

CZU 631.445.4 : 631.41

## INDICII ECOLOGICI DE STRUCTURĂ ȘI DE DIVERSITATE COMUNITARĂ A AMINOACIZILOR EDAFICI

*Nina FRUNZE,**Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al AȘM*

**Abstract:** New data were obtained regarding the specific amino acid diversity in the soils of Moldova. This index proved to be maximal in the control soil, with values lower by 52% in the mineral soil, and by 50% lower in the organic and natural one. The Margalef and Menhinik diversity indices proved to be higher in the control soil by 2%, 8% and 15% and by 7%, 29% and 48%, respectively. The highest concentration of amino acid dominance was recorded in unfertilized soil ( $c = 2.1025$ ). In other variants, Simpson index had similar values and accounted for 48% in mineral and natural funds and for 50% - in the organic ones. The structure of AA communities was characterized by a varied relative participation of biomolecules range and uneven redistribution. In ploughed soils the Shannon index was lower on average by 33%, which is an additional evidence of the impoverishment of the specific diversity spectrum of amino acids and of their variety, due to human impact.

**Key words:** Index of dominance; Shannon parameter; Amino acid spectrum; Species structure

**Rezumat:** Cercetările efectuate au oferit date noi privind diversitatea specifică a aminoacizilor în solurile Republicii Moldova. Fiind maximală în solul martorului, pe fond mineral ea era mai mică cu 52%, iar în cel organic și natural – cu 50%, cedându-i primului și după indicii de diversitate Margalef (cu 2, 8 și 15%) și Menhinik (cu 7,29 și 48%). Cea mai înaltă concentrație a dominării aminoacidice a fost înregistrată în solul nefertilizat ( $c = 2,1025$ ). În celelalte variante, valorile indicelui Simpson erau apropiate și alcătuiau câte 48% în fondurile mineral și natural și 50% - în cel organic. Structura comunităților de AA se caracteriza printr-o participare relativă variată a biomoleculilor în spectru și o neuniformitate în redistribuirea lor. În solurile arate, indicele Shannon a fost mai mic în medie cu 33%, ceea ce reprezintă o dovadă adăugătoare de sărăcire a spectrului diversității specifice a aminoacizilor și varietății lor în rezultatul impactului antropic.

**Cuvinte-cheie:** Indice de dominare; Parametrul Shannon; Spectrul aminoacidic; Structura speciilor

### INTRODUCERE

În sol există în permanență o anumită cantitate de aminoacizi (AA), cu spectru caracteristic tipului dat de sol, cu o compoziție și o funcționalitate unică (Umarov, M. et al. 1971, 2008; Frunze, N. 2011). Însă nu toate componentele acestui spectru joacă un rol la fel de important în complexul organic al solului. Din zeci de specii de AA, numai câteva au o acțiune exprimată asupra solului (Umarov, M. et al. 2008; Efremov, A. 2000).

Speciile de AA, fiind parte componentă a substanței organice din sol, complex la rândul ei și în permanentă schimbare, în mare măsură se înlocuiesc una pe alta. De aceea, comunitățile funcțional similare pot avea un complex diferit de AA (Umarov, M. et al. 2008). Trăsătura distinctivă ce caracterizează individualitatea îmbinărilor de AA reprezintă participarea cantitativă a biomoleculilor individuale în formarea spectrului și raportul lor (Udin, D. et al. 2003; Umarov, M. et al. 2008).

Numărul total de AA, tradițional considerat ca diversitate specifică, prezintă și cea mai simplă caracteristică a varietății sau componentul mulțimii (Odum, U. 1975). Simplă, dar nu și inepuizabilă, fiindcă nu se ia în calcul varietatea relativă a speciilor. La determinarea numărului total de AA se aplică indicii Shannon, Simpson ș.a., numiți și "indicii diversității specifice" (Mandel'brot, B. 2002; Margalef, R. 1992; Măgărran, C. 1994; Uitteker, R. 1980). Prin urmare, cu toate că aprecierea diversității specifice la prima vedere pare a fi simplă, ce se reduce, în esență, la inventarierea speciilor, totalitatea AA trebuie precăutată nu atât ca rezultanta acțiunii diferitor factori, cât ca raportul componentilor principali ai săi.

Scopul studiului dat îl reprezintă analiza și determinarea diversității speciilor de AA edafici. Sarcinile cercetărilor au fost determinarea indicelui de dominare și de diversitate specifică a AA; analiza parametrilor de structură și de varietate a speciilor; relevarea caracteristicilor distinctive ale solurilor antropice și naturale și rolul lor în formarea AA.

### MATERIAL ȘI METODĂ

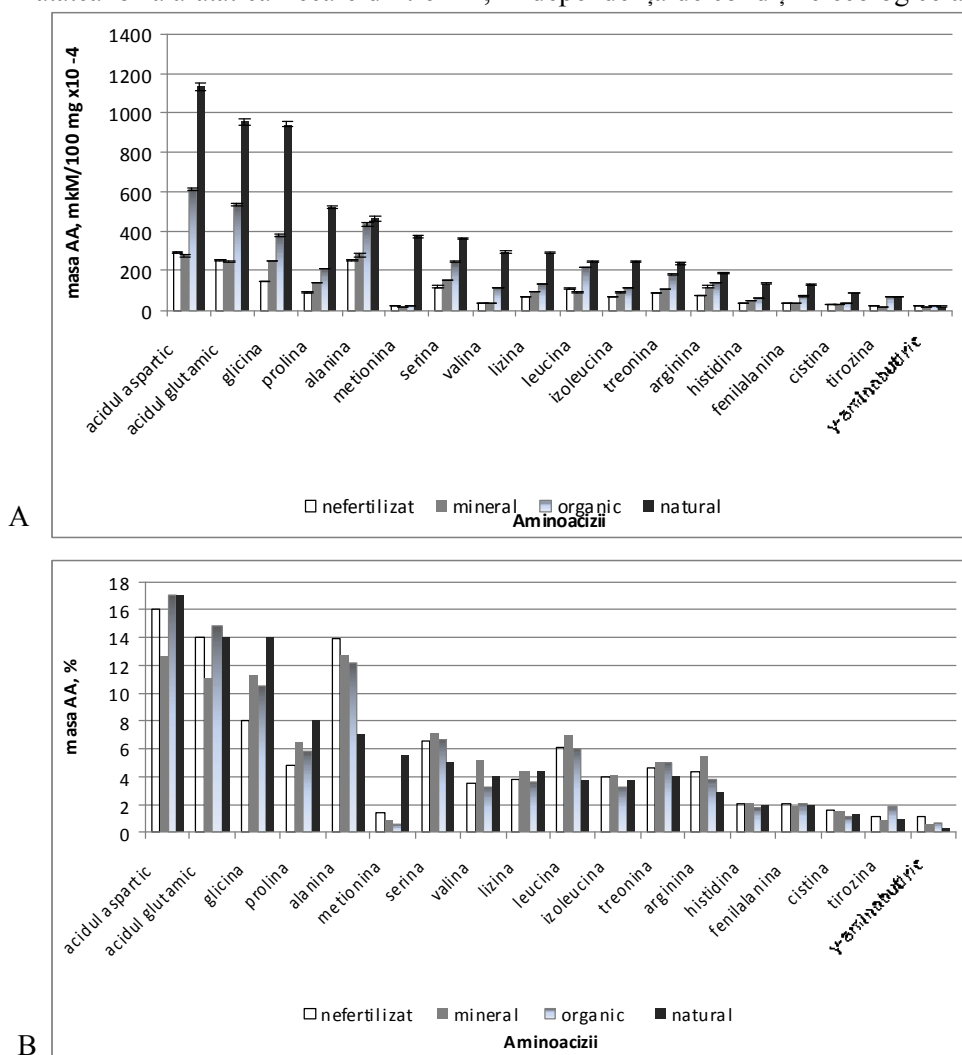
Ca obiecte de studiu au servit probele de sol a 3 variante de cernoziom carbonatic din asolamentul de culturi furajere, aflate la cea de a doua rotație, din Stațiunea Experimentală „Biotron” a Academiei de Științe a Moldovei.

Conținutul humusului a variat între 2,30 și 3,10% în variantele studiate: 1 – martor, 2 – cu fond mineral, 3 – cu fond organic. La introducerea îngrășămintelor s-a urmărit menținerea conținutului de NPK din sol, astfel încât variantele fertilizate să fie echivalente. Probele de sol din stratul 0-20 cm au fost prelevate în primăvara anilor 2006-2008. În calitate de martor general a servit solul biocenozii naturale din fâșia forestieră alăturată, amplasată la circa 100 m.

Conținutul sumar al biomoleculor de AA liberi și legați a fost extras prin hidroliza acidă (6 N HCl) a solului și identificat cromatografic la analizatorul automat AAA-339 al cromatografului Crom-5 (Kozarenko, T. et al., 1981). Structura speciilor din comunitățile de AA a fost caracterizată prin coeficientul de dominare Simpson „c”= $\Sigma(n_i/N)^2$ , unde  $n_i$  – semnifică biomasa individuală a speciilor, iar N – valoarea generală a “semnificației” biomasei lor. Indicii varietății sau diversității speciilor au fost indicii Margalef ( $d_1 = S-1/\log N$ ) și Menhinik ( $d_2 = \Sigma/\sqrt{N}$ ), unde:  $\Sigma$  – numărul speciilor, N – masa sumară a AA. Indicele diversității generale Shannon, ca și ceilalți indici, se determina după metoda propusă de Odum (Odum, Ū., 1975):  $H = -\Sigma(n_i/N)\log(n_i/N)$ , unde  $n_i$  reprezintă valoarea “însemnătății” biomasei fiecărei specii, iar N – valoarea totală a “însemnătății” AA. Prelucrarea statistică a rezultatelor s-a efectuat prin metode standard.

### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Masa sumară a biomoleculor identificate și determinate în hidrolizatele de sol era de 1813-6687 x 10<sup>-4</sup> mg/100 mg (Fig.1). Analiza rezultatelor obținute pentru mărimile absolute, în funcție de valoarea și însemnătatea lor a arătat că fiecare dintre AA, în dependență de condițiile ecologice ale variantelor



**Figura 1.** Masa aminoacizilor din sol, mkM/100 mg x10<sup>-4</sup> (A) și cota de participare a biomoleculor individuale în conținutul total de AA, % (B)

studiate, era prezentat diferit, cu excepția acidului  $\gamma$ -aminobutiric, conținutul maxim al AA individuali, fiind înregistrat în solul biocenozei naturale. În solul fertilizat cu substanțe minerale s-a constatat o cantitate mai joasă a 5 AA (aspartic, glutamic, metioninei, tirozinei și  $\gamma$ -aminobutiric) față de solul martor (Fig. 1 A), iar în cel fertilizat cu substanțe organice – numai metionina era la un nivel mai jos, decât în varianta de sol martor. Formarea sumară a AA o depășea pe cea din solul martor cu 121%, 200% și 369% înregistrate în fondurile mineral, organic și, respectiv, natural. După acest indice solul fondului nefertilizat îi ceda biocenozei naturale cu 73%, solul fondului mineral – cu 67%, iar solul fondului organic – cu 46%.

Analizând gradul de participare relativă a biomoleculilor în spectrul comun de AA, s-a observat că raportul cantitativ al reprezentanților individuali se deosebește în măsură mai mică, în comparație cu mărimile absolute (Fig. 1B). La determinarea aportului cantitativ al AA individuali (considerând conținutul lor total pe variante ca 100%) a fost relevată o înrudire mai mare a variantelor după acumularea AA: atât cele mai mici, cât și cele mai înalte mărimi relative au fost înregistrate în toate variantele. În comparație cu analiza masei AA, înțâetatea cantitativă nu era caracteristică numai solului natural. Mai mult ca atât, în solul fâșiei forestiere a fost înregistrată o diversitate maximă a reprezentanților cu cea mai mică cotă a aportului (după alanină, leucină, treonină, arginină și acidul  $\alpha$ -aminobutiric), întrecând variantele arate doar după formarea metioninei și cisteinei.

În solul fondului natural a fost identificată și cea mai mică cotă de AA aspartic și glutamic, tirozină și fenilalanină. Indicele maximal s-a evidențiat numai la valină. În solul fondului nefertilizat a fost constatată cea mai mică cotă-parte a glicinei și prolinei și cea mai înaltă a alaninei. Solul variantelor studiate se caracteriza și prin conținut similar al serinei, izoleucinei, histidinei și fenilalaninei. E remarcabil că, în general, solurile arate depășeau solul biocenozei naturale după acumularea acidului  $\gamma$ -aminobutiric, leucină, treonină și arginină, cedându-i considerabil după formarea metioninei și treoninei.

Varietatea speciilor în spectrul de AA întrunea 18 reprezentanți: acidul aspartic, glutamic, glicina, prolina, alanina, metionina, serina, valina, izoleucina, lizina, leucina, treonina, histidină, arginina, fenilalanina, cisteina, tirozina și acidul  $\gamma$ -aminobutiric. Conform indicilor Margalef și Menhinik, diversitatea speciilor de asemenea era mai mare în solurile arate decât în fondul natural (Fig.2). Atingând mărimile maxime în fondul nefertilizat, solul biocenozei naturale ceda cu 2%, 8% și 15% în primul caz ( $d_1$ ) și cu 7%, 29% și 48% – în al doilea caz ( $d_2$ ) fondurilor mineral, organic și, respectiv, natural. Studiarea structurii comunităților de AA a relevat o participare relativă diferită a biomoleculilor în spectrul comun (măcar că speciile de AA, constituențele comunităților, se deosebeau esențial după însemnătatea lor).

Indicele de dominare Simpson, înregistrând valori de la 0,0001 până la 0,0289, a arătat indici de dominare a AA în concordanță cu masa lor. Valori maxime și minime, precum și coeficienții similari de dominare s-au constatat în toate variantele, în comparație cu analiza premergătoare. În general, cele mai mari valori au fost înregistrate în solul nefertilizat ( $c = 2,1025$ ). În celelalte variante, valorile indicelui Simpson au fost apropiate și au constituit câte 48% în fondurile mineral și natural ( $c = 1,0000$  și 1,0056 corespunzător) și 50% - în cel organic ( $c = 1,0404$ ). Dominarea totală a speciilor de AA este mai redusă cu 52% în fondul mineral și natural și cu 50% în cel organic. Indicii de dominare ai biomoleculilor individuale aveau un rol funcțional diferit pe variante.

Conform ierarhiei tradițional existente a speciilor (Odum, Ū. 1975), în baza nivelului de participare în conținutul total, AA pot fi divizați în 3 grupe care, atât după compoziția cantitativă, cât și după cea calitativă, sunt diferiți în fiecare variant de sol. Prima, cea mai mică grupă, o alcătuiesc reprezentanții cu cel mai înalt conținut de masă – speciile dominante sau conducătoare, după care urmează grupa subdominanților. Celelalte specii de AA se consideră secundare, printre ele întâlnindu-se, de asemenea, și specii rare sau întâmplătoare. Cu toate că au indicii de dominare diferiți, liderul absolut în toate variantele s-a dovedit a fi acidul aspartic, care poate fi considerat dominant, iar în fondul mineral, în afară de el, poziție de lider mai are și alanina.

Valoarea indicelui Simpson la această grupă varia de la 0,0169 până la 0,0289, iar cota-parte a speciilor dominante pe variante alcătuia: în solul nefertilizat -16%, în cel fertilizat cu îngrășămintă organice și în cel natural – câte 17%, iar în cel fertilizat cu substanțe minerale – 13% (Tab. 1). A doua grupă ierarhică includea (întrunea) reprezentanți cu indicii de dominare 0,0121- 0,0225.

Ca specie dominantă a grupei subdominanților s-a distins acidul glutamic. Apoi urmează alanina și glicina, cu toate că în solul martor predomină alanina, în fondurile mineral și natural – glicina, iar în cel

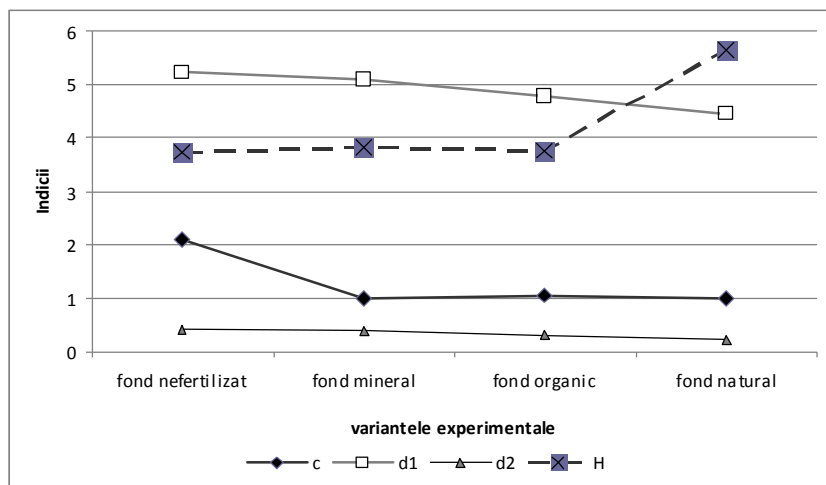


Fig. 2. Indicii de structură și de diversitate comunitară a speciilor de AA:  $\acute{n}$  – indicele de dominare Simpson,  $d_1$  – indicele de diversitate a speciilor după Margalef,  $d_2$  – indicele de diversitate a speciilor după Menhinik, H – indicele general de diversitate a speciilor Shannon

organic – alanina și glicina. Cota-parte a acestei grupe în fondul nefertilizat și cel natural este de 28%, în cel mineral – 22%, iar în cel organic – 23%. Deosebirile constau în apariția alaninei în variantele arate care, în comparație cu solul biocenozii naturale, din categoria de specii secundare a devenit specie subdominantă, iar în fondul mineral chiar dominantă și, de asemenea, pierderea de către glicină a statutului de specie dominantă în fondul nefertilizat. În același timp, trebuie să constatăm păstrarea înruderii variantelor fertilizate după glicină.

**Tabelul 1.** Redistribuirea participării relative a speciilor în spectrul comun de AA, conform indicelui Simpson, „c” și a gradului de dominare, % \*

„c”, gradul de dominare, % *	Fondurile experimentale			
	nefertilizat	mineral	organic	natural
0,0289 17			aspartic	aspartic
0,0256 16	aspartic			
0,0225 15			glutamic	
0,0196 14	glutamic alanină			glutamic glicină
0,0169 13		aspartic alanină		
0,0144 12			alanină	
0,0121 11		glutamic glicină	glicină	
0,0064 8	glicină			prolină
0,0049 7	serină	serină leucină	serină	alanină
0,0036 6	leucină	prolină	leucină prolină	metionină
0,0025 5-5,5	treonină prolină	treonină valină arginină	treonină	serină
0,0016 4	valină izoleucină lizină arginină	izoleucină lizină	arginină	valină izoleucină lizină leucină treonină
0,0009 3-2,4			valină izoleucină	histidină arginină
0,0004 2	cistină fenilalanină histidină	cistină fenilalanină histidină	histidină fenilalanină tirozină	fenilalanină
0,0001-1	metionină tirozină $\gamma$ - aminobutiric	metionină tirozină $\gamma$ - aminobutiric	cistină metionină $\gamma$ - aminobutiric	cistină tirozină $\gamma$ - aminobutiric

Cea mai numeroasă (15) a fost grupa de AA cu rol secundar și cu cele mai mici valori ale indicelui "c": de la 0,0001 până la 0,0064. Cota lor în fondul nefertilizat, mineral, organic și natural alcătuia 56, 52, 45 și 55% corespunzător. Speciile rare în solul nefertilizat s-au constatat în concentrație de 9,4%, în fondul mineral – de 8,4%, în cel organic – de 8,0% și în cel natural – de 4,3%.

După cum rezultă din datele obținute, chiar și la diferit grad de dominare a speciilor, comuni pentru această grupă erau 14 AA: serina, leucina, prolina, treonina, valina, izoleucina, cistina, lizina, arginina, fenilalanina, histidina, metionina, tirozina și acidul  $\gamma$ -aminoburiric, cota-parte a căroră alcătuia până la 23%, iar valoarea indicelui de dominare nu depășea 0,0004. După gradul de dominare, asemănătoare pentru toate variantele, au fost concentrațiile de fenilalanină, lizină și acid  $\gamma$ -aminoburiric. În variantele arate s-a constatat mai puțină serină, treonină, histidină, prolină și metionină față de solul biocenozei naturale. Deși compoziția biomoleculilor din variantele arate era relativ identică, trebuie să subliniem că metionina și histidina din ele și-au pierdut statutul de specii secundare și au devenit rare, puțin însemnate.

În solul biocenozei naturale, metionina și histidina se caracterizau ca fiind la un nivel mai înalt de însemnătate, în comparație cu analogii săi din variantele arate. În așa fel, conform indicelui de dominare Simpson, în variantele experimentale a avut loc redistribuirea speciilor de AA și ele pot fi caracterizate în modul următor: fondul nefertilizat este varianta cu cel mai mare număr de specii de AA cu rol secundar și cu cel mai mic număr de specii rare, alanine obține aici calitatea de subdominant în locul glicinei; fondul mineral este unica variantă cu doi aminoacizi dominanți, alanina trecând din grupa subdominanților în categoria speciilor dominante; fondul organic este varianta unde alanina și glicina sunt specii subdominante, în celelalte variante fiind prezentate separat; fondul natural este varianta unde a doua specie subdominantă este glicina, iar specia secundară – metionina. În afară de aceasta, în variantele arate, metionina și histidina au pierdut statutul de reprezentanți secundari și au trecut în categoria speciilor rare, neînsemnate.

Variantele arate se deosebesc de fondul natural și printr-un grad mai înalt de dominare al alaninei, treoninei, leucinei, argininei și printr-o valoare comparativ mai mică a indicelui Simpson al prolinei, cistinei și metioninei.

Reieșind din rezultatele investigațiilor, analiza deosebirilor între diversitatea speciilor a permis relevarea neomogenității structurii și legăturii dintre componentele sale. Rolul de lider, în sinteza AA solului natural (cu excepția acidului  $\gamma$ -aminoburiric), stabilit prin compararea mărimilor absolute, demonstrează că condițiile ecologice ale uneia dintre variante este favorabilă mai mult pentru formarea unui aminoacid și mai puțin pentru altul (Efremov, A. 2000; Frunze, N. 2011; Umarov, M. et al. 2008). În afară de aceasta, cota de participare diferită a componentilor din spectrul de AA a demonstrat că formarea AA este destul de proporțională și că solul, la fel ca și organismele vii, e capabil de menținerea și autoreglarea sintezei AA, îndeplinind controlul mediului chimic prin intermediul rezervării sau eliberării biomoleculilor de AA (Odum, Ū. 1975). De obicei, doar câteva din numărul total de specii de AA se caracterizează ca fiind de cea mai mare însemnătate. Partea majoritară însă include speciile cu aport neînsemnat, adică având indici foarte modești de însemnătate, dar care alcătuiesc diversitatea de specii a spectrului.

Este de remarcat că în variantele arate, pe seama reprezentanților cu aport neînsemnat, are loc redistribuirea speciilor și sporește însemnătatea câtorva specii obișnuite de AA. Spre exemplu, alanina din fondul mineral trece din categoria de specii subdominante în dominante (rezistente sau adaptate la condițiile mediului). În același timp, însă, s-a observat și efectul invers: speciile cu cel mai înalt indice de dominare devin posesori ai unui statut mai inferior.

Aceasta se referă la glicina din varianta nefertilizată, metionina și histidina din variantele arate, precum și la acele biomolecule, care rămân în cadrul aceleiași grupe, indiferent de mărirea gradului de dominare (cistina, leucina, valina, arginina din fondul mineral, cistina din fondul nefertilizat și tirozina – din cel organic) sau micșorarea (arginina – în solul variantei martor, izoleucina – în solul cu fond organic, serina și treonina – în solul natural și, de asemenea, prolina și metionina – în toate variantele arate) a acestui indice.

Totodată, trebuie de menționat că atât în conținutul înalt, cât și în cel scăzut, pot exista cauze greu de observat. Chiar și raportul cantitativ identic al biomoleculilor poate fi diferit în formarea spectrului de AA: al prolinei – din variantele fertilizate, al histidinei, metioninei, serinei și treoninei – din variantele arate, cât și al fenilalaninei, lizinei și al acidului  $\gamma$ -aminoburiric - din toate variantele studiate. "Relevarea" AA principali după formarea lor cantitativă încă nu înseamnă că lor le aparține rolul coordonator (de lider) în biosinteză.

Această situație a lucrurilor conduce uneori către aceea că formațiunile care stau pe primul loc în plan cantitativ sunt recunoscute asemănătoare AA, care au și cea mai mare însemnătate în schimbul de substanțe. Cu toate acestea, măcar că atenția, adesea, atrag acele biomoleculă care predomină cantitativ, e destul de evident că unele dintre ele, secundare în plan cantitativ, pot fi posesoare ale unei valori fiziologice mai mari sau chiar determinantii (Efremov, A. 2000; Umarov, M. et al. 2008). Doar într-o anumită perioadă de timp, un AA poate în plan cantitativ să se refacă și să se consume de nenumărate ori, în comparație cu altul, să fie mai "însemnat", chiar dacă în momentul concret de determinare conținutul lor e identic (Umarov, M. et al. 2008).

Conform lui Odum (1975), diversitatea speciilor AA, de obicei, e mai înaltă în comunitățile demult formate și mai joasă – în cele nou apărute. De asemenea, ecosistemele stabile se caracterizează printr-o mai mare diversitate a speciilor decât cele care sunt supuse acțiunilor periodice sau sezoniere din partea omului sau a factorilor naturali. În cercetările noastre s-a observat că sub acțiunea stresului antropic are loc diminuarea numărului de specii cu nivel scăzut de participare și împreună cu aceasta, sporește însemnătatea unor specii obișnuite, adică are loc "concentrarea dominării lor", mai ales în fondul mineral. Indicele de dominare Simpson, de rând cu indicele de diversitate a speciilor Margalef și Menhinik, a înregistrat, concomitent, cele mai înalte valori de prezență a AA în solul nefertilizat, iar indicele diversității generale Shanon era maximal în solul natural. În solurile arate, valorile acestui indice erau mai joase decât ale celui din biocenoza naturală în medie cu 33%. În consecință, valorile lui nu prea mari indică concentrația joasă a dominării (Odum, Ū. 1975). De aici putem deduce că ecosistemele, create în gospodăriile agricole contemporane, sunt supuse unor modificări mai bruște și sunt mai puțin capabile să opună rezistență acțiunilor din exterior, comparativ cu sistemele naturale, maturizate, ale căror componente s-au adaptat într-un timp îndelungat.

În solurile arate, sub acțiunea factorilor antropici, are loc redistribuirea speciilor, iar diversitatea lor devine mai puțin variată. De aceea, cantitatea mai mică de AA în variantele antropice, parțial, poate fi explicată prin utilizarea imediat următoare sau prin transformarea lor (Umarov, M. et al., 2008), atunci când cantitatea mai mare de biomoleculă din solul natural se menține din contul utilizării mai eficiente a AA.

## CONCLUZII

Diversitatea speciilor de AA este maximă în varianta martor de sol, cu 53% mai mică în solul mineral și cu 50% mai mică în solurile organice și naturale, cedând fondului nefertilizat după indicii de diversitate Margalef (cu 2, 8 și 15%) și Menhinik (cu 7, 29 și 48%).

Cea mai înaltă concentrare a dominării a fost înregistrată în solul nefertilizat ( $c = 2,1025$ ). În celelalte variante, valorile indicelui Simpson au alcătuit 48% în solurile mineral și natural și 50% în cel organic.

Cele mai înalte valori ale indicelui general de diversitate a speciilor au fost înregistrate în solul biocenozei naturale. În solurile arate, indicele Shannon era mai mic cu 33%, ceea ce reprezintă un argument în plus privind diminuarea diversității speciilor de AA din spectru, în rezultatul utilizării diferitor tehnologii agricole de prelucrare a solului.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BAKANOV, A.I., 1987. Količestvennâ ocenka dominirovaniâ v ekologičeskikh soobšestvah: Rukopis' dep. v VINITI, 8 dek., № 8593-B87. 63 s.
2. EFREMOV, R.L., 2000. Soderžanie svobodnyh aminokislot v počvah sosnovyh biogeocenzov na klimatičeskoj transekte (Belorussiâ, Pol'ja). V: Počvovedenie, № 12, s. 1481-1486. ISSN 0032-180X.
3. FRUNZE, N.I., 2011. Amino acid pool of a typical chernozem of Moldova. In: Eurasian Soil Science, vol.44, nr 10, pp.1139-1143. ISSN 1064-2293.
4. ŪUDIN, D.I., GELAŠVILI, D.B., ROYENBERG, G.S., 2003. Mul'tifraktal'nyj analiz struktury biotičeskikh soobšestv. V: Doklady AN Rossii, t. 389, a 2, c. 279-282. ISSN 0869-5652.
5. KOZARENKO, T.D., ZUEV, S.N., MULÂR, N.F., 1981. Ionoobmennâ hromatografiâ aminokislot. Novosibirsk: Nauka. 312 s.
6. MANDEL'BROT, B., 2002. Fraktal'naâ geometriâ prirody. Moskva. 656 s. ISBN 5-93972-108-7.
7. MARGALEF, R., 1992. Oblik biosfery. Moskva: Nauka. 254 s. ISBN 5-02-003797-4.
8. MČGČRAN, Č., 1994. Ekologičeskoe raznoobrazie i sposoby ego izmereniâ. Moskva: Mir. 181 s.
9. ODUM, Ū., 1975. Osnovy ekologii. Moskva: Mir. 740 s.

10. UITTEKER, R.H., 1980. Soobșestva i ekosistemy. Moskva: Progress. 327 s.
11. UMAROV, M.M., ASEVA, I.V., 1971. Svobodnye aminokisloty v nekotoryh počvah SSSR. V: Počvovedenie, № 10, s.38-52. ISSN 0032-180X
12. UMAROV, M.M., KURAKOV, A.V., STEPANOV, A.L., 2008. Mikrobiologičeskaâ transformaciâ azota v počve. Moskva: Geos. 138 s. ISBN 5-98118-315-7.

Data prezentării articolului: *18.05.2014*

Data acceptării articolului: *05.11.2014*