

SĂNĂTATEA SOLULUI ȘI CRITERII DE EVALUARE PRIN PRISMA CONCEPTULUI BIOFIZIC AL PEDOGENEZEI

*Gheorghe JIGĂU, Sergiu DOBROJAN, Galina DOBROJAN,
Boris TURCHIN, Elena CHIRIȚĂ, Andriana DRUȚĂ*

Universitatea de Stat din Moldova

Valentin GABERI

FPC „VITIS COJUȘNA” SRL

Nistor BOLOCAN

Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM

Prin prisma conceptului biofizic al pedogenezei sănătatea solului este produsul integrator al proceselor independente și interdeterminate de constituire a subsistemelor fizic, chimic, fizico-chimic și biologic al ecosistemului solului în cadrul lanțului genetic-evolutiv factori→regimuri→procese elementare→sol (ecosistemul solului).

Evoluția ecosistemului solului presupune două faze distincte: a) constituirea sistemului rutinar al solului; b) constituirea și evoluția ecosistemului solului.

Constituirea sistemului rutinar al solului este determinat de procesele abiotice de transformare și organizare a componentelor abiotice (fazele solidă, lichidă și gazoasă) cu formarea profilului pedolitic și matricei biolitice.

Constituirea ecosistemului solului este determinată de biologizarea pedomatricei cu formarea biopedomatricei și modelarea acesteia de către organismele lui în conformitate cu propriile necesități.

Prin această prismă de idei sănătatea solului este categorie biofizică, iar pentru evaluarea acesteia se recomandă aplicarea parametrilor însușirilor fizice și biologice, precum și a parametrilor chimici și fizico-chimici aferenți acestora.

Cuvinte-cheie: sol, sănătate, pedogeneză.

SOIL HEALTH AND EVALUATION CRITERIA THROUGH THE PRISM OF THE BIOPHYSICAL CONCEPT OF PEDOGENESIS

Through the prism of the biophysical concept of pedogenesis, soil health is the integrative product of the interdependent and interdetermined processes of constituting the physical, chemical, physical-chemical and biological subsystems of the soil ecosystem within the genetic-evolutionary chain factors→regimes→elementary processes→soil (soil ecosystem).

The evolution of the soil ecosystem involves two distinct phases: a) the establishment of the routine system of the soil; b) the constitution and evolution of the soil ecosystem.

The constitution of the routine system of the soil is determined by the abiotic processes of transformation and organization of the abiotic components (solid, liquid and gaseous phases) with the formation of the pedolitic profile and the biolitic matrix.

The constitution of the soil ecosystem is determined by the biologicalization of the biolytic matrix with the formation of the biopedomatrix and its modeling by its organisms in accordance with their own needs.

Through this prism of ideas, soil health is a biophysical category and for its evaluation it is recommended to apply the parameters of the physical and biological properties, as well as the chemical and physico-chemical parameters related to them.

Keywords: soil, health, pedogenesis.

Introducere

Categoria sănătatea solului a intrat în atenția cercetării la sfârșitul sec. XX și este definită ca trăsătură a acestuia de a funcționa în cadrul ecosistemului/agroecosistemului, de a susține fertilitatea și calitatea solului și componentelor de mediu aferente (apa, aerul), precum și de a asigura sănătatea plantelor și animalelor [1,2].

În acest context, termenul „sănătatea solului” este asociat cu performanța funcțiilor sale ecosistemice și are un sens mai larg decât termenul „calitatea solului” [3].

Cu referință la acest subiect mai mulți autori susțin că la definirea „calității solului” sunt luați în calcul doar parametrii măsurabili (predominant chimici, agrochimici, toxicologici) care se referă la componenta abiotică a solului fără luarea în considerație a componentei biotice [4].

Conform autorilor citați, anume componenta biologică a solului asigură realizarea principalelor funcții ecosistemice ale acestuia: a) producțională; b) ambiental-formatoare; c) de susținere în stare activă genofondul și diversitatea unică a biotei solului. Din aceste considerente, în opinia lor, caracteristicile „sănătatea” și/sau „patologia” solului sunt atribute determinate de componenta biologică.

Analiza sintetică a cercetărilor mai recente (a. 2000-2020) din acest domeniu ne permite să concludem că deja clar se conturează o tendință de a supraevalua rolul componentei biologice în constituirea sănătății solului și de a neglija, totalmente, locul și rolul calității biotopului în funcționarea biotei solului.

În acest context, prin prisma rolului prioritar al factorului biologic în pedogeneză considerăm că pedobiocenoză îi revine un rol important în constituirea sănătății solului, în același timp, însă, în opinia noastră, diagnostică, controlul și managementul sustenabil al acesteia nu pot fi realizate fără luarea în calcul a mediului vital (biotopului), dinamicii și evoluției acestuia, componentă de bază a căruia este solul [5].

Acesta, la rândul său, fiind „produs al vieții și funcție a dezvoltării și evoluției biotei”, ulterior se transformă în mediu de existență a pedobiocenoză. În acest sens, este recunoscut că solul este nu doar spațiul vital pentru organisme vii, dar și o verigă de legătură între toate componentele fizice, chimice, fizico-chimice și cele trofice ale ecosistemului. În acest sens, solurile și organismele vii funcționează în cadrul unui spațiu evoluțional și ecologic determinat unic, formând sistemul „diversitatea solurilor (tipuri, subtipuri, însușiri) → diversitatea biologică”, dezvoltat în cadrul procesului de coevoluție îndelungată [6]. Pornind de la aceasta, în cercetările noastre sănătatea solului este examinată ca un indice integrator calitativ specific care determină capacitatea acestuia de a asigura realizarea întregului complex de funcții biogeocenotice: acumulator, rezervor și furnizor de apă; realizarea circuitului biogeochimic lărgit al elementelor biofile; sechestrarea și stabilizarea carbonului organic în sol, reproducerea microbiotei solului; biodiversității și activității acesteia; asigurarea stabilității antierozionale; autoorganizarea, autoepurarea, autoreglarea, reproducerea și dinamica organizării structural-funcționale a ecosistemului solului.

Prin această prismă de idei, în prezenta lucrare sănătatea solului este definită categorie biofizică funcțională, interdeterminată, interdependentă cu calitatea solului, iar pentru evaluarea acesteia este argumentată aplicarea parametrilor însușirilor fizice și biologice, precum și a parametrilor chimici și fizico-chimici aferenți acestora.

Obiect de studii și abordări metodologice

În calitatea sa de categorie biofizică, sănătatea solului este considerată produs al integrării materiei abiotice (rutinară) și celei biotice la scara pedologică a timpului materializată în capacitatea acestuia de a asigura procesele de autoreglare și autoevoluție manifestată în stabilitatea funcțiilor biogeocenotice/agrobiocenotice. În acest sens, cadrul metodologic al cercetărilor este asigurat de principiul dezvoltării și evoluției sănătății solului în cadrul întregului complex de procese și însușiri ale solurilor determinate de condițiile concrete de landsaft [6]. Conform acestuia, soluri sănătoase sunt solurile care dispun de trăsături zonale sau intrazonale (componentă, însușiri, legături funcționale) obținute în cadrul procesului pedogenetic național.

„Soluri bolnave” – sunt solurile cu trăsături negative necaracteristice solurilor zonale / intensității intrazonale cauzate de factorii negativi naturali sau antropici cu impact negativ asupra sensului și procesului de pedogeneză și funcționalității acestora.

Trăsături negative – oricare parametri ai componentei și însușirilor solurilor care cauzează reducerea rezultatelor (funcția producțională) obținute și calității acestora, dar și cu impact negativ asupra componentelor mediului ambiant (funcția ambiental-formatoare), sănătății animalelor și oamenilor.

Prin prisma acestui principiu metodologic sănătatea solului este categorice funcțională care reflectă starea biotopului, componenta, gradul de biodiversitate a biomului corespunzător acesteia *manifestată în activitatea biologică și dinamica ei* materializată în modelarea complexului organo-mineral în tendința optimizării acestuia în conformitate cu necesitățile vitale.

În acest context, starea de sănătate a solului este produs al evoluției interdependentă și interdeterminată a componentei abiotice (rutinare) și celei biotice materializată în gradul de biologizare a componentei rutinare manifestat în gradul de modelare a acesteia cantitativ exprimat în indici fizici și hidrofizici ai solului.

În acest sens, devierile parametrilor calității biotopului de la valorile optime în sens negativ >20% indică la perturbarea proceselor responsabile de sănătatea solurilor [7, 8].

Materiale și discuții

Prin prisma paradigmei dokuceaviste factori → sol ultimul, mai frecvent, este examinat în abordarea genetic-evolutivă care operează, preponderent, cu noțiuni și caracteristici fizico-chimice tradițional aplicate pentru evaluarea substanței fizico-chimice.

În abordare bioecologică solul este examinat ca produs al acțiunii intercalate a activității asimilațional-disimilațională a organismelor vii (microorganisme, micromezofaună, plante) și proceselor de transformări și sinteze minerale și organice cu participarea microbiotei solului. Prin această prismă de idei, solul este considerat produs natural organomineral format în anumite condiții natural-climatice și susținut prin acțiuni continue microbial-vegetale asupra substratului inițial, preponderent, anorganic. Acest produs conține organisme vii, mortmasă biogenă și metaboliți supuse permanent transformărilor enzimatiche, chimice și proceselor de acumulare biogenă a elementelor biofile. În acesta se realizează principalele procese biologice și fizico-chimice și circuitele biogeochimice a elementelor biofile și a microorganismelor.

În contextul conceptelor prezentate mai sus menționăm că, în condițiile reducerii semnificative a rolului factorului biologic în pedogeneza antropo-naturală, accentele în managementul sănătății și fertilității solurilor urmează a fi plasate pe intensificarea proceselor biologice în sol prin sporirea resurselor bioenergetice și optimizarea cadrului fizic de funcționare a biotei solului.

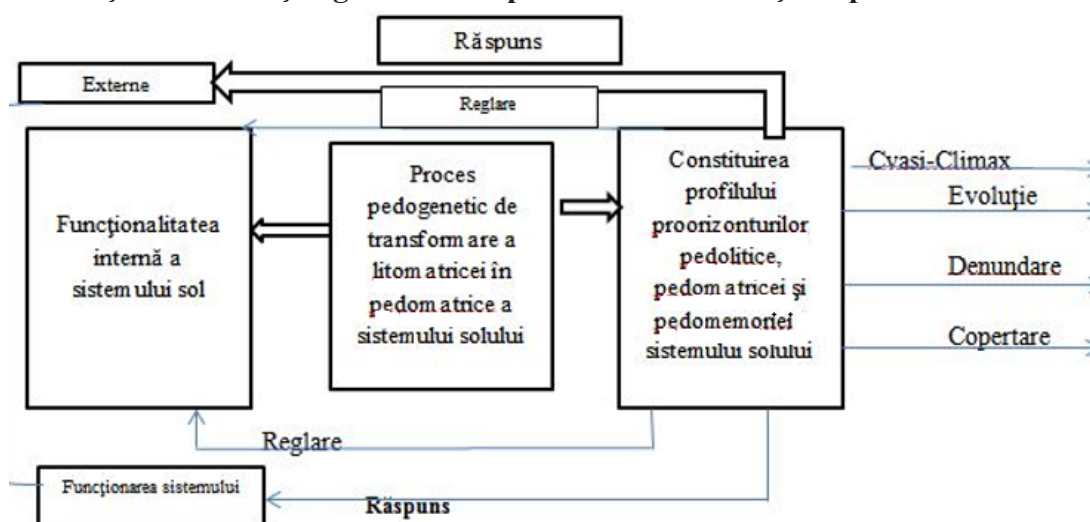
Prin prisma conceptului biofizic al pedogenezei procesul pedogenetic presupune două faze distincte: a) constituirea sistemului solului și b) constituirea și funcționarea ecosistemului solului.

În atare abordare procesul de pedogeneză reprezintă succesiunea în timp a proceselor de biologizare a sistemului solului.

Sistemul sol-sistem rutinar polifazic funcțional formarea căruia demarează din momentul când oricare formațiune minerală rutinară de la suprafața pământului interacționează *in situ* cu componentele mediului ambiental. „Autonomia” acestuia ca sistem exogen este relativă, deoarece acesta este, în același timp, subsistem în mai multe sisteme superficial-planetare ale Pământului, fiind reglator al fluxurilor și circuitelor substanțelor.

Trăsătură universală specifică sistemelor solurilor, prin care acestea se deosebesc de alte sisteme rutinare exogene (roci, depozite, de diverse sedimente etc.) este capacitatea de a produce, a reține și a acumula produsele solide ale funcționalității interne *in situ* a sistemului, astfel asigurându-se restructurarea și organizarea structurală continuă, în timp, a componentei solide în cadrul procesului de funcționare și de dezvoltare îndelungată materializată în formarea profilului pedolitic și matricei pedolitice (fig. 1).

Fig. 1. Interacțiuni directe și legături de răspuns ale sistemului și corpului solului.



În acest sens, procesele de funcționare care decurg ca rezultat al interacțiunii diverselor medii naturale de la suprafața pământului contribuie modificării-transformării formațiunilor rutinare superficiale ca urmare a acumulării produselor solide ale proceselor exogene (processe de alterare fizică) cu formarea de formațiuni pedolitice (propedogenetice). În acest sens, sistemul solului este formațiune solidă organizarea structurală a căreia îi atribuie capacitatea pentru apă, aer, căldură și regimuri hidric, termic, de aerație, aerohidric, hidrotermic etc., necesare pentru dezvoltarea organismelor vii și demararea procesului de pedogeneză.

Sistemul solului se caracterizează cu parametri funcționali, indiferent de gradul de dezvoltare a componentului solid al „corpului solului” (profilul pedolitic) atât în fazele incipiente (0-moment), cât și în fazele avansate de dezvoltare a acestuia. În acest sens, sistemul solului se constituie chiar din momentul când toate componentele mediului natural au intrat în interacțiune. Evoluția acestuia este determinată de procesele fizico-mecanice, fizice, chimice și fizico-chimice care creează în timp profilul pedolitic și condițiile favorabile pentru dezvoltarea biotei (tab. 1).

Forță motrică a dezvoltării-evoluției sistemului solului sunt diversele procese realizate între componentele de bază ale acestuia: fază solidă - fază lichidă – fază gazoasă în interiorul sistemului, dar și procesele dintre sistemul solului și componentele naturale ale mediului ambiant.

Procesele de funcționare a sistemului solului au dinamică circadiană, sezonieră, anuală și multianuală și trend unidirecționat în sensul evoluției însușirilor și regimurilor materializate în autoorganizarea și stabilitatea structurii acestuia.

Pentru evaluarea sistemului solului sunt utilizați parametri fizici, chimici, fizico-chimici, valorile cărora sunt determinate de sensul și intensitatea proceselor de funcționare a acestuia în funcție de trendul determinat de condițiile concrete de landșaft (tab. 1).

Ecosistemul solului este mediul în cadrul căruia interacționează componentele abiotice ale solului (solidă, lichidă, gazoasă) și cele biotice. În acest context, ecosistemul solului este alcătuit din componente anorganice, ființe vii (biota) și materie organică moartă (mortmase biotică, produse intermediare ale proceselor de descompunere-transformare a mortmasei biotice, produse metabolice provenite din activitatea biotei solului). Un loc aparte în componența acesteia revine substanțelor humice care prin originea lor sunt substanțe paravii [9].

Tabelul 1. Procese de constituire și evoluție a sistemului solului, efecte, criterii de evaluare.

Grupul de procese	Procese-mecanisme	Efecte funcționale	Criterii de evaluare
Fizico-mecanice	Mărunțirea-fragmentarea (alterarea fizică)	Sporirea ariei specifice și suprafeței de interacțiune a substratului mineral cu apa și aerul. Sporirea gradului de aerisire. Înmagazinarea apei: crearea premiselor pentru realizarea proceselor fizice, chimice, fizico-chimice.	Alcătuirea granulometrică.
Fizice	Încălzirea-răcirea: dilatarea-contractarea-fisurarea. Adsorbția-disorbția: gonflarea-contrația-microfisurarea-formarea porilor fisurali. Argilizarea.	Permiabilitate și conductivitate pentru apă și aer. Capacitatea de acumulare și stocare a apei. Însușiri pentru apă. Regim hidric, regim de aerație, regim termic.	Coeficient de filtrație. Porozitate totală. Capacitate pentru apă. Capacitate de aerație. Densitate aparentă. Densitatea fazei solide. Conținutul de argilă fizică și fină.

Chimice	Solubilizare-dizolvare. Cristalizare-precipitare. Transformări minerale (alterare chimică). Neosinteze minerale. Gleizare.	Migrare-diferențiere-acumulare substanțe. Formare neoformațiuni (fierice, manganice, fiero-manganice, carbonatice ș.a.). Salinizare Mobilizarea elementelor biofile din compușii minerali greu-solubili.	Conținut de săruri. Conținut de carbonați. Reacție a soluției solului. Conținut de FeO. Conținut total de elemente nutritive biofile și de forme mobile a acestora.
Fizico-chimice	Formare sisteme disperse.	Constituirea complexului adsorbțiv al solului (CAS). Adsorbție-desorbție a cationilor (Ca, Mg, Na, H ⁺ , Al ³⁺ ș.a.)	Capacitate de adsorbție cationică. Componența complexului adsorbțiv.

În ecosistemul solului decurg cele mai importante procese biochimice materializate în integrarea componentelor anorganice și celor biotice și biologizarea pedolitomatricei cu formarea biopedoplasmei/materia pedostructurală. Aceasta reprezintă primul nivel de integrare specific ecosistemului solului și este componentul esențial al materiei de bază a solului.

Conceptul de matrice pedostructurală se bazează pe teoria materiei biostructurale elaborată de E. Macovschi (citată N. Florea) [10].

Materia pedostructurală nu reprezintă o formă aparte a materiei, ci doar o varietate de tranziție între forma chimică și cea biologică, specifică pentru sol. Este mai mult decât un amestec intim a materiei vii cu componenții fini din sol minerali și organici lipsiți de viață, la care se adaugă soluția solului de sol și aerul. Coloizii solului formează cu soluția solului pedoplasma, partea nevie cea mai activă, prin asocierea la pedoplasma a materiei vii (microorganisme) rezultă biopedoplasma sau materia pedostructurală.

Este de subliniat că materia vie microbiană trece în mod continuu în pedoplasma după moarte și, ca o nouă materie vie se formează mereu în sol pe baza elementelor minerale și energiei rezultate din descompunerea resturilor vegetale [10].

Particulele solide ale solului asociată de obicei în câmpuri argilohumice și microagregate de diferite forme și dimensiuni formează o „osătură” a solului în interiorul căreia se află aerul și apa (soluția) solului. Biopedoplasma este deci intim amestecată și specific organizată împreună cu particulele scheletice din sol de dimensiuni și compoziții variate și, implicit, cu aerul precum și cu mezo-și, microfauna solului alcătuind materia de bază a solului, esențială în funcționarea pedosistemelor/ecosistemului solului.

În acest context, atragem atenția că diferitele părți componente ale sistemului sol (minerale sau organice, nevie sau vie) nu acționează independent sau izolat, pentru ele însele, ci asociat, coordonat, coordonat și intercorelat, întreaga activitate fiind subordonată întregului formând un sistem biorutinar/ecosistemul solului plinivelar structural-funcțional organizat, polifuncțional [11].

Conform autorului citat, sistemul biorutinat este spațiul în cadrul căruia microorganismele interacționează cu substratul fizic reprezentat prin fazele solidă, lichidă și gazoasă, iar funcția de bază a biotei solului presupune activitatea de modelare și reproducere lărgită a calității mediului vital, sporirea volumului circuitului biologic al substanțelor, fertilității și sănătății solului la toate nivelele ierarhice de organizare a ecosistemului solului (fig. 2, 3).

Prin prisma celor prezentate în fig. 2 și 3 formarea și funcționarea ecosistemului solului se supune principiului autoorganizării la toate nivelele ierarhice de organizare structural-funcțională a acestuia, precum și a sistemelor biorutinare de nivel mai înalt-biogeocenozei. În acest context organismele vii în tendința asigurării unei organizări funcționale stabile pentru funcționare modelează ambianța vitală, expresie cantitativă a căreia este fertilitatea și sănătatea solului. Fertilitatea biogenă provenită din activitatea multiplelor generații de microorganisme asigură efectele de răspuns (trăsătură de bază specifică sistemelor biofizice autoreglatoare) conform căreia condițiile de viață pentru actualele generații de organisme vii sunt produsul

activității biologice a generațiilor din fazele precedente ale pedogenezei. Actualele generații de organisme vii pun bazele funcționării generațiilor viitoare. Astfel se asigură evoluția cantitativă și calitativă a ecosistemului solului și sănătății acestuia. Aceasta se materializează în intensificarea circuitului biogeochimic al substanțelor și energiei sporirea biodiversității și complexității organizării structural-funcționale a ecosistemului solului în conformitate cu necesitățile vitale ale microbiomului solului.

Fig. 2. Interacțiuni și procese de constituire a ecosistemului solului, funcționare și evoluție.

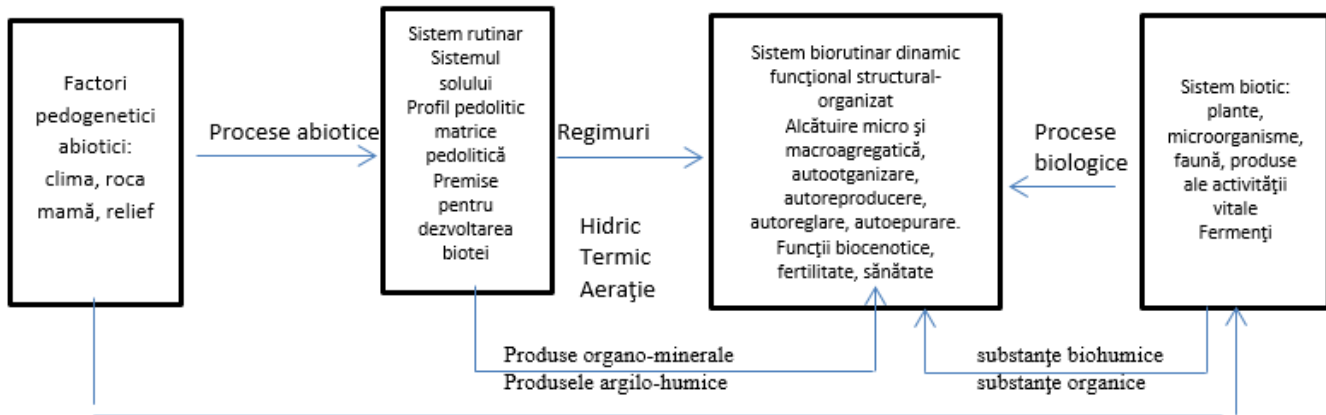
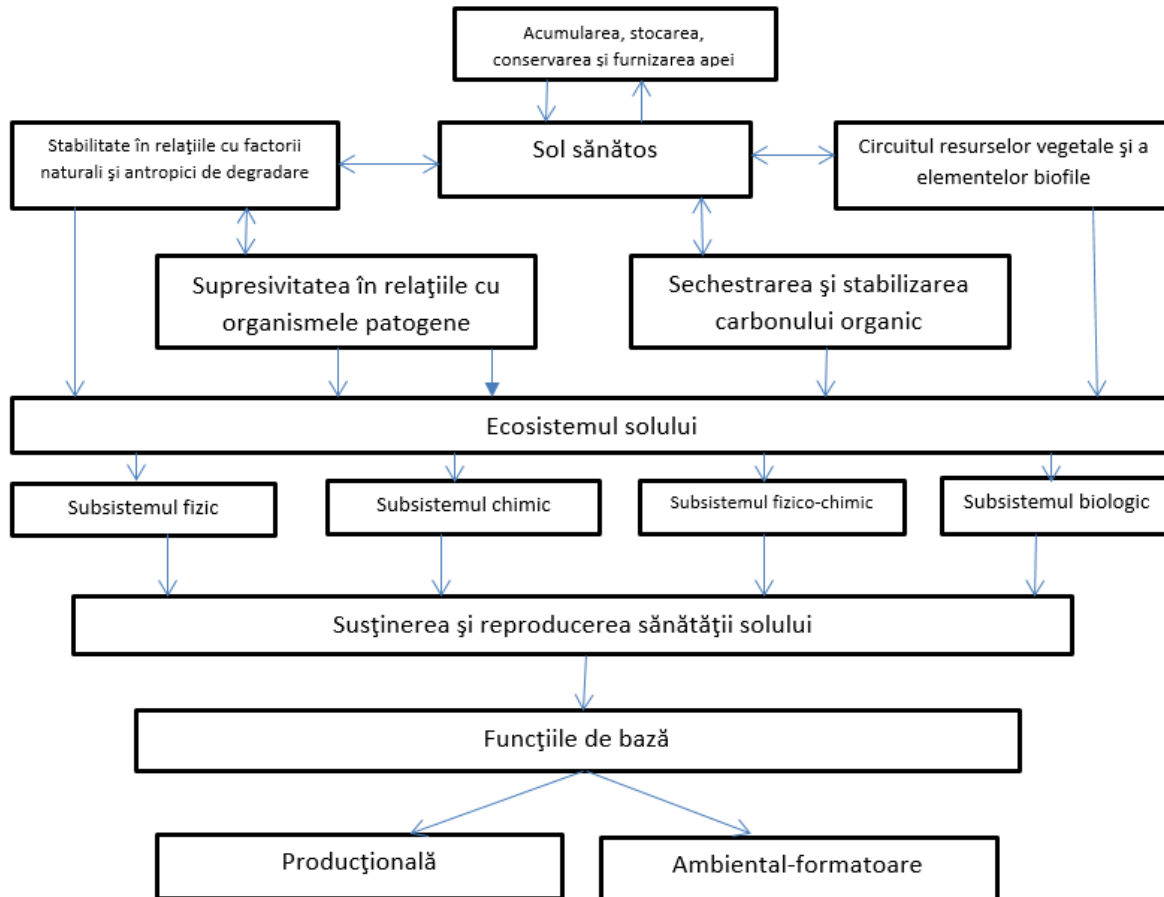


Fig. 3. Sănătatea solului prin prisma conceptului ecosistemului solului.



Indice integrator al evoluției pedobiocenozei, fertilității și sănătății solurilor este starea fizică a acestora exprimată în valorile parametrilor fizici funcționali de bază ai solurilor manifestată în funcționalitatea interdeterminată și interdependentă a sistemului pedofuncțional [sistem bioenergetic]↔[sistem agregatic] (tab. 2). În acest context, considerăm că constituirea ecosistemului solului demarează din faza demarării în

materia de bază a solurilor a proceselor sincronizate de acumulare-stabilizare a humusului și celui de agregare-structurare a acesteia. Pe măsura evoluției ecosistemului solului procesele specificate sunt cantitativ și calitativ interdeterminate și interdependente și au rolul decisiv în constituirea, evoluția și stabilitatea sănătății și fertilității solurilor.

Tabelul 2. Procese de constituire și evoluție a ecosistemului solului, efecte, criterii de evaluare.

Grupul de procese	Procese-mecanisme	Efecte funcționale	Criterii de evaluare
Fizico-mecanice	Compactare-tasare-slitizare-vertisolare. Afinare-automulcire. Structurare-termocompresională. Destrukturarea mecanică.	Modificarea raportului dintre masa și volumul fazelor solului. Degradarea alcătuirii structural-agregative. Prăfuirea structurii (slitizarea).	Gradul de compactare. Gradul de tasare. Conținut de agregate > 7mm. Conținut de agregate agronomice prețioase. Conținut de agregate < 0,25 mm. Constituirea profilului agrofizic.
Fizice	Agregarea – structura stabilizarea agregativă. Dezagregarea-destruc-turarea. Argilizarea. Migrarea (eluvieria) – acumularea (iluvieria) formațiunilor fin dispersate – coloidale.	Constituirea alcătuirii microagregative. Constituirea alcătuirii structural – agregative. Constituirea și diferențierea profilului granulometric, microagregativ, agregativ, poros.	Conținut de microagregate agronomice valoroase. Conținut de agregate agronomice valoroase. Conținut de agregate agronomice prețioase. Conținut de agregate hidrostabile > 0,25 mm Coeficient de structurare. Indice de hidrostabilitate a structurii. Factori de dispersie. Factor de agregare. Porozitate totală și diferențială. Tipuri de profil: granulometric, microagregativ, agregativ, poros agrofizic Conținut de argilă neagregativă.
Chimice	Transformări și neosinteze minerale. Reacții organominerale cu formarea de complexe argilohumice. Descompunerea-transformarea-humificarea materiei organice proaspete. Metamorfizarea și dinamica componentei soluției solului.	Mobilizarea elementelor nutritive Producerea de fitonutrienți organo-minerali Mobilizarea migrarea și redistribuirea diferențierea produselor biopedogenezei în profilul solului.	Conținut de elemente nutritive și dinamice acestuia. Conținut de fitonutrienți organo-minerali. Conținutul și componența sărurilor ușor solubile în sol.
Fizico-chimice	Modificarea componentei complexului adsorbativ a solului.	Decalcifiere parțială a complexului adsorbativ al solurilor. Sporirea ponderii relative a magneziului și sodiului în complexul adsorbativ al solului. Migrarea carbonaților.	Componența cationilor reținute. Conținutul și distribuția carbonaților în profilul solului.

Biologice	<p>Vegetarea-devegetarea și humificarea-dehumificarea biopedoplasmei solului.</p> <p>Dehumusierea materiei de bază a solului.</p> <p>Reducerea biomasei și biodiversității pedobiocenozei.</p> <p>Dezvoltarea intensivă a organismelor patogene, microflorei toxicogene, reducerea microflorei supresive.</p>	<p>Reducerea/sporirea resurselor bioenergetice în soluri.</p> <p>Reducerea/sporirea capacității de agregare-structurare a materiei de bază a solurilor.</p> <p>Reducerea/sporirea funcției ambiental-formatoare a solurilor.</p> <p>Reducerea/sporirea funcției supresive a solurilor.</p> <p>Reducerea a activității biologice a solurilor.</p> <p>Modificarea sensului și intensității procesului de humificare.</p>	<p>Conținutul fracțiunii de substanțe humice solubile în 0,1 n NaOH</p> <p>Componența sistemului de substanțe organice a solurilor.</p> <p>Componența sistemului humic a solurilor.</p>
------------------	---	--	---

Concluzii

Sănătatea solului este categorie funcțională biofizică manifestată în funcția producțională și ambiental-formatoare determinată de realizarea interdeterminată și interdependentă a proceselor de integrare a componentelor abiotice (solidă, lichidă, gazoasă) și celei biotice. Indicii integratorii ai proceselor specificate sunt parametrii fizici și biologici ai solurilor, precum și parametrii chimici și fizico-chimici aferenți acestora.

În constituirea calității biotopului și biofuncționalității ecosistemului solului revine structurii agregatice, spațiului poros și parametrilor hidrofizici care determină regimurile biohidrotermic și bioaerohidric responsabil de funcționalitatea biotei solului.

Referințe:

- Doran J. W., Sranonio M., Liebig M. A. Soil health and sustainability // *Adv. Agron.*, 1996, v. 56, p. 1-54.
- Kaplen D. L., Andrews S. S., Doran J. W. Soil quality: curent concept and applications // *Adv. Agro.*, 2001, v. 74, p. 1-39.
- Торопова Е. Ю., Кудрявцев А. Е., Стецов Г. Я., Селюк М. П. Фактологические критерии оценки здоровья сибирских почв. // *Агрохимия*, 2020, nr. 5, с. 3-11.
- Семенов А. М., Глинушкин А. П., Соколов М. С. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям // *Известия тимирязевской сельскохозяйственной академии*, 2019, вып., 1, с. 5-18.
- Jigău Gh., Crivoi A., Dobrojan S., Ciolacu T., Turchin B., Dobrojan G. Cadrul ecosistemic funcțional al sănătății solului // *Conferința Științifică Națională, consacrată jubileului de 95 ani din ziua nașterii academicianului Boris Melnic*, 2023, p. 202-206.
- Хазиев Ф. Х. Структурно-функциональная связь биоразнообразия наземных экосистем с почвами // *Экобиотех*, 2019, Том 2, № 1, с. 19-35.
- Цховребов В. С. Понятие здоровье почвы и критерии её оценки // *Эволюция и деградация почвенного покрова. Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции. Ставрополь*, 2022, с. 406-407.
- Jigău Gh., Stadnic A., Bacalov Iu., ș.a. Normative de evaluare și optimizare a parametrilor fizici de sănătate a cernoziomurilor arabile // *Conferința Științifică Națională, consacrată jubileului de 95 ani din ziua nașterii academicianului Boris Melnic*, 2023, p. 197-201.
- Jigău GH., Dobrojan S., Dobrojan G., Turchin B. Utilizarea preparatelor bioorganominerale de proveniență humică în sustenabilizarea micro- și mezoprocetelor pedogenetice // *Geneza, evoluția și în cadrarea taxonomică a*

solurilor din depresiunile intramontane din România: Ghidul celei de-a XXXI-a ediții a simpozionului „Factori și procese pedogenetice din zona temperată”, octombrie 2022, Iași, p. 112-125.

10. Florea N. Pedogeografie cu noțiuni de pedologie (ediția a II-a). Sibiu. 1994. 205 p.

11. Смагин А. В. Структурно-функциональная организация почв как динамических биокосных систем. Автореф. дис. На соиск. уч. ст. док. биол. наук. Москва, 2004, 45 с.

12. Jigău Gh., Stadnic A., Ciolacu T., Turchin B. Tehnologii agricole pedoconservative: abordare pedofuncțională // Geneza, evoluția și în cadrarea taxonomică a solurilor din depresiunile intramontane din România: Ghidul celei de-a XXXI-a ediții a simpozionului „Factori și procese pedogenetice din zona temperată”, octombrie 2022, Iași, p. 74-87.

Date despre autor:

Gheorghe JIGĂU, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific coordonator LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: gheorghe.jigau@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4778-2105

Sergiu DOBROJAN, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: sergiudobrojan84@yahoo.com

ORCID: 0000-0003-0040-5836

Galina DOBROJAN, master, cercetător științific, LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: galinadobrojan87@gmail.com.

Boris TURCHIN, cercetător științific LCȘ „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător LCȘ „Ecofiziologie Umană și Animală”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9717-8133

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific LCȘ „Ecofiziologie Umană și Animală”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: druta.adriana@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5961-6518.

Valentin GABERI, FPC „Vitis-Cojușna” SRL.

E-mail: gaber_valentin@yahoo.com

Nistor BOLOCAN, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.

E-mail: ninafrunză@mail.ru

Prezentat la 05.04.2023