

CZU 631.41:631.84

IMPACTUL ANTROPIC ASUPRA FORMĂRII FRAȚIEI AMINOACIDE A AZOTULUI DIN SOL ȘI REZERVELOR SALE

*Nina FRUNZE**Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al Academiei de Științe a Moldovei*

Abstract. New data have been obtained regarding the fractional composition of soil amino acid nitrogen and its reserves (0.45 to 1.15 t/ha) in typical chernozem (in a seven-field-rotation system with fodder crops) compared with humus reserves (0.7 to 2.16%) and gross nitrogen (14.07 to 43.27%). The content of hydrolyzed nitrogen forms was determined (43.73 to 74.6%), as well as the contribution of individual amino acids to the formation of amino acid nitrogen (0.22 to 11.07%). The nitrogen of six amino acids (alanine, aspartic acid, glycine, arginine, glutamic acid and serine) constitutes 67% from the total nitrogen of amino acids. The rate of nine amino acids (lysine, leucine, proline, threonine, histidine, valine, isoleucine, cystine, and phenylalanine) in the formation of nitrogen reserves ranges up to 30%. Tyrosine, methionine and α -aminobutyric acid have made the least contribution to this process. For comparison, soil samples from a forest strip (natural biocenosis) were also analyzed. The obtained results show the superiority of virgin soil in the formation of amino acids nitrogen (1.6 t/ha), as compared with arable soils (0.45-1.14 t/ha). Structural changes in the latter ones could be characterized by analogy with the modifications in the structure of microbial communities, which are usually observed in the case of situations that are considered as stressful.

Keywords: Crop rotation; Fodder crops; Typical chernozem; Amino acid nitrogen; Humus.

Rezumat. Studiul de față relevă date noi privitoare la compoziția fracționară a azotului aminoacidic din sol și a rezervelor sale (0,45-1,6 t/ha) în cernoziomul tipic al asolamentelor furajere, cu 7 sole, în raport cu rezervele humusului (0,79-2,16%) și azotului brut (9,85-30,59%). A fost stabilit conținutul formelor azotului hidrolizat (43,73-74,6%), dar și aportul aminoacizilor individuali în formarea azotului aminoacidic (0,22-11,07%). Azotul a 6 aminoacizi (alanina, acidul aspartic, glicina, arginina, acidul glutamic și serina) din asolamentele furajere constituie circa 67% din azotul total al aminoacizilor. Ponderea a 9 aminoacizi în formarea rezervelor de azot (lizina, leucina, prolina, treonina, histidina, valina, izoleucina, cistina și fenilalanina) atinge 30%. Cel mai mic aport în acest proces l-au avut tirozina, metionina și acidul α -aminobutiric. Pentru comparații s-au analizat probe de sol prelevate dintr-o fâșie forestieră (biocenoză naturală). Rezultatele obținute demonstrează superioritatea solului de țelină în formarea fondului de azot aminoacidic (1,6 t/ha) față de cele arate (0,45-1,14 t/ha). Modificările structurale ale celor din urmă pot fi caracterizate prin analogie cu modificările din structura comunităților microbiene, care de obicei se observă în cazul situațiilor considerate ca fiind stresante.

Cuvinte-cheie: Asolament; Culturi furajere; Cernoziom tipic; Azot aminoacidic; Humus.

INTRODUCERE

Asigurarea (saturarea) solurilor cu azot reprezintă unul din factorii principali ce determină productivitatea lor (Andrieș, S. 2007). Acumularea sa, ca și acumularea carbonului, caracterizează procesul de formare a solului, condiționat de circuitul biologic al elementelor. Unul din indicii de bază ai fondului azotic îl reprezintă compoziția fracționară a compușilor azotici (Umarov, M.M. et al. 2008; Moškina, E.V. 2009; Homâkov, Ū.V. et al. 2012). După cum se știe, azotul se acumulează preferențial în formă organică, mai ales în formă de compuși albuminici. Sporirea rezervelor de azot ușor mobilizabil contribuie la formarea noilor acizi huminici (Zvâgincev, D.G. et al. 2004; Blagodatskij, S.A. 2012). În legătură cu aceasta, caracterul biosintezei acestor substanțe și vectorul său sunt destul de importante, mai ales la schimbarea tehnologiilor de prelucrare a solului (Tate, L.R. 2000; Homâkov, Ū.V. et al. 2012).

Scopul studiului de față constă în studierea componentei aminoacidice a azotului brut și humusului din cernoziomul tipic al Moldovei și a modificării ei ca rezultat al aplicării diferitelor tehnologii de lucrare a solului. Pentru aceasta, a fost studiat fondul azotic al cernoziomului, aflat în uz agricol, rezervele de azot AA în raport cu azotul brut și cu humusul, precum și participarea individuală a azotului AA la formarea rezervelor de azot în sol.

MATERIAL ȘI METODĂ

Drept obiect de studiu a servit cernoziomul tipic de la staționarul multianual (din anul 1990) al Bazei Experimentale a Academiei de Științe a Moldovei „Biotron” și al fâșiei forestiere cu arbori cu frunza lată,

situată în apropiere (~ 100 m). Terenurile experimentale au fost cultivate cu plante la a doua rotație, pe 2 asolamente furajere, în 3 variante: 1) cu fond nefertilizat (martor); 2) cu fond mineral (fertilizanți minerali); 3) cu fond organic (gunoi de grajd de vite mari cornute) + siderate (îngrășăminte verzi) + resturi vegetale. Îngrășămintele au fost incorporate în dependență de cultură, astfel încât conținutul de NPK din variantele de sol să fie echivalent. Ca etalon în aprecierea cantitativă a conținutului de azot AA a servit solul fâșiei forestiere al biocenozei naturale (Tab. 1). Cercetările s-au desfășurat în anii 2006–2008.

Tabelul 1. Caracteristica biochimică a sectoarelor experimentale

Varianta	Humusul		Azotul brut		Suma aminoacizilor liberi și legați		
	%	t/ha	t/ha	% față de humus	mg/100 g M±m (%)	t/ha	% față de humus
Asolamentul de culturi furajere cu participarea lucernei							
Martor	2,50	57,50	4,60	8,00	181,0±1,92	4,163	7,24
Fond mineral	2,50	59,80	4,60	7,69	218,8±1,86	5,032	8,42
Fond organic	3,00	69,00	5,29	7,67	361,6±1,54	8,317	12,05
Asolamentul de culturi furajere fără participarea lucernei							
Martor	2,50	57,50	4,60	8,00	139,7±1,62	3,213	5,59
Fond mineral	2,60	59,80	4,60	7,69	233,7±1,66	5,375	8,99
Fond organic	2,90	66,70	6,90	10,35	219,8±1,69	5,055	7,58
Biocenoza naturală, martor absolut							
Fâșie forestieră	3,11	71,53	5,06	7,07	491,3±1,58	11,300	15,80

Suprafața parcelor experimentale a fost de 20–30 m². Probele de sol au fost prelevate primăvara, din stratul de sol de 0–20 cm. Proba medie de sol (cu umiditatea naturală) a fost curățată de rădăcinuțe și de alte resturi vegetale vizibile, cernută printr-o sită cu diametrul găurilor de 3 mm, apoi lăsată să se usuce la temperatura camerei. Prin metoda hidrolizei acide (HCl de 6 N) au fost extrase biomoleculele AA, determinându-se conținutul cantitativ și calitativ sumar al AA liberi și legați (Kozarenko, T.D. et al 1985). Proba inițială de sol a fost uscată în vid la 100° C, apoi levigată într-un mojar de agat. Pudra rezultată a fost cernută printr-o sită cu diametrul găurilor de 50-100 microni. Restul de sol rămas pe sită a fost zdrobit repetat în mojar până când întreaga masă a materialului a putut trece prin sită fără reziduu. Pentru hidroliză a fost selectată proba de 100 mg sol, cantitativ transferată în fiole de sticlă de 200-250 ml, la care s-a adăugat 50-100 ml de acid clorhidric de 6N și 50-100 ml de clorură de staniu (ca agent de reducere). Prin ampula cu acest conținut s-a trecut (barbotat) un jet de azot, eliberat de oxigen (soluție alcalină de pirogalol), care a fost evacuat până la presiunea reziduală de 8-10 mm ai coloanei de mercur cu ajutorul unei pompe de apă și sigilat cu lampa de lipit. Hidroliza s-a efectuat la 105-107° timp de 48-72 h. Fiolele au fost lăsate să se răcorească, apoi au fost deschise, conținutul filtrându-se de particulele insolubile prin pâlnia Büchner nr.3. Pentru un rezultat optim, pereții ampulelor s-au clătit cu 2-3 ml de apă deionizată, iar porțiile de clătire de asemenea au fost filtrate. Conținutul final a fost supus evaporării, folosindu-se pentru aceasta un evaporator rotativ. La reziduurile solide s-au adăugat 5-10 ml de apă deionizată și s-a repetat evaporarea până la uscare (pentru o mai completă eliminare a acidului clorhidric din hidrolizat). Reziduul uscat a fost dizolvat în 5-10 ml soluție tampon de citrat cu pH = 2,2, la acesta adăugându-se 0,05-0,1 ml thiodiglycol (antioxidant protector pentru metionină și cistină de oxidare). Amestecul a fost apoi barbotat cu un jet de hidrogen sulfurat (10-15 min) primit la aparatul Kip ca urmare a interacțiunii sulfurii de fier cu acidul clorhidric de 6N. La trecerea sulfurii de hidrogen prin hidrolizatul acid s-a format un precipitat de sulfură de staniu, particulele căruia s-au mărit în timpul limpezirii soluției pe parcursul nopții în frigider. Precipitatul rezultat (sulfura de staniu) a fost spălat cu 1-2 ml soluție tampon de citrat cu pH = 2,2 și filtrat prin pâlnia Büchner nr.3. Volumul levigatului rezultat a fost măsurat, din el selectându-se 0,5–0,8 ml, care s-au introdus pe suprafața eliberată de lichid a ionitului coloanei cromatografice. Investigațiile s-au efectuat, în 3 repetări, la analizatorul automat AAA-339 al cromatografului ceh Crom-5. Calculele privind rezervele azotului AA, ale humusului și ale azotului brut s-au efectuat după metode larg răspândite (Arinușkina, E.V., 1979), iar analiza statistică a rezultatelor – cu ajutorul programului Statistica 6.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Conținutul azotului brut în variantele experimentale a fost înalt și, drept consecință, rezervele sale se caracterizează, de asemenea, ca fiind înalte (Tab. 1). Analiza lor a relevat o diferență semnificativă între solurile arate și țelinoase în acest sens, deși, aparent, conținutul azotului brut e puțin mai înalt în variantele fertilizate cu substanțe organice și în solul biocenozei naturale. Spre exemplu, în variantele nefertilizate ale asolamentelor furajere, rezervele azotului au constituit 0,200% sau 4,60 t/ha, ceea ce corespunde unui aport de 8,00% în relație cu humusul. Azotul brut din solul fondului mineral al ambelor asolamente a constituit 7,69%, cu 0,31% mai puțin decât în varianta martor. În solul fondului organic din asolamentul cu lucernă s-au înregistrat cele mai mici valori ale acestui indice (7,67%), pe când în analogul său din asolamentul fără lucernă – cele mai înalte valori (10,35%). Cernoziomul nearat al biocenozei naturale (fâșia forestieră) a acumulat rezerve de azot mai mici decât cel cu fond organic, însă mai mari ca celelalte variante. Cota-parte a acestui component față de humus a alcătuit 7,07%, ceea ce denotă că, proporțional, aceste cantități au fost mai mici decât în toate variantele studiate. În general, cele mai mari diferențe ale mărimilor absolute ale acestui indice au fost depistate în variantele cu fond organic. Mărimile relative au relevat că, exceptând fondul organic al asolamentului fără lucernă (cu doze duble de îngrășăminte organice), rezervele azotului brut sunt mai mici ca în solul martorului, deși le depășesc pe cele din solul biocenozei naturale. Adică, pe fonul sporirii cantitative a azotului brut, în variantele experimentale, de facto, are loc diminuarea lui, cu excepția variantei cu cantități duble de îngrășăminte organice din asolamentul fără lucernă.

Conform tabelului 1, conținutul sumar al AA liberi și legați, de asemenea, variază esențial. În solul variantei martor al asolamentelor s-au înregistrat 139,7-181,0 mg/100 g AA. La aplicarea îngrășămintelor minerale, această fracție de compuși azotici din sol a atins 218,8-233,7 mg/100 g. Totodată, administrarea îngrășămintelor organice a avut cea mai mare contribuție la sporirea cantităților de AA (219,8-361,6 mg/100 g) cu cele mai crescute mărimi în solul asolamentului cu lucernă. Creșterea cantităților de AA însă nu a atins nivelul înregistrat pentru solul fâșiei forestiere (491,0 mg/100 g).

Conținutul azotului AA a variat între 19,7-67,3 mg/100 g (Tab. 2). Solul martorului din asolamentul fără lucernă poate fi caracterizat ca având cel mai mic conținut de azot AA. Fertilizarea solului a condiționat sporirea acestui indice, distanțând variantele după mărimea lui.

Tabelul 2. Conținutul azotului aminoacidic din cernoziomul tipic

Varianta	Azotul AA, mg/100 g M±m (%)	Azotul hidrolizabil, %	Rezervele azotului AA		
			t/ha	N _{AA} : N _{brut} , %	N _{AA} : humus, %
Asolamentul de culturi furajere cu participarea lucernei					
Martor	25,2±1,92	58,98	0,580	12,61	1,01
Fond mineral	31,7±1,86	57,31	0,729	15,85	1,22
Fond organic	49,8±1,54	69,90	1,145	21,65	1,66
Asolamentul de culturi furajere fără participarea lucernei					
Martor	19,7±1,62	43,73	0,453	9,85	0,79
Fond mineral	31,3±1,66	73,97	0,720	15,65	1,20
Fond organic	30,1±1,69	74,59	0,692	10,03	1,04
Biocenoza naturală, martor absolut					
Fâșie forestieră	67,3±1,58	73,00	1,548	30,59	2,16

Conținutul azotului AA hidrolizabil constituie 43,73-73,00%. Cele mai înalte valori ale indicelui dat au fost înregistrate în solul variantelor fertilizate ale asolamentului fără lucernă, solul fâșiei forestiere deosebindu-se nesemnificativ. Trebuie să evidențiem, de asemenea, și cele mai mici valori ale acestui indice în solul nefertilizat al asolamentului fără lucernă. Fertilizarea solului contribuie la sporirea acestor indici, apropiind variantele cu culturi crescute în asolamente și, în același timp, relevând deosebiriile dintre variantele cernoziomului arat și cel de țelină. Impactul îngrășămintelor asupra hidrolizabilității azotului a fost mai relevant în solul asolamentului fără lucernă. Deși legitatea e caracteristică ambelor asolamente, între variantele fertilizate și nefertilizate se înregistrau mărimi diferite ale acestui indice.

Rezervele de azot AA din solurile arate au alcătuit 0,45-1,6 t/ha. Cele mai mici rezerve de azot AA au fost înregistrate în solul nefertilizat din asolamentele furajere, iar cele mai mari valori ale acestui indice în solul fâșiei

forestiere, atestându-se concomitent o sporire considerabilă a lor în solul variantelor fertilizate. Determinarea cotelor azotice ale AA în raport cu azotul brut și cu humusul a relevat stabilitatea lor destul de pronunțată, în comparație cu valorile absolute. Variind de la 9,85% până la 21,65%, în cazul cotei de azot AA față de azotul total, și de la 0,79% până la 1,66% – în cazul celei raportate la humus, variantele se deosebesc puțin între ele, deși s-a stabilit un conținut relativ mai înalt al azotului AA în variantele fertilizate. Conform acestui indice, în solul asolamentului cu lucernă cele mai mici cote de azot AA s-au înregistrat în solul nefertilizat al matorului, după care, în ordine crescândă, urmează cele în care s-au administrat îngrășăminte minerale, apoi cele fertilizate cu îngrășăminte organice. În solul asolamentului fără lucernă, de asemenea, cele mai mici cantități de azot AA s-au înregistrat în solul matorului, în variantele fertilizate fiind constatat un efect invers: cele mai mari rezerve s-au acumulat în fondul mineral, apoi în cel organic. Cea mai mare cotă de azot AA a fost înregistrată în solul fâșiei forestiere (30,59%, raportată la azotul brut, și 2,16%, raportată la humus). Așadar, rezervele de azot AA din cernoziomul arat sunt mai mici față de cele ale matorului absolut (biocenoza naturală) cu 8,94–20,74 %, raportate la azotul brut, și cu 0,50–1,37%, raportate la humus. Totodată, cantitativ și proporțional, cele mai mari cantități de azot AA au fost înregistrate în solul asolamentului cu lucernă. Aportul cotelor azotice de AA, raportate atât la humus, cât și la azotul brut pot fi caracterizate în modul următor: în primul rând, cele mai mari deosebiri, dar și cele mai mici valori ale cotelor de azot AA au fost înregistrate în solul cu conținut modest de substanțe organice; în al doilea rând, solurile arate cedează substanțial solului de țelină după cotele de azot AA; în al treilea rând, deosebirile dintre variantele bogate în substanță organică sunt mai puțin evidente față de cele ce se produc în solul cu conținut mic de substanțe organice.

Studiul modului în care AA individuali participă la formarea rezervelor de azot a relevat că suma azotului a 6 biomolecule de AA (alanină, acid aspartic, glicină, arginină, acid glutamic și serină) din solul asolamentelor furajere a constituit circa 67% din azotul celor 18 AA identificați (63,24–66,97% în solul asolamentului cu lucernă și 46,61–66,49% în asolamentul fără lucernă). Cota de azot a 9 AA (lizină, leucină, prolină, treonină, histidină, valină, izoleucină, cistină și fenilalanină) a ajuns până la 30% (30,97–35,15% în asolamentul cu lucernă și 30,86–32,03% în cel fără lucernă). Printr-o contribuție neînsemnată la formarea rezervelor de azot s-au evidențiat tirozina, metionina și acidul α -aminobutiric (1,61–4,23%). Ponderea de participare a AA individuali în solul matorului absolut (fâșia forestieră) a fost identică cu cea a solurilor arate, deși valorile absolute erau mai mari.

Așadar, ajungem la concluzia că compoziția fracționară a azotului din sol se modifică sub acțiunea tehnologiilor agricole de prelucrare a solului, ceea ce demonstrează că sensibilitatea componentului biologic în sistemul complicat al solului e foarte înaltă (Moškina, E.V. 2009). Azotul aminoacidic reprezintă o parte importantă a fondului azotic din solurile de pădure ale Rusiei, spre exemplu, și alcătuiește 34–52% din azotul său total. Repartizarea azotului aminoacidic în profilul solurilor este identică cu cea a azotului brut, precum și cu cea a părții sale hidrolizabile și nehidrolizabile. Structura fondului azotic se caracterizează printr-o înaltă stabilitate, însă la valorificarea agricolă a solurilor, raportul dintre fracțiile azotice din sol se modifică (Homâkov, Ū.V. et al. 2012; Frunze, N.I. 2011). Semnificația azotului AA din fondul azotic e greu de subestimat, întrucât azotul AA liberi servește ca sursă suplimentară de nutriție azotică pentru plante, iar azotul AA legați – ca rezervă (Umarov, M.M. et al. 2008). Experiențele noastre au arătat că atingând nivele înalte de conținut (19,7–81,2 mg N/100 g sol), procesele de acumulare a azotului AA reflectă cele mai prielnice condiții ecologice de formare a solului. Frațiile azotice ale AA constituie o parte importantă (9,85–30,59%, raportată la azotul brut, și 0,79–2,16% raportată la humus) a fondului azotic din cernoziomul studiat și reprezintă o potențială sursă și rezervă de nutriție azotică a plantelor de cultură. Informația din literatura de specialitate existentă ne permite să constatăm că atât conținutul, cât și compoziția calitativă a compușilor azotici de natură organică ai fondului azotic din sol sunt insuficient cunoscute (Umarov, M.M. et al. 2008; Moškina, E.V. 2009; Homâkov, Ū.V. et al. 2012). Cele menționate confirmă supranecesitatea studierii compoziției fracționare a fondului azotic din sol, precum și a modificărilor suportate în urma impactului antropic.

Cantitatea de azot hidrolizat este mai mare în cernoziomul bogat în substanțe organice. De aceea, pentru cunoașterea vectorului proceselor care au loc în sol, e foarte importantă informația despre starea componentei vizate. Această fracție contribuie la fertilizarea solului, atingând cote maxime în fondul organic al asolamentului fără lucernă (dar cu cantități duble de substanțe organice, spre deosebire de asolamentul cu lucernă). În solul de țelină, cantitatea acestor compuși, de asemenea, este înaltă. Diferite biomolecule au un aport inegal la formarea azotului AA. Cu toate că există deosebiri între valorile absolute ale indicilor, raportul stabilit al fracțiilor AA în fondul azotic al solului denotă că cernoziomul studiat posedă un înalt nivel de stabilitate

(Moškina, E.V., 2009). Inferioritatea solurilor arate față de cele de țină privitor la cota lor de azot AA, raportată la azotul brut și la humus, dar și pe fonul diminuării relative a azotului brut, demonstrează, conform principiilor ecologice (Odum, Ū. 1975; Uitteker, R.H. 1980), că impactul factorilor antropici asupra formării azotului AA poate fi calificat analogic modificărilor din structura comunităților microbiene care, de obicei, se observă în cazul situațiilor caracterizate drept stresante. Cantitatea mai mică de azot AA din solul arat parțial poate fi explicată prin imediata lui însușire sau transformare (Umarov, M.M. et al. 2008), iar cantitățile sporite de azot AA din solul biocenozei naturale se păstrează din contul utilizării mai eficiente a lui (Odum, Ū. 1975; Uitteker, R.H. 1980). Aceasta se mai explică și prin faptul că, într-un anumit interval de timp, un AA poate să apară și să se consume de câteva ori mai repede în comparație cu altul și să fie aparent mai important, deși, în momentul concret de determinare, conținutul lor e echivalent.

CONCLUZII

1. Conținutul azotului AA în variantele de sol studiate a variat între 19,7–67,3 mg/100g, înregistrând cele mai mici valori în solul nefertilizat al asolamentului fără lucernă. Partea hidrolizabilă a lui a constituit 43,73–74,59% din azotul AA total, relevând o diminuare a variantelor studiate de solul biocenozei naturale, și numai solul fertilizat cu substanțe organice ale asolamentului fără lucernă (de fapt, cu cantități duble de substanțe organice față de analogul său din asolamentul cu lucernă) a demonstrat o creștere de 2,18%.

2. Cota-parte a azotului AA din azotul brut a constituit 9,85–21,65% în variantele experimentale și 30,59% în biocenoza naturală, iar cota microcomponentei vii din humus a fost de 0,79–1,66%. Cu toate că cele mai mari valori ale acestui indice au fost înregistrate în solul biocenozei naturale (2,16%), trebuie să evidențiem că solurile arate cedează esențial celui de țină în acest sens.

3. Azotul a 6 biomolecule de AA (alanina, acidul aspartic, glicina, arginina, acidul glutamic și serina) a alcătuit circa 67%. Cota-parte a 9 AA (lizina, leucina, prolina, treonina, histidina, valina, izoleucina, cistina și fenilalanina) a constituit circa 30% din azotul total al AA. Un rol neînsemnat în acumularea azotului AA au avut tirozina, metionina și acidul α -aminobutiric (1,61–4,23%).

4. Rezervele azotului AA au constituit 0,45–1,6 t/ha, ceea ce reprezintă o rămânere în urmă a variantelor studiate de circa 2–3 ori de solul biocenozei naturale. Aceasta relevă că, de fapt, componentul biologic – azotul AA – reprezintă indicatorul proceselor de mineralizare din sol și a intensității de transformare a lui de către microorganismele solului, precum și că fertilizantii organici, în condițiile țării noastre, ar fi mai efectivi în îmbinare cu cei minerali.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- ANDRIEȘ, S. (2007). Optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și productivitatea plantelor de cultură. Chișinău: Pontos. 375 p. ISBN 978-9975-102-23-0.
- ARINUȘKINA, E.V. (1979). Rukovodstvo po himičeskomu analizu počv. Moskva: MGU. 488 s.
- BLAGODATSKIJ, S.A. (2012). Mikrobnâ biomassa i modelirovanie cikla azota v počve: avtoref. dis. ... d-ra biolog. nauk. Pușino. 42 s.
- FRUNZE, N.I. (2011). Amino acid pool of a typical chernozem of Moldova. In: Eurasian Soil Science, vol. 44, no. 10, pp. 1139-1143. ISSN 1064-2293.
- HOMÁKOV, Ū.V., VERTEBNYJ, V.E., DOBOVICKAĀ, V.I., BAEVA, T.V. (2012). Biohimičeskaâ aktivnost' počv pri primenenii vozrastaŭjih doz mineral'nyh udobrenij. V: Agrofizika, q 2(6), c.1-10. ISSN 2222-0666.
- KOZARENKO, T.D., ZUEV, S.N., MULĀR, N.F. (1981). Ionoobmennaâ hromatografiâ aminokislot. Novosibirsk: Nauka. 312 s.
- MOŠKINA, E.V. (2009). Azotnye soedineniâ v počvah Severo-Zapada Rossii i dinamika ih pod vliâniem antropogennogo vozdejstviâ na primere Karelii: Avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. SPb. 30 s.
- ODUM, Ū. (1975). Osnovy êkologii. Moskva: Mir. 740 s.
- TATE, L.R. (2000). Soil microbiology. 508 p. ISBN 978-0-471-31791-3.
- UITTEKER, R.H. (1980). Soobjestva i êkosistemy. Moskva: Progress. 327 s.
- UMAROV, M.M., KURAKOV, A.V., STEPANOV, A.L., 2008. Microbiologičeskaâ transformaciâ azota v počve. Moskva: Geos. 138 s. ISBN 5-98118315-7.
- ZVĀGINCEV, D.G., ŠAPOVALOV, A.A., PUCYKIN, Ū.G. et al., 2004. Ustojčivost' guminovyh kislot k mikrobnjoj destrukcii. V: Vestnik MGU, ser. 17, s. 44-47. ISSN 0201-7385.

Data prezentării articolului: 18.05.2014

Data acceptării articolului: 12.09.2015