

## HIDROSTABILITATEA AGREGATELOR STRUCTURALE ALE CERNOZIOMULUI TIPIC SUB DIVERSE PRACTICI AGRICOLE DE LUNGĂ DURATĂ

**Lucia MACRII**, dr., lect. univ., Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți  
**Alexandru AVRAM**, asist. univ., Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

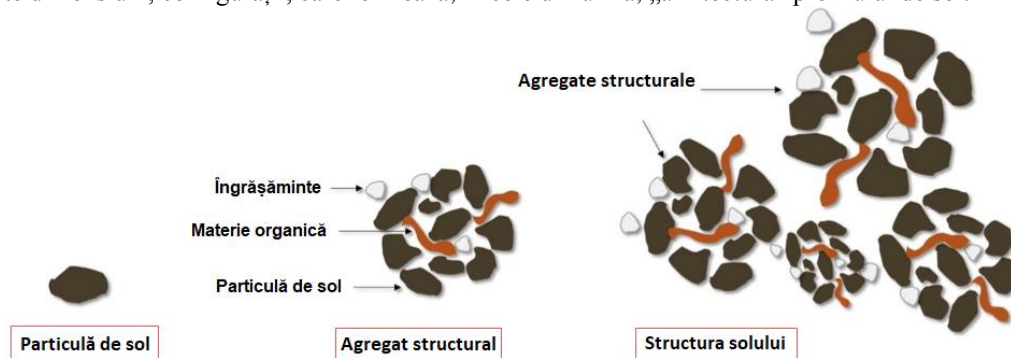
**Abstract:** The paper refers to the study of chernozem water-stable aggregates under different agroecosystem management practices: crop rotations, fertilization systems, permanent crops: fallow and black fallow. The researches has shown that crop rotations with a high percentage in row crops (60%, 70%) recorded a lower content of hydrostable aggregates. Also it was ascertained that the crop rotation which includes: perennial crops (alfalfa - 3 years), supplement with organic fertilizers (70 t/crop-rotation) and has less row crops (40%/crop rotation), registered more hydrostable aggregates.

**Keywords:** black fallow, chernozem, crop rotations, fallow, fertilization systems, hydrostable soil aggregates.

### Introducere

Actualmente, absolut necesară este cunoașterea modificărilor dinamice ale proprietăților solului sub diverse nivele de impact antropic, cu scopul de a selecta cele mai prietenoase și durabile practici agricole. Sănătatea solului este caracterizată în baza proprietăților: fizice, chimice și biologice. Această triadă de însușiri se influențează reciproc și, în egală măsură, determină calitatea și fertilitatea solului.

Unul dintre indicatorii-cheie, utilizat pentru determinarea în ansamblu a „sănătății solului”, este structura solului – proprietate fizică, dar strâns interconectată la însușirile chimice și biologice. Structura solului prezintă asamblarea particulelor elementare de sol în agregate structurale (fig. 1.) de diferite dimensiuni, configurații, care formează, în cele din urmă, „arhitectura” profilului de sol.



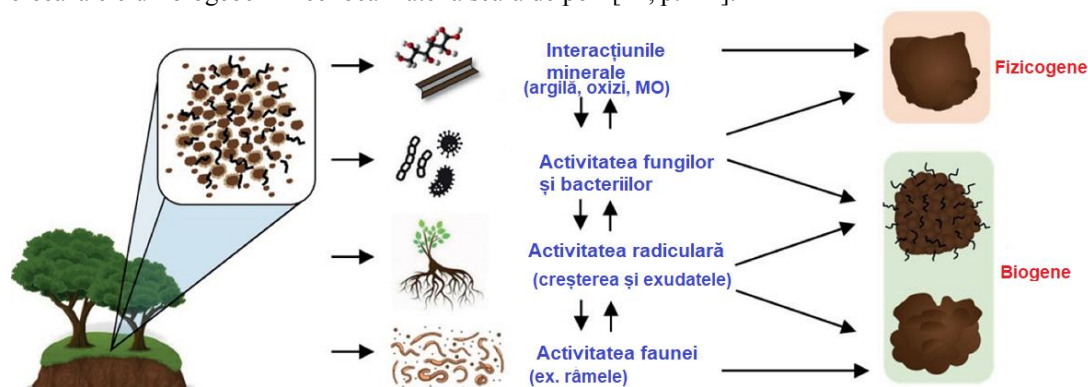
**Fig. 1.** Schema structurii solului [19]

După originea sau calea lor de formare, agregatele de sol pot fi clasificate ca fizicogene sau de origine fizicogenă (rezultate din procese fizice și chimice din sol); biogene sau de origine biogenă (formate prin acțiunea agenților biologici) (fig. 2.); sau intermediari, fără dovezi ale unei origini specifice [17, p. 3].

Într-un sol sănătos, stabilitatea agregatelor este determinată, în mare parte, de substanțele organice de aglutinare produse de plante, fungi, animale și bacteriile din sol. Din aceste considerente, diversitatea mare de organisme și activitatea acestora sunt benefice, întrucât acționează în sinergism la îmbunătățirea continuă a stabilității agregatelor [8].

Structura solului este un indicator-cheie al calității, funcționalității și sănătății solului. Stabilitatea structurii solului reflectă capacitatea solului de a susține flora și fauna solului prin asigurarea unui spațiu gol ca habitat și prin stocarea și transferul de apă, gaz și nutrienți în sol. În general, structura solului se referă la aranjarea tridimensională a golurilor de sol în interiorul și între agregatele particulelor primare de sol, prin care agregatele pot fi privite ca unități structurale ale solurilor. Dezvoltarea agregatelor este explicată prin modelul ierarhic de agregare propus de Tisdall și Oades (1982). Pe

baza acestui model conceptual, agregatele se formează consecutiv prin acțiunea agenților organici de aglutinare (tranzitori, temporari sau persistenti), ducând la formarea de microagregate (<25 mm) și apoi la macroagregate (>25 mm). De asemenea, s-a sugerat că microagregatele s-ar putea forma și în interiorul macroagregatelor datorită acțiunii rădăcinilor și microbiotei (Oades, 1984) și, deopotrivă, agregatele oferă protecție fizică carbonului organic din sol. Pori din agregate (pori intraagregativi) pot fi prezentați ca microsit-uri pentru depozitarea aerului, apei, nutrienților și microbilor care creează cicluri biogeochimice localizate la scară de pori [11, p.114].



**Fig. 2.** Model teoretic pentru studiul căilor de formare a agregatelor de sol, Silva Neto et. al., 2021 [17, p. 3]

Rezistența structurii solului la stresurile externe este cunoscută drept stabilitatea acesteia. Sunt cunoscute două tipuri principale ale stabilității structurii solului: 1) abilitatea solului de a-și păstra structura sub acțiunea apei (hidro-stabilitate); 2) abilitatea solului relativ uscat de a-și menține structura sub acțiunea impactelor mecanice externe – asemenea stresurilor de compactare cauzate de roțile mașinilor agricole [16, p. 121].

Stabilitatea agregatelor de sol depinde de tipul de sol, de conținutul materiei organice, de activitatea biologică din sol, de îngrășăminte, la fel, de tipul de lucrare a solului, frecvența trecerii mașinilor agricole, de covorul vegetal. La nivel de profil, mai sunt o serie de factori care influențează stabilitatea structurii: existența diferitor forme de  $\text{CaCO}_3$ , prezența oxizilor de fier, argilă,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  [3, p. 147]. Rezistența unui agregat la apă depinde de calitatea acestuia, determinată de agenții de aglutinare – organici și coloizi minerali și integrarea lor reciprocă. Aceste caracteristici sunt influențate, în primul rând, de cantitatea și calitatea humusului, care se referă, mai ales, la activitatea microbiană a solului [3, p. 148].

Hidrostabilitatea structurii solurilor de cernoziom (regiunea de Nord-Est a Chinei) a fost studiată în raport cu conținutul nutrienților din sol. Cercetările au demonstrat că stabilitatea hidrică a agregatelor corelează semnificativ cu conținutul carbonului organic (C), conținutul total al azotului (N), fosforului (P) și capacitatea de schimb cationică (CSC). Rezultatele date constată că materia organică este unul din agenții de cimentare de bază a agregatelor, iar pentru menținerea hidrostabilității structurii solului trebuie îmbunătățit permanent conținutul nutrienților din sol, îndeosebi suplینirea cu materie organică (C) și azot (N) [10, p. 538].

Structura solului este proprietatea, de cele mai multe ori, aplicată la determinarea calității solului sub diferite practici de folosire a terenurilor și sisteme de lucrări ale solului, fiind, de obicei, evaluată indirect din datele proprietăților precum: conținutul carbonului organic din sol, densitatea aparentă, porozitatea, rezistența solului la penetrare, rata de infiltrare. Aceste proprietăți pot fi folosite în calitate de indicatori ai calității fizice a solului [18]. Operațiunile agrotehnice și schimbările din mediul înconjurător modifică structura solului [20]. Pierderea integrității structurii solului duce la micșorarea volumului de sol, creșterea densității aparente, micșorarea porozității [15]. Îmbunătățirea stabilității structurii solului prezintă interes de mai mulți ani, deoarece solul trebuie să-și păstreze condițiile fizice, chimice și biologice favorabile, mai ales când este expus la acțiunea apei și altor stresuri externe aplicate [5]. Lucrările mecanice prea numeroase și necorespunzătoare condițiilor, contribuie la distrugerea structurii solului [6], provoacă compactarea solului, dereglează activitatea microflorei și faunei din sol, care contribuie la agregarea masei minerale a acestuia [15].

Materia organică din componența agregatelor se descompune lent, ceea ce determină stabilitatea agregatelor. Cercetările efectuate de Simansky V. și colab. au arătat că structura solului este mai puțin vulnerabilă pe varianta cu lucrarea redusă a solului, comparativ cu sistemul convențional. Coeficientul vulnerabilității poate fi influențat de umiditatea solului, conținutul de calciu și materia organică [20]. Adăugând în sol materii organice, precum gunoiul de grajd sau resturi vegetale, îl suplimentăm cu nutrienți, materie organică, care va îmbunătăți stabilitatea agregatelor în timp. În rezultat, mai mult carbon organic în combinație cu activitatea microbiană mai intensă sporește producerea compușilor lipicioși pentru agregate [8].

Cercetarea diversității bacteriene din agregatele hidrostabile ale solurilor argiloase și lutoase gestionate sub sisteme convenționale de lucrare a solului sau No-till din nordul Columbiei Britanice a demonstrat că lucrarea redusă a solurilor agricole are ca rezultat o macroagregare mai mare însoțită de diversitate și biomasă microbiană abundentă. În acest context, s-a demonstrat că macroagregatele conțin mai multă biomasă microbiană pe unitatea de masă a solului decât microagregatele. Rezultatele obținute implică faptul că deteriorarea structurii solului este probabil un factor care explică efectele adverse ale lucrării solului asupra biomasei și diversității microbiene a solului [9].

Studierea mai multor variante de lucrare a solului (timp de 4 ani) a evidențiat că sistemele conservative de lucrare a solului facilitează păstrarea și îmbunătățirea structurii solului, efecte datorate lipsei perturbanței solului și reziduurilor organice cu rol de protecție de la suprafață. Semănatul direct, deși stopează eventualele degradări ale solului, nu asigură sporuri de producție [7]. Cercetările efectuate de Abid M. și Lal R. [1, p. 71] în staționar de lungă durată (13 ani) arată că stabilitatea agregatelor din sol a crescut sub sistemul tehnologic No-till, comparativ cu lucrarea solului cu cizelul, însă cu diferență semnificativă doar pentru stratul 0-10 cm.

Efectul gestionării diferențiate a materiei organice în cadrul a trei situri agricole din Italia a fost evaluat în raport cu stabilitatea agregatelor solului. Practică inovatoare de management pentru stabilizarea materiei organice din sol, bazată pe amendarea solului cu compost matur umezit, s-a dovedit a îmbunătăți distribuția și hidrostabilitatea agregatelor din sol, în comparație cu metodele convenționale a managementului materiei organice pe solurile agricole [22, p. 45].

Solurile, în lipsa aplicării îngrășămintelor organice, de obicei, au un conținut mai mic de materie organică și masă microbiologică, la fel, se caracterizează cu densitate aparentă mai mare, iar agregatele sunt rezistente doar în condiții uscate și mai puțin rezistente la acțiunea apei. Îngrășămintele afectează structura solului, dar sub aspect chimic și fizic diferit [13].

Agregarea solului poate fi îmbunătățită prin practici de management, precum reducerea perturbarii agroecosistemelor, menținerea fertilității solului, creșterea aportului de îngrășămintă organică, majorarea culturilor de acoperire și atenuarea vitezei de descompunere a materiei organice [21, p. 141]. Cercetătorii canadieni [2] constată că unul din cei mai semnificativi factori care contribuie la structurarea solului în cadrul agriculturii ecologice, se referă la utilizarea amestecurilor de graminee și trifoi, care utilizate într-o perioadă mai îndelungată îmbunătățesc per total structura solului.

#### **Materiale și metode**

Cercetările au fost efectuate în experiențe de lungă durată ale Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția”, localizate în partea de Nord a Republicii Moldova – zonă naturală de stepă, renumită prin cernoziom tipic (*black earth*).

În baza probelor de sol recoltate în perioada iulie-septembrie 2020 a fost studiată hidrostabilitatea agregatelor structurale (cernere umedă) a cernoziomului tipic, utilizat la arabil, sub agrocenoza de grâu de toamnă în cadrul experiențelor de lungă durată: *Asolamente de lungă durată; Culturi permanente*.

Hidrostabilitatea structurii solului (cernere umedă) a fost determinată prin metoda sitelor balansoare la dispozitivul *Bakşeeva* destinat analizei agregative [23] cu determinarea ponderii de elemente structurale (% , g/g) cu diametru de >7; 7-5; 5-3; 3-1; 1-0,5; 0,5-0,25; < 0,25 mm. Probele de sol au fost recoltate din stratul de 0-10 cm.

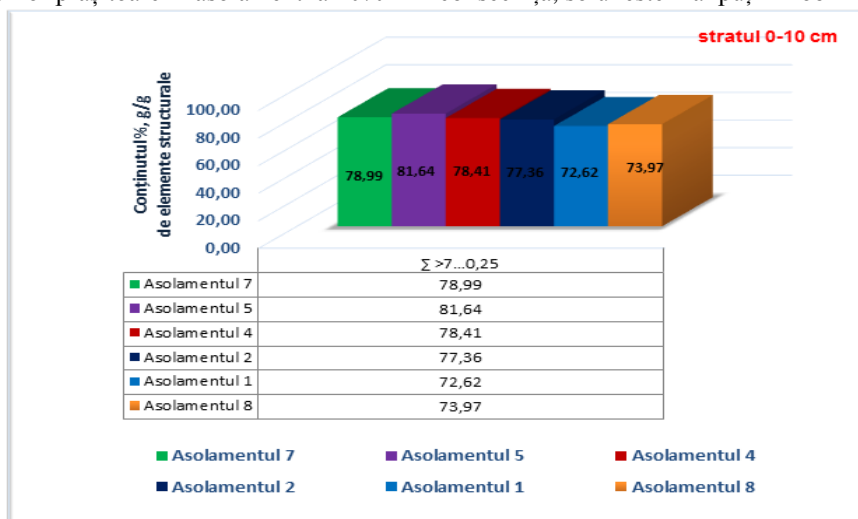
#### **Rezultate și discuții**

Una dintre cele mai importante evaluări agronomice a structurii solului este stabilitatea hidrică a agregatelor. Stratul arabil are o așezare stabilă dacă conține nu mai puțin de 40-45% agregate hidrostabile cu diametrul >0,25 mm, în caz contrar, solul este supus ușor tasării care conduce la înrăutățirea însușirilor fizice, îndeosebi a permeabilității pentru apă și aer [14, p. 262]. Astfel, structura solului

și stabilitatea agregatelor sunt factori-cheie ale funcționării solului și capacității acestuia de a asigura creșterea culturilor [12].

Practicile agricole prin diversitatea lor, condiționează proprietățile solului, inclusiv structura acestuia. În cadrul experiențelor: *Asolamente de lungă durată* și *Culturi permanente* am avut posibilitatea de a constata impactul a 6 asolamente diferențiate după structura culturilor și gradul de fertilizare cu îngrășăminte organice și minerale asupra hidrostabilității agregatelor structurale de sol din stratul de la suprafață și să comparăm aceste rezultate cu două agroecosisteme care marchează extremele vizavi de intensitatea impactului antropic: ogorul negru și pârloaga.

Rezultatele studiului privind conținutul elementelor structural hidrostabile (%) (cernere umedă) ale cernoziomului tipic în experiența *Asolamente de lungă durată* sunt prezentate în figura 3. Au fost analizate datele ce se referă la suma agregatelor de 10-0,25 mm, obținute pentru stratul de sol de la suprafață (0-10 cm) – cel mai mult supus lucrării (fig. 3.). Din cele șase asolamente cercetate, s-au constatat cote procentuale mai mici de agregate hidrostabile de 10-0,25 mm pentru solul din asolamentele 1 și 8 (72,62% și 73,98% respectiv), fapt ce se explică prin ponderea culturilor prășitoare de 70 și 50% respective. O poziție intermediară se atestă pentru asolamentele 2, 4, 7 – ponderea agregatelor hidrostabile analizate oscilează în limitele 77,36-78,99%, aceste asolamente, la fel, se caracterizează cu grad sporit de culturi prășitoare (50-60%). Întâietatea pentru ponderea agregatelor hidrostabile în stratul de sol de 0-10 cm a fost înregistrată în asolamentul 5 cu 81,64%, datorat unor practici agricole prietenoase solului: cultura perenă de lucernă timp de 3 ani – perioadă în care solul se restructurează în mod natural; administrarea îngrășămintelor organice (70 t/rotăție) și micșorarea ponderii culturilor prășitoare în asolament la 40% – în consecință, solul este mai puțin mobilizat.

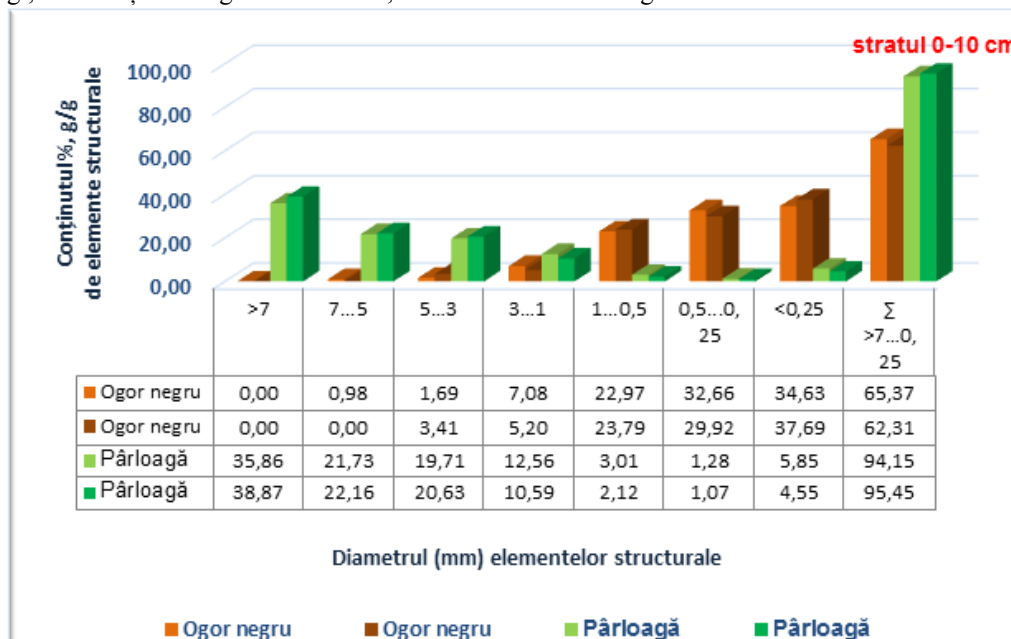


**Figura 3.** Conținutul agregatelor structural agronomic valoroase (% g/g) ale cernoziomului tipic în stratul de sol de 0-10 cm în funcție de asolamente de lungă durată

Pentru solul antropizat, ne putem ciocni și cu agregate hidrostabile false – pe măsură ce acestea sunt puternic compactate, ca rezultat al aglutinării puternice a particulelor elementare de sol, în special, cele de argilă, însoțite de porozitate scăzută la nivel de element structural individual. Drept rezultat, avem agregate puternic compactate care cu greu permit apei să pătrundă în interior. Potrivit lui Canarache A. [4, p. 38], porozitatea agregatelor de 45-50% ne permite să atribuim solului calificativul de bună calitate structurală.

În cadrul experienței – *Culturi permanente*, au fost cercetate agroecosistemele ogor negru și pârloagă – în două variante: nefertilizat și fertilizat. Pârloaga – prototipul ecosistemelor naturale de stepă, se caracterizează cu ponderea maximală a gregatelor hidrostabile de 95,45% în stratul de la suprafață (fig. 4.). Solul întelenit pe varianta fertilizată cu îngrășăminte organice, nu reflectă diferențe semnificative comparativ cu varianta nefertilizată, întrucât agregatele hidrostabile pentru stratul de sol de 0-10 cm au înregistrat un spor cu doar 1,30%. În cele din urmă, concluzionăm că cernoziomul

tipic utilizat sub pârloagă este evident cel mai bine structurat și stabil la apă, fapt datorat, în mare parte, substanțele organice de aglutinare (exsudate) produse de rădăcinile plantelor, precum și de fungi, bacterii și alte organisme din sol, care se dezvoltă nestingherit.



**Figura. 4.** Conținutul agregatelor structurale (% g/g) ale cernoziomului tipic în experiența cu culturi permanente sub ogor negru și pârloagă în stratul de sol de 0-10 cm

Ogorul negru, cel mai defavorizat agroecosistem, reflectă intensitatea maximă a impactului antropic asupra solului. În stratul de 0-10 cm, solul este puternic dispersat, înregistrând valori de 0% agregate hidrostabile pentru agregatele cuprins între 10-5 mm în diametru (fig. 4.). Per total, în stratul de la suprafață se atestă 62,31 și 65,37% agregate hidrostabile în variantele fertilizat și nefertilizat respectiv. Nu este exclus și aportul agregatelor hidrostabile false, ca rezultat al compactării excesive al acestora.

#### Concluzii

Rezultatele cercetării privind hidrostabilitatea agregatelor structurale ale cernoziomului tipic, utilizat sub diverse practici agricole în cadrul experiențelor: *Asolamente de lungă durată*; *Culturi permanente*, constată momente-cheie, care contribuie la stabilitatea hidrică a agregatelor de sol: micșorarea disturbânței solului (inclusiv prin reducerea ponderii culturilor prășitoare); utilizarea leguminoaselor perene; diversificarea culturilor în asolament; administrarea îngrășămintelor organice.

În experiența *Asolamente de lungă durată* se constată că asolamentele cu ponderea mare în culturi prășitoare (50%, 60%, 70%) au înregistrat conținut mai mic de agregate hidrostabile, ca urmare, a mineralizării materiei organice – unul din agenții de aglutinare a particulelor elementare în agregatele de sol. Utilizarea culturii perene (lucerna 3 ani de folosință), administrarea îngrășămintelor organice (70 t/rotație) și micșorarea ponderii culturilor prășitoare (40%) în asolament, au contribuit la majorarea hidrostabilității agregatelor structurale în stratul de sol de la suprafață.

Cernoziomul tipic sub pârloagă, este evident cel mai bine structurat și stabil la apă, fapt condiționat de prezența abundentă a substanțelor organice (agenți de aglutinare) de origine vegetală și animală.

Solul agroecosistemului ogor negru este cel mai astructurat, reflectând intensitatea lucrărilor mecanizate. În stratul de 0-10 cm, solul este puternic dispersat, înregistrând valori de 0% agregate hidrostabile cu diametrul cuprins între 10-5 mm. Fertilizarea organică a solului permanent lucrat constată menținerea agregatelor hidrostabile, însă cu diferențe nesemnificative (3,06%), ceea ce argumentează că disturbânța solului este una dintre cauzele de bază ale destructurării acestuia.

### **Bibliografie:**

1. ABID M., LAL, R. Tillage and drainage impact on soil quality I. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. In: *Soil & Tillage Research*, 2008, no. 100, p. 89-98.
2. BALL, B. C. et al. The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. In: *Canadian journal of soil science*, 2005, Vol. 85, No. 5, p. 557-577. ISSN:0008-4271
3. BARTLOVÁ, J. et al. Water stability of soil aggregates in different systems of tillage. In: *Soil & Water Res.*, 2015, 10, pp. 147-154.
4. CANARACHE, A. *Fizica solurilor agricole*. București: Cereș, 1990. 264 p.
5. CONNOLLY, R.D. Modelling effects of soil structure on the water balance of soil-crop systems: a review. In: *Soil & Tillage Research*, 1998, no. 48, p. 1-19.
6. DELGADO, A., GOMEZ, J. A. The Soil. Physical, Chemical and Biological Properties (Chapter 2). In: *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer International Publishing, 2016. p. 15-26.
7. HAJABBASI, M.A., HEMMAT, A. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. In: *Soil & Tillage Research*, 2000, No. 56, p. 205-212.
8. HETRICK, Sarah et al. Improving Aggregate Stability. In: *Agronomy Fact Sheet Series*, 95. College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University (Cooperative Extension). [on line] [citat 5.11.2022] Disponibil: <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet95.pdf>
9. LUPWAYI, N.Z. et al. Bacterial diversity in water-stable aggregates of soils under conventional and zero tillage management. In: *Applied Soil Ecology*, 2001, Volume 16, Issue 3, pp. 251-261. ISSN 0929-1393
10. MA, Qiang et al. Relationship Between Water-Stable Aggregates and Nutrients in Black Soils After Reclamation. In: *Pedosphere*, Volume 17, Issue 4, 2007, pp. 538-544. ISSN 1002-0160
11. MANOJ, M., et al. Pore system characteristics of soil aggregates and their relevance to aggregate stability. In: *Geoderma*, 2020, Volume 366, pp. 114-259. ISSN 0016-7061
12. MARTENS, D.A. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. In: *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, No. 32, p. 361-369.
13. MUNKHOLM, L.J. et al. Aggregate strength and mechanical behaviour of a sandy loam soil under longterm fertilization treatments. In: *European Journal of Soil Science*, 2002, No. 53, p. 129-137.
14. NAGACEVSCHI, Tatiana. Degradarea structurii solului ca urmare a exploatării excesive în agricultura contemporană. In: *Cernoziomurile Moldovei – evoluția protecția și restabilirea fertilității lor*. Conf. șt. cu participare intern., dedicată aniversării a 60 ani de la fondarea Inst. de Pedologie, Agromchimie și Protecție a solului „Nicolae Dimo”. Chișinău, 2013, p. 262-264.
15. NEWELL-PRICE, J.P. et al. Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales. In: *Soil & Tillage Research*, 2013, No. 127, p. 65-73.
16. NIEWCZAS, J., WITKOWSKA-WALCZAK, Barbara. Index of soil aggregates stability as linear function value of transition matrix elements. In: *Soil & Tillage Research*, 2003, No. 70, p. 121-130.
17. PEREIRA, Marcos Gervasio et. al. Biogenic and physicogenic aggregates: formation pathways, assessment techniques, and influence on soil properties. In: *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 2021, 45:e0210108, pp. 1-23.
18. PULIDO MONCADA, M. et. al. Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. In: *Soil & Tillage Research*, 2014, No. 140, p. 20-28.
19. Schema structurii solului. [on-line] [Accesat 10 noiembrie 2022]. Disponibil: <https://ssl-snu.weebly.com/research.html>
20. ŠIMANSKÝ, V. et. al. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In: *Soil & Tillage Research*, 2008, No. 100, p. 125-132.
21. ŠIMANSKÝ, Vladimír, LUKÁČ, Martin. Soil Structure after 18 Years of Long-term Different Tillage Systems and Fertilisation in Haplic Luvisol. In: *Soil & Water Res.*, 2018, No. 13 (3). pp. 140-149.
22. SPACCINI, Riccardo, PICCOLO, Alessandro. Effects of field managements for soil organic matter stabilization on water-stable aggregate distribution and aggregate stability in three agricultural soils. In: *Journal of Geochemical Exploration*, 2013, Volume 129, pp. 45-51. ISSN 0375-6742
23. ВАДЮНИНА, А.Ф., КОРЧАГИНА, З.А. *Методы исследования физических свойств почв и грунтов*. Москва: Агропромиздат, 1986. 206 с.