

CZU: 631.8:633.34

INFLUENȚA COMPUSULUI DE NATURĂ HUMICĂ „BIOVIT” ASUPRA CREȘTERII ȘI DEZVOLTĂRII PLANTELOR DE SOIA CULTIVATE PE MEDIU NUTRITIV APOS

Ana BÎRSAN, Gheorghe JIGĂU, Angela ARMAȘ

Universitatea de Stat din Moldova

Compușii humici sunt o componentă majoră a fertilizanților organici. În vase de vegetație, pe mediu apos s-a studiat efectul preparatului de natură humică Biovit asupra unor cultivare de soia (*Glycine max*(L.) Merr.). Suplimentarea mediilor nutritive cu Biovit a redus, iar în unele cazuri a eliminat complet simptomele de carență a elementelor nutritive, plantele ne prezentând cloroze și necroze. Biovitul ameliorează starea fiziologică a plantelor pe fond de carență a elementelor chimice. Cele mai pronunțate efecte ale compusului de natură humică Biovit asupra plantelor s-au atestat la nivelul sistemului radicular. Efectele majore ale acțiunii Biovitului au fost stabilite pe mediile nutritive cu carență de azot și fosfor, ceea ce demonstrează rolul substanțial al compușilor de natură humică în metabolizarea acestor elemente chimice.

Cuvinte-cheie: compuși chimici, soia, carență de elemente chimice nutritive.

THE INFLUENCE OF THE HUMIC COMPOUND "BIOVIT" ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOY PLANTS CULTIVATED IN AQUEOUS NUTRITIOUS MEDIA

Humic compounds are a major component of organic fertilizers. In order to study the response of soybean (*Glycine max*(L.) Merr.) against the application of humic prepare Biovit, the experiment was conducted in vegetation vessels on the aqueous nutritious media. Supplementing the nutrient media with the humic compound Biovit reduced and, in some cases, completely eliminated the symptoms of nutrient deficiency, the plants not showing chlorosis and necrosis. The Biovite improves the physiological state of the plants against the lack of chemical elements. The most pronounced effects of the preparation of humic nature on the plants have been attested at the root system level. The major effects of the action of Biovit were established on the nutrient media with nitrogen and phosphorus deficiency, which demonstrates the substantial role of the humic compounds in the metabolization of these chemical elements.

Keywords: humic compounds, soybean, nutrient deficiency.

Introducere

Substanțele de natură humică constituie obiectul unui număr mare de studii chimice, biologice, agricole și medicale, spectrul larg de activități biologice ale acestor compuși fiind datorat grupurilor funcționale prezente în structura lor de bază. Utilizați în concentrații fiziologice, prin tratament exogen, aceștia pot avea un aport semnificativ în procesul de creștere și dezvoltare a plantelor, datorită efectelor morfologice, fiziologice și biochimice produse asupra plantelor superioare [1-4].

Se știe că substanțele humice reprezintă cel mai important constituent al materiei organice din sol (~ 60%), fiind responsabile pentru reacțiile chimice complexe ce au loc în ecosistemului terestru [5-9]. Cantitatea optimă de substanțe humice favorizează creșterea și dezvoltarea plantelor și, totodată, determină rezistența la factorii biotici și abiotici, substanțele humice având un rol fundamental în asigurarea fertilității solului, nutriției plantelor și realizarea potențialului genetic al culturilor agricole. S-a demonstrat că plantele cultivate pe soluri care conțin cantități adecvate de humină, aditivi humici și aditivi fulvici sunt mai puțin susceptibile la stres, sunt mai viguroase și dau randamente mai mari, calitatea nutrițională a culturilor, a furajelor și a produselor alimentare fiind sporită [10,11].

Realizând în biosferă mai multe funcții: de acumulare, de reglare, de transport, protectoare și fiziologică, substanțele humice sunt extrem de importante în cazul utilizării acestora în calitate de substanțe biologic active [12-16]. Mecanismele de acțiune a compușilor humici asupra creșterii și dezvoltării plantelor, la momentul actual, nu sunt complet elucidate. Studiul complex al rolului substanțelor humice a permis, însă, de a stabili efectele directe și indirecte ale acestora asupra plantelor [17-20].

Unii autori evidențiază, printre cele mai importante efecte posibile de acțiune fiziologică a substanțelor humice asupra plantelor superioare, eficientizarea absorbției elementelor minerale din sol în plante, pătrunderea

elementelor minerale în rădăcinile plantelor sub formă de compuși humici minerali, participarea activă a substanțelor humice în procesele de oxidoreducere din plante, scindarea fermentativă a substanțelor humice cu formarea de compuși stimulatori, care produc efecte similare fitohormonilor [21-24].

Material și metode

Pentru a evidenția efectul preparatului de natură humică „Biovit” asupra creșterii și dezvoltării plantelor s-a montat experimentul în vase de vegetație pe mediul nutritiv complet Knop [25] și pe medii nutritive cu carență de azot, fosfor, potasiu (Foto 1), Ph soluțiilor încadrându-se în intervalul 4,6 – 5,2. Reieșind din recomandările producătorului pentru practica agricolă, în variantele experimentale s-a adăugat soluție Biovit 10 ml [26]. În cadrul experimentului a fost utilizat soiul Clavera, rezistent la secetă.



Foto 1. Montarea experimentului în vase de vegetație pe mediul nutritiv Knop.

Rezultate și discuții

Analizele fenologice ale plantelor de soia au demonstrat că preparatul Biovit a influențat semnificativ procesele de dezvoltare a plantelor, începând cu primele etape de creștere a acestora. După cum era și de așteptat, carența elementelor nutritive a influențat negativ creșterea sistemului radicular și a părții aeriene.

Carența azotului a redus lungimea rădăcinii principale cu 26% comparativ cu martorul, lipsa fosforului cu 14%, a potasiului cu 5%, în timp ce administrarea Biovitului a eliminat efectul inhibitor al carenței elementelor nutritive și a condus la o creștere mai bună a rădăcinii, valorile parametrului cercetat fiind superioare martorului în toate variantele experimentale. S-a constatat că în variantele suplinite cu Biovit lungimea rădăcinii a depășit martorul cu cca 30% în varianta fără azot, cu cca 50% în varianta fără potasiu și cu aproximativ 80% în varianta fără fosfor (Fig.1).

Creșterea și dezvoltarea plantelor a fost drastic afectată de lipsa elementelor nutritive de bază pe mediile nutritive la care nu s-a adăugat Biovit. Creșterea în lungime a tulpinii a fost puternic afectată, în special de carența azotului și s-a redus cu cca 40% în comparație cu martorul, însă, spre deosebire de rădăcină, la primele etape de creștere acest indice a fost mai puțin influențat de carența celorlalte elemente chimice, probabil, datorită faptului că substanțele de rezervă din cotiledoane, la această etapă, asigură plantele cu substanțele nutritive necesare (Fig.2).

Biovitul a stimulat procesele de creștere și de dezvoltare a tulpinii, înălțimea plantelor fiind net superioară martorului în variantele experimentale. Astfel, suplimentarea mediului nutritiv cu Biovit a favorizat creșterea în înălțime a plantelor cu cca 14% pe mediul nutritiv apos cu carență de fosfor și cu cca 40% pe mediul nutritiv apos cu carență de potasiu. Efectul maxim al preparatului s-a atestat la adăugarea acestuia la mediul nutritiv cu deficiență de azot, unde lungimea plantelor a întrecut de mai mult de două ori plantele cultivate în lipsa azotului. De asemenea, în toate variantele suplinite cu Biovit plantele au avut un aspect mai sănătos, fiind mai viguroase și cu un conținut mai mare de pigmenți clorofilieni.

Analiza parametrilor morfologici ai plantelor de soia, la etapa de 2-3 frunze trifoliolate, a demonstrat aceeași tendință. Efectele majore ale acțiunii Biovitului s-au stabilit pe mediile nutritive cu carență de azot și fosfor. În aceste variante, creșterea părții aeriene, dar și a sistemului radicular a fost mai intensă, depășind considerabil martorul.

Suplimentarea mediului nutritiv cu Biovit a favorizat acumularea de biomasă proaspătă și uscată a rădăcinilor și a părții aeriene a plantelor (Fig.3 - 6). Astfel, biomasa proaspătă și cea uscată a sistemului radicular și a părții aeriene (*per plantă*) a fost net superioară în variantele tratate cu Biovit, atât în varianta completă, cât și în variantele fără azot, fosfor și potasiu.

Biomasa proaspătă a rădăcinii plantelor crescute pe mediu nutritiv complet a fost net superioară în variantele experimentale suplinite cu Biovit. De asemenea, acest indice a avut valori superioare (de aproximativ 2 ori) la plantele cultivate pe medii nutritive cu carență de azot, fosfor și potasiu în variantele la care s-a adăugat Biovit. Aceeași legitate s-a atestat și cu referire la biomasa proaspătă a părții aeriene.

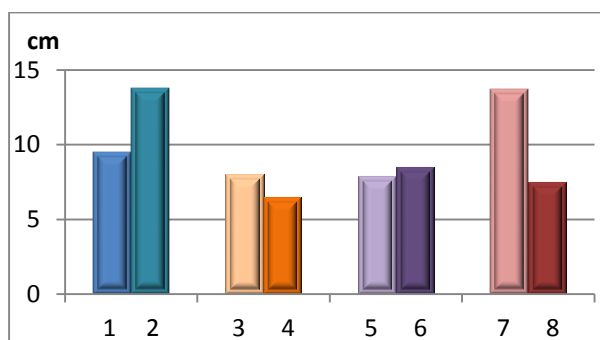


Fig.1. Lungimea rădăcinii principale.

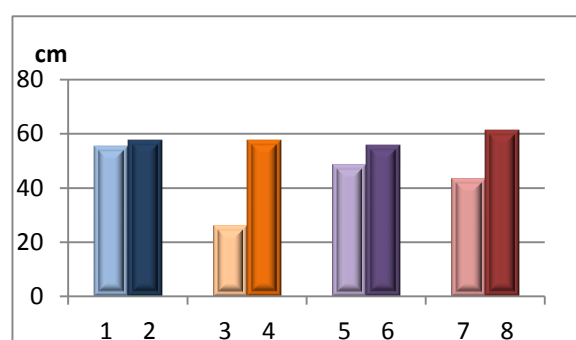


Fig.2. Lungimea tulpinii.

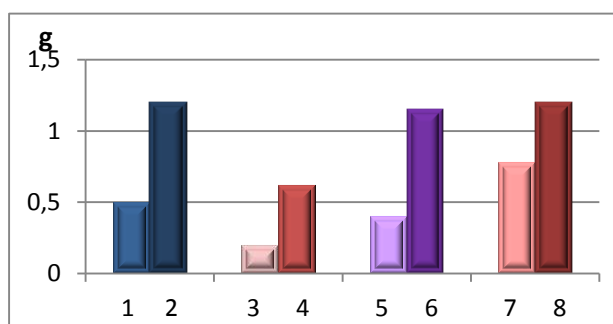


Fig.3. Biomasa proaspătă a rădăcinii.

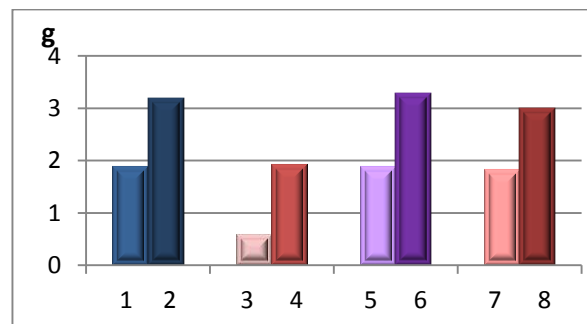


Fig.4. Biomasa proaspătă a părții aeriene.

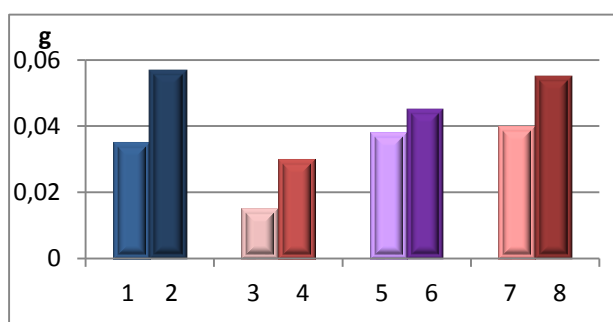


Fig.5. Biomasa uscată a rădăcinii.

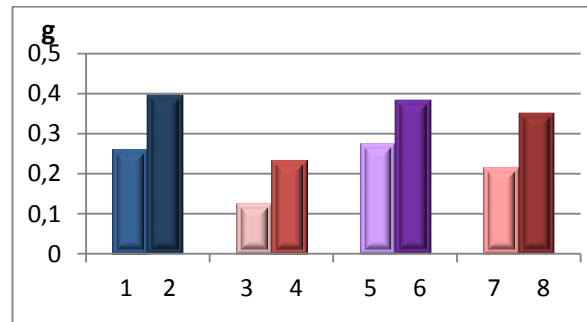


Fig.6. Biomasa uscată a părții aeriene.

1 – mediul nutritiv Knop (complet); 2 – mediul nutritiv Knop + Biovit; 3 – mediul nutritiv Knop fără N; 4 – mediul nutritiv Knop fără N + Biovit; 5 – Mediul nutritiv Knop fără P; 6 – Mediul nutritiv Knop fără P + Biovit; 7 – Mediul nutritiv Knop fără K; 8 – Mediul nutritiv Knop fără K + Biovit.

Efectul pozitiv al administrării preparatului Biovit s-a reflectat și asupra acumulării biomasei uscate a sistemului radicular și a părții aeriene, indicii cercetați majorându-se cu mai mult de 50 % în varianta completă, suplinită cu Biovit și cu mai mult de 30% în variantele cu carență de fosfor și de potasiu. Biomasa uscată a rădăcinii crește esențial, în special la adăugarea Biovitului în varianta cu carență de azot, iar biomasa tulpinii – în variantele fără azot (cu $\approx 80\%$) și fără potasiu (cu $\approx 60\%$).

Suprafața foliară a frunzelor dezvoltate la această etapă de cercetare a reliefat tendința descrisă anterior. Suprafața foliară la prima, a doua și a treia frunză trifoliată a cultivarului Clavera a fost mai mare în variantele suplinate cu Biovit (Fig.7). Mai mult ca atât, în varianta experimentală cu carență de fosfor s-a observat că, la etapa demontării experimentului, plantele aveau bine dezvoltate a patra frunză trifoliată, ceea ce sugerează că plantele și-au grăbit ciclul de dezvoltare, în timp ce în varianta suplinită cu Biovit s-a atestat prezența doar a trei frunze adevărate, cu suprafață foliară mare a primelor două frunze trifoliolate ce depășea cu 50% și, respectiv, cu 32% martorul și cu aproximativ 80% și, respectiv, 40% varianta cu carență de fosfor în care nu s-a adăugat Biovit. De menționat că administrarea Biovitului a majorat esențial nu doar suprafața foliară a primelor două frunze adevărate, dar și suprafața frunzei a treia în varianta cu carență de potasiu (de cca 4 ori).

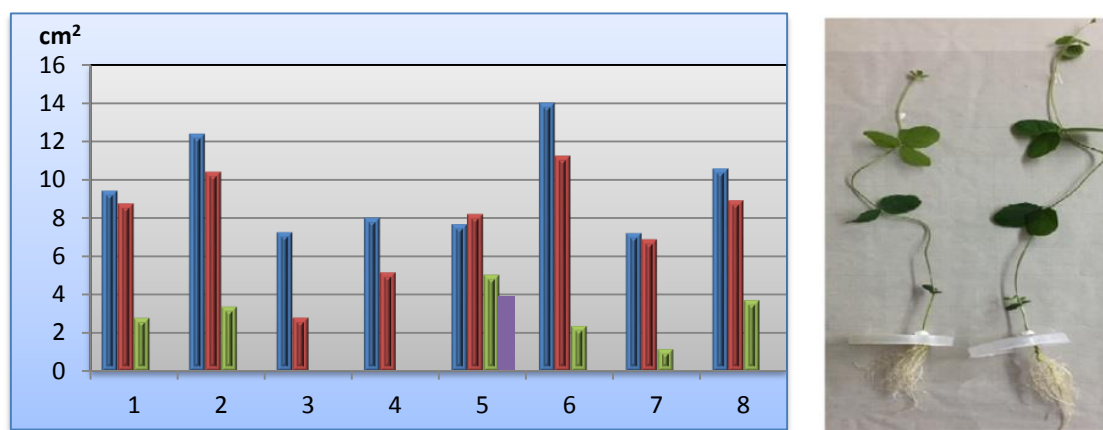


Fig.7. Variația suprafeței foliare a frunzelor trifoliolate de soia.

1 – mediul nutritiv Knop (complet); 2 – mediul nutritiv Knop + Biovit; 3 – mediul nutritiv Knop fără N; 4 – mediul nutritiv Knop fără N + Biovit; 5 – Mediul nutritiv Knop fără P; 6 – Mediul nutritiv Knop fără P + Biovit; 7 – Mediul nutritiv Knop fără K; 8 – Mediul nutritiv Knop fără K + Biovit.

Diagnostică foliară, efectuată la etapa demontării experimentului, a demonstrat că suplimentarea mediilor nutritive cu Biovit a redus, iar în unele cazuri a eliminat complet simptomele de carență a elementelor nutritive. Astfel, la plantele crescute pe medii cu Biovit nu au fost observate cloroze și necroze, chiar dacă varianta nutritivă era deficientă de un anumit element chimic (Fig.8). Aceste rezultate demonstrează potențialul imunomodulator al preparatului Biovit în cazul cultivării plantelor pe medii nutritive cu deficiență de elemente minerale.

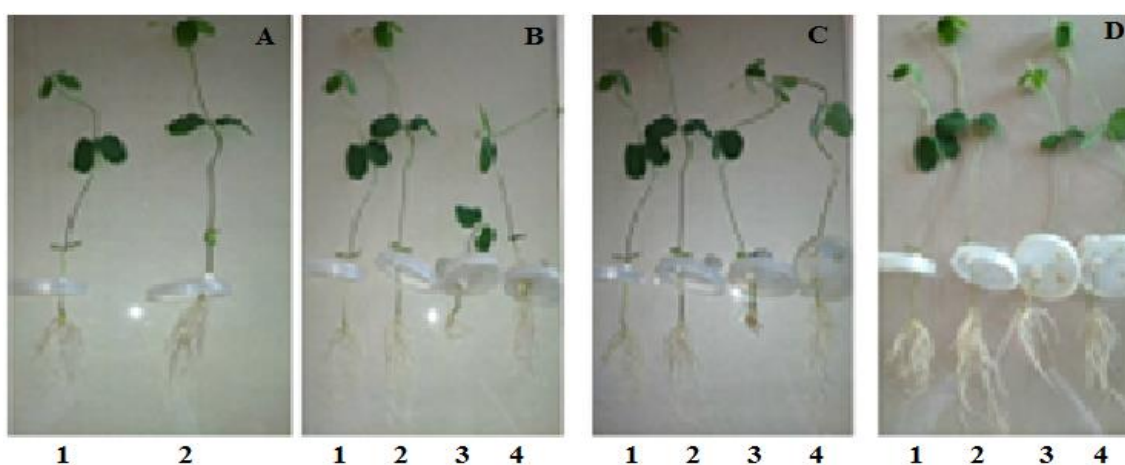


Fig.8. Aspectul plantelor de soia cultivate pe mediul nutritiv Knop pe fond de administrare a Biovitului.

A – mediul nutritiv complet; B – carență de azot; C – carență de fosfor; D – carență de potasiu
1 – mediul nutritiv Knop complet; 2 – mediul nutritiv + Biovit; 3 – mediul nutritiv cu carență de elemente nutritive; 4 – mediul nutritiv cu carență de elemente nutritive + Biovit.

Numeroase cercetări au relatat că substanțele humice reprezintă o sursă esențială de macronutrienți [27-32]. În sursele bibliografice se menționează că compoziția chimică a substanțelor humice ce include componenta stabilă, constituită din carbon, permite reglarea metabolismului nu doar al carbonului, dar și al azotului, fosforului, sulfului etc., reducând necesitățile de fertilizare cu macro-, dar și cu microelemente. Prin aplicarea substanțelor humice în stare uscată sau lichidă în soluri s-a demonstrat că acestea sporesc absorbția macro- și microelementelor de către plante, de asemenea crește substanțial eficiența îngrășămintelor [33-36].

Mai mult ca atât, s-a demonstrat că acțiunea indirectă asupra componentei nevie și a celei vie a ecosistemelor implică efectele agrochimice ale acestor compuși, datorită îmbunătățirii caracteristicilor fizico-chimice ale solului [37,38]. Din punct de vedere fizic, substanțele humice îmbunătățesc calitățile solurilor, structurarea

solului, regimul aerohidric, starea de agregare, permeabilitatea, capacitatea de reținere a apei [39], disponibilitatea și transportul micronutrienților [41-41], reglarea regimului termic al solului și al atmosferei. Din punct de vedere chimic, este bine cunoscut rolul acestor substanțe în reglarea reacțiilor ce asigură schimbul de ioni dintre fazele lichide și solide, reglarea Ph-ului și a reacțiilor de oxidoreducere, reglarea bilanțului substanțelor nutritive din sol. Substanțele humice influențează biodisponibilitatea elementelor nutritive prin formarea compușilor complecși sau a agenților de chelare a substanțelor humice cu cationii metalici [42,43] Totodată, datorită proprietăților lor de chelare, substanțele humice pot solubiliza nutrienții ce conțin fier, molibden și bor, transformându-le în forme active [44].

Datele obținute de noi au confirmat faptul că substanțele de natură humică sunt implicate în reglarea proceselor de absorbție a elementelor nutritive, efectul pozitiv al acestora evidențiindu-se la nivelul parametrilor morfologici studiați.

Concluzii

Parametrii de creștere a plantelor de soia, cultivate în vase de vegetație, pe mediu nutritiv cu Ph acid a demonstrat că suplimentarea mediilor nutritive cu Biovit a redus, iar în unele cazuri a eliminat complet simptomele de carență a elementelor nutritive. Biovitul ameliorează starea fiziologică a plantelor pe fond de carență a elementelor chimice, plantele ne prezentând cloroze și necroze.

Analizele fenologice ale plantelor au demonstrat că suplimentarea mediului nutritiv apos cu Biovit influențează procesele de creștere și dezvoltare a plantelor, parametrii morfologici ai sistemului radicular și ai părții aeriene fiind superiori martorului în variantele suplinate cu Biovit.

Cele mai pronunțate efecte ale compusului de natură humică Biovit asupra plantelor s-au atestat la nivelul sistemului radicular. Compusul studiat a favorizat creșterea rădăcinii principale în lungime și dezvoltarea în ansamblu a sistemului radicular.

Cultivarea plantelor pe mediul nutritiv de bază Knop cu diversă compoziție chimică a demonstrat acțiunea imunomodulatoare a preparatului Biovit asupra stării fiziologice a plantelor de soia, prin aspectul mai sănătos, mai viguros al plantelor, cu un conținut mai mare de pigmenți clorofilieni. Efectele majore ale acțiunii Biovitului s-au stabilit pe mediile nutritive cu carență de azot și fosfor, ceea ce demonstrează rolul substanțial al compușilor de natură humică în metabolizarea acestor elemente chimice.

Referințe:

1. CHEN, Y., De NOBILI, M., AVIAD, T. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: Magdoff FR, Weil RR, editors. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 2004, p.103-129.
2. TREVISAN, S., FRANCIOSO, O., QUAGGIOTTI, S., NARDI, S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. From environmental aspects to molecular factors. In: *Plant Signal Behav.*, 2010, vol.5 (6), p.635-643.
3. VAUGHAN, D. Effetto delle sostanze umiche sui processi metabolici delle piante. In: Burns R.G., Dell'Agnola G., Miele S., Nardi S., Savoini G., Schnitzer M. et al., editors. *Sostanze Umiche effetti sul terreno e sulle piante*. Roma: Ramo Editoriale degli Agricoltori, 1986, p.59-81.
4. MUSCOLO, A., CUTRUPI, S., NARDI, S. IAA detection in humic substances. In: *Soil Biol. Biochem.*, 1998, vol.30, p.1199-1201.
5. SCHMIDT, W., SANTI, S., PINTON, R., VARANINI, Z. Water-extractable humic substances alter root development and epidermal cell pattern in Arabidopsis. In: *Plant Soil.*, 2007, vol.300, p.259-267.
6. SUTTON, R., ANDGARRISON, S. *Molecular Structure in Soil Humic Substances: The New View*. http://www.uvm.edu/pss/pss264/lectures07/Sutton_Sposito_humic_structure_EST05.pdf
7. ZHANG, C. et al. Insoluble Fe-humic acid complex as a solid-phase electron mediator for microbial reductive dechlorination. *Environ. In: Sci. Technol.*, 2014, vol.48(11), p.6318-6325.
8. ГОРОВАЯ, А.И., ОРЛОВ, Д.С., ЩЕРБЕНКО, О.В. *Гуминовые вещества*. Киев: Наукова Думка, 1995. 304 с.
9. ОРЛОВ, Д.С., ГРИШИНА, Л.А. *Практикум по химии гумуса*. Москва: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
10. AYAS, H., GULSER, F. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. In: *J. Biol. Sci.*, 2005, vol.5(6), p.801-804.
11. DOMANY, Z., GALAMBOS, I., VATAI, G., BEKÁSSY-MOLNÁR, E. Humic substances removal from drinking water by membrane filtration. *Desalination*, 2002, p.333-337. In: FAO. *Production year book, 2002*. Food and Agricultural Organization of United Nation, Rome, Italy.
12. DONG, L., CÓRDOVA-KREYLOS, A.L., YANG, J., YUAN, H., SCOW, K.M. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potential nitrification. In: *Soil Biol. Biochem.*, 2009, vol.41, p.1612-1621.

13. FRIAS, I., CALDEIRA, M.T., PEREZ-CASTINEIRA, J.R. et al. A major isoform of the maize plasma membrane H⁺-ATPase: characterization and induction by auxin in coleoptiles. In: *Plant Cell.*, 1996, vol.8, p.1533-1544.
14. VAUGHAN, D. Effetto delle sostanze umiche sui processi metabolici delle piante. In: Burns R.G., Dell'Agnola G., Miele S., Nardi S., Savoini G., Schnitzer M. et al., editors. *Sostanze Umiche effetti sul terreno e sulle piante*. Roma: Ramo Editoriale degli Agricoltori, 1986, p.59-81.
15. Гуминовые вещества в биосфере. / Под ред. Д.С. Орлова. Москва: Наука, 1993. 238 с.
16. ОРЛОВ, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. Москва: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
17. GADIMOV, A.G., SHAHRYARI, R., GARAYEVA, A.G. A perspective on humic substances as natural technological products with miraculous biological effect on crops. In: *Transaction of the Institute of Microbiology of Azerbaijan national Academy of Sciences*, 2009, vol.7, p.118-126.
18. GAFFNEY, J.S., MARLEY, N.A., CLARK, S.B. Humic and Fulvic Acids: Isolation, Structure and Environmental Role. ACS Symposium Series 651. In: *Publ. by the ACS*. Washington DC., 1996.
19. TIPPING E., HURLEY, M.A. A unifying model of cation binding by humic substances. In: *Geochimica et cosmochimica. Acta*, 1992, vol.56, p.3627-3641.
20. VAUGHAN, D. Effetto delle sostanze umiche sui processi metabolici delle piante. In: Burns R.G., Dell'Agnola G., Miele S., Nardi S., Savoini G., Schnitzer M. et al., editors. *Sostanze Umiche effetti sul terreno e sulle piante*. Roma: Ramo Editoriale degli Agricoltori, 1986, p.59-81.
21. Ghid de utilizare a preparatului Biovit. Chișinău, 2018. 23 p.
22. MOHAMMADPOURKHANGHAH, A., et al. Comparison of the effect of liquid humic fertilizers on yield of maize genotypes in Ardabil region. In: *African Journal of Biotechnology*, 2012, vol.11(21), p.4810-4814.
23. MUSCOLO, A., CUTRUPI, S., NARDI, S. IAA detection in humic substances. In: *Soil Biol. Biochem.*, 1998, vol.30, p.1199-1201.
24. PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. In: *Advan. Agron.*, 2002, vol.75, p.57-134.
25. TAN, K.H. *Humic matter in soil and the environment*. New York., NY: Dekker. 2003.
26. MACKOWIAK, C.L., GROSSL, P.R., BUGBEE, B.G. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. In: *Soil Science Soc. Am. J.*, 2001, vol.65, p.1744-1750.
27. DOBBS, L.B., PASQUALOTO, CANELLAS L., LOPES, Olivares F. et al. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. In: *J. Agric. Food Chem.*, 2010, vol.58, p.3681-3688.
28. HUSSEIN, Khaled, HASSAN, A. Fawy. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. In: *Soil & Water Res.*, 2011, vol.6(1), p.21-29.
29. LEVINSKY, B. All about humates. In: *Focus on form*: Retrieved May 27. 2009. from <http://www.teravita.com/Humates/HumateIntro.htm>.
30. STEVENSON, F.J. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions. Second edition. In: *John Wiley & Sons.*, 1994.
31. VOLLMANN, J., FRITZ C.N., WAGENTRIST H., RUCKENBAUER P. Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol.80, p.1300-1306.
32. YAN, M., KORSH, G.V. Comparative examination of effects of binding of different metals on chromophores of dissolved organic matter. Environ. In: *Sci. Technol.*, 2014, vol.48.(16), p.3177-3185.
33. GAFFNEY, J.S., MARLEY, N.A., CLARK, S.B. Humic and Fulvic Acids: Isolation, Structure and Environmental Role. ACS Symposium Series 651. In: *Publ. by the ACS*. Washington DC, 1996.
34. LEVINSKY, B. All about humates. In: *Focus on form*: Retrieved May 27. 2009. from <http://www.teravita.com/Humates/HumateIntro.htm>.
35. RUSSELL, L., STOKES A.R., MACDONALD H., MUSCOLO A., NARDI S. Stomatal responses to humic substances and auxin are sensitive to inhibitors of phospholipase A2. In: *Plant Soil.*, 2006, vol.283, p.175-185.
36. TARHON, P., BÎRSAN, A. *Lucrări de laborator la cursul de Fiziologie a plantelor*. Chișinău: USM, 2016. 239 p.
37. SUTTON, R., ANDGARRISON, S. *Molecular Structure in Soil Humic Substances: The New View*. http://www.uvm.edu/pss/pss264/lectures07/Sutton_Sposito_humic_structure_EST05.pdf
38. TARHON, P., BÎRSAN, A. *Lucrări de laborator la cursul de Fiziologie a plantelor*. Chișinău: USM, 2016. 239 p.
39. PERMINOVA, I.V., KIRK, Hatfield., NORBERT, Hertkorn. Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice. In: *NATO Science Series. VI. Earth and Environmental Sciences*, 2005, vol.52, p.314-3015.
40. HASSANPANAH, D., KODADADI, M. Evaluation of Potassium Humate Effect on Germination, Yield and Yield Components of HPS-1/67 Hybrid True Potato Seeds under in vitro and in vivo conditions. In: *American Journal of plant Physiology*, 2009, vol.4, p.52-57.
41. SUTTON, R., ANDGARRISON, S. *Molecular Structure in Soil Humic Substances: The New View*. http://www.uvm.edu/pss/pss264/lectures07/Sutton_Sposito_humic_structure_EST05.pdf

42. NARDI, S., PIZZEGHELLO, D., MUSCOLO, A., VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. In: *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, vol.34, p.1527-1536.
43. YAN, M., KORSH, G.V. Comparative examination of effects of binding of different metals on chromophores of dissolved organic matter. Environ. In: *Sci. Technol.*, 2014, vol.48.(16), p.3177-3185.
44. SCHMIDT, W., SANTI, S., PINTON, R., VARANINI, Z. Water-extractable humic substances alter root development and epidermal cell pattern in Arabidopsis. In: *Plant Soil.*, 2007, vol.300, p.259-267.

Notă: Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului instituțional înscris în Registrul de Stat al proiectelor din sfera științei și inovării cu cifrul 15.817.05.02F.

Date despre autori:

Ana BÎRSAN, doctor în biologie, conferențiar universitar; cercetător științific coordonator în LCȘ *Securitatea biologică*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: birsanana@mail.ru

ORCID: 0000-0003-1696-080X

Gheorghe JIGAU, doctor în biologie, conferențiar universitar, șef LCȘ *Procese pedogenetice*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: gheorghe.jigau@gmail.com

Angela ARMAȘ, masterand, programul de studii „Științe Biologice Aplicate”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: 76angelarmas@gmail.com

Prezentat la 04.09.2019