

# ZNACZENIE BIOSTYMULATORÓW W UPRAWIE ZIEMNIAKA

## THE ROLE OF BIO-STIMULATORS IN POTATO CULTIVATION

mgr inż. Patryk Hara  
Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Zakład Agrobiotechnologii  
ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin  
e-mail: patryk.hara@gmail.com

### Streszczenie

Dokonano przeglądu krajowych i zagranicznych doniesień literaturowych. Substancje biologicznie aktywne zawarte w biostymulatorach wpływają korzystnie na wzrost roślin, rozwój systemu korzeniowego i plonowanie ziemniaka. Biostymulatory są preparatami naturalnymi bezpiecznymi dla zdrowia człowieka i zwierząt, nie obciążają też środowiska naturalnego. Wykorzystanie ich w uprawie ziemniaka może przynieść wiele niezaprzeczalnych korzyści. Najważniejszą z punktu widzenia rolnika jest wzrost plonu handlowego w plonie ogólnym, dzięki czemu rosną zyski. Biopreparaty są maksymalnie skuteczne w bardzo niskich dawkach; skuteczność ich zależy też m.in. od fazy wegetatywnej, w jakiej znajdują się rośliny w chwili użycia preparatu.

**Słowa kluczowe:** biostymulatory, ekstrakty z alg morskich, hydrolizaty białkowe, substancje humusowe, ziemniak

### Abstract

The paper reviews domestic and foreign literature reports on bio-stimulators used in potato production. Biologically active substances contained in these bio-preparations have a positive effect on plant growth, root system development, and potato yielding. Bio-stimulants are natural preparations that are safe for human and animal health and do not harm the natural environment. Their use in potato cultivation can bring a lot of undeniable benefits. From the farmer's point of view, the most important is the increase of the marketable yield in the overall yield, thanks to which profits grow. Biopreparations have high efficacy at low doses; however, the stage of vegetative plant development also impacts their effectiveness.

**Keywords:** bio-stimulators, humic substances, marine algae extracts, potato, protein hydrolysates

Wzrastająca świadomość konsumentów w kwestii jakości żywnościowej produktów rolniczych oraz problem bezpieczeństwa żywnościowego na świecie, związany ze wzrostem liczby ludności, zmuszają zarówno rolników, jak i naukowców do ciągłego polepszania wartości funkcjonalnych żywności. Wzrost wartości produktów spożywczych powinien iść w parze z maksymalizacją produkcji na jednostkę powierzchni przy równoczesnej minimalizacji wpływu na środowisko (Abou Chehade i in. 2018, Roupheal i in. 2018). Osiągnięcie tego celu będzie możliwe dzięki wykorzystaniu w uprawach rolnych środków ekonomicznie opłacalnych, ekologicznie zrównoważonych i społecznie akceptowalnych (Selladurai, Purakayastha 2016). Tymi cechami charaktery-

zują się biostymulatory roślinne, cieszące się coraz większym zainteresowaniem wśród hodowców, o czym świadczy stały wzrost ich znaczenia gospodarczego. Szacuje się, że rynek biostymulatorów w 2018 r. osiągnął wielkość 2,241 mld dolarów, a w Europie wartość ekonomiczną tych preparatów ocenia się na 200-400 mln euro (Xu, Geelen 2018).

Biostymulatory wpływają na procesy metaboliczne i enzymatyczne roślin, podnosząc ich wydajność i jakość. Według Du Jardina (2015) „biostymulatorem roślinnym jest każda substancja lub mikroorganizm stosowane na rośliny, nasiona lub w ryzosferze z zamiarem stymulowania naturalnych procesów w roślinach, w celu zwiększenia wykorzystania składników odżywczych i/lub tolerancji na

stres abiotyczny, bez względu na zawartość składników odżywczych lub jakąkolwiek kombinację takich substancji i/lub mikroorganizmów przeznaczonych do stosowania”.

Użycie tych preparatów w uprawie roślin może przynieść wiele korzyści, a mianowicie: wzrost aktywności mikroflory glebowej, lepszy rozwój systemu korzeniowego, co sprzyja absorpcji składników pokarmowych, oraz intensyfikację produkcji regulatorów wzrostu zarówno w glebie, jak i w roślinach (Ertani i in. 2014). Ponadto stosowanie biostymulatorów prowadzi do zmniejszenia kosztów uprawy dzięki wzrostowi efektywności nawożenia i odporności roślin na czynniki biotyczne i abiotyczne (susza, zasolenie gleby, nadmierna wilgotność, zbyt niski lub zbyt wysoki poziom promieniowania UV) oraz stymulacji kiełkowania nasion (Popko i in. 2018, Szparaga i in. 2018).

Du Jardin (2015) sklasyfikował biostymulatory obecne na rynku według siedmiu klas: kwas huminowy, kwas fulwowy, hydrolizaty białkowe, ekstrakty z wodorostów morskich, chitozan, związki nieorganiczne, korzystne mikroorganizmy. Z kolei Ertani i inni (2011) skategoryzowali biostymulatory w trzech podstawowych grupach: substancje humusowe, morskie substancje bioaktywne (ekstrakty z alg morskich) oraz produkty zawierające aminokwasy.

Badania nad korzystnym wpływem preparatów zawierających substancje bioaktywne były prowadzone także w uprawach ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zmian fizjologicznych roślin i bulw ziemniaka, jakie zachodziły po zastosowaniu biostymulatorów.

### Wpływ różnych klas biostymulatorów na cechy morfologiczne roślin i plonowanie ziemniaka

Biostymulatory oparte na algach morskich otrzymuje się głównie na drodze ekstrakcji czerwonych lub zielonych wodorostów. Jednakże sporo uwagi poświęca się także produkcji preparatów naturalnych z brunatnic (Phaeophyceae), z takich gatunków jak: *Ascophylum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Durvillea potatorum*, *Durvillea antarctica*, *Fucus serratus*, *Himanthalia elongate*, *Laminaria digitala* (Sharma i in. 2014). Środki te,

stosowane w uprawie roślin, m.in. stymulują wzrost roślin i kiełkowanie oraz rozwój systemu korzeniowego (Ertani i in. 2018), sprawiają, że synteza chlorofilu, rozwój korzeni i wchłanianie substancji odżywczych z gleby są bardziej wydajne, wzmacniają systemy obronne roślin przed stresem abiotycznym i patogenami (Sharma i in. 2014) oraz pobudzają aktywność enzymatyczną związaną z metabolizmem węgla i azotu (Rouphael i in. 2018).

Ekstrakty z wodorostów morskich działają w ten sposób dzięki obecności w swoim składzie substancji bioaktywnych. Do tej pory zidentyfikowano takie związki jak: wtórne metabolity, do których należą polifenole i terpeny, polisacharydy, głównie alginian, fukidyna, laminaryna i karagininina lub ich pochodne – oligosacharydy (Rengasamy i in. 2015, Herrera i in. 2018). Uważa się, że polisacharydy te pobudzają reakcje obronne roślin, aktywując na poziomie systemowym szlaki sygnałowe kwasu salicylowego, kwasu jasmowego i/lub etylenu (Vera i in. 2011). Dodatkowo ekstrakty z alg morskich zawierają fitohormony, takie jak: auksyny, cytokiny, gibereliny, kwas abscysynowy oraz białka, aminokwasy, witaminy i minerały (Xu, Geelen 2018). Dodatkowym ważnym składnikiem aktywnym tych biopreparatów jest kahydryna, pochodna witaminy K1, która uczestniczy w wydzielaniu jonów protonowych ( $H^+$ ) do apoplastu. Dzięki temu procesowi dochodzi do zakwaszenia strefy korzeniowej rośliny, co modyfikuje stan redoks i dostępność składników odżywczych w glebie (Ertani i in. 2018).

Badaniem wpływu biostymulatorów z alg morskich na cechy morfologiczne roślin ziemniaka, wielkość plonu i jego jakość zajmowało się wielu badaczy. Prajapati i inni (2016), oceniając możliwość wykorzystania ekstraktów z *Kappaphycus alvarezii* i *Gracilaria edulis* w uprawie ziemniaka, stwierdzili, że dolistne ich stosowanie przyczyniło się do uzyskania wyższych roślin oraz większej liczby łodyg w porównaniu z obiektem kontrolnym, gdzie stosowano jedynie wodę. Według autorów efekt ten był możliwy dzięki obecności w biostymulatorach regulatorów wzrostu: auksyny, cytokiny i gibereliny. Ponadto odnotowali oni wzrost plonu handlowego po zastosowaniu 10-proc. roztworu z

*Gracilaria edulis* i *Kappaphycus alvarezii*. Przyrost ten wynosił odpowiednio 19,81 i 17,18%.

Sarhan (2011) wykazał, że dolistne stosowanie biostymulatora Alga 600, otrzymanego z *Sargassum* (rodzaj alg z gromady brunatnic), przyczyniło się do uzyskania wyższych roślin niż na obiekcie kontrolnym, jednak różnice te nie były istotne statystycznie. Istotność różnic zaobserwowano w przypadku świeżej i suchej masy roślin. Po aplikacji Alga 600 uzyskano wyższe wartości niż na obiektach kontrolnych, a wzrost ten wynosił odpowiednio 3,05 i 6,70%. Większe wartości po zastosowaniu badanego biostymulatora autor stwierdził także w przypadku plonu ogólnego. Przyrost wynosił średnio 2,16 t/ha.

Stosowanie biostymulatorów w czasie wegetacji roślin w celu poprawy cech funkcjonalnych produktów rolniczych było przedmiotem badań wielu autorów (Ertani i in. 2011, Ertani i in. 2014, Abou Chehade i in. 2017, Szparaga i in. 2018, Roupheal i in. 2018). Jednakże Mystkowska (2018), analizując zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka odmian Honorata, Jelly i Tajfun po dolistnym traktowaniu roślin preparatem Kelpak SL (ekstrakt z *Ecklonia maxima*), stwierdziła nieznaczną poprawę badanych cech w porównaniu z obiektem kontrolnym.

We wcześniejszych badaniach Mystkowska (2017) oceniała opłacalność stosowania preparatu Kelpak SL w uprawie ziemniaka odmiany Honorata. Biostymulator użyty był w formie 4-krotnego oprysku dolistnego w dawce 2,0 l/ha, dzięki czemu plon ogólny wzrósł o 36,29% (13,73 t/ha) w stosunku do obiektu, na którym nie stosowano tego preparatu. Efektem wzrostu plonu była wyższa wartość nadwyżki bezpośredniej (średnio 14 879,8 zł/ha) w porównaniu z obiektem kontrolnym (ok. 6354,9 zł/ha).

Biostymulatory przez poprawę wchłaniania przez rośliny substancji odżywczych z gleby ograniczają występowanie chorób związanych z niedoborem mikro- i makroelementów (Szparaga i in. 2018). Redukować też mogą inwazję szkodników na plantacjach. Fleming i Herbert (1996) wykazali, że dogłębne stosowanie ekstraktów z *Ascophyllum nodosum* ogranicza namnażanie się mątwika ziemniaczanego. Efekt ten,

zdaniem autorów, mógł być skutkiem inhibicji wylęgu nicieni lub zahamowania rozwoju szkodników w obrębie ryzosfery.

Kolejną ważną grupą wśród biostymulatorów są preparaty zawierające w swoim składzie substancje humusowe obejmujące kwasy humusowe, w tym huminowe, i kwasy fulwowe. Substancje te, oddziałując na właściwości fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne gleby, ułatwiają pobieranie składników odżywczych przez rośliny i wpływają w ten sposób na ich wzrost oraz rozwój systemu korzeniowego.

Zmiany fizjologii roślin wynikają głównie ze zwiększonej aktywności enzymatycznej i retencji wody w liściach (Ezzat i in. 2009, Al-Fraihat i in. 2018). Ezzat i inni (2009) wykazali, że stosowanie 4-proc. roztworu substancji humusowych w formie dolistnej aplikacji w istotny sposób wpływało na poprawę parametrów fizjologicznych roślin ziemniaka, wyrażonych wysokością, liczbą łodyg, powierzchnią liści i suchą masą roślin. Zmiany te autorzy przypisali zwiększonej zdolności do zatrzymywania wody, pobierania składników odżywczych i usprawnionemu procesowi fotosyntezy. Wpływ stosowania w uprawie ziemniaka preparatów zawierających substancje bioaktywne przyczynia się do lepszego rozwoju systemu korzeniowego, co skutkuje uzyskiwaniem wyższych plonów. Seyebdagheri i Torella (2011), stosując dogłębowo substancje humusowe w dawce 84 kg/ha, poprawili żyzność gleby oraz uzyskali wyższe plony ziemniaków. Przyrost plonu ogólnego, wynoszący 34,32% względem obiektu kontrolnego, odnotowali także Selladurai i Purakayastha (2016), stosując preparat Supa Humus 26.

Wykorzystanie w uprawie ziemniaka biostymulatorów zawierających w swoim składzie substancje humusowe zwiększa odporność upraw na zmiany pH gleby i inne czynniki stresu abiotycznego i biotycznego, a ponadto intensyfikuje rozpuszczalność pierwiastków niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin (Ezzat i in. 2009, Al-Fraihat i in. 2018). Skutkiem poprawy rozpuszczalności mikro- i makroelementów może być wyższa ich zawartość w bulwach ziemniaka. Ezzat i inni (2009) uzyskali wzrost zawartości w suchej masie bulw takich pierwiastków, jak: potas, fosfor, azot, mangan, cynk i żelazo.

zo. Głosek-Sobieraj i inni (2018) odnotowali wzrost zawartości cynku, miedzi, manganu i żelaza w skórce bulw odmiany Irga po traktowaniu roślin preparatem zawierającym wolne aminokwasy (Asahi SL). Spadek zawartości tych pierwiastków autorzy stwierdzili jednak w miąższu bulw, z wyjątkiem żelaza – tu odnotowano nieznaczny wzrost.

Biopreparaty oparte na bazie wolnych aminokwasów to kolejna grupa biostymulatorów, nazywana hydrolizatami białkowymi. Preparaty te definiowane są jako „mieszanki polipeptydów, oligopeptydów i aminokwasów, które są wytwarzane ze źródeł białkowych z wykorzystaniem częściowej hydrolizy” (Colla i in. 2015). Znaczącą cechą biostymulatorów białkowych jest łączenie się schelatowanych mikroelementów z aminokwasami, powodujące tworzenie się małych, elektrycznie neutralnych molekuł, które w efektywniejszy sposób są wchłaniane i transportowane wewnątrz rośliny. Dostarczanie aminokwasów pozwala również roślinom na oszczędzenie energii, gdyż ich synteza jest procesem bardzo energochłonnym. W efekcie możliwe jest zwiększenie tempa ich rozwoju (Popko i in. 2014, Popko i in. 2018).

Röder i inni (2018), stosując własny preparat, zawierający 30% aminokwasu L-glutaminowego, wykazali, że w wyniku dolistnej jego aplikacji wzrosła zawartość chlorofilu i karotenoidów. Ponadto nastąpiły zmiany aktywności reduktazy azotanowej, wolnych aminokwasów i rozpuszczalnych białek w liściach, co w bezpośredni sposób wpłynęło na plon ziemniaków.

Maciejewski i inni (2017) odnotowali zmiany cech chemicznych w bulwach ziemniaka odmian Ditta i Satina po dolistnym stosowaniu preparatów Asahi SL i Atonik SL. Wykazali wzrost suchej masy bulw odmiany Ditta w kombinacjach, gdzie aplikowano Asahi SL w dawce 0,3 l/ha (5-krotny oprysk) oraz Atonik SL w dawce 0,5 i 1,0 l/ha. Satina cechowała się wzrostem zarówno suchej masy, jak i zawartości cukrów redukujących. Zdaniem Sawickiej i Mikos-Bielak (2008) oraz Czeczko i Mikos-Bielak (2004) biopreparat Asahi SL pobudza polifenole w komórkach roślinnych, chroniąc je wraz z układami enzymatycznymi przed uszkodzeniami, i stymuluje szybką reakcję oraz przystosowa-

nie roślin do zmiennych warunków pogodowych, takich jak przymrozki.

Rentowność uprawy ziemniaka jest zmienna w poszczególnych sezonach, a stosowanie biostymulatorów może spowodować uzyskanie wyższych wartości nadwyżki bezpośredniej, o czym świadczą badania przeprowadzone przez Mystkowską (2017). Użycie preparatu o handlowej nazwie Brunatne BioZłoto w dawce 2,0 l/ha przyczyniło się do uzyskania nadwyżki bezpośredniej na poziomie 11 513,40 zł/ha, podczas gdy wskaźnik ten w uprawie standardowej wynosił średnio 6354,90 zł/ha.

Wzrost wartości produkcji ziemniaków pomniejszony o koszty bezpośrednie odnotowali także Zarzecka i inni (2018), oceniając możliwości stosowania herbicydu Sencor 70 WG i biostymulatora Asahi SL. Na obiekcie kontrolnym, gdzie stosowano jedynie pielęgnację mechaniczną, uzyskano niższą wartość nadwyżki bezpośredniej (przeciętnie 4883,40 zł/ha) w porównaniu z kombinacją, na której wykorzystano herbicyd i biopreparat (ok. 13 086,80 zł/ha). Z kolei Trawczyński (2014) odnotował wzrost plonu handlowego po stosowaniu biostymulatorów aminokwasowych, co przyczyniło się do wzrostu zysku o ok. 2380 zł/ha.

### Podsumowanie

Biostymulatory są preparatami naturalnymi bezpiecznymi dla zdrowia człowieka i zwierząt, nie obciążają też środowiska naturalnego. Wykorzystanie ich w uprawie ziemniaka może przynieść wiele niezaprzeczalnych korzyści. Najważniejszą z punktu widzenia rolnika jest wzrost plonu handlowego w plonie ogólnym, dzięki czemu rosną zyski. Jednakże należy pamiętać, że biopreparaty są maksymalnie skuteczne w bardzo niskich dawkach; skuteczność zależy też m.in. od fazy wegetatywnej, w jakiej znajdują się rośliny w chwili użycia preparatu (Ertani i in. 2014). Ponadto działanie biostymulatorów może być różne w zależności od gatunku rośliny lub nawet odmiany. Oznacza to, że korzyści wynikające ze stosowania tych preparatów będą odnotowywane np. w uprawie ziemniaka, ale efekty te nie będą widoczne np. w uprawie kukurydzy. Spowodowane jest to prawdopodobnie progami wrażliwości roślin na jedną lub więcej cząsteczek bioak-

tywnych (Ertani i in. 2018). Dlatego badania nad możliwością stosowania biostymulatorów w uprawie ziemniaka powinny być kontynuowane w celu uzyskania wiedzy na temat sposobu aplikacji i dawkowania tych preparatów w zależności od uprawianej odmiany ziemniaka.

### Literatura

- 1. Abou Chehade L., Al Chami Z., De Pascali S. A., Cavoski I., Fanizzi F. P. 2018.** Biostimulants from food processing by-products: agronomic, quality and metabolic impacts on organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.). – J. Sci. Food Agric. 98(4): 1426-1436;
- 2. Al-Fraihat A. H., Al-Tabbal J. A., Abu-Darwish M. S., Alhrouf H. H., Hasan H. S. 2018.** Response of onion (*Allium cepa*) crop to foliar application of humic acid under rain-fed conditions. – Int. J. Agric. Biol. 20(5): 1235-1241;
- 3. Colla G., Rouphael Y., Lucini L., Canaguier R., Stefanoni W., Fiorillo A., Cardarelli M. 2015.** Protein hydrolysate-based biostimulants: origin, biological activity and application methods. [In:] II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1148: 27-34;
- 4. Czeczko R., Mikos-Bielak M. 2004.** Efekty stosowania biostymulatora Asahi w uprawie różnych gatunków warzyw. – Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska. Sec. E, Agricultura 3(59): 1073-1077;
- 5. Di Filippo-Herrera D. A., Muñoz-Ochoa M., Hernández-Herrera R. M., Hernández-Carmona G. 2018.** Biostimulant activity of individual and blended seaweed extracts on the germination and growth of the mung bean. – J. Appl. Phycol. 1-13;
- 6. Du Jardin P. 2015.** Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. – Sci. Hortic. 196: 3-14;
- 7. Ertani A., Francioso O., Tinti A., Schiavon M., Pizzeghello D., Nardi S. 2018.** Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. – Front. Plant Sci. 9: 428;
- 8. Ertani A., Pizzeghello D., Francioso O., Sambo P., Sanchez-Cortes S., Nardi S. 2014.** *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: chemical and metabolomic approaches. – Front. Plant Sci. 5: 375;
- 9. Ertani A., Schiavon M., Altissimo A., Franceschi C., Nardi S. 2011.** Phenol-containing organic substances stimulate phenylpropanoid metabolism in *Zea mays*. – J. Plant Nutr. Soil Sci. 174(3): 496-503;
- 10. Ezzat A. S., Saif Eldeen U. M., Abd El-Hameed A. M. 2009.** Effect of irrigation water quantity, antitranspirant and humic acid on growth, yield, nutrients content and water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.). – J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 34(12), 11585-11603;
- 11. Fleming C., Herbert B. 1996.** Response of the potato cyst nematode to applications of seaweed concentrate. – Proc. Crop Prot. North. Britain, Dundee: 391-396;
- 12. Maciejewski T., Szukała J., Jarosz A. 2007.** Wpływ biostymulatora Asahi SL i Atonik SL na cechy jakościowe bulw ziemniaków. – J. Res. Appl. Agric. Engin. 52(3): 109-112;
- 13. Mystkowska I. 2017.** Wpływ zróżnicowanej techniki odchwaszczania i stosowania biostymulatorów na efektywność ekonomiczną uprawy ziemniaków jadalnych. – Roczn. Nauk. SERiA 19(6): 190-194;
- 14. Mystkowska I. T. 2018.** Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zmiennych warunkach pogodowych pod wpływem stosowanych biostymulatorów. – Acta Agroph. 25(4): 475-483;
- 15. Popko M., Wilk R., Górecki H. 2014.** New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of keratin. – Przem. Chem. 93: 1012-1015;
- 16. Popko M., Michalak I., Wilk R., Gramza M., Chojnacka K., Górecki H. 2018.** Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. – Molecules 23(2): 470;
- 17. Prajapati A., Patel C. K., Singh N., Jain S. K., Chongtham S. K., Maheshwari M. N., Patel R. N. 2016.** Evaluation of seaweed extract on growth and yield of potato. – Environ. Ecol. 34(2): 605-608;
- 18. Rengasamy K. R., Kulkarni M. G., Stirk W. A., Van Staden J. 2015.** Eckol – a new plant growth stimulant from the brown seaweed *Ecklonia maxima*. – J. Appl. Phycology 27(1): 581-588;
- 19. Rouphael Y., Giordano M., Cardarelli M., Cozzolino E., Mori M., Kyriacou M., Colla G. 2018.** Plant- and seaweed-based extracts increase yield but differentially modulate nutritional quality of greenhouse spinach through biostimulant action. Agronomy 8(7): 126;
- 20. Röder C., Móggor Á. F., Szilagyi-Zecchin V. J., Gemin L. G., Móggor G. 2018.** Potato yield and metabolic changes by use of biofertilizer containing L-glutamic acid. – Commun. Sci. 9(2): 211-218;
- 21. Sarhan T. Z. 2011.** Effect of humic acid and seaweed extracts on growth and yield of potato plant (*Solanum tuberosum* L.) Desiree cv. – Mesopotamia J. Agric. 39(2): 19-25;
- 22. Sawicka B., Mikos-Bielak M. 2008.** Modification of potato tuber chemical composition by applications of the Asahi SL biostimulator. [In:] Biostimulants in Modern Agriculture. Solanaceous Crops. (ed. Z. Dąbrowski). Wyd. Wieś Jutra Warszawa: 61-67;
- 23. Selladurai R., Purakayastha T. J. 2016.** Effect of humic acid multinutrient fertilizers on yield and nutrient use efficiency of potato. – J. Plant Nutr. 39(7): 949-956;
- 24. Seyedbagheri M., Torell J. M. 2001.** Effect of humic acids and nitrogen mineralization on potato production in field trials. Humic substances: structures,



- models and functions. Proc. Fifth Humic Substances, Boston, Massachusetts, USA, 21-23 March 2001. 21-23(3): 355-359; **25. Shan-ke M.W., Garrett T.F., Main J. L. 2004.** Humic acid nutrient trial. Mississippi Agriculture and Forestry Experiment Station Information Bull. 405: 218-219; **26. Sharma H. S., Fleming C., Selby C., Rao J. R., Martin T. 2014.** Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. – J. Appl. Phycology 26(1): 465-490; **27. Szparaga A., Kocira S., Kocira A., Czerwińska E., Świeca M., Lorencowicz E., Oniszczyk T. 2018.** Modification of growth, yield, and the nutraceutical and antioxidative potential of soybean through the use of synthetic bio-stimulants. – Front. Plant Sci. 9; **28. Trawczyński C. 2014.** Wpływ biostymulatorów aminokwasowych – tecamin – na plon i jakość ziemniaków. – Ziemn. Pol. 3: 29-34; **29. Vera J., Castro J., Gonzalez A., Moenne A. 2011.** Seaweed polysaccharides and derived oligosaccharides stimulate defense responses and protection against pathogens in plants. – Mar. Drugs 9(12): 2514-2525; **30. Xu L., Geelen D. 2018.** Developing Biostimulants From Agro-Food and Industrial By-Products. – Front. Plant Sci. 9; 31. Zarzecka K., Gugala M., Głuszczak B., Mystkowska I. 2018. Ekonomiczne uzasadnienie stosowania herbicydów i biostymulatorów w uprawie ziemniaków jadalnych. – Rocz. Nauk. SERiA 20(2): 169-175

