., Ganeteg U.: *Uptake of organic nitrogen by plants*, New Phytologist **182**, 2009, str. 31-48.
- [44] Amirkhani M., Netravali A. N., Huang W.: *Investigation of soy protein-based biostimulant seed coating for broccoli seedling and plant growth enhancement*, Hortscience **51**, 2016, str. 1121–1126.

- [45] Wilson H. T., Xu K., Taylor A. G.: *Transcriptome analysis of gelatin seed treatment as a biostimulant of cucumber plant growth*, The Scientific World Journal 2015, 2015, str. 1-14.
- [45] Koukounararas A., Tsouvaltzis P., Siomos A. S.: *Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels*, Journal of Food, Agriculture and Environment **11**, 2013, str. 644-648.
- [47] Parrado J., Bautista J., Romero E. J., Garcia-Martinez A. M., Friaza V., Tejada M.: *Production of a carob enzymatic extract: potential use as a biofertilizer*, Bioresource Technology **99**, 2008, str. 2312-2318.
- [48] Morales-Pajan J. P., Stall, W.: *Passion fruit (Passiflora edulis) trans plant production and affected by selected biostimulants*, Proceedings of the Florida State Horticultural Society **117**, 2004, str. 224-227.
- [49] Gurav R. G., Jadhav, J. P.: *A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation*, Environmental Science and Pollution Research **20**, 2013, str. 4532-4539.
- [50] Parrado J., Escudero-Gilete M. L., Friaza V., Garcia-Martinez A., González- Miret M. L., Bautista J. D., Heredia F. J.: *Enzymatic vegetable extract with bioactive components: influence of fertilizer on the colour and anthocyanins of red grapes*, Journal of the Science of Food and Agriculture **87**, 2007, str. 2310-2318.
- [51] Tejada M., Benitez C., Gomez I., Parrado J.: *Use of biostimulants on soil restoration: effects on soil biochemical properties and microbial community*, Applied Soil Ecology **49**, 2011, str. 11-17.
- [52] Erdal S., Aydın M., Genisel M., Taspınar M. S., Dumlupınar R., Kaya O., Gorcek Z.: *Effects of salicylic acid on wheat salt sensitivity*, African Journal of Biotechnology **30**, 2011, str. 5713-5718.
- [53] Sadak M. S. H., Abdelhamid M. T., Schmidhalter U.: *Effect of foliar application of amino acids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater*, Acta Biologica Colombiana **20**, 2015, str. 141-152.
- [54] Ertani A., Schiavon M., Muscolo A., Nardi S.: *Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed Zea mays L. Plants*, Plant Soils **364**, 2012, str. 145-58.
- [55] Lucini L., Roupael Y., Cardarelli M., Canguier R., Kumar P., Colla, G.: *The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions*, Scientia Horticulturae **182**, 2015, str. 124-133.
- [56] Cuin T. A., Shabala S.: *Amino acids regulate salinity-induced potassium efflux in barley root epidermis*, Planta **225**, 2007, str. 753-61.
- [57] Hammad S. A. R., Ali O. A. M.: *Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract*, Annals of Agricultural Sciences **59**, 2014, str. 133-145.
- [58] Pooryousef M., Alizadeh K.: *Effect of foliar application of free amino acids on alfalfa performance under rainfed conditions*, Research on Crops **15**, 2014, str. 254-258.

- [59] Botta A.: *Enhancing plant tolerance to temperature stress with amino acids: an approach to their mode of action*, Acta Horticulturae **1009**, 2013, str. 29-35.
- [60] Kauffman G. L., Kneival D. P., Watschke T. L.: *Effects of biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability and polphenol production of perennial ryegrass*, Crop Science **47**, 2007, str. 261-267.
- [61] Parađiković N., Vinković T., Vinković Vrček I., Žuntar I., Bojić M., Medić-Šarić M.: *Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (Capsicum annuum L.) plants*, Journal of the Science of Food and Agriculture **91**, 2011, str. 2146-2152.
- [62] Wojdyła A. T., Sobolewski J.: *Możliwość wykorzystania środków zawierających aminokwasy w ochronie fasoli przed zgnilizną twardzikową*, Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa **24**, 2016, str. 131-140.
- [63] Wojdyła A.T.: 2017. *Możliwość wykorzystania środków zawierających aminokwasy w ochronie róż przed Podosphaera pannosa oraz ich wpływ na rozwój roślin*, Progress in Plant Protection **57**, 2017, str. 82-87.
- [64] Wojtyła A. T.: *Możliwość wykorzystania środków zawierających aminokwasy w ochronie bratka ogrodowego (Viola wittrockiana) przed Colletotrichum violae tricoloris oraz ich wpływ na wzrost roślin*, Progress in Plant Protection **58**, 2018, str. 107-114.