CERNOZIOMURILE SPAȚIULUI PRIDANUBIAN: EVOLUȚIE, TRENDURI, MANAGEMENT SUSTENABIL

Gheorghe JIGĂU
Universitatea de Stat din Moldova

Abstract

The formation and evolution of the chernozems in the Pridanubian area has been synchronized with the evolution of the regional landscape and is favored by the specificity of the parent rocks and the bioclimatic conditions of the region. During the last 4-7 thousand years the chernoziomic pedogenesis in the region is performed within the genetic-evolutionary line: carbonatic chernozem → typical low humiferous chernozem → typical moderately humiferous chernozem → smooth chernozem → argilo-iluvial chernozem. The inclusion of the chernozems in the agricultural circuit and the intensification of the techno-anthropic pressures entails a series of natural and techno-anthropic processes that lead to the modification of the ecosystem functions of the soils and the quantitative and qualitative deterioration of their composition, properties and regimes. More recent research has shown that the techno – anthropic implications affect the processes of evolution of the chernozems in the region at subtype level. This implies the need to implement a sustainable regional landscape ameliorative system for the management of the chernoziomic typogenetic processes.

INTRODUCERE

Prin prisma conceptului funcțiilor globale ale solurilor învelișul de sol reprezintă spațiul în care se realizează interacțiunile și procesele care sunt responsabile de calitatea mediului ambiant și trendurile acestuia. În componența lui solurilor negre, în special cernoziomurilor, le revine rolul decesiv în sechestrarea carbonului, azotul și altor elemente biofile în cadrul uscatului. În același timp, datorită potențialului bioproductiv sporit, cernoziomurile suportă cele mai mari presiuni tehno-antropice.

Intensificarea progresivă a ultimelor a condus la aprofundarea dezechilibrelor în sistemul „factori pedogenetici ↔ regimuri pedogenetice ↔ procese elementare ↔ sol” materializată în perturbarea funcționalității acestuia. În acest context presupunem că evoluția agrogenă accelerată a solurilor negre, în special a cernoziomurilor, este unul din factorii cu impact negativ semnificativ asupra emisiilor de gaze cu efect de seră și, respectiv, încălzirea/instabilizarea climei. Totodată, procesele de evoluție a cernoziomurilor induse de agrogeneză conduc la reducerea capacității termice a solurilor în calitatea lor de suprafață așternută și sporirea albedoului. Aceasta se răsfrânge asupra regimului termic al unor spații geografice determinând diversificarea sensului și intensității proceselor de evoluție a cernoziomurilor în conformitate cu condițiile regionale.

Prin această prismă de idei regiunea Carpato-Danubiano-Pontică reprezintă un spațiu geografic deschis în cadrul căruia fenomenele specificate devin tot mai resimțite începând cu anii optzeci ai secolului trecut.

În condițiile când rolul factorului biologic în constituirea regimului hidrotermic al regiunii se reduce semnificativ în aceeași măsură sporește rolul învelișului de sol și modului de utilizare a acestuia în modelarea climei. Aceasta implică concluzia că managementul sustenabil al resurselor de soluri este unul din principalii factori de adaptare la schimbările climatice, de atenuare a intensității și de reducere a impactului și consecințelor acestora.

Prin această prismă de idei, prezenta lucrare are ca subiect definitivarea conceptului „resurse de soluri”, identificarea provocărilor natural-antropice care direcționează evoluția și reproducerea lărgită a acestora și elaborarea cadrului pedo-funcțional de management sustenabil al cernoziomurilor prin adaptarea la condițiile landșaftice de agrogeneză și de schimbare a climei.

OBIECTIVE ȘI METODE DE STUDII

Aspecte conceptual-metodologice ale cercetărilor

Cadrul conceptual-metodologic al prezentelor cercetări este asigurat de quadradigma: factori pedogenetici ←regimuri pedogenetice ←procese pedogenetice ←sol elaborată în ultimii 15-20 de ani (Jigău, 2009; Жигэу, Лешану, 2012). Actualmente în R. Moldova este acumulat un vast volum factologic vizând factorii și trendurile de evoluție a cernoziomurilor din spațiul Pridanubian și de evaluare a acestora (Крупеников, 2008; Жигэу, 2009). În majoritatea lucrărilor existente procesele contemporane de evoluție a cernoziomurilor aparte fără luarea în calcul a interacțiunilor dintre acestea și relațiilor cauză ↔ efect, dar și evoluția și aprofundarea acestora în timp. Pentru diagnosticarea și evaluarea proceselor contemporane în majoritatea cazurilor, se apelează doar la aspectele economice (recoltă) și financiare (pierderi de elemente nutritive exprimate în bani. În cercetările noastre degradarea solurilor este examinată ca fenomen de înrăutățire sau de pierdere totală a funcțiilor ecosistemice pentru o perioadă lungă de timp ca urmare a perturbării interacțiunilor dintre componentele solurilor, urmare a căreia ecosistemul solului pierde capacitatea de a se restabili fără intervenții energetice din exterior. Astfel degradarea solurilor: - la direct determină reducerea diversității biologice și schimbările climatice/ instabilitatea climatică:

- conduce la reducerea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în evoluția cenoziomurilor și reproducerea lărgită a însușirilor și funcțiilor ecosistemice (biogeocenotice) (Fig. 1).

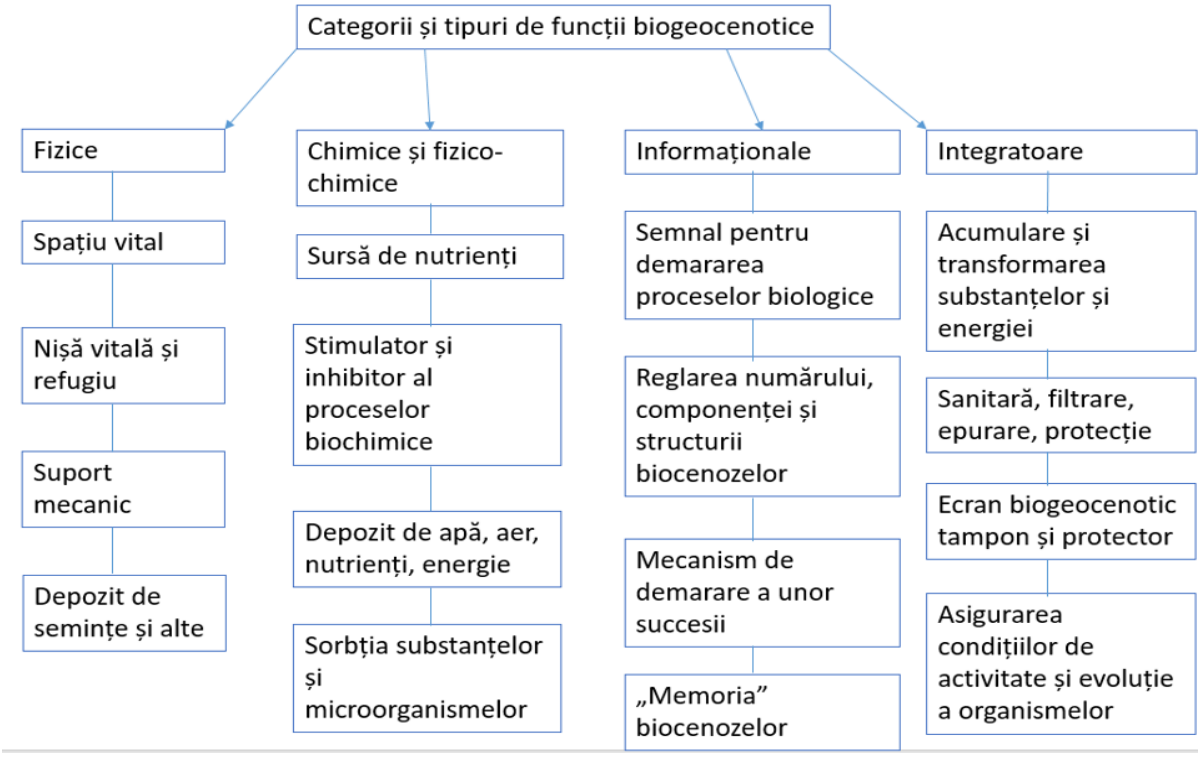


Fig. 1. Funcțiile biogeocenotice ale solurilor care sunt afectate de interacțiunile tehnoantropice asupra solurilor.

- presupune perturbarea circuitelor biogeochimice ale carbonului, azotului și altor elemente biofile, apei, substanțelor organice, minerale, organo- minerale; intensificarea unidirecționată a proceselor de alterare a componentelor minerale ale solurilor; reducerea capacității de sechestrare a carbonului, azotului și altor elemente și substanțe.

În perspectiva atenuării impactului fenomenelor și proceselor și gestionării sustenabile a funcțiilor ecosistemice a cernoziomurilor în cercetările noastre pronim de la principiile

teoretice ale pedologiei genetice conform cărora solul reprezintă un sistem complicat, termodinamic deschis, polifuncțional, polifazic (4 faze), structurat care are câteva nivele structural-funcționale ierarhic subordonate. Toate nivelele structurale ale acestui sistem sunt în permanentă dezvoltare și interacțiune reciprocă cauză-efect. În același timp, acestea sunt în permanentă interacțiune directă și indirectă cu factorii pedogenetici.

Pornind de la principiile conceptuale specificate, reesă că pentru managementul sustenabil al solurilor în sensul evoluției unidirecționate și reproducerii lărgite a fertilității naturale este necesară gestionarea întregului lanț funcțional: particulă elementară→microagregat→agregat→orizont genetic→profil în cadrul quadradigmei factori pedogenetici ←regimuri pedogenetice←procese elementare←sol.

În acest context fiecare nivel ierarhic, în parte, presupune evaluarea unor anumitor parametri funcționali prin aplicarea de metode specifice (Розанеев, 1983; Воронин, 1984) (Tab 1).

Aceștea sunt considerați exprimare cantitativă a totalității proceselor din etapa preagricolă și celor contemporane de dezvoltare și evoluție a cernoziomurilor, particularităților contemporane de evoluție a stării fizice în calitatea acesteia de factor primordial care determină pedogeneza antropo-naturală.

Prin această prismă de idei considerăm că la faza actuală de evoluție a cernoziomurilor anume starea fizică (însușirile și regimurile fizice) determină gradul de realizare a potențialului pedogenetic regional.

În acest sens menționăm că starea fizică a solurilor determină relațiile, respectiv și procesele aferente, dintre faza solidă și celelalte faze ale solului cărora le revine rolul de modelare (fizică, chimică, biologică, biochimică etc) a matricei minerale. Astfel însușirile și regimurile fizice ale solurilor determină proporțiile și ritmica realizării proceselor chimice, biologice, biochimice de acumulare în ecosistemul solurilor a resurselor energetice, apei, aerului, elementelor chimice.

Starea fizică a solurilor determină viteza și caracterul dezvoltării sistemului radicular al plantelor, gradul de utilizare a fitonutrienților, formarea biomasei radiculare și aeriene. Acesteia îi revine un rol important în metabolismul agrocenotic, determină viteza ciclurilor biogeochimice, activitatea biotei solului, procesele de transformare a substanțelor și energiei.

Starea optimală a parametrilor însușirilor și regimurilor fizice a solurilor contribuie intensificării proceselor de transformare a substanțelor și energiei; intensiv decurg procesele biologice și biochimice.

Tabelul 1

Ierarhia nivelelor structural-funcționale a solurilor: elemente structurale, parametri-pedofuncționali (Зубкова, Карпачевский, 2001; adaptare Gh. Jigău)

Nivelul structural	**Elemente structurale**	**Diametrul formațiunilor, mm**	**Parametrii pedofuncționali caracteristici nivelului**
Ionic - molecular	Ioni, radicali stabili, matricea minerală (oxizi, hidroxizi, săruri, carbonați, gips, alumosilicați), matricea organică (proteine, polizaharide, acizi nucleici, acizi huminici și fluvici).	$10^{-7} – 10^{-4}$	Fizico-chimici, fizici, permeabilitatea pentru apă, pH, filtrarea, capacitatea de schimb cationic, gradul de mobilitate a nutrienților și a apei, mecanici, reologici.
Agregat Ultramicro-agregat	Matricea minerală, humato-minerală, ferment – minerală. Microorganism – minerală. Ultramicroagregate.	$10^{-4} – 10^{-3}$	Aero-hidrici, Hidrotermici, Termofizici Termici

Microagregat	Matricea organo-minerală	10^{-3} – 0,5	Termofizici Gradul de mobilitate și de accesibilitate a apei. Rezerve de apă productivă Aerohidrici Hidrotermici Conservarea rezervelor Stabilitate antierozională
Agregat	Agregate, microagregate, cutane, mangane	0,5 – 20,0	Permeabilitatea și conductivitatea pentru apă. Procese de migrare și de acumulare a substanțelor (procese eluviale și iluviale). Capacitate pentru apă (maximal – moleculară, capacitate de câmp, capilară, totală).
Macroagregat	Macroagregate	>5	Porozitatea de aerație
Orizont	Morfoni, neoformațiuni, incluziuni		Bariere geochimice Trăsături morfologice Trăsături morfometrice
Pedon	Orizonturi. Profile pedofuncționale		Orizonturi: humusoacumulative, hidroacumulative, metamorfizate, eluviale, iluvial-carbonatice, argilo-iluviale, humuso-iluviale, alimo-iluviale, fier-iluviale etc. Profile: humifere, carbonatice, granulometric(textural), agregatic, hidrologic, salifere Profile pedogenetice: Omogene Textural-diferențiate eluvial-iluvial diferențiate, inversate fizic-stratificate hidrofizicstratificate

Din contra, degradarea unidirecționată a însușirilor și regimurilor fizice a cernoziomurilor sub influența activităților antropice implică necesitatea ecologizării (sustenabilizării) tehnologiilor practicate în scopul restabilirii și reproducerii lărgite a însușirilor solurilor.

Dezvoltarea bazelor științifice de ecologizare a sistemelor agricole plasează pe prim plan cunoașterea naturii însușirilor fizice și fizico-mecanice, studierea mecanismelor agregării – structurii, sporirii stabilității structurii căreia îi revine rolul decesiv în constituirea stabilității solului.

În acest sens, studierea organizării structural-funcționale la diverse nivele ierarhice de organizare a ecosistemului solurilor asigură cadrul necesar pentru evaluarea influenței factorilor antropici asupra stabilității solurilor și elaborării metodelor de sustenabilizare a tehnologiilor agricole în scopul sporirii stabilității solurilor și reproducerii unidirecționate a tipului cernoziomic de fertilitate.

MATERIALE ȘI DISCUȚII

Procese natural-antropice de evoluție a cernoziomurilor spațiului Pridanubian și managementul sustenabil al acestora.

Cadrul bioclimatic specific spațiului Pridanubian este puternic diversificat în legătură cu ce aici se întâlnesc soluri caracteristice mai multor zone naturale.

Ponderea majoră în structura învelișului de sol revine cernziomurilor, acestea fiind reprezentate printr-un număr impunător de subtipuri, genuri, specii, varietăți etc.

Cernoziomurile din spațiul Pridanubian se deosebesc de cele din alte regiuni prin geneza lor. Conform studiilor mai recente, aceasta a decurs sincronizat cu evoluția landșaftului regional (Jigău et al., 2018). Prin această prismă de idei И. А. Крупеников, constată că pe parcursul pleistocenului tipul cernoziomic de solificare cu o anumită periodicitate determinată de evoluția landșaftului regional s-a reluat de 13 ori (Крупеников, 2008).

Formarea, dezvoltarea și evoluția cernoziomurilor în regiune este favorizată de natura sialitico-carbonatică a scoarței de alterare și caracterul temperat al condițiilor climatice. Îmbinarea eficientă a acestor condiții au favorizat dezvoltarea unor asociații de ierburi xerofitice în zona de sud, mixte (xerofito-mezofite) în zona centrală și mezofite în zona de nord.

În acest context И. А. Крупеников с 1967 scoate în evidență câteva particularități specifice ale pedogenezei cernoziomice din regiune determinate de condițiile pedogenetice și regimurile intriseci:

1. formarea, practic, în exclusivitate a solurilor pe depozite lessoice și loessoide carbonatice, afânate în alcătuirea granulometrică a cărora predomină fracțiunile de praf și argilă fină saturată cu hidromice, montmorillonit și alte minerale argiloase cu capacitate mare de schimb cationic.
2. temperaturi înalte ale solului acestea chiar și iarna rar coborând sub 0^{o};
3. regim dinamic și extrem de instabil regim anual al precipitațiilor atmosferice și al umidității solului. În atare condiții, deși rar, periodic are loc saturarea adâncă a profilului solului cu apă și precolarea adâncă a acestuia;
4. activitatea biologică sporită a sistemului radicular al plantelor, faunei din sol și microorganismelor numărul cărora este mare chiar și iarna.

Condițiile lito-bio-climatice specificate crează premise pentru realizarea unui șir de procese biochimice și biofizice care alcătuiesc esența pedogenezei cernoziomice:

- formarea și acumularea humusului;
- acumularea biogenă a elementelor biofile;
- agregarea – structurarea a masei solului;
- eluvierea-iluvierea carbonaților.

Procesele specificate au determinat formarea de formațiuni cernoziomice cărora le sunt caracteristice următoarele trăsături comune:

1. grosimea mare a stratului pedogenetic activ și celui humifer și conținuturi moderate de humus;
2. predominarea formelor pseudomicelare de carbonați și predispunerea acestora la migrare;
3. levigarea adâncă a produselor ușor solubile ale procesului de pedogeneză;
4. gradul avansat de micro- și macroagregare a întregului strat pedogenetic activ;
5. argilizarea straturilor superioare cu acumularea argilei fine în segmentul superior al solurilor.
6. Acumularea biologică a P,S,Ca,Cu,Zn și altor elemente.

În funcție de intensitatea proceselor tipogenetice cernoziomurile din regiune formează două perechi de subtipuri genetice și geografice:

1) cernoziomuri carbonatice – cernoziomuri tipice slab humifere (zona de sud)
2) cernoziomuri minice - cernoziomuri tipice moderat humifere (zona de nord)

În opinia noastră pedogeneza cernoziomică se realizează în cadrul rândului genetic-evolutiv: cernoziom carbonatic → cernoziom tipic slab humifer → cernoziom tipic moderat humifer →cernoziom tipic levigat → cernoziom argilo-iluvial (Jigău et al., 20).

Distribuția spațială a subtipurilor de cernoziomuri corelează, în linii generale, cu adâncimea de precolare a profilului solurilor și cu durata perioadei de predominare a curentelor descendente de apă în profilul solului. Acumularea în soluri a umidității care determină precolarea profilului solului are loc în perioada octombrie-martie. Sporirea de la

sud la nord a cantității de precipitații atmosferice conduce la sporirea de la sud la nord a adâncimii de umectare și de precolare a profilului solului. Aceasta conduce la conturarea distribuirii în spațiu a subtipurilor de cernoziomuri în funcție de condițiile climatice.

Cernoziomurile carbonatice reprezintă cele mai aridizate formațiuni cernoziomice cu regim hidric nepercolativ cu elemente de regim exudativ. În cernoziomurile carbonatice arabile aridizarea regimului hidric devine mai pronunțată.

Cernoziomurile tipice slab humifere se formează în condiții de climă cu deficit pronunțat de umiditate. Regimul hidric este pronunțat nepercolativ. În anii secetoși se implică elemente de regim exudativ. În orizontul humuso-acumulativ al acestora se atestă o ușoară sporire a conținutului de argilă fină datorată procesului de argilizare și parțial procesului de acumulare a formei coloidal-dispersă de materie organică.

Cernoziomurile tipice moderat humifere s-au format în condiții de participare la pedogeneză a franjului de apî capilar-sprijinită în perioada octombrie-iunie. Regimul hidric al acestora este nepercolativ cu perioadă îndelungată de saturare cu apă. În aceste condiții în soluri se asigură un grad înalt de stabilitate al sistemului $[CAS]^{Ca^{2+}}_{Mg^{2+}} \leftrightarrow CaCO_3(CaHCO_3)_2$. Ulterioara evoluție a bazei de eroziune a condus la sporirea adâncimii nivelului pânzei freatice și a adâncimei franjului de apă capilar sprijinită. Prin urmare sporește durata perioadei cu predominare a curentelor descendente de apă cu precolarea adâncă a profilului solurilor și intensificarea proceselor de levigare a carbonaților.

În aceste condiții are loc o ușoară dezechilibrare a sistemului carbonato – calcic cu inițierea procesului de decalcifiere a complexului adsorbtiv și reducerea valorilor pH sub 7 în orizontul humuso-acumulativ.

În pofida acestor modificări în cernoziomurile tipice la etapa contemporană nu se atestă începuturi de mobilizare a argilei fine din stratul humuso-acumulativ

Cernoziomurile levigate reprezintă o fază inițială a procesului de degradare a profilului cernoziomurilor ca urmare a substituirii regimului hidric nepercolativ cu cel periodic percolativ. În cadrul acestuia carbonații au fost înstrăinați sub nivelul reangajării lor în procesul de pedogeneză.

În aceste condiții în stratul eluvial-carbonatic sporește gradul de instabilitate a reacției solului (pH) și se reduce stabilitatea complexului adsorbtiv al solului materializată în reducerea gradului de saturare a complexului adsortiv cu Ca^{2+}. Prin urmare în cernoziomurile levigate se atestă eluvierea, parțială, a argilei fine și acumularea acesteia în orizontul B1. În același timp, în acesta se atestă sporirea gradului de compactitate și se reduce volumul porozității totale.

În cernoziomurile argilo-iluviale procesele de degradare a profilului și funcțiilor solurilor se intensifică.

În baza celor expuse constatăm că în cadrul rândului genetic-evolutiv cernoziom carbonatic →cernoziom tipic slab humifer → cernoziom tipic moderat humifer → cernoziom levigat →cernoziom argilo-iluvial sporește conținutul de humus, grosimea stratului pedogenetic activ, grosimea stratului eluvial – carbonatic, adâncimea orizontului iluvial-carbonatic, adâncimea de levigare a sărurilor ușor solubile.

Reducerea conținutului de calciu în complexul adsorbtiv și soluția solului conduce la: - reducerea capacității de agregare structurare și stabilității agregatice;

- sporirea solubilității Fe, Al, Mn ș.a. elemente și concentrației acestora în soluția solului. În unele cazuri cantitatea acestora poate alcătui concentrații tehnice pentru unele culturi;

- sporește gradul de instabilitate a însușirilor fizico-chimice, în special a capacității de temponare.

- dezvoltarea mai slabă a unor specii de microorganisme.

În baza celor expuse considerăm că procesul de evoluție naturală a cernoziomurilor din spațiul pridanubian determină predispunerea acestora la procesele degradative. Astfel, degradarea cernoziomurilor este o trăsătură genetic determinată a cernoziomurilor.

Includerea cernoziomurilor în circuitul agricol și intensificarea presiunilor tehno-antropice atrage după sine o serie de procese naturale (eroziunea cu apa și vântul, supraumezirea, aridizarea ș.a.) și tehnoantropice (dehumificarea, dehumusierea, destructurarea, compactarea, supracompactarea ș.a.) care conduc la modificarea funcțiilor ecosistemice ale solurilor și deteriorarea cantitativă și calitativă a componenței, însușirilor și regimurilor acestora. La etapa actuală de evoluție a agroecosistemului solului aceasta este una din cele mai importante probleme ambientale, ecologice și social-economice consecințele căreia devin tot mai resimțite.

În acest sens, chiar și cele mai simple lucrări ale solului au implicat degradarea echilibrelor constituite pe parcursul mileniilor. Ca urmare în evoluția cernoziomurilor din regiune, relativ recent (300-250 ani în urmă, a intervenit o nouă etapă natural-antropică de evoluție determinată de încadrarea lor în circuitul agricol.

Conform unor cercetări mai recente, cernoziomurile din spațiul Pridanubian sunt afectate de 5 fenomene și 31 de procese regionale de degradare cu răsfrângere asupra principalelor funcții biogeocenotice cu implicarea unor efecte funcțional-genetice (Tab. 2,3,4) (Fig. 1,2.).

Tabelul 2

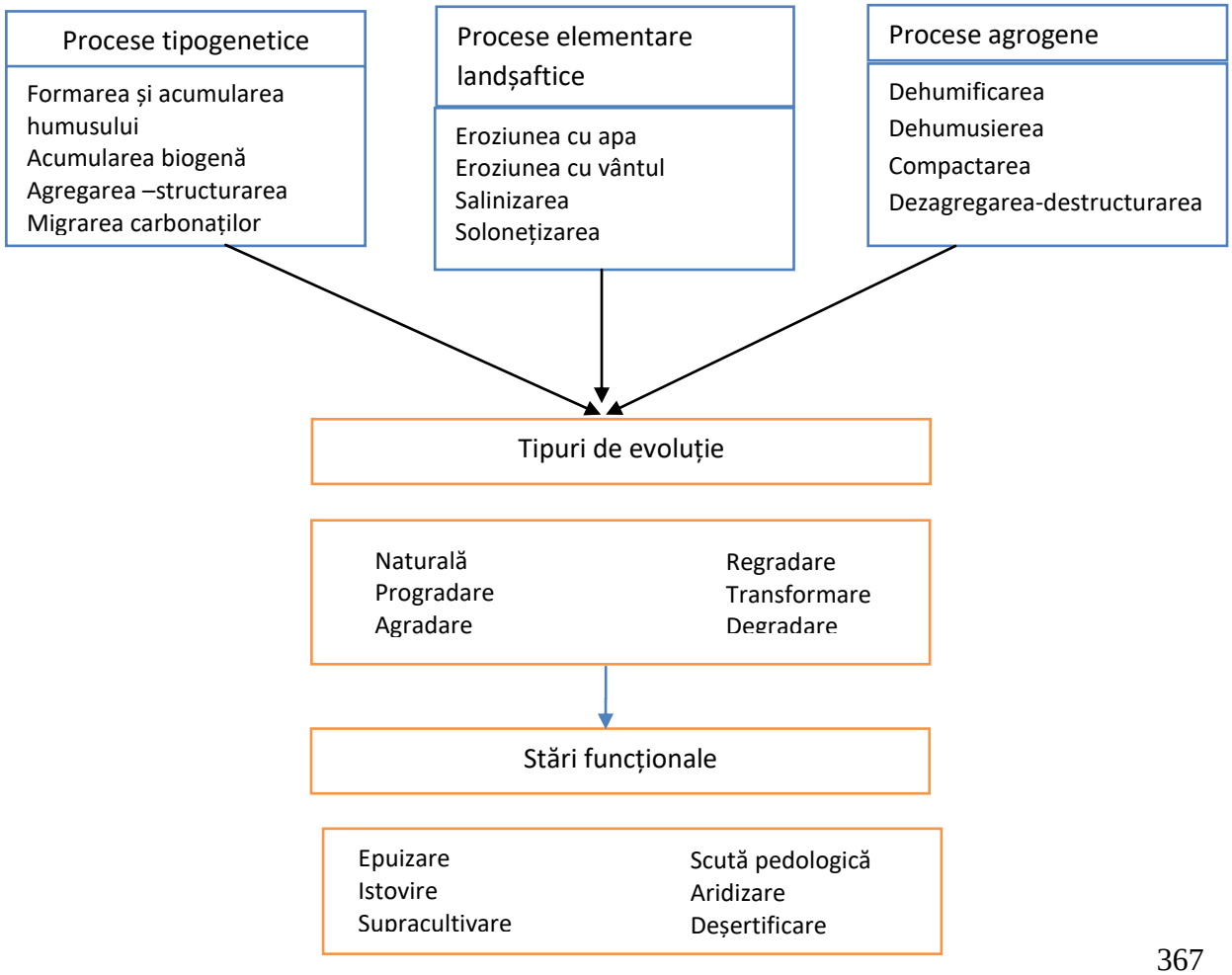
Fenomene și procese care determină trendul antropo-natural de evoluție a cernoziomurilor din spațiul Pridanubian

Fenomene	**Procese**	**Funcții ecosistemice afectate**
Perturbarea regimurilor bioenergetice a solurilor și eco/agroecosistemelor	-Devegetarea solurilor -Dehumificarea -Dehumusierea -Istovirea -Epuizarea -Supracultivarea	Bioecologică Bioenergetică Climatică Bioproductivă Biogeochimică
Agropedoturbaționale	-Formare de neoorizonturi -Perturbarea profilului -Inversarea profilului -Decopertare (eroziunea cu apă) -Dezargilizare	Hidrologică Bioenergetică Bioecologică Bioproductivă Biogeochimică Climatică
Perturbarea regimului hidric și chimic	-Hidromorfizarea -Salinizarea -Alcalinizarea -Decalcifierea -Solonețizarea magnezială -Poluarea	Hidrologică Climatică Bioproductivă Bioecologică
Perturbarea regimurilor pedofuncționale (hidrotermic, aerohidric, de oxido-reducere, biologic)	-Compactarea -Crustificarea -Copertarea -Destructurarea -Calmatarea porilor	Hidrologică Bioecologică Climatică Bioproductivă
Aridizarea ca urmare a perturbării funcționalității hidrofizice a cernoziomurilor.	-Reducerea permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice. -Reducerea capacității de câmp pentru apă (CC). -Reducerea rezervelor de apă productivă. -Sporirea rezervelor de apă neproductivă. -Reducerea diapazonului de apă utilă. -Sporirea vulnerabilității la seceta atmosferică -Seceta pedologică -Debiologizarea agroecosistemului solului	Bioproductivă Climatică Bioecologică Biogeochimică

Tabelul 3

Efectele determinate de interacțiunea agrogenezei și schimbărilor climatice

Agrogeneza	**Schimbările climatice**
Intensificarea proceselor de mineralizare a substanțelor humice – dehumificarea. Bilanț negativ al humusului	Intensificarea procesului de mineralizare a resurselor organice și reducerea intensității proceselor de humificare. Necompensarea pierderilor de humus – bilanț negativ al humusului.
Destructurarea ca urmare a reducerii conținutului de humus. Distrugerea mecanică a sturcturii	Modificarea structurii și texturii solului cauzată de tendința stabilă de dezagregare/alterare sub influența factorilor climatici excesivi
Compactarea solului sub acțiunea presiunilor mecanice exercitate de mașinile și agregatele agricole	Așezarea mai rigidă a constituenților solizi ca urmare a dezagregării/alterării. Consolidarea solului ca urmare a uscării excesive
Sporirea intensității procesului de deflație (eroziunea eoliană) ca urmare a mărunțirii structurii	Amplificarea eroziunii eoliene ca rezultat al creșterii temperaturilor estivale și a reducerii precipitațiilor în timpul verii
Degradarea biotei solului și reducerea biodiversității ca urmare a degradării spațiului poros	Reducerea biotei din sol ca rezultat al creșterii temperaturii și reducerii conținutului de apă
Modificarea componenței soluției solului ca urmare a unui schimb mai defectuos al substanțelor pe profilul solului	Sporirea concentrației și modificarea componenței soluției solului ca urmare a evaporării intensive a apei din sol
Reducerea funcției bioproductive a solului ca urmare a reducerii cantității de apă productivă, a proceselor biologice și a gradului de mobilitate și de accesibilitate a elementelor	Reducerea cantității și calității materiei organice din sol ca rezultat al reducerii concomitente a rizodepunerii



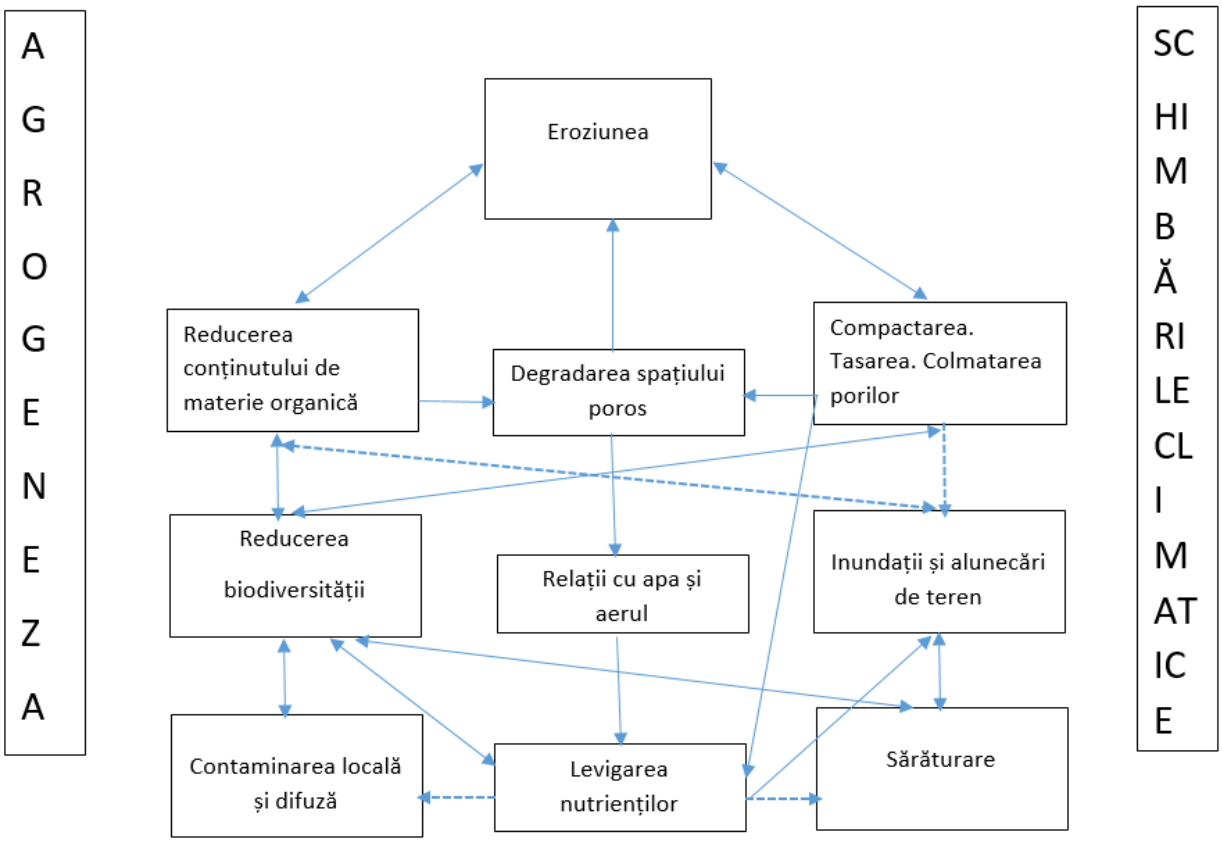


Fig. 2 Interacțiunea factorilor induși de agrogeneză și schimbările climatice în evoluția contemporană a cernoziomurilor spațiului dintre Prut și Nistru.

Tabelul 4

Efecte funcțional-genetice provocate de degradare fizică a cernoziomurilor arabile din spațiul Pridanubian.

Criterii	**Conținutul și sensul proceselor**	**Efecte funcțional-genetice**
Humificarea-mineralizarea	Acumularea de substanțe organice parțial descompuse și pseudohumice în porii agregatici	Reducerea intensității proceselor tipogenetice (formarea și acumularea humusului, agregarea – structurarea)
Activitatea biologică și microbiologică	Reducerea și degradarea biodiversității și a activității biologice a solurilor	Abiotizarea parțială (mozaică) a stratului subarabil
Modificarea relațiilor: faza solidă – faza lichidă	Sporirea volumului de apă fizic (termodinamic) legată.	Conservarea substanțelor în agregate, reducerea capacității de migrare a acestora atât pe descendentă cât și pe ascendentă
Transformarea substanțelor în cadrul circuitului mare și mic al substanțelor	Reducerea intensității și vitezei de transformare a substanțelor participante la circuitul mare și mic al substanțelor	Reducerea intensității procesului cernoziomic de solificare
Formarea scurgerilor superficiale lichide și solide	Diferențierea spațială a substanțelor în cadrul landșaftului	Intensificarea eroziunii
Poluarea elementelor depresionale ale landșaftului	Migrarea poluanților	Acumularea poluanților și reducerea intensității proceselor biologice

În timp, etapa natural-antropică de evoluție a cernoziomurilor din regiune s-a suprapus cu demararea unei noi etape de schimbare globală a climei, care a implicat o serie de modificări în evoluția solurilor.

Aceasta, la rândul său, a condus la reducerea rolului factorului biologic și sporirea rolului factorilor climateric și geomorfologic în evoluția cernoziomurilor. Ca urmare, s-a redus, semnificativ, rolul prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în funcționarea și evoluția cernoziomurilor și fertilității naturale a acestora. Astfel, după o perioadă scurtă de sporire a recoltelor după încadrarea cernoziomurilor în circuitul agricol, asigurată de minerealizarea accelerată a detritului humifer, s-a instaurat o tendință stabilă de reducere a fertilității naturale, legată de degradarea bioenergetică a solurilor.

Principalele cauze ale degradării bioenergetice și reducerii rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului sunt:

- perturbarea, degradarea antropică a cadrului pedofuncțional (regiuni pedofuncționale) de realizare al procesului de formare și de acumulare a humusului;
- calitatea energetică scăzută și puțin variată a surselor de humus;
- deficitul de azot biologic necesar pentru realizarea procesului de formare a humusului;
- intensitatea accelerată a proceselor de descompunere a resturilor organice în absența detritului humifer cu formarea unui humus „antropizat”, mai puțin polimerizat și condensat, respectiv, mai puțin stabil;
- starea „stresată” a biotei solului ca urmare a dinamicii „haotice” a cantității, componenței și terminilor de depozitare a resturilor organice;
- reducerea considerabilă a biomasei microbiotice în calitate de sursă de humus activ regenerabilă în sol de la 28-30 t/ha la 1-2 t/ha;
- necoincidența spațială a zonei de depunere a resturilor organice și celei cu condiții optimale de realizare a proceselor de formare și de acumulare a humusului, ca urmare a modificării intensive a stratului arabil;
-conținutul scăzut și extrem de redus a detritului humifer;
-intensificarea proceselor de mineralizare a substanțelor humice ca urmare a lucrării solurilor și sporirii gradului de aerație.

În cadrul unei atare ambianțe bioenergetice are loc perturbarea bilanțului bioenergetic al ecosistemului cernoziomurilor și al agroecosistemelor cu o ulterioară reducere a stabilității acestora și sporirea vulnerabilității la schimbările climatice și diverse forme de degradare (Tab. 4).

Pentru evaluarea acestui trend al indicilor stării de humus al cernoziomurilor propunem aplicarea a doi parametri (Jigău et al., 2018):

a) conținut critic de humus;
b) stare minimal- admisibilă a conținutului de humus;

Conținutul critic de humus – conținut sub care se atestă înrăutățirea însușirilor funcționale și a rezistenței la presiunile tehnoantropice. Pentru cernoziomurile din regiune conținutul critic al humusului alcătuiește 4% .

Reducerea conținutului de humus sub nivelul critic a condus la demararea supracultivării – proces elementar distructiv (reducerea conținutului de humus, destructurarea, supracompactarea) ca urmare a utilizării solurilor în condiții de intrări insuficiente de surse de humus în acestea.

Starea minimal – accesibilă a conținutului de humus – conținut de humus sub care densitatea aparentă, porozitatea totală și diferențială, alcătuirea structural – agregatică prezintă valori identice celor care sunt caracteristice rocii mamă.

Reducerea conținutului de humus sub nivelul stării minimal-admisibile a condus la demararea procesului de aridizare a învelișului de sol în cadrul unori arii restrânse, în special afectate de procesele de eroziune, solonețizare, destructurare intensivă.

Lucrarea sistematică a solurilor a contribuit la formarea stratului agrogen în segmentul superior al profilului cernoziomurilor. Acesta se formează în baza stratului humuso-

acumulativ (Am) și reprezintă o formațiune pedogenetică nouă constituită ca rezultat al interacțiunii intercalate (frecvent unidirecționate) a proceselor naturale și celor antropice, care se distinge de segmentul subiacent al profilului solului prin circuitul, regimul și bilanțul substanțelor.

Conform cercetărilor noastre în acesta are loc perturbarea bilanțului bioenergetic al ecosistemului cernoziomurilor și al agroecosistemelor cu o ulterioară reducere a stabilității acestora și sporirea vulnerabilității la diverse forme de degradare (Tab. 5).

Trăsături specifice ale stratului arabil/agrogen sunt destructurarea, compactarea și alte procese degradative care se materializează în indici ai alcătuirii structurii agregatice și ai celor ai stării de așezare (densitatea aparentă, rezistența la penetrare, porozitatea totală și diferențială) și au exprimare diferită în funcție de tehnologiile aplicate (Tab. 6,7). Pornind de la aceasta propunem de a utiliza indicii stării fizice ai stratului arabil în calitate de criterii de evaluare a gradului de transformare agrogenă a profilului cernoziomurilor (Tab. 8).

În baza propriilor cercetări și generalizării rezultatelor din literatură au fost elaborate criteriile de evaluare a stabilității agroecologice a agrolandșaftelor și principiile de sustenabilizare a proceselor de evoluție a solurilor în scopul reproducerii lărgite a tipului cernoziomic de solificare.

Tabelul 5

Etape de evoluție a degradării bioenergetice a cernoziomurilor din spațiul Pridanubian

Etapa	**Specificații**	**Metode de combatere (soluții tehnologice)**
Agropedoturbațională	Reducerea cantității și schimbarea componenței surselor de humus intrate în sol. Descompunerea accelerată a detritului humifer	Practicarea asolamentelor adaptiv-landșafto-ameliorative. Practicarea „ogorului verde", „ogorului ocupat", culturilor intermediare. Managementul rotațional al resturilor organice.
Bio-fizică	Sporirea gradului de aerație a solurilor ca urmare a lucrării acestora. Evaporarea fizică intensivă a apei din sol. Regim aerohidric, preponderent, oxidant	Reducerea numărului de lucrări. Mulcirea suprafeței solului. Conservarea apei în sol prin metode agro-tehnice (tăvălugirea, mulci de sol.)
Biologică și biochimică	Degradarea biotei solului; reducerea activității biologice a solului, dar și a proceselor de humidicare și de polimerizare a substanțelor humice	Restabilirea biotei solului și renaturarea proceselor biologice și biochimice în sol prin utilizarea preparatelor biologice și a preparatelor biohumice. Optimizarea regimurilor hidrotermic și aerohidric.
Chimică, fizico-chimică și biochimică.	Sporirea gradului de mobilitate a substanțelor humice sub acțiunea fertilizanților minerali; reducerea conținutului de acizi huminici care formează compuși cu calciul.	Diversificarea componeței resturilor vegetale încadrate în pedogeneză; sporirea ponderii resturilor vegetale de boboase în componența surselor de humus. Utilizarea preparatelor biologice și biochimice. Administrarea amendamentelor cu Ca (deșeuri de la fabricile de zahăr; biocompozite îmbogățite cu calciu).

Tabelul 6

Elemente de evoluție agrogenă a stării structural-agregatice a stratului arabil al cernoziomurilor tipice

Mod de lucrare	Adâncimea, cm	Conținutul agregatelor, %			Stabilitate agregatică, %		
		>10 mm	10 – 0,25 mm	<0,25 mm	5 – 3 mm	3 – 0,25 mm	<0,25 mm
Fâșie de pădure (41 de ani).	0 – 10	6,3	85,6	8,1	27,0	52,0	21,0
	10 – 20	8,7	84,0	7,3	21,0	59,6	19,4
	20 - 30	11,3	79,2	9,5	23,6	58,2	17,6
Lucrat 53 ani	0 – 10	13,9	73,6	12,5	7,4	53,0	39,6
	10 – 20	19,7	65,0	14,3	4,4	49,0	46,6
	20 – 30	31,7	58,2	10,1	11,8	41,9	46,3
	30 – 40	30,3	56,9	12,8	10,7	44,4	44,9
	40 – 50	17,8	69,8	12,4	10,9	52,0	37,1
Lucrat 47 ani	0 – 10	12,5	68,0	19,5	7,7	52,0	40,3
	10 – 20	19,4	68,5	12,1	6,1	47,0	46,9
	20 – 30	30,7	58,0	11,3	9,7	42,0	48,3
	30 – 40	30,3	56,9	12,8	10,3	41,5	48,2
	40 - 50	14,7	73,0	12,3	9,1	47,3	43,0

Tabelul 7

Starea fizică a stratului arabil al cernoziomurilor levigate, tipice moderat și slab humifere lutoargiloase și argilolutoase cu grad diferit de degradare fizică (n> 440 profile).

Parametrii	Valori reale	Sol nedegradat	Grad de degradare		
			slab	moderat	puternic
Conținut de agregate >10mm,%	8 - 65	<30	30 - 40	40 - 50	>50
Conținut de agregate 0,25 – 10,0 mm, %	20 - 85	>70	60 - 70	50 - 60	<50
Porozitatea agregatelor 7 – 5mm,%	29 - 44	>42	40 - 42	36 - 40	<36
Porozitatea agregatelor 5 – 3mm, %	28 - 42	>38	38 - 35	35 - 33	<33
Porozitatea agregatelor 3 – 1 mm,%	28 - 39	>36	36 - 39	33 - 30	<30
Stabilitate agregatică, %	23 - 60	>55	55 - 45	45 - 40	<40
Densitatea aparentă, g/cm^3	0,84 – 1,57	1.0 – 1.30	1.30 – 1.35	1.35 – 1.47	>1.47
Permeabilitatea pentru apă, mm/min	0,02 – 2,5	>1.0	1.0 – 0.7	0.7 – 0.5	<0.5
Capacitatea de câmp, %/g	24 - 38	>38	38 - 34	34 - 28	<28

Tabelul 8

Criterii de evaluare a gradului de transformare agrogenă a profilului cernoziomurilor

Densitatea aparentă, g/cm^3	Rezistența la penetrare kg/cm^2	Conținut de agregate > 10 mm,%	Gradul de supracultivare, Nota	Specificații
1.1 – 1.2 1.2 – 1.3	10 – 25 25 - 30	< 10	Neafectat de supracultivare Nota 1 - 2	Parametri corespunzători intervalului de valori optimale. Sunt prezente începuturi de degradare fizică
1.3 – 1.4	30 - 50	30 - 40	Moderat supracultivat	Conținut sporit de agregate > 10 mm. Se conturează clar stratul subarabil
>1.4	50 - 100	40 - 60	Puternic supracultivat	Strat subarabil prismatic puternic consolidat

Cadrul conceptual-normativ al managementului sustenabil al cernoziomurilor este asigurat de platforma neutralității proceselor de degradare a terenurilor. Adaptarea acesteia la condițiile spațiului Pridanubian presupune nu doar stopare/evitarea unor procese degradative în parte ci un complex de măsuri capabil să reducă până la minimum impactul factorilor care cauzează degradarea agrolandșafturilor dar și să contribuie sporirii stabilității și echilibrelor solurilor în relațiile cu factorii de mediu.

Obiectivul major al managementului sustenabil al cernoziomurilor presupune asigurarea unui cadru funcțional capabil să asigure optimizarea circuitelor biogeochimice lanțurilor trofice și echilibrelor tuturor agrolandșafturilor materializat în reproducerea lărgită a intensității și sensului proceselor tipogenetice și a funcțiilor ecosistemice a solurilor (Fig. 3).

Acestui imperativ corespund agrobiotehnologiile adaptiv-landșafto-ameliorative care presupun conformarea agrobiotehnologiilor practicate la condițiile agroecologice ale agrolandșaftului în scopul reducerii până la minim a impactului factorilor și proceselor degradative, optimizării factorilor de fertilitate, sporirii stabilității agrolandșafturilor, reproducerii lărgite a fertilității naturale a solurilor și bioproductivității agroecosistemelor (Жигэу, et al. 2018).

Conținutul agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative presupune:

1. Amplasarea culturilor agricole în conformitate cu condițiile agroecologice, capacitatea de adaptare a culturilor și potențialului adaptiv al landșaftului;
2. Adaptarea tuturor componentelor agroecosistemului la condițiile agroecologice ale agrolandșaftelor;
3. Organizarea teritoriului ținându-se cont de relațiile landșaftice și procesele de schimb de substanțe;
4. Asigurarea stabilității agrolandșaftului prin ecologizarea proceselor tehnologice, crearea unei infrastructuri de utilizare a terenurilor optimală, prevenirea proceselor de degradare;
5. Efectuarea lucrărilor de optimizare a agrolandșafturilor în conformitate cu cerințele imperiativelor ecologice;
6. Managementul procesului de producție prin înlăturarea eșalonată a factorilor limitativi (Tabelul 9).

Adaptarea landșaftică a agrobiotehnologiilor sustenabile implică 3 premise prioritare:

1. Tipizarea agroecologică a agrolandșaftelor și identificarea condițiilor de implimentare diferențiată a agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative (Fig).
2. Implimentarea planurilor de măsuri adaptaționale și evaluarea sistematică a eficienței acestora;
3. Inventarierea periodică a condițiilor de landșaft și corectarea agrobiotehnologiilor adaptiv-landșafto-ameliorative aplicate.

Crearea sistemelor agricole adaptiv-landșafto-ameliorative presupune, în mod obligatoriu, biologizarea agroecosistemelor în scopul intensificării proceselor biochimice și reproducerii lărgite a fertilității solurilor.

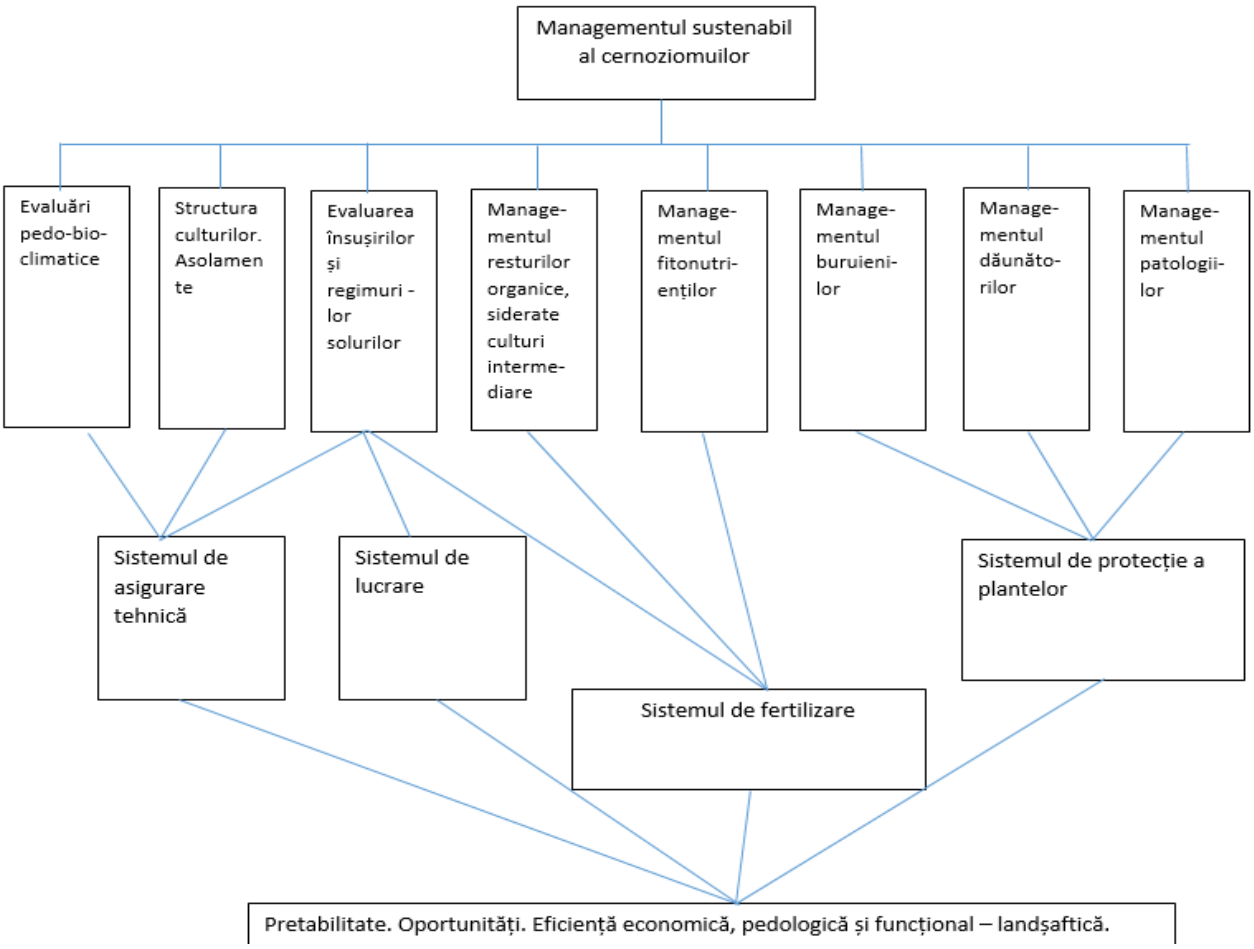


Fig. 3 Componentele managementului sustenabil al cernoziomurilor.

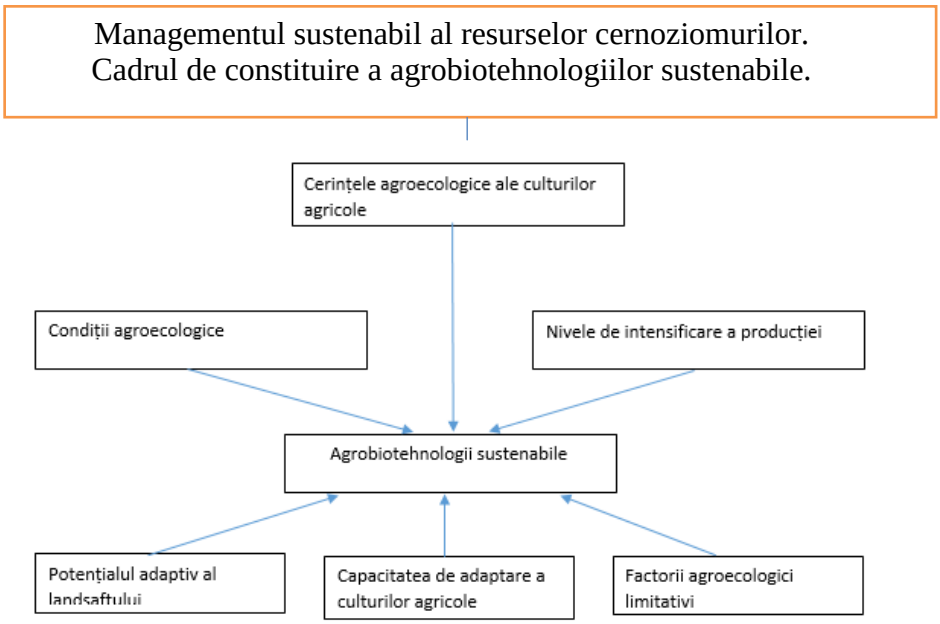


Fig. 4 Cadrul metodologic de constituire a agrobiotehnologiilor sustenabile.

Tabelul 9

Etape de implimentare ale modelului regional de agricultură sustenabilă

Nr d/o	Etapa	Conținut
1	De tranziție (de remediere)	Sistem de lucrări adaptat la regimurile și însușirile stratului agrogen. Sporirea resurselor bioenergetice în sol. Biologizarea și optimizarea însușirilor fizice ale stratului agrogen. Îmbinarea eficientă a procedeelor (respectiv proceselor) agrotehnice și celor biologice
2	De restabilire a proceselor elementare pedogenetice și landșaftice zonale	Minimalizarea lucrărilor. Sisteme de lucrare adaptate la condițiile de landșaft. Asolamente diferențiate în conformitate cu necesitățile adaptiv-ameliorative ale landșaftului. Practicarea ogorului cu siderale, culturilor intermediare și intercalate adaptate la necesitățile landșaftului. Favorizarea proceselor biologice în sol. Fertilizarea moderată corespunzătoare capacității de valorificare a solului.
3	De reproducere lărgită a proceselor tipogenetice și funcțional-landșaftice.	Sistem de agricultură sustenabilă adaptat la condițiile de landșaft. Asolamente adaptate la condițiile de landșaft. Structură a culturilor cu eficiență economică și pedofuncțională înaltă. Includerea ierburilor multianuale în rotație. Plasarea accentelor pe resursele biologice ale landșaftului și sustenabilizarea acestora. Promovarea metodelor biologice de protecție a plantelor.

Componente prioritare în cadrul agrobiotehnologiilor sustenabile adaptiv-landșafto-ameliorative sunt:

- utilizarea cu maximum de eficiență a potențialului adaptiv al landșaftului și capacității de adaptare a culturilor agricole;
- asigurarea unui cadru biofizic – funcțional optimal pentru desfășurarea proceselor biochimice în soluri;
- reducerea până la minimum a presingurilor energetice din exterior. Plasarea accentelor pe intensificarea proceselor biochimice și utilizarea unor sisteme cu efect nociv minimal;
- plasarea accentelor pe restabilirea rolului prioritar al procesului de formare și de acumulare a humusului în pedogeneza cernoziomică antropo-naturală și reproducerea lărgită a sistemului de substanțe organice în sol corespunzător condițiilor bioclimatice ale regiunii și condițiilor de landșaft.

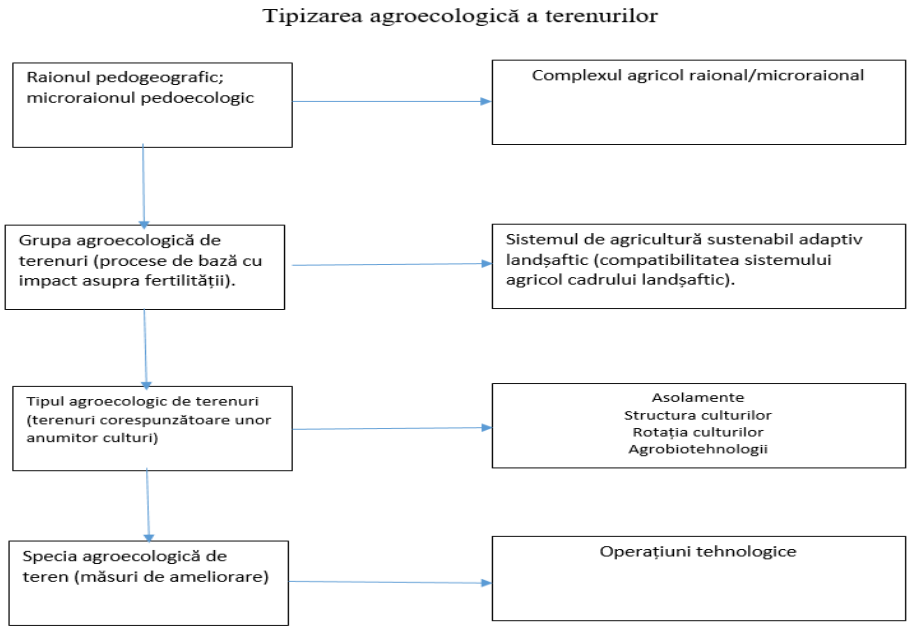


Fig. 5. Schema tipizării agroecologice a agrolandșaftelor.

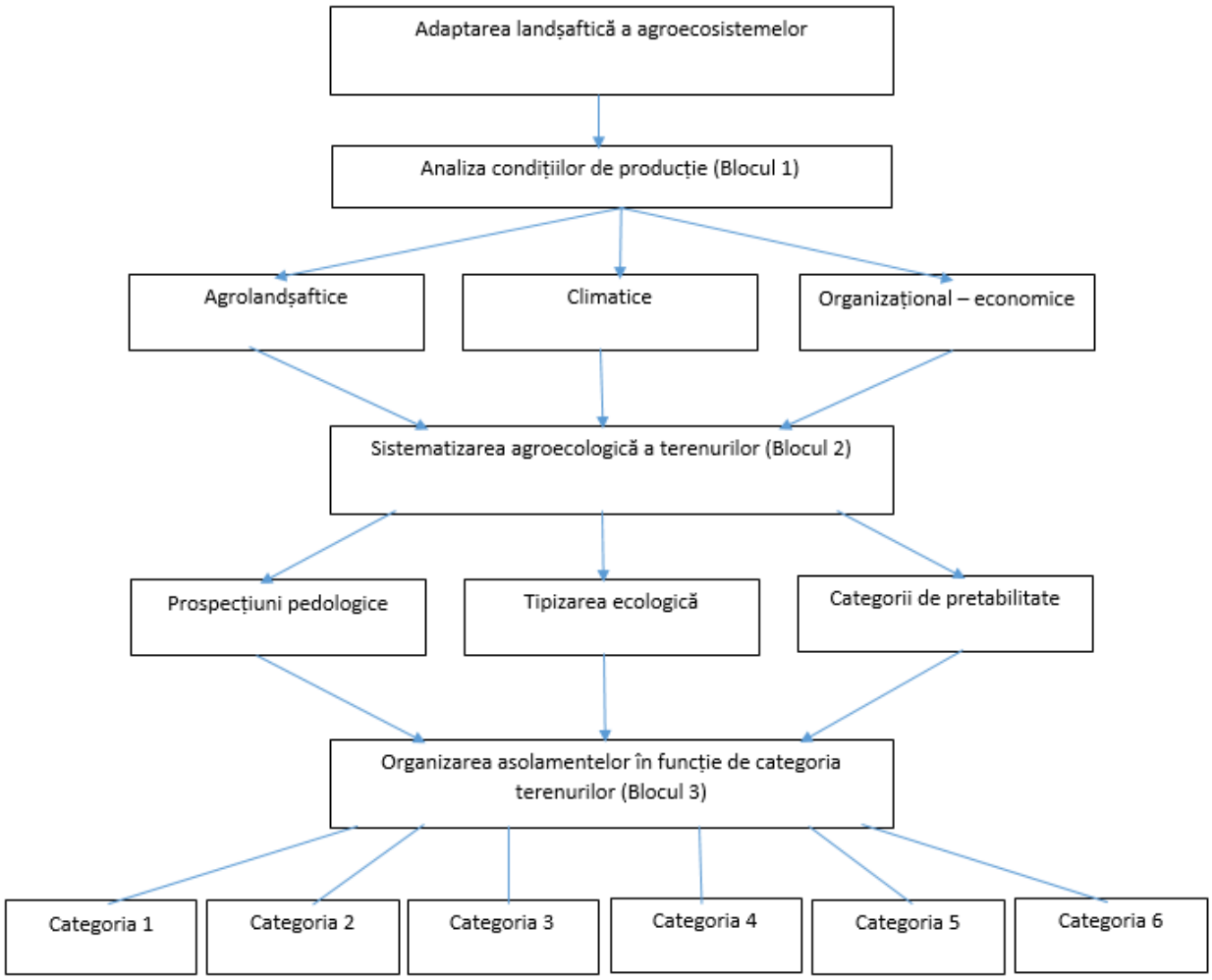


Fig. 6. Cadrul metodologic de adaptare landșaftică a agroecosistemelor.

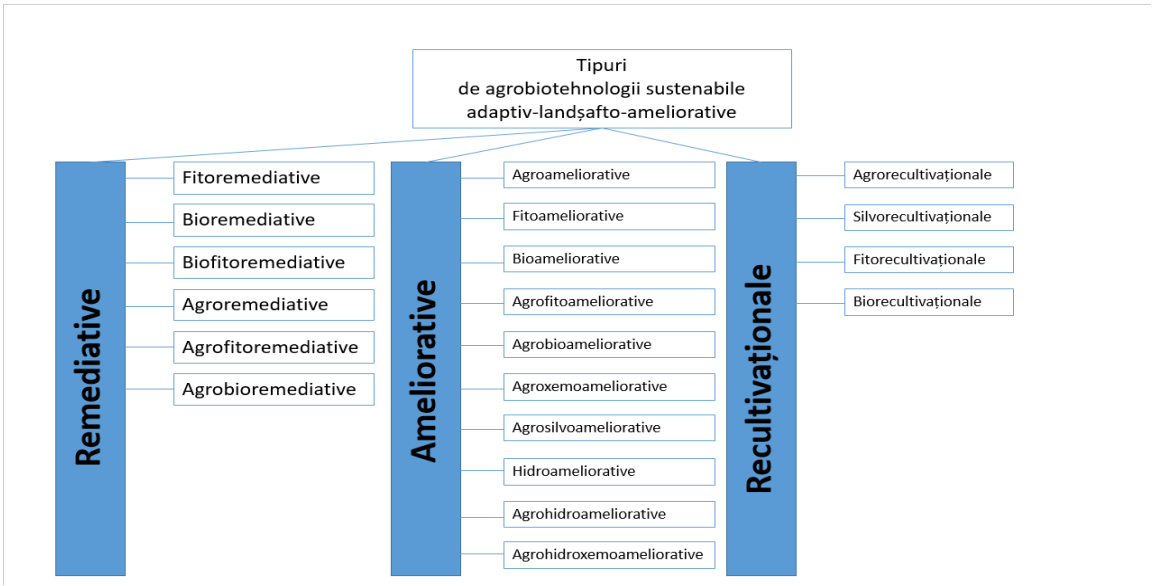


Fig. 7. Tipuri de agrobiotehnologii sustenabile adaptiv-landșafto-ameliorative.

BIBLIOGRAFIE

1. Jigău Gh. Fizica și geneza solurilor. – Chișinău: CEP USM. 2009. 164 p.
2. Cainarean Gh., Jigău Gh., Galupa Dm. Managementul durabil al terenurilor. – Chișinău: s.n., 2015 (ÎS. „Tipografia Centrală”). 192 p.
3. Jigău Gh., Fala A., Botnaru V. Ghid de autoevaluare a practicilor de management durabil al terenurilor. – Chișinău: s.n. 2018 (ÎS „Tipografia Centrală”) 112p.
4. Воронин А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. – Москва. МГУ. 1984. 204 с.
5. Лешану М., Жигэу Г. Биотехнологии по воспроизводству элементарных почвообразовательных процессов в условиях антропогенеза в Придунайском регионе.// Сб. мат. „Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология.” – Баку. 2012 с. 786 – 790.
6. Зубкова Т. А., Карпачевский А. О. Матричная Организация почв. – Москва: Русаки. 2001. 296 с.
7. Крупеников И. А. Черноземы: возникновение, совершенство, трагедия деградайии, пути охраны и возрождения. – Chișinău: Pontos, 2008. 285 с.
8. Крупеников И. А. Черноземы Молдавии. – Кишинэу : Картя Молдовеняскэ. 1967. 427 с.
9. Розанов Б. Г. Морфология почв. – Москва: МГУ. 1983. 320 с.