

Universitatea de Științe Agricole
și Medicină Veterinară
„Ion Ionescu de la Brad” Iași

RAPORT ȘTIINȚIFIC

Proiect PNCDI II
Programul PARTENERIATE nr. 1408

Contract nr. 51-017/14.09.2007

Denumirea Proiectului
MANAGEMENTUL RESURSELOR DE SOL SI APA IN
AGROECOSISTEMELE AFECTATE DE SECETA EXCESIVA IN VEDEREA
MENTINERII BIODIVERSITATII
- MOLDOTECH -

FAZA a I - a: 15 decembrie 2007

**EVALUAREA APORTULUI DIFERITELOR ELEMENTE TEHNOLOGICE SI METODE DE
CONSERVARE A SOLOULUI ASUPRA CALITATII RESURSELOR DE APA SI SOL**

Director de proiect,
Prof. univ. dr. Gerard JITĂREANU

CUPRINS

1. OBIECTIVE GENERALE

2. OBIECTIVELE FAZEI

3. REZUMATUL FAZEI

4. REZULTATELE ETAPEI SI GRADUL DE REALIZARE A OBIECTIVELOR

4.1. MANAGEMENTUL RESURSELOR DE SOL SI APA PE PLAN NATIONAL SI INTERNATIONAL

4.2. PARAMETRI SI INDICATORI DE CARACTERIZARE A CALITATII SOLURILOR AGRICOLE, MASURI SI POLITICI PENTRU PROTECTIE

4.2.1 Calitatea solului

4.2.2 Parametri și indicatori ai calității solului

4.2.3 Norme privind calitatea solului

4.2.4 Măsuri și politici pentru protecția și ameliorarea calității solurilor

4.2.5 Monitoringul calității solurilor pretabile pentru cultivare

4.3. STADIUL ACTUAL AL CERCETARII PRIVIND INFLUENȚA SISTEMELOR DE LUCRARE ASUPRA ÎNSUȘIRILOR FIZICE ȘI HIDROFIZICE ALE SOLULUI

4.3.1. Influența asupra structurii solului

4.3.2. Influența asupra densității aparente și porozității solului

4.3.3. Influența asupra rezistenței la penetrare

4.3.4. Influența asupra regimului de apă din sol

4.4. EVALUAREA CALITĂȚII RESURSELOR MICROBIOLOGICE ALE SOLULUI

4.4.1 Solul – mediu natural pentru dezvoltarea microorganismelor si cresterea plantelor

4.4.2. Activitatea biochimică a microbiotei din sol

4.4.3. Influența factorilor de mediu asupra microorganismelor

4.4.3.1. pH-ul

4.4.3.2. Temperatura

4.4.3.3. Umiditatea

4.4.3.4. Aerația

4.4.3.5. Compoziția mineralogică a solului

4.4.4. Interdependența dintre activitatea biologică a microorganismelor și principalele lucrări ale solului

4.5. EROZIUNEA TERENURILOR

4.5.1. Considerații privind starea de degradare a terenurilor

4.5.2. Pagubele provocate de eroziune

4.5.2.1. Modificarea proprietăților solului prin eroziune

4.5.2.2. Eroziunea solului și mărimea recoltei la culturile agricole

4.5.2.3. Eroziunea și exploatarea terenurilor

4.5.2.4. Impactul eroziunii asupra mediului

4.5.3. Sezonul critic de eroziune în suprafață în Podișul Moldovei

4.5.4. Considerații privind impactul sistemelor de agricultură asupra eroziunii solului

4.6. REZULTATE PARTIALE PRIVIND INFLUENȚA ELEMENTELOR TEHNOLOGICE ASUPRA ÎNSUȘIRILOR SOLULUI

4.6.1. Factorii experimentali

4.6.1.1. Campul experimental Ezareni

4.6.1.2. Campul experimental Podu-Iloaiei

4.6.2. Metoda de cercetare, parametri si determinarile efectuate

4.6.3. Rezultate parțiale

4.6.3.1. Rezultate obtinute la Ferma Ezareni

4.6.3.2. Rezultate obtinute la SCDA Podu-Iloaiei

5. CONCLUZII GENERALE

BIBLIOGRAFIE

1. OBIECTIVE GENERALE

Obiectivele specifice constau in identificarea perspectivelor de dezvoltare durabila si realizarea de produse, servicii si tehnologii care contribuie la reducerea deficitului tehnologic al agentilor economici, cresterea competitivitatii economice si protectia resurselor de sol si apa in Regiunea de Nord – Est.

Scopul principal al proiectului consta in stabilirea metodelor si a tehnologiilor pentru protectia si ameliorarea potentialul agroproductiv al resurselor de sol, apa si clima si realizarea de tehnologii performante pentru cultura plantelor cu eficienta ridicata in utilizarea apei si a elementelor nutritive.

Din aceasta perspectiva, in proiect s-a propus rezolvarea urmatoarelor aspecte:

- Stabilirea metodelor de organizare si amenajare a terenurilor agricole in functie de pretabilitatea lor la diferite folosinte si sisteme agricole pentru cresterea competitivitatii economice si protectia factorilor de mediu;
- Elaborarea unor asolamente de protectie, care sa reduca eroziunea solului si sa asigure cresterea cantitatii de proteina vegetala pentru hrana animalelor in diferite conditii de mediu;
- Realizarea de tehnologii pentru utilizarea eficienta a namolurilor compostate, a resturilor vegetale, a ingrasamintelor verzi si a altor produse organice biodegradabile pentru cresterea continutului de humus, reducerea eroziunii solului si a pierderilor de nitrati in mediul agricol;
- Stabilirea metodelor si a tehnologiilor de lucrare conservativa a solului pentru diferite conditii pedoclimatice, relief si asolamente pentru protectia solului;
- Elaborarea unor elemente tehnologice pentru imbunatatirea insusirilor calitative ale produselor agricole in conditiile cresterii eficientei de utilizare a elementelor minerale si, in special, a azotului;
- Testarea si zonarea soiurilor si hibrizilor de cereale, plante tehnice, leguminoase anuale si perene si plante furajere tolerante la factorii de risc din zona si, in special, la stresul termic si hidric si la patogenii specifici din zona;
- Stabilirea elementelor tehnice ale udarilor si regimul de irigare pe baza unui deficit hidric controlat al culturilor in corelare cu specia, genotipul, fazele de vegetatie, costurile tehnologice si in concordanta cu lucrarile de conservare a solului si cu metodele de amenajare;
- Stabilirea metodelor de combatere integrata a buruienilor si a unei tehnologii zonale pentru reducerea gradului de infestare cu buruieni si patogeni, prin identificarea factorilor pedoclimatici, tehnologici si a surselor de rezistenta la diferite genotipuri din zona;
- Modelarea resurselor din sistemul sol-planta-animal-atmosfera, pentru elaborarea sistemelor expert necesare stabilii tehnicilor culturale diferite la nivel de areale omogene in regiunea de Nord-Est;
- Stabilirea de metode pedoameliorative si masuri tehnice hidroameliorative pentru conservarea terenurilor afectate de eroziune si de alti factori de degradare;
- Realizarea de harti si planuri tehnologice digitale cu lucrarile antierozionale si metodele de restaurare si conservare a resurselor agroecologice pentru bazinele hidrografice reprezentative din Podisul Moldovei;
- Demonstrarea si promovarea in exploatarele agricole a tehnologiilor de cultura si a metodelor de conservare a solului si a apei.

2. OBIECTIVELE FAZEI

- Analiza, reactualizarea si sinteza cercetarilor in vederea fundamentarii tematici proiectului.

- Studii si analize in teren si laborator pentru stabilirea variantelor tehnologice din cadrul dispozitivelor experimentale si a gradului de fertilitate initial al solurilor, apreciat prin indicatori fizici, chimici si biologici.
- Infiintarea culturilor de toamna amplasate in diferite variante tehnologice privind asolamentele si sistemele de fertilizare efectuarea lucrarilor de intretinere si de combatere a bolilor si daunatorilor, observatii si masuratori privind cresterea si dezvoltarea culturilor, conditiile agroecologice, elementele de productie etc
- Evaluarea calitatii resurselor microbiologice ale solului pentru diferite folosinte si a starii de degradare a terenurilor.
- Efectuarea de analize fizice și chimice din variantele experimentale cu diferite asolamente și sisteme de fertilizare și de lucrare a solului pentru stabilirea gradului de fertilitate initial al solurilor.
- Infiintarea culturilor de toamna amplasate in diferite variante tehnologice privind asolamentele si sistemele de fertilizare efectuarea lucrarilor de intretinere si de combatere a bolilor si daunatorilor, observatii si masuratori privind cresterea si dezvoltarea culturilor, conditiile agroecologice, elementele de productie etc.
- Studii de impact antropic asupra stării de fertilitate a solurilor, din zonele test, apreciată prin indicatori biologici.

3. REZUMATUL FAZEI

Intensitatea degradarii din ultimii ani a calitatii unor terenuri, determinata de producerea unor fenomene naturale, favorizata de cele mai multe ori de interventia antropica nepotrivita, trebuie sa constituie un semnal de alarma pentru a fi elaborate si aplicate masuri si lucrari eficiente, care sa franeze ritmul cu care importante suprafete agricole sunt scoase din circuit.

Studiile efectuate privind calitatea solurilor din Romania la nivelul anului 1994 arata ca din cele 10 mil ha terenuri arabile, numai 3,7 mil ha (37 %) intrunesc conditiile necesare unei agriculturi durabile si competitive. Restul suprafetelor sunt afectate de diferite forme de degradare dintre care, pe 3,6 mil ha eroziunea este puternica, 4,1 mil ha au o rezerva mica de materie organica, 1,6 mil ha sunt moderat si puternic acide, 2,9 mil ha sunt soluri cu o asigurare slaba si foarte slaba in elemente nutritive iar 3 mil ha sunt afectate de compactare si au structura in stratul arabil distrusa.

Data fiind aceasta stare de fapt, s-a avut in vedere elaborarea si adoptarea modalitatilor de ameliorare, conservare si valorificare superioara a solurilor din zonele colinare. Proiectul are ca finalitate cresterea standardului de viata in comunitatile umane, ca urmare a majorarii productiilor agricole si prin asigurarea protectiei mediului.

Rezultatele propuse a fi realizate in acest proiect privind, stabilirea de tehnologii de cultura ameliorative, pentru cresterea cantitatii si calitatii recoltei, reducerea levigarii nitrailor, a poluarii cu metale grele, a eroziunii si a gradul de infestare cu buruieni, patogeni si daunatori ai solului, imbunatatirea starii de alimentare cu macro si microelemente a plantelor, ofera date si mijloace relevante pentru gestionarea terenului in conditiile conservarii fertilitatii solului, cresterii si diversificarii productiei si a protectiei factorilor de mediu.

Regiunea Nord Est detine 15,45% (2 131 421 ha) din suprafata agricola a tarii (14 836 585 ha) si cuprinde suprafete foarte mari cu soluri afectate de eroziune (peste 60 %), acidifiere, compactare, alunecari si de alte forme de degradare (Planul de Dezvoltare Regionala Nord Est 2007-2013; Anuarul Statistic al Romaniei 2003). Pentru fundamentarea metodelor de protectie si reconstrucie a resurselor de sol si apa se studiaza si analizeaza efectele proceselor de degradare si poluare asupra solului, apei, biomasei si conditiilor de viata in ansamblu. Pentru stabilirea tehnologiilor ameliorative si

eficiente privind cultura plantelor si a metodelor pentru conservarea fertilitati solului sunt analizate proprietatile fizice, chimice si biologice ale solului de la diferite variante cu elemente si metode tehnologice conservative. In cadrul experientelor cu elemente tehnologice conservative se vor analiza si studia atat insusirile solului care manifesta o sensibilitate mai redusa la degradarea si poluarea mediilor edafice (compozitia mineralogica, textura, capacitatea de schimb cationic), cat mai ales proprietatile care influenteaza mai mult functiile solului (asigurarea cresterii plantelor, filtrarea poluantilor, distrugerea poluantilor organici, aprovizionarea si ciclarea nutrientilor), cum sunt pH-ul, continutul de humus, elemente minerale si metale grele, structura si porozitatea solului, conductivitatea hidraulica si electrica etc.

Elementele tehnologice si metodele de conservare a solului si a apei din cadrul sistemelor de cultura, care vor fi recomandate pentru zona de impact al proiectului, vor fi stabilite pe baza relatiilor existente intre parametri mineralogici, fizici, chimici si biologici ai solului si in corelare cu potentialul bioproductiv al plantelor si cu cerintele indicatorilor de mediu din teritoriu. Prin aprofundarea si complexarea cercetarilor din dispozitivele experimentale de la partenerii consortiului, amplasate in zone reprezentative ale Regiunii de Nord Est, pe terenurile plane si in panta, in conditii de irigare si neirigare, se vor obtine informatii stiintifice care vor contribui la imbunatatirea tehnologiei sistemelor expert (Expert systems technology) pentru a rezolva, intr-un interval rezonabil de timp, problemele complexe din cadrul sistemului integrat de cunostinte din activitatea agricola.

O atentie prioritara se acorda elementelor tehnologice si metodelor care determina refacerea insusirilor fizice, chimice si biologice intr-un timp mai scurt si cu cheltuieli mai mici (asolamente de protectie cu leguminoase anuale si perene, sisteme de fertilizare organo-minerala impreuna cu diferite substante organice biodegradabile nepoluante, sisteme conservative de lucrare minima a solului etc). Informatiile privind caracteristicile agroecologice si elementele tehnologice de utilizare a terenului, stabilite pentru agroecosisteme omogene, cu o strategie proprie a sistemului de productie, inglobate in sisteme expert si asociate cu noile tehnici (sistemul GPS), permit dirijarea exacta a tehnicilor culturale (lucrarile solului, fertilizare, protectia plantelor, indicatorii mediului, masurile de ameliorare a solului), sunt considerate de multi experti elemente ale "agriculturii de precizie" (Vicent M., 2003, J. M. Meynard, 2003, Havet A, 2004, Catherine Laurent, 2005). Sistemul de lucrare conservativa a solului cuprinde diferite metode specifice conditiilor pedoclimatice, de la lucrarile cu cizelul sau plugul paraplow pana la semanatul direct, care este considerat cel mai conservativ sistem de lucrare a solului, intrucat se apropie in mare masura de starea naturala a solului, aflat sub vegetatie ierboasa perena.

Dispozitivele experimentale, cu diferite asolamente cu plante amelioratoare, sisteme de fertilizare si de lucrare a solului si cu diferite metode de conservare a solului amplasate in noua zone cu conditii agroecologice diferite, sunt prezentate in detaliu de catre fiecare partener, functie de activitatea repartizată, conform planului de realizare a proiectului.

Dispozitivele experimentale, cu diferite asolamente cu plante amelioratoare, sisteme de fertilizare si de lucrare a solului si cu diferite metode de conservare a solului amplasate in noua zone cu conditii agroecologice diferite, sunt prezentate in detaliu de catre fiecare partener, functie de activitatea repartizată, conform planului de realizare a proiectului. Rezultatele sunt prezentate sistematizat, pe categorii de activitati, functie de obiectivele fazei de raportare

4. REZULTATELE ETAPEI SI GRADUL DE REALIZARE A OBIECTIVELOR

4.1. MANAGEMENTUL RESURSELOR DE SOL SI APA PE PLAN NATIONAL SI INTERNATIONAL

Cercetarile efectuate privind managementul durabil al resurselor de apa si sol ofera cunostinte si tehnici pentru reducerea eroziunii solului, a degradarii insusirilor fizice, chimice si biologice ale acestuia, a poluarii cu nitrati etc. Demersul traditional al

cercetarilor din domeniul asolamentelor, lucrarilor solului, nutritiei si protectiei plantelor a fost acela de a realiza optimizarea a fiecaruia din factorii ce influenteaza productia si fertilitatea solului. Aceste rezultate, au constituit de-a lungul timpului, baza rationamentului pentru dirijarea activitatilor din agricultura si au imbogatit cu elemente noi notiunea de sistem de cultura.

Degradarea capacității productive a solurilor în urma supraexploatărilor agricole din ultimii 50 ani de ani s-a manifestat prin intensificarea proceselor de eroziune, prin alunecări de teren, deficit de humus, insuficiența de fosfor mobil, salinizare și solonețizare, porțiuni cu exces periodic de umiditate, colmatare a depresiunilor, decopertări de straturi fertile s.a. Rezerva mică și foarte mică de humus în soluri este problema esențială în dezvoltarea unei agriculturii durabile. Solurile cu deficit de humus reprezintă 40,5% din terenurile arabile. Există riscul ca, și în următorii ani conținutul de humus în terenurile arabile să scadă ceea ce va afecta substanțial calitățile fizice, chimice și microbiodiversitatea solurilor. Epuizarea rezervelor de fosfor mobil în sol poate fi acoperită, în principal, din îngrășămintele fosfatice. Solurile cu deficit de fosfor ocupă aproximativ 28,8% din terenurile arabile. Lipsa îngrășămintelor face ca ponderea acestor categorii de terenuri și pierderile de recoltă să crească.

În ultimul deceniu, efectele schimbărilor climatice, manifestate prin perioade de seceta și inundații, care au devenit mai frecvente, s-au manifestat asupra agriculturii, determinând scăderea produțiilor agricole, în special la grau și porumb. Din datele prezentate în Planul Național Strategic al României pentru perioada 2007 – 2013, elaborat în iunie 2006, rezulta că datorită ponderii ridicate a cerealelor (peste 60%) și a plantelor tehnice (16,3%), precum și a condițiilor climatice nefavorabile, produțiile medii realizate la cereale au fost foarte reduse față de potențialul mediu pe țară (INS 1998/2003 nivel țară) (NIS 1998/2003 country level). În perioada 1999-2001, producția medie de grau și secară a fost de 2048 kg/ha, comparativ cu potențialul mediu pe țară de 5500-7000 kg/ha, iar la cultura de porumb, producția medie înregistrată a fost de 3.042 kg/ha porumb boabe, comparativ cu potențialul mediu pe țară de 8000 kg/ha (INS 1998/2003 nivel țară) (NIS 1998/2003). Din suprafața arabă amenajată pentru irigații din România, de 2,871 mil. ha, din care până în anul 2003 s-au reabilitat 1,5 mil. ha (hectares rehabilitated), în perioada anilor 1998-2003 s-au irigații efectiv (cel puțin cu o udare) între 15,6 și 37,9% din suprafața reabilitată (OCDE - 1998/2003 NUTS III), datorită lipsei echipamentelor de irigații și a nerealizării unor structuri adecvate de culturi posibil de irigații în condiții optime. Datorită faptului că România se situează în categoria țărilor sărace în resurse de apă, având o medie de numai 2660 m³ de apă/loc/an (exceptând apa din Dunăre), față de media de 4000 m³ de apă/an /loc în Europa, și a distribuției spatio-temporale neuniforme, este necesară o gospodărire și utilizare bine controlată a acestei resurse, și totodată folosirea tuturor metodelor (agrotehnice, structuri de culturi cu genotipuri tolerante la seceta) pentru menținerea stabilității recoltelor și a biodiversității agroecosistemelor. Caracteristice pentru Câmpia Moldovei sunt precipitațiile sub formă de averse, ce se întâlnesc din lunile aprilie - mai și repartitia neuniformă a acestora în timpul anului. Din studiul datelor multianuale s-a constatat, că odată la doi, ani secetele pot să dureze 28 de zile, odată la zece ani pot să dureze 42 de zile și, în cinci cazuri dintr-o sută, seceta poate să dureze 48 de zile. Deficitul de apă se resimte acut pe terenurile în pantă, unde ploile torențiale favorizează eroziunea și diminuează cantitatea de apă infiltrată, funcție de pantă și permeabilitatea terenului cu 20-75 mm. Evapotranspirația reală este de peste 500 mm, înregistrându-se un deficit de 242 mm din iunie până în octombrie. Acest risc la desertificare și seceta sunt amplificate și datorită repartitiei neuniforme a resurselor de apă și a gradului insuficient de regularizare a debitelor pe cursurile de apă. Modelarea proceselor de formare a recoltelor în cadrul sistemelor de agricultură durabilă prin controlul tuturor intrărilor și ieșirilor din sistemul sol-planta-animal-atmosferă, la un anumit interval de timp, funcție de componentele sistemului (ciclurile de rotație, input-urile tehnologice, resursele tehnice etc.), constituie una dintre problemele prioritare pentru managementul resurselor de sol și apă și pentru dirijarea tehnologiilor agricole care trebuie subordonate cerințelor crescânde de hrană și, în același

timp, orientate spre gestionarea corespunzătoare a resurselor și protecției mediului. Din datele privind calitatea factorilor de mediu în anul 2003, obținute din rețeaua de monitorizare a Ministerului Mediului și Gospodăririi Apelor, rezulta că principalele probleme care necesită intervenții prin măsuri agro-ambientale (agro-mediu) în România sunt gradul de degradare a terenurilor agricole prin eroziune (6,3 mil. ha), alunecări (702 mii ha), deteriorarea structurii și compactarea solului (44% din suprafața agricolă); compactarea primară pe circa 2 mil. ha terenuri arabile (13,59 %) și poluarea chimică a solului (0,9 mil. ha).

În România, zonele cele mai afectate de eroziunea prin apă se găsesc în podișurile Moldovenesc, Getic, Transilvănean și Someșan. Suprafața agricolă din România supusă proceselor de eroziune este de aproximativ 6.4 milioane hectare din care 3,6 milioane hectare arabil. Cele mai mari suprafețe de teren arabil afectate de eroziune, se găsesc în județele Botoșani (214.000 ha), Vaslui (205.000 ha), Cluj (159.000 ha), Iași (136.000 ha) și Sălaj (105.000 ha). Limita pierderilor admisibile, stabilită de M. Motoc (1975), în funcție de tipul de sol, panta și fertilitatea terenului (3-6 t/ha/an), este la culturile prășitoare mult mai mare în toate aceste zone (7.2 – 11.8 t/ha/an). Cantitățile tolerabile de sol erodat oscilează în funcție de tipul de sol și capacitatea de humificare, fiind de 1,5 t/ha/an la solonețuri, 2,5 t/ha/an la Luvisoluri și de 3- 6 t/ha/an la cernoziomuri (Mike Kirkby, 2001).

Prin Sistemul Național de Monitorizare a calității solurilor din România, instituit din anul 1992, care cuprinde 670 de amplasamente în ecosistemele agricole, se urmărește inventarierea calității solurilor, identificarea surselor care produc degradarea, poluarea și identificarea unor posibile soluții de refacere a solului și a revenirii la indicatorii primari de calitate. Fertilitatea este cea mai importantă proprietate a solului și este definită de totalitatea însușirilor fizice, chimice și biologice, care asigură plantelor cantitățile de substanțe nutritive pe toată perioada de vegetație. Din datele obținute în 1998, privind gradul de fertilitate, rezultă că terenurile agricole foarte fertile reprezintă doar 2,8 % din suprafață, cele fertile 24,7 % iar cele mediu și slab fertile (clasele IV și V) reprezintă 57,5 % din suprafață. Din repartitia terenurilor agricole pe clase de pretabilitate de la începutul anului 2000, se constată că peste 50 % din suprafața agricolă și 35 % din suprafața arabilă se încadrează în clasele IV și V, cu pretabilitate slabă și foarte slabă și numai 27,4 % din suprafața agricolă se încadrează în clasele I și II, cu pretabilitate bună și foarte bună. Fertilitatea naturală se formează în procesul de geneză a solului, sub acțiunea biocumulativă a vegetației și a proceselor biochimice. Fertilitatea artificială sau culturală se realizează prin intervenția omului în evoluția naturală a solului prin măsuri agrotehnice și pedoameliorative. Încadrarea terenurilor agricole în cele cinci clase de calitate s-a făcut după însușirile de bază ale solului: grosimea profilului de sol, grosimea orizontului de humus, textura, valoarea reacției pH, gradele de podzolire, sărăturare, eroziune, alunecare și inundare, formele de relief, natura și însușirile rocilor-mamă, adâncimea și calitatea apelor freatice, și în funcție de lucrările de îmbunătățiri funciare. Pe lângă fertilitatea solului, la bonitarea terenurilor agricole s-a avut în vedere și factorii de climă, relief și hidrologie.

Deprecierea calitatii factorilor de mediu a determinat aprofundarea cercetarilor pentru studiul sistemelor de cultura, in interiorul carora actioneaza intregul complex de factori, care influenteaza cantitatea si calitatea recoltei si parametrii fertilitatii solului. Monitorizarea sistemelor de productie agricola din Romania constituie o prioritate, atat pentru evaluarea resurselor, cunoasterea starii ecosistemelor, asigurarea calitatii solului si a apei, dar si pentru indeplinirea cerintelor privind indicatorii de mediu. Romania a adoptat metodologiile cadrului comunitar de actiune si indicatorii statistici prevazuti in programul TAPAS (Technical Action Plan for Agricultural Statistics), prin care se stabilesc strategiile viitoare ale agriculturii si protectiei mediului din UE (CAP- Common Agricultural Policy). Astfel, la nivel decizional, s-au elaborat strategiile de aplicare a Directivelor Parlamentului European privind: poluarea cu nitrati reglementata prin Directiva 91/676/CEE, COM(2001)144, strategia impotriva poluarii apei (80/778/EEC, 2000/60/EC,

COM(2003)550), strategia pentru utilizarea pesticidelor (91/414/EEC, COM(2002)349, strategia Comisiei Europene pentru protectia solului ("Towards a Thematic Strategy for Soil Protection" (CEC, 2002), poluarea aerului si controlul emisiilor de gaze (SO₂, NO_x, VOC si NH₃), controlata prin IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) si Directiva 96/62/EC (2001/81/EC). Tematica de cercetare propusa in cadrul proiectului are in vedere aceste reglementari si cuprinde activitati conforme cu programele de dezvoltare rurala din UE, care au in vedere agricultura, inclusiv cea organica, activitatea fermelor si protectia mediului prevazute in Directiva 1782/2003/EC, care cuprinde strategiile pentru perioada 2005-2012 (Towards a Thematic Strategy for Soil Protection, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM (2002) 179 final, COM (97) 2000. Agenda 2000: for a stronger and wider Union, CEC).

Pe plan mondial, tendințele privind ritmurile deprecierii și pierderilor irecuperabile de suprafețe agricole impun stabilirea unor strategii globale și naționale pentru păstrarea terenurilor agricole. Scoaterea din circuitul agricol devine din ce în ce mai intensă din cauza extinderii așezărilor urbane și a nevoii crescânde de terenuri în sectoarele economice și asta necesită din ce în ce mai mult o utilizare durabilă a spațiului terestru. Baza de date „Corine Land Cover” arată schimbări semnificative în utilizarea terenului, în Europa, care are un impact asupra solului. Intre 1990 și 2000, cel puțin 2.8% din terenul Europei a fost schimbată folosința terenului, cu o creștere semnificativă în zonele urbane. Schimbarile climatice, distrugerea stratului de ozon, reducerea biodiversitatii si poluarea factorilor de mediu sunt problemele majore care preocupa lumea, la inceputul mileniului trei, care impun stabilirea si implementarea sistemelor tehnologice conservative. Extinderea urbanizarii si aridizarii impune stabilirea unui complex de masuri si activitati pornind de la ameliorarea genotipurilor, dirijarea inputurilor tehnologice si introducerea metodelor moderne de irigare, pentru care elemente tehnice la aplicarea udarilor vor fi fundamentate riguros, cu date privind comportarea solului si plantei. Principiile directoare ale Politicii Agricole Comune, stabilite de Consiliul Europei la Goteborg si strategia de la Lisabona, au ca obiective dezvoltarea unei agriculturi sustenabile, prin realizarea unor produse de calitate, in conditiile protectiei mediului si a diversitatii.

Metodologiile si indicatorii agriculturii sustenabile, care au fost stabiliti de Eurostat, OECD, FAO si World Bank, la 29 iunie 2005, odata cu pregatirea "Programului Recensamantului Agriculturii Mondiale din 2010" si a "Celei de-a 4-a Conferinta Mondiala de Agricultura, din octombrie 2007 de la Beijing, au fost adoptati de peste 35 de tari, dintre care si Romania. Realizarea indicatorilor agriculturii sustenabile stabiliti pentru controlul impactului activitatilor agricole asupra mediului rural si monitorizati prin sistemul GIS si proiectul „Farm Structure Surveys and the Agricultural Census” impun aprofundarea si complexarea studiilor privind cantitatea si calitatea resurselor naturale de apa si sol si de restaurare a biodiversitatii ecosistemelor. Pentru optimizarea consumurilor tehnologice si pentru protejarea resurselor de sol si apa sunt necesare cunoasterea si controlul cantitatilor si a calitatii input-urilor si a exporturilor din sistemul sol-planta-animal-atmosfera. Degradarea unor componente ale mediului se datoreaza, in principal, proceselor de eroziune, reducerea continutului de humus si a biodiversitatii, compactare, deteriorarea structurii solului, precum si datorita conditiilor climatice extreme sub influenta schimbarilor globale. Deoarece sistemele de productie agricola conventionale au determinat, in multe tari, degradarea solului, tehnologiile privind organizarea teritoriului si a asolamentelor, sistemele de lucrare si de fertilizare, lucrarile pedoameliorative si sistemele de protectie a culturilor agricole trebuie sa fie adaptate cerintelor privind protectia solului si a apei, iar in zonele cu soluri mai vulnerabile la degradare sunt necesare lucrarile de conservare a solului (J. H. van den Akker, A. Canarache 2001; Ch. Hera 2001, Budoiu Gh. Baher, J. L., H. P. Johnson, 2002; Zapata, 2002; A. Krauss, 2003, Boguslavsky, Sandoiu I.D. 2002, Lazureanu A. 2003, P. Gus, 2004, M. Dumitru 2004, Gh. Sin 2005, Jackson L.E. 2005, Carter M R. 2005, Gobin A., Kirby MJ. 2006, Campbell, C. A., 2005, Lal R. 2006 etc).

4.2. PARAMETRI SI INDICATORI DE CARACTERIZARE A CALITATII SOLURILOR AGRICOLE, MASURI SI POLITICI PENTRU PROTECTIE

Cartea Europeană a Solurilor publicată la Strasburg în anul 1972 menționează faptul că „*Solul este sistemul crucial de susținere a vieții pe pământ, el reprezentând una din avuțiile cele mai de preț ale omenirii.*” Practicarea agriculturii moderne și intensive, denumită și *agricultură convențională*, a asigurat progres social și economic, însă în același timp a adus numeroase și grave daune calității solului și mediului (Răuță și colab., 1983). Pavan (1955) consideră că practicarea acestui tip de agricultură a condus la deteriorarea și chiar la deșertificarea a peste 90% din suprafața Terrei, precum și la afectarea fertilității solurilor pe circa 90% din solurile de pe glob.

Oamenii de știință au experimentat și propus ulterior un alt sistem de agricultură denumit *agricultură alternativă* (Parr et al, 1990). Acest sistem asigură o îmbunătățire a eficienței productive, prin utilizarea unor metode și tehnologii care au în atenție protecția, ameliorarea și valorificarea superioară a resurselor de sol și apă, utilizarea fertilizanților organici și reciclarea reziduurilor și deșeurilor. Prin acest sistem se crează premisele trecerii de la *sistemul de agricultură convențională* la *sistemul de agricultură durabilă* (Cârstea, 2003).

Parr et al., (1990) consideră că doar acest sistem de agricultură poate îndeplini cele 4 cerințe fundamentale ale societății contemporane:

- a) securitatea alimentară,
- b) protecția, ameliorarea și utilizarea durabilă a resurselor naturale,
- c) locuri de muncă eficiente pentru agricultori
- d) participarea largă cu putere decizională a populației.

În legea americană Food, Agriculture, Conservation and Trade Act of 1990, conceptul de *agricultură durabilă* este definit ca un sistem integrat de practici de producție vegetală și animală, cu aplicare la specificul ecologic zonal și local. Acesta poate asigura pe termen lung: satisfacerea cerințelor de alimente și alte produse agricole, îmbunătățirea calității mediului și a bazei materiale de resurse, utilizarea cu eficiență economică, maximă și nepoluantă a resurselor reînnoibile, integrarea ciclurilor biologice și a combaterii biologice în procesul de producție agricol, precum și îmbunătățirea calității vieții în agricultură și în întreaga societate. În elaborarea politicilor sectoriale privind securitatea alimentară este necesar să se țină cont de legăturile dintre securitatea alimentară, pe de o parte și pe de altă parte de nutriția plantelor și calitatea solului. În acest sens Cârstea (2003) consideră că înainte de a se pune în practică, măsurile durabile de ameliorare a nutriției plantelor, trebuie asigurate condițiile prealabile pentru implementarea acestui sistem, ținând cont de contextul ecologic zonal și local și de cercetările din domeniul științei solului.

4.2.1 Calitatea solului

În ultimii ani, tot mai multe țări au luat în atenție, în cadrul strategiilor de dezvoltare națională și de protecție a mediului, rezolvarea problemelor complexe, legate de afectarea calității mediului pe cale antropică, prin practicarea tehnologiilor intensive.

Conceptul de *calitatea solului* a apărut din necesitatea urmăririi evoluției însușirilor solului sub influența impactului antropic al tehnologiilor agricole (Ștefanic și colab., 2006, Gheorghiță, 2006). Filip (2001) consideră noțiunea de calitate a solului drept o însușire integratoare a componentelor funcționale și structurale ale ecosistemelor terestre în raport cu condițiile de specific ecologic zonal și local și diferitele utilizări ale solului. După Elliot (1996), citat de Vorisek (2001), calitatea solului reprezintă capacitatea sa de a produce recolte sănătoase și hrănitoare, de a rezista eroziunii și de a reduce impactul presiunii mediului asupra plantelor. După Wander și colab. (2002), termenul de calitate a solului include atât productivitatea solului cât și influența mediului. Diferitele definiții, date de diverși cercetători evidențiază capacitatea solului de a îndeplini diferite servicii prezente în sol s-au adăugat solului, cum ar fi: transportul și regularizarea apei și materiei, precum și realizarea de producții agricole. Mamy (1993) consideră noțiunea de

calitate a solului drept un termen subiectiv, care este definit în funcție de interesele oamenilor. Chaussod (1996) vorbește despre calitatea biologică a solului, care vrea să înlocuiască astfel noțiunea de fertilitate a solului cu această noțiune, care aparține noțiunii mai largi de calitate a solului. După Chaussod noțiunea de calitate biologică a solurilor agricole are 4 părți componente și anume:

- a) fertilitatea și potențialul agronomic legat direct de activitatea biologică a
- b) starea fitosanitară a solului și vegetației
- c) impactul mediului (externalitățile) asupra funcționării solului
- d) rezistența, sau sensibilitatea solului la impactul antropic și al mediului și aptitudinea de revenire la starea inițială.

În SUA a fost înființat în 1993 Institutul Calității Solului (SQI), în cadrul Serviciului de Conservare a Resurselor Naturale (NRCS), în scopul monitorizării și diseminării informațiilor despre calitatea solului, în vederea conservării resurselor naturale și a mediului. Așa cum afirmă Papacostea (1976) solul reprezintă un *“organism viu”*, un sistem deschis, extrem de complex, organizat, un produs natural, rezultat din interacțiunea biocenozei și a mediului cu biotopul, reflectând condițiile climatice și geografice concrete în care a luat naștere. După Cârstea (2003), solul reprezintă, în condițiile actuale, o importantă resursă strategică pentru supraviețuirea omenirii. De aceea grija pentru protecția, ameliorarea calității solurilor și reabilitarea terenurilor degradate, în politicile de mediu, trebuie să reprezinte o importanță primordială, pe plan regional, național și mondial. După Mausbach și Seybold (1998), calitatea solului este atributul esențial al său, din multe puncte de vedere, atât teoretice, cât și practice. Prin schimburile reversibile de materie, energie și informație cu mediul, solul are capacitatea de a regla funcționarea mediului înconjurător (Lal, 1993a; Lal și Miller, 1994). Hornick și Parr (1987) consideră calitatea solului drept o însușire care depinde de echilibrul dintre procesele de degradare și cele de restaurare din sol. Procesele de restaurare (reziliența solului), spre deosebire de cele de degradare, evidențiază capacitatea solului de a reveni la starea anterioară perturbării prin degradare sau schimbarea modului de folosință. Rata și gradul de revenire depind, atât de gravitatea și amploarea perturbării, cât și de însușirile solului și managementul său.

Noțiunea de calitate a solului reprezintă un concept integrativ, strâns legat de cerințele umane. Deci, după Parr și colab. (1992), conceptul de calitate a solului are în vedere, în primul rând, satisfacerea unor cerințe umane fundamentale, cum ar fi calitatea și siguranța alimentelor, sănătatea umană și animală, productivitatea solului și calitatea mediului. La acestea, Feodorov (1987) mai adaugă sensibilitatea solului la deteriorare sub influență antropică. Batjes și Bridges (1991) mai adaugă și vulnerabilitatea solului sau capacitatea (predispoziția acestuia) de a i se deteriora una sau mai multe funcții ecologice.

Calitatea solului trebuie privită ca o imagine compusă a modului în care solul își îndeplinește funcțiile pentru anumite utilizări. Larson și Pierce (1991; 1994), Pierce și Larson (1993) consideră calitatea solului drept o imagine holistică a acestuia în cadrul mediului în care este integrat, precum și a modului în care funcționează în ecosistem. Această definiție cuprinde două modalități de interpretare: prima se referă la proprietățile intrinseci ale solului, rezultate în urma pedogenezei sub acțiunea factorilor naturali; a doua modalitate se referă la natura dinamică a solului și la autoreglarea sa, în funcție de utilizarea și managementul uman. Doran și Parkin (1994) definește calitatea solului drept *“capacitatea acestuia de a funcționa în limitele unui ecosistem natural sau antropizat, pentru a susține productivitatea vegetală sau animală, pentru a menține sau crește calitatea apei și a aerului și pentru a susține condițiile de sănătate și habitat ale omului”*. Karlen și colab. (1996) apreciază sintetic calitatea solului drept capacitatea sa de a funcționa.

Cârstea (2003) formulează o definiție mai cuprinzătoare pentru calitatea solului conform căreia, aceasta reprezintă *“combinația proprietăților solului care îi permit să-și conserve, pe termen lung, toate funcțiile lui naturale”* considerând această însușire rezultatul unei multifuncționalități structurale ale solului. De asemenea autorul consideră

că, definirea calității solului trebuie legată de utilizarea lui actuală, efectivă și de oricare utilizare potențială viitoare. Din definițiile și punctele de vedere multiple referitoare la calitatea solului putem afirma că, noțiunea de calitate a solului este mai ușor de înțeles decât de definit. Nu este deloc de neglijat faptul că, deși termenul de calitate a solului este relativ nou, pentru evaluarea calității solului din punct de vedere cantitativ se impune caracterizarea proprietăților fizice, chimice și biologice ale solului, coroborate cu elementele de specific ecologic zonal și local. Deteriorarea calității solului are repercusiuni negative, fie asupra uneia, fie asupra tuturor funcțiilor solului. De aceea, se impune cuantificarea impactului degradării calității solului, atât pentru utilizarea actuală a acestuia, cât și pentru o utilizare durabilă. Impactul degradării solului este determinat de combinația vulnerabilității solului, de “presiunea” exercitată de o anumită utilizare a terenului sau o anumită lucrare tehnologică aplicată (fertilizare, combatere, lucrări mecanice). Cârstea (2003) susține ideea unanim acceptată conform căreia, solul poate și trebuie să aibă calitatea necesară pentru a îndeplini numeroase funcții. Concepțiile și criteriile actuale sunt încă incomplet elucidate întrucât percepția rolului solului variază diferit, în raport cu autorii și țările respective. Gravitatea daunelor provocate calității solului prin diferite procese de degradare depinde de: tipul de degradare, sensibilitatea solului la degradare (rapiditatea cu care solul se degradează) și vulnerabilitatea solului la acțiunea unui proces specific. Batjes și Bridges (1991) consideră tipul de utilizare al terenului un criteriu important pentru evaluarea sensibilității și vulnerabilității la degradare a calității solului.

S-au elaborat mai multe criterii și valori limită menite să aprecieze degradarea solului, precum și eventualitatea unor măsuri de reabilitare a calității solului. Astfel, se consideră că un sol are o calitate superioară dacă își poate exercita toate funcțiile într-un mod optim, echilibrat. Deci, pentru evaluarea calității solului este necesară analiza modului de îndeplinire a funcțiilor solului. Totodată se impune și evaluarea capacității de autoreglare a solului în cadrul ecosistemului, pentru realizarea unei bioproductivități optime din punct de vedere economic și ecologic. O altă problemă importantă referitoare la calitatea solului o reprezintă gravitatea proceselor de degradare și tendința degradării în funcție de care un sol degradat se poate regenera sau nu (reziliența sau reversibilitatea degradării calității) și în cât timp. Un obiectiv important al evaluării calității solului este prognozarea rezistenței solului la diferite impacturi asupra funcțiilor specifice ale solului, respectiv, realizarea unui set minim de date asupra proprietăților fizice, chimice și biologice care pot permite evaluarea funcțiilor solului. Evaluarea calității solului depinde nu doar de cantitatea rezervei solului în diferite elemente, ci și de modul în care are loc transferul și circulația acestor rezerve materiale și energetice în cadrul structural al solului cât și în relațiile cu biocenoza și mediul. Aceste procese de transfer și de schimb se realizează prin intermediul microorganismelor și nevertebratelor edifice. De aceea, trebuie să se identifice, să se evalueze și să se ierarhizeze și indicatorii biochimici și microbiologici ai solului.

4.2.2 Parametri și indicatori ai calității solului

Utilizarea durabilă a solului presupune măsuri pentru menținerea productivității potențiale a resurselor și urmărirea evoluției acestora, pe baza unor parametri și indicatori care să monitorizeze schimbările produse asupra calității solului.

Pieri și colab. (1995) consideră că acești indicatori de calitate sunt de trei feluri:

- indicatori de presiune asupra resurselor de sol;
- indicatori de schimbări în starea calității solului;
- indicatori de răspuns ai societății la aceste schimbări.

Unii parametri și indicatori de calitate a solului, din punct de vedere economic, sunt deja folosiți. Aceștia sunt:

- satisfacerea cerințelor edafice ale culturilor și a altor activități umane;
- comportarea solului ca mediu pentru producția de biomasă;
- pretabilitatea terenului pentru diferite utilități;
- rolul solului referitor la reciclarea gunoaielor urbane și menajere, a deșeurilor și reziduurilor;

În SUA și Canada se manifestă un interes deosebit pentru prognozarea unor strategii naționale de evaluare a calității solului, sub influența impactului tehnologic, precum și pentru atenționarea fermierilor. În acest sens (Ditzler și Tugel, 2002) au fost propuși seturi de indicatori de calitate a solului fiind realizate diferite modele de carduri de sănătate a solului (soil health card) și de kituri test de calitate a solului (soil quality test kit). Măsurile de protecție și ameliorare a calității solului trebuie să țină cont de următorii parametri:

a.) parametrii solului: însușiri fizice, chimice și biologice ale solului, precum și date privind topografia, materialul parental, apele subterane; acești parametri vor fi incluși într-o bază de date, într-un sistem unitar și uniform pentru a putea face comparații între diferite valori naturale și ale solului de referință degradat;

b.) parametrii externi ai degradării: caracteristicile tipului de degradare; de exemplu, în cazul poluării chimice, datele privind mobilitatea, toxicitatea, originea, biodegradabilitatea substanțelor chimice în sol; în funcție de informațiile existente se stabilesc relațiile *cauză-efect* pentru un anumit tip de degradare și tip de sol.

Între proprietățile solului și funcțiile lui se stabilesc relații strânse, astfel că, pentru a determina calitatea unui sol la o anumită utilizare a terenului trebuie să fie cunoscute toate exigențele pentru utilizarea respectivă.

c.) parametrii referitori la funcția solului, calitatea solului variază după anumite funcții.

Se impune o abordare multifuncțională asupra calității solului pentru că, unele proprietăți optime ale unui sol, pentru un anumit tip de utilizare, pot fi dăunătoare pentru o altă funcție a solului. De exemplu: influența pozitivă a diferitelor doze de azot în agricultură și silvicultură, cu efectul lor negativ asupra biodiversității.

d.) parametrii subiectivi: cei determinați de om la fața locului, în funcție de experiența și percepția umană asupra calității, favorabilității și pretabilității.

e.) Se consideră că pot fi analizați și alți parametri și indicatori derivați (parametri derivați) din punct de vedere social, economic și ecologic: importanța habitatelor, a biodiversității, a terenurilor umede etc.

4.2.3 Norme privind calitatea solului

Elaborarea acestor standarde este dificilă. Unii termeni legați de sol și protecția acestuia sunt recent definiți de către Organizația Internațională pentru Standarde (ISO). Calitatea solului definită în sens larg se referă în special la însușirile fizice, chimice și biologice ale sale. Pentru stabilirea standardelor și criteriilor privind calitatea solului și pentru politicile de protecție a solului trebuie luați în atenție și alți factori considerați netehnici:

- gradul de conștientizare politică și publică: a trăi pe un sol poluat chimic este mai riscant decât a trăi pe un teren erodat;

- calitatea solului și sănătatea publică;

- relațiile cu alte tipuri de degradare a mediului: în multe țări se țin cont de normele privind calitatea apei potabile și a aerului și mai puțin de cele privind puritatea solului.

4.2.4 Măsurile și politici pentru protecția și ameliorarea calității solurilor

Fiecare tip de degradare necesită soluții specifice. Astfel, măsurile pentru împiedicarea degradării solurilor și pentru reabilitarea solurilor afectate sunt foarte numeroase și variate. De aceea se impune o conștientizare a factorilor de decizie și a publicului larg asupra faptului că, o politică mai largă și mai eficientă, referitoare la protecția, ameliorarea și utilizarea durabilă cere un cadru legislativ corespunzător. Criteriile și normele pentru măsurile de protecție și ameliorare a calității solului trebuie să se bazeze pe cercetări științifice, astfel încât să se poată opta pentru măsurile respective în funcție de specificul local care să poată contribui la restaurarea calității solului, la un nivel acceptabil.

O abordare a unei politici de protecție a calității solului la nivel național nu trebuie să se sprijine doar pe criterii specifice unor locuri sau areale date. Astfel, ar trebui ca, la nivelul strategiei și planificării măsurilor de protecție a calității solului, să se utilizeze criterii generice, în timp ce aspectele legate de areale sau locuri concrete să se constituie ca părți componente importante.

4.2.5 Monitoringul calității solurilor pretabile pentru cultivare

Orice schimbare a calității solului, înainte și după aplicarea măsurilor de protecție și ameliorare, trebuie cuprinsă într-un sistem special de monitoring al calității solului. Aceasta se impune pentru că trebuie verificat orice indiciu de deteriorare provocat de om sau natură, în vederea sesizării tendinței de evoluție. Pentru detectarea tendinței de deteriorare a calității solului, într-un stadiu precoce, controlul calității solului trebuie să se repete la intervale regulate.

În cadrul monitoring-ului, la scară națională, controlul se face regulat, la intervale de cinci ani. Monitoring-ul zonelor vulnerabile și afectate de poluare se face la intervale mai scurte, de 1-2 ani. Dacă se observă că solul este afectat de un anumit tip de degradare, sau este vulnerabil la degradare trebuie să se identifice imediat cauzele și remedierile necesare.

În concluzie, pentru utilizarea durabilă a solului cultivat este important să se asigure înțelegerea calității solului și a interacțiunii cu managementul solului, stabilindu-se relația cauză-efect între aceștia. Diversitatea și marea complexitate a criteriilor pentru stabilirea calității agricole a solului și pentru evaluarea multiplelor tipuri de afectări conduc la ideea că, în definiția calității solului nu există nici un criteriu universal. Este necesară dezvoltarea și diversificarea investigațiilor multidisciplinare, sistemice și specifice acestui domeniu de studiu

4.3. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII PRIVIND INFLUENȚA SISTEMELOR DE LUCRARE ASUPRA ÎNSUȘIRILOR FIZICE ȘI HIDROFIZICE ALE SOLULUI

Bazele științifice ale unor sisteme de lucrări pentru conservarea solului au fost puse de către știința și practica americană, iar elaborarea diferitelor variante a fost grăbită de creșterea rapidă a prețurilor combustibililor, ca urmare a crizei energetice din anii 1970. Practicile tradiționale, convenționale, s-au dovedit mai costisitoare și în plus mari consumatoare de timp. În plus, cercetările au dovedit că în numeroase cazuri se pot obține producții tot așa de mari și fără arătură (Budoiu Gh., 1996). Proprietățile fizice ale stratului arabil, care sunt modificate prin lucrările solului, includ densitatea aparentă și structura solului. Lucrările solului cauzează schimbări în ceea ce privește agregatele de diferite mărimi precum și distribuția acestora. Prin sistemele conservative, de genul sistemelor reduse de lucrare a solului sau no-tillage, se evită formarea crustei, proprietățile fizice și chimice ale solului sunt îmbunătățite și are loc o mai bună infiltrare a apei (Thierfelder C., 2005). Înțelegerea și anticiparea mișcării și reținerii apei, aerului, chimicalelor, nutrienților, energiei, energie și particulelor solide din sol depind de capacitatea noastră de a măsura proprietățile fizice ale solului

4.3.1. Influența asupra structurii solului

Structura reprezintă una dintre caracteristicile de bază ce are influențe atât directe cât și indirecte asupra proprietăților fizice, hidrofizice, chimice și biologice ale solului. Structura depinde în mare parte de regimul apei și al aerului, regimul termic și cel nutritiv. Mulți cercetători evidențiază rolul primordial al structurii asupra fertilității solurilor și implicit asupra dezvoltării plantelor. În concepțiile moderne structura solului reprezintă nu numai totalitatea micro și macroagregatelor argilohumice stabile, ci și una din caracteristicile esențiale, cu influențe directe și indirecte asupra tuturor proceselor fizice, mecanice și biologice ce au loc în soluri. Cunoașterea structurii solului, ca element esențial al fertilității, prezintă importanță deoarece ea influențează nu numai condițiile fizice, aerația și regimul de hrană, ci și accesibilitatea substanțelor hrănitoare pentru plante, descompunerea materiei organice din sol și toată activitatea microbiologică (Onisie T., Jităreanu G., 2000). Îmbunătățirea stabilității structurii solului a prezentat interes ani la rând pentru că solul trebuie să își îmbunătățească calitățile sale fizice, chimice și biologice când este supus diferiților factori externi (Connolly R.D., 1998). Structura solurilor agricole este dificil de caracterizat deoarece este variabilă în spațiu și timp. Caracterizarea structurii se bazează pe măsurători ale proprietăților solului cum ar fi densitatea aparentă, porozitatea, rezistența la penetrare, gradul de infiltrare a apei ori pe descripții vizuale ale profilului de

sol (Roger – Estrade și colab., 2004). Problema principală a acestor metode este că sunt distructive și nu pot fi ușor folosite pentru a obține o monitorizare spațială și temporală a heterogenității structurii solului. Metode geofizice nondistructive, cum ar fi rezistivitatea electrică au fost demonstrate ca fiind de folos în analiza structurii (Samouelian A. și colab., 2005). O metodă nedistructivă de caracterizare a structurii solului este măsurarea rezistenței electrice a solului. Rezistența electrică a unui strat de sol este reprezentată de capacitatea sa de a limita transferul de curent electric. Se calculează din diferența curentului continuu și de joasă frecvență existentă între electrozii introduși în sol. Curentul electric (I) este aplicat unui strat de sol de către doi electrozi, convențional numiți A și B, iar diferența potențială (ΔD) este măsurată de alți 2 electrozi M și N. Rezistența electrică măsurată este numită rezistivitate aparentă (ρa) și se calculează cu formula:

unde MA (respectiv MB, NB, NA) reprezintă distanța dintre electrozii M și N (respectiv M și B, N și B, N și A), (Richard G. și colab., 2006).

Într-o experiență executată în landul Hessen – Germania, în cinci locații din jurul orașului Giessen, pe diferite tipuri de sol, comparând variante lucrate după sistemul convențional și no-tillage, Tebrügge F. și During R.A. (1999) au realizat o sinteză a rezultatelor obținute pe parcursul a 18 ani, concluzionând că solurile lucrate în sistem no-tillage sunt caracterizate printr-o mai mare rezistență la stresul cauzat de traficul mașinilor agricole, o mai mare stabilitate a agregatelor de structură, rezultatul impactului picăturilor de apă cu solul în timpul ploilor nu mai este atât de nefavorabil, datorită stratului de mulci de la suprafața, ceea ce duce la o mai bună protecție împotriva eroziunii. Rusu T. (2002) arată că folosirea sistemului cu lucrări minime într-un asolament de trei ani, porumb-soia-grâu, favorizează creșterea procentului de agregate hidrostabile cu 5,6-7,5% pe 0-20 cm și cu 5-11% pe intervalul 20-30 cm. Hajabbasi M.A. și colab. (2000) prezintă rezultatele obținute după 4 ani de experimentare, incluzând 7 variante de lucrare a solului: sistemele de conservare a solului, incluzând aici managementul reziduurilor și semănatul direct, pot ajuta la conservarea și îmbunătățirea structurii solului. Semănatul direct îmbunătățește structura solului dar nu asigură un rezultat pozitiv asupra producției. Jităreanu G. și colaboratorii au întreprins cercetări în perioada 1985-2005, pe un cernoziom cambic de la Stațiunea de Cercetare și Dezvoltare Agricolă Podu – Iloaiei – Iași, urmărind influența diferitelor sisteme de lucrare a solului și de fertilizare asupra producției și proprietăților fizice ale solului la soia, grâu și porumb. În ceea ce privește stabilitatea hidrică a structurii

$$\rho a = \frac{\Delta v}{I} \times \frac{2\pi}{\frac{1}{MA} - \frac{1}{MB} + \frac{1}{NB} - \frac{1}{NA}}$$

solului, comparând varianta lucrată cu cizelul cu varianta arată la 20 cm, acesta a fost în scădere doar la suprafața solului (46.1-46.7%) iar la adâncimea 10-30 cm a crescut cu 2.3% la grâu și 3.7% la porumb (Jităreanu, G., Ailincăi, C., Bucur D.,

2006).

Studii efectuate în estul Canadei timp de 6 ani de către Carter M.R. (2001), urmărind un sistem redus de lucrare a solului, prin efectuarea lucrării de bază cu cizelul, arată că folosirea acestei metode duce la creșterea conținutului de carbon organic pe adâncimea 0-8 cm și îmbunătățește semnificativ stabilitatea structurală a solului.

4.3.2. Influența asupra densității aparente și porozității solului

Densitatea aparentă (D_a) este o însușire relativ independentă, a cărei cunoaștere oferă elemente de caracterizare fizică a solului de sine stătătoare, care nu pot fi decât în unele cazuri deduse din celelalte însușiri. Cu alte cuvinte, de cele mai multe ori, un sol aparținând unui tip genetic, cu o anumită textură, cu însușiri chimice specifice, poate avea valori foarte diferite ale densității aparente (Canarache A., 1990). Cunoaștere acestui indicator are o importanță deosebită în calcularea rezervelor de apă, elemente nutritive, săruri, a necesarului de îngrășăminte și amendamente. Cercetările efectuate în țară noastră, pe diferite soluri, arată că indiferent de specia cultivată, în comparație cu solul lucrat cu plugul cu cormană, D_a are valori mai mari, în cazul utilizării altor unelte, care mobilizează solul mai puțin (cizel, paraplow, disc, combinator). Această creștere este, în general, în limite normale dacă lucrările solului se execută la umiditate adecvată (Guș P., 2003).

Porozitatea totală este însușirea fizică care exprimă proporția porilor din sol, ocupați cu apă și aer. Mărimea agregatelor de sol determină proprietățile fizice ale acestora. Agregatele cu diametrul mai mic de 0,25 mm sunt numite microagregate iar cele cu diametrul între 0,25-10 mm macroagregate. Macroagregatele, în comparație cu microagregatele, au o rezistență redusă la acțiunile mecanice precum și la acțiunea apei (Braunack M.V., Dexter A.R. 1989, Shainberg I. și colab 1997). Făcând referire la rețeaua de pori a solului, aceasta poate fi caracterizată indirect prin analiza curbei pF, densitatea aparentă, măsurarea porozității și a stabilității hidrice a agregatelor de structură., sau direct prin tomografia asistată de computer cu ajutorul razelor X sau gama (Joshko, Aylmore, citați de Young I.M., 2000). Badalikova B. și Hruby J. (2006), urmărind influența diferitelor sisteme de lucrare pe două tipuri de sol (Varianta V1 – amplasată pe un sol aluvial, scheletic, argilo-nisipos, iar variantele V2, V3 și V4 pe cernoziom, cu textură grea spre mijlocie) după 3 ani de experimentări, relevă eficiența lucrărilor minime asupra principalelor proprietăți fizice ale solului. În anul 2005 cea mai mică valoare a D_a s-a înregistrat în varianta V1, pe stratul 0-10 cm. În ceea ce privește porozitatea totală, s-a observat o reducere a acestui indicator odată cu creșterea adâncimii. Cum era de așteptat, scăderea porozității a dus la creșterea densității aparente a solului. Husnjak S. (2002) urmărind pe durata a 4 ani de experimentare influența a cinci metode de lucrare (metode reduse de lucru, metode de conservare și no-till), pe un sol argilo-lutos, din Cehia, într-o rotație grâu – soia, concluzionează că la grâu diferențele între lucrările solului în ceea ce privește densitatea aparentă, porozitatea totală, capacitatea de reținere a apei și capacitatea pentru aer nu au fost semnificative. La soia, diferențe semnificative au existat între cele cinci sisteme de lucrare la densitatea aparentă, porozitatea totală, capacitatea pentru aer și umiditatea aparentă. O mai mare valoare a densității aparente reduce porozitatea totală și schimbă raportul între capacitatea de reținere a apei și capacitatea pentru aer, în favoarea primei.

Cercetările întreprinse în perioada 2002 – 2004 pe un cambisol epihipogleic din Lituania, privind influența lucrărilor solului asupra proprietăților fizice ale acestuia, au arătat o creștere a densității aparente în varianta semănată direct în miriște la $1,29 \text{ g/cm}^3$, fiind cu 15,2% mai mare decât în varianta cu lucrări clasice și cu 10,3% mai mare decât cea lucrată cu cizelul la 22-24 cm. Cea mai scăzută valoare s-a înregistrat în varianta lucrată cu plugul, pe intervalul 0-5 cm. Reziduurile rămase și tocate după recoltare au o tendință de reducere a D_a . Studii efectuate în Minnesota indică o creștere în primii 2 ani a densității aparente în varianta no-tillage comparativ cu varianta lucrată convențional, dar valorile devin aproximativ egale după 4 ani și chiar mai mică în următorii (Arshad M.A., 1999). Studii efectuate în Georgia – USA, arată că sub sistemul no-tillage, densitatea aparentă nu pare să se schimbe în timp, comparativ cu starea inițială. Menținerea unei D_a cu valori mici la suprafața solului lucrat în sistemul NT se explică prin prezența carbonului organic în concentrații mari. Acest indicator, măsurat pe terenul unde a fost pajiște, prezintă valori relativ mici la suprafața solului ($1,1 \text{ g/cm}^3$) și crește puternic de la 6 cm, punct la care valoare este de $1,5 \text{ g/cm}^3$, similar cu valorile înregistrate pe straturile mai profunde (Franzluebbers A.J. și colab., 2006).

Mulți fermieri au o reținere în a trece de la sistemul neconvențional de lucrare a solului, cu grapa cu discuri sau cizelul, la sistemul no-tillage, datorită compactării, ce poate apărea mai ales în primii ani după tranziție. În acest sens sunt multe cercetări ale căror rezultate susțin cele afirmate anterior. Astfel, Bruce R.R. și colab. (1990), observă că după 8 ani de experimentare, pe un sol nisipos, varianta lucrată în sistemul no-tillage a avut un grad mai mare de compactare decât cea lucrată doar cu grapa cu discuri. La aceleași concluzii a ajuns și Horne D.J. (1992), după 10 ani de experimentare. Acest lucru nu ar trebui să neliniștească fermierii, deoarece un sol bine structurat, chiar dacă este ușor tasat, dar având un raport echilibrat între categoriile de pori și un bun grad de infiltrare a apei, poate să dea producții identice cu un sol netasat. Chiar dacă s-au înregistrat valori mai mari ale densității aparente la variantele lucrate în sistem no-tillage, acestea nu sunt îngrijorătoare, deoarece prezența macroporilor și a bioporilor reduce efectul negativ al

compactării (Logsdon, S.D., 1992, Kaspar, T.C., 1995). Graham J.P. (1986) și Johnson J.F. (1990) ajung la concluzia că un grad moderat de compactare a solului, poate avea chiar efecte benefice, în special în anii secetoși, aceasta explicându-se printr-un mai bun contact între semințe și sol iar continuitatea vaselor capilare face ca apa necesară creșterii și dezvoltării plantelor să fie adusă din straturile profunde.

4.3.3. Influența asupra rezistenței la penetrare

Unul dintre principalii indicatori folosiți pentru a determina o varietate mare de proprietăți fizice și mecanice ale solului este rezistența la penetrare. Aceasta este o solicitare complexă, în care sunt combinate mai multe solicitări simple, folosită în special în cercetări comparative ale lucrărilor efectuate cu diferite mașini agricole. Acest indicator are totuși dezavantajul unei mari variabilități și de asemenea nu poate fi folosit pe terenuri pietroase

Rezistența la penetrare (R_p) se determină cu ajutorul penetrometrelor. Unui penetrometru i se pot atașa și alți senzori, realizându-se măsurarea simultană a rezistenței la penetrare și a altor proprietăți fizice, ca umiditatea solului sau conductivitatea electrică (Hummel, 2004, Sudduth, 2004, citați de Chung S.O., 2006). Rezistența la penetrare va varia în funcție de mărimea și forma (unghiul) conului penetrometrului ce va pătrunde în sol dar și în funcție de o serie de proprietăți fizice, incluzând frecările sol-metal, distribuția și mărimea particulelor de sol, umiditatea solului, rezistența la compresiune, gradul de tasare (Smith K.A., Mullins, C.E., 1991). Rezistența opusă de sol la pătrunderea conului penetrometrului tinde să scadă spre un minim la un unghi de $20 - 40^\circ$, după care începe să crească (fig. 3.4). Rezistența mai mare la unghiuri mici ale conului este asociată cu o frecare mai mare sol – metal iar la valori mai mari ale unghiului datorită compactării și rezistenței mai mari opuse la înaintare (Smith K.A., Mullins, C.E., 1991). Între densitatea aparentă și rezistența la penetrare există o strânsă interdependență, rezultate în acest sens fiind raportate de către Coelho M.B. și colab. (2000), Ishaq M. și colab. (2001, 2002).

Dezvoltarea rădăcinilor este afectată de valorile mari ale rezistenței mecanice a solului ce restricționează accesibilitatea apei și a substanțelor nutritive pentru plante (Larney F.J. 1989, Oussible M. și colaboratorii 1992). Într-o experiență cu lucrări ale solului derulată pe parcursul a 6 ani, Katsvairo T. și colab. (2002) observă o interacțiune în ceea ce privește rezistența la penetrare, între lucrarea solului și rândurile de plante, în faza de „6 frunze” a porumbului, în sensul că în varianta lucrată pe biloane acest indicator are o valoare mai mare pe rândurile de plante dar valori similare pe intervalul dintre rânduri comparativ cu variantele arate sau lucrate cu cizelul (tab. 3.6). Asolamentul nu a influențat rezistența la penetrare pe orizontul 0-15 cm în stadiile vegetative „6 frunze” și „pârgă”. Ferreras L.A. (2000) obține la semănat o rezistență la penetrare semnificativ mai mare ($P < 0.05\%$) în sistemul de lucrare no-till comparativ cu sistemul clasic (fig. 3.6.) pe adâncimile 5-10, 10-15, 15-20 cm. Rezultatele obținute de Carter M.R. (1996) după 3 ani de experimentări pe un podzol din regiunea rece și umedă a Canadei, arată că efectuarea lucrării de bază cu plugul sau cizelul la 25 cm nu modifică semnificativ rezistența la penetrare pe intervalul 25-30 cm. Datele prelevate de către Riley H.C.F. și colab. (2005) dintr-o experiență situată în zona cu climat umed din centrul Norvegiei (Kvithamar), comparând sisteme clasice cu sisteme în care lucrarea de bază se face fără întoarcerea brazdei, arată diferențe marcante ale rezistenței la penetrare sub adâncimea de 27 cm. Aici, valoarea cea mai mică a fost găsită în varianta lucrată cu combinatorul în toamnă și primăvară iar cea mai mare în varianta arată în primăvară. Diferențele au fost asigurate statistic pe intervalul 33-36 cm ($P < 0,05\%$). Acest fapt indică existența hardpan-ului pe variantele lucrate cu plugul. De remarcat este faptul că valoarea cea mai mică a R_p o prezintă varianta lucrată printr-o mobilizare redusă a solului timp de 10 ani cu combinatorul.

Pentru a îmbunătăți recoltele, atât cantitativ cât și calitativ, zonele de teren cu un grad mare de compactare, ce creează condiții restrictive pentru dezvoltarea normală a plantelor, trebuie cuantificate, urmând apoi a fi minimizate. Prelevarea intensivă de date

privind rezistența la penetrare din diferite locații de pe un teritoriu face posibilă realizarea unor hărți de compactare a solului arătând atât în spațiu cât și în plan vertical variația rezistenței la penetrare precum și zonele cu restricții (Clark, 1999, Kim, 2005 citați de Chung S.O., 2006).

4.3.4. Influența asupra regimului de apă din sol

Regimul hidric al solului este influențat de lucrările care sunt efectuate. Germinarea, răsărirea și creșterea plantelor depind în mare măsură de raportul optim aer/apă. Pe lângă ceilalți factori de vegetație, apa are un rol hotărâtor în creșterea sau limitarea dezvoltării vegetației. Apa, care conține în permanență o cantitate de săruri dizolvate, formând soluții foarte diluate (în soluri normale 0,05% sau 0,5 g/litru), este absorbită în cantități relativ mari de către plante, servind, în primul rând, drept mijloc de transport al substanțelor nutritive pentru acestea. Participă la asimilația clorofiliană și la toate celelalte procese de biosinteză și transformare a produșilor organici în corpul plantelor, precum și ca regulator al temperaturii în procesul transpirației (Onisie T., Jităreanu G., 2000). Sistemele de lucrare a solului, prin efectul avut asupra structurii și porozității, modifică indicii hidrofizici ai solului (în special capacitatea capilară și capacitatea de apă în câmp), permeabilitatea și forțele care acționează asupra apei din sol (sucțiunea), evaporația și rezerva totală de apă din sol (Guș P. și colab., 1998, 2003). Sistemele de lucrare a solului, prin efectul avut asupra structurii și porozității, modifică indicii hidrofizici ai solului (în special capacitatea capilară și capacitatea de apă în câmp), permeabilitatea și forțele care acționează asupra apei din sol (sucțiunea), evaporația și rezerva totală de apă din sol (Guș P. și colab., 1998, 2003). În ceea ce privește umiditatea solului, sistemul no-tillage oferă avantaje semnificative față de sistemul convențional. Capacitatea mai mare de reținere a apei sub sistemul neconvențional de lucrare a solului poate fi atribuită unei evaporații scăzute și schimbărilor ce au loc în distribuția categoriilor de pori (Dao H., 1993). Un studiu condus de Ferreras L.A. (2000) în Argentina, arată diferențele în favoarea sistemului no-till în ceea ce privește umiditatea solului pe intervalul 5-30 cm la semănat și răsărire față de sistemul convențional de lucrare. La maturitate, pe orizontul 50-100 cm, nu au existat diferențe între cele două sisteme. Valori mai mari ale umidității în variantele sistemului no-till comparativ cu variantele clasice au fost evidențiate și în studiile întreprinse de către Johnson C.B. și colab. (1979), Lampurlanes J. și colab. (2001). În zonele cu climă secetoasă, umiditatea solului variază în timpul perioadei de vegetație a plantelor. Această variație este în funcție de ciclul climatic anual și de lucrările solului, care modifică în mod semnificativ porozitatea totală și relațiile dintre macro și micropori (Nilsen, 2002 citat de Josa R, 2005). După trei ani de experimentări Rusu T. și colab. (2002) evidențiază faptul că variantele sistemului neconvențional de lucrarea a solului, lucrat prin două treceri cu grapa cu discuri și cizel + grapă rotativă, prezintă valori mai mari ale capacității de reținere a apei, de 5,54 respectiv 5,08 l/m²/min. Cercetările efectuate de către Hulpoi N. și colaboratorii (1973), pe un cernoziom moderat levigat, indică un conținut de umiditate a solului în condițiile Stațiunii experimentale Turda, mai mare la semănat, în cazul arăturii ca lucrare de bază, față de varianta nelucrată sau discuită. Acest plus de apă este favorabil răsării și creșterii ulterioare a plantelor. Experiențe executate de către Josa R. (2005) între anii 1994 – 1999, într-un climat mediteranean arată diferențe semnificative ($p < 5\%$) între diferitele sisteme de lucrare a solului, în ceea ce privește umiditatea aparentă. Conținutul solului în apă, pe intervalul 0-20 cm, descrește semnificativ, astfel: cantitatea cea mai mare se găsește în sistemul no-till, o valoare medie a umidității rezultă în varianta minimum tillage, iar cea mai redusă valoare în varianta convențională. Potrivit multor autori ce au studiat efectele diferitelor sisteme de lucrare a solului, umiditatea aparentă este influențată în mare măsură de managementul resturilor vegetale de la suprafața solului. Acestea au influențe pozitive asupra eroziunii, măresc gradul de infiltrare a apei în sol și reduc evaporarea (Ehlers W., 1997, Moreno F., Peregrin, 1997, Rasmussen, 1994, Tebrugge, F., Bohrsen, A., 1997, Guș P. și colab., 2003, Rusu T. și colab., 2002).

Impactul diferitelor sisteme de lucrare a solului asupra dinamicii apei și în special asupra infiltrației a fost studiat de numeroși autori. În general, părerea unanimă este că în sistemul no-tillage, gradul de infiltrarea al apei este mai mare decât în solurile care sunt lucrate prin alte sisteme (Azooz R.H. și colab., 1996, McGarry D. și colab., 2000) datorită procentului ridicat de macropori (Logsdon și colab. 1990, Moreno și colab., 1997) și a materiei organice existente (Arshad M.A., 1999). Ulrich S. și colab. (2006), sintetizând datele obținute după 36 ani de experimentări, pe un sol luto-nisipos din apropierea orașului Leipzig, obține valori mai mari ale umidității solului și conductivității hidraulice în variantele lucrate cu cizelul și no-till, comparativ cu variantele lucrate convențional.

4.4. EVALUAREA CALITĂȚII RESURSELOR MICROBIOLOGICE ALE SOLULUI

4.4.1 Solul – mediu natural pentru dezvoltarea microorganismelor și creșterea plantelor

Însemnătatea solului ca mediu de formare și întreținere a vieții pe pământ în lumina cunoștințelor de astăzi este indiscutabilă. Cercetările au arătat pe deplin, că el reprezintă învelișul de la suprafața pământului care posedă toate elementele de nutriție și energie, de care are nevoie viața (Oprea C.V., 1960). Solul poate fi considerat un sistem deschis, comparabil cu un organism viu, care posedă caracteristicile sistemelor naturale deschise, și anume are un istoric, o "ontogenie" reprezentată prin fazele pe care le parcurge de la stadiul de rocă minerală până la stadiul matur, stadiul de climax (Papacostea P., 1976). Solul nu mai poate fi clasificat în mod satisfăcător în câteva grupe restrânse: nisipuri, luturi, argile, etc., în funcție de mărimea particulelor din care este format, ori ca atenția să fie focalizată la suprafața acestora. Este nevoie să se țină cont de istoricul lor. Proprietățile solului depind nu numai de materialul parental dar, așa cum arată Dokuchaev V.V. (citată de Russel E.W., 1973), depind de climă, vegetație și alți factori cu care interacționează.

Solul este un mediu extrem de complex și eterogen, descris în mod obișnuit ca un sistem dinamic cu trei faze: solidă, lichidă și gazoasă. Ele sunt diferit aranjate în spațiu, atât la nivel macro - cât și la nivel microscopic, realizând în acest fel marea diversitate a tipurilor de sol.

Faza solidă reprezintă aproximativ jumătate din volumul solului. Este alcătuită din substanțe minerale și organice. Este descrisă adesea ca o matrice a solului care controlează forma, volumul și distribuția celorlalte două faze. Cunoașterea organizării ei are o importanță fundamentală pentru înțelegerea proceselor care afectează natura și activitatea microorganismelor din sol.

Faza lichidă este reprezentată de apa din porii solului și de pe suprafața particulelor de sol. Ea conține în stare dizolvată sau de dispersie coloidală diferite substanțe minerale și organice utile atât microorganismelor cât și plantelor. Această fază este cunoscută sub denumirea de soluția solului, reprezentând între 0,1 și 1 % din greutatea solului.

Faza gazoasă corespunde aerului prezent în porii liberi de apă. Are o compoziție modificată față de aerul atmosferic, în sensul prezenței unei cantități mai mici de O₂ și a uneia mai mari de CO₂. Există două mari tipuri de sol: mineral și organic. Definiția solului organic variază în funcție de cantitatea de argilă și de saturarea cu apă, dar în general un sol organic conține cel puțin 20 % carbon organic, în timp ce un sol mineral nu are acest constituent. Doar 0,9 % din solurile lumii sunt organice (Miller și Donahue, 1995, citat de Sylvia D.M., 1999).

Solul constituie un mediu excelent pentru dezvoltarea microorganismelor, fapt ilustrat atât de numărul lor, cât și de marea lor diversitate. Datorită heterogenității sale, acest mediu natural poartă populații de microorganisme cu particularități biologice și biochimice foarte diferite, între care se stabilesc relații deosebit de complexe. Micropopulațiile din sol sunt alcătuite din bacterii (eubacterii, actinomicete, cianobacterii), microfungi, alge și protozoare/

În 1925 și apoi în 1949, Winogradsky a propus o împărțire pe criterii ecologice a microorganismelor din sol în două categorii: autohtone și alohtone.

Microorganismele autohtone (indigene, permanente sau constante) sunt cele mai numeroase, fiind caracteristice unui anumit tip de sol. Ele sunt adaptate la viața în solul care nu conține substanțe organice în curs de fermentare sau de putrefacție. Din această categorie fac parte bacteriile, inclusiv actinomicetele, ascomicetele și basidiomicetele, care desfășoară o activitate lentă și continuă, utilizând nutrienții prezenți în mod normal în sol, inclusiv substanțe organice relativ stabile și degradabile cum sunt substanțele humice. Dezvoltarea lor nu este condiționată de sursele nutritive din afara solului și din aceste motive nu sunt supuse unor fluctuații numerice semnificative.

Microorganismele alohtone (temporare sau de fermentație) au o activitate periodică, intermitentă. Nu pot utiliza substanțele complexe din sol și se dezvoltă pe substraturi organice ușor utilizabile, provenite în general din exteriorul solului (resturi vegetale, excremente și resturi animale).

Studiile microbiologice au demonstrat că cele două categorii de microorganisme nu pot fi net delimitate. Unii cercetători consideră că microorganismele alohtone intră în sol odată cu resturile organice pe care le degradează, în timp ce alții (*Atlas și Bartha, 1998*) le consideră ca microorganisme heterotrofe autohtone, prezente permanent în sol. Ei limitează termenul de alohton la microorganismele patogene pentru om, animale și plante, care ajung în sol odată cu apele reziduale, dejecțiile și cadavrele animalelor bolnave.

4.4.2. Activitatea biochimică a microbiotei din sol

Microorganismelor din sol le sunt specifice două categorii de procese biochimice cu consecințe multilaterale de ordin fizico-chimic, biologic și agricol:

- **procesele de degradare** (amonificarea, fermentațiile etc.), prin care se eliberează din materia organică substanțele minerale accesibile plantelor;
- **procesele de sinteză** (fixarea azotului molecular și humificarea), care creează în sol o rezervă de substanțe nutritive, mai ales sub formă organică, care influențează starea fizico-chimică și fertilitatea solului.

Cunoașterea profundă a acestor procese și dirijarea lor rațională poate contribui la îmbunătățirea condițiilor din sol și, implicit, la mărirea producției agricole.

Studiul participării microorganismelor la procesele complexe din sol se axează în principal pe trei direcții:

- cunoașterea cât mai complexă a stării biologice pe toată adâncimea lui, prin studiul comparativ al frecvenței și activității microbiotei și a grupelor ecofiziologice de microorganisme implicate în circuitul principalelor elemente biogene (N, C, S, Fe, P);
- studiul echilibrului dinamic care se stabilește între grupele ecofiziologice de microorganisme, precum și oscilațiile pe care le suferă acest echilibru în procesul natural de formare a solului și în cursul transformării acestuia sub influența diferiților factori legați de cultivare (prelucrarea solului, încorporarea de îngrășăminte chimice sau organice);
- cunoașterea biologiei solului sub dublu aspect, momentan și evolutiv, care face posibilă compararea diferitelor tipuri de sol, constatarea unui eventual dezechilibru în sol, precum și stabilirea raporturilor între microbiotă și starea de fertilitate.

Unul din factorii care condiționează prezența și activitatea microorganismelor în sol îl constituie sursa de energie. Spre deosebire de plante și alge la care sursa de energie nu constituie niciodată un factor limitant datorită capacității de a folosi energia luminoasă, bacteriile și fungii au ca principal factor de limitare a creșterii sărăcia de hrană, altfel spus lipsa unei surse de energie convenabile - *Clark, 1967* (citată de *Eliade, Ghinea și Ștefanic, 1975*). Există foarte puține bacterii și protozoare flagelate care conțin pigmenți asimilatori, fiind capabile să utilizeze energia solară pentru sinteza de compuși organici. Pe lângă acestea sunt prezente în sol și un număr restrâns de microorganisme care obțin energia necesară prin oxidarea substanțelor anorganice. Toate microorganismele capabile să-și procure energia necesară fără utilizarea substanței organice dinainte sintetizată formează grupul mare al organismelor **autotrofe**.

Cea mai mare parte a microorganismelor din sol nu conțin pigmenți asimilatori astfel încât nu pot folosi decât energia chimică înmagazinată în diferiți compuși. Prin urmare metabolismul majorității microorganismelor din sol este unul de tip **heterotrof**. Metabolismul microorganismelor heterotrofe poate avea loc în prezența oxigenului – **aerob**, sau în absența lui – **anaerob**, în prezența unor tensiuni scăzute de oxigen – **microaerofil**, sau indiferent de acesta – **facultativ aerob sau facultativ anaerob**.

Principalele substanțe utilizate de microorganismele heterotrofe sunt substanțele care conțin carbon, hidrogen, oxigen: glucide, grăsimi, acizi organici.

Sursa de energie cea mai ușor asimilabilă de către microorganisme este reprezentată de zaharurile simple (monozaharidele) solubile în apă. Acestea sunt absorbite din mediul înconjurător odată cu apa, intrând în celula microbiană unde vin în contact cu enzimele endocelulare specifice care le descompun, eliberându-se astfel energia necesară. Mai dificilă este metabolizarea polizaharidelor (amidon, celuloză) formate prin polimerizarea unui număr mare de molecule de monozaharide pentru că implică utilizarea unor exoenzime secretate de celulă în exteriorul acesteia.

Metabolismul glucozei

Metabolizarea glucozei presupune desfășurarea unui lanț lung de procese, energia produsă fiind reținută sub forma compușilor macroergici – AMP, ADP, ATP. Atunci când nevoile energetice o cer, are loc scindarea moleculelor de ATP, cu formare de ADP și AMP și eliberarea energiei corespunzătoare.

Metabolizarea glucozei se poate realiza prin trei căi: glicoliză sau calea “Embden-Meyerhoff-Parnas”, calea hexozomonofosfatului și calea “Entner-Doudoroff”.

Metabolismul acizilor organici

În sol există diferiți acizi organici produși sub acțiunea microorganismelor, proveniți din resturi vegetale și animale, exudate radiculare etc. În cantități importante apar acizii acetic și formic. În general, acizii organici sunt rapid metabolizați în sol, cu excepția acizilor grași cu catenă lungă, greu solubili și puternic adsorbiți pe complexul coloidal al solului. Acizii organici îndeplinesc în sol roluri foarte importante, fiind principalii agenți de alterare, solubilizare a mineralelor din roca mamă. Deosebit de activ în această privință este acidul 2-cetoglutaric ce condiționează capacitatea unor plante de a folosi formele greu asimilabile ale fosforului. În zona apropiată a rădăcinilor acest acid constituie 20% din substanța organică, fiind produs de bacterii prin oxidarea glucidelor eliminate de către plante prin rădăcini - *Hoshimi, 1978* (citată de *Eliade, 1983*).

Metabolismul amidonului

Amidonul este descompus de o microbiotă nespecifică printre care bacteriile anaerobe din genul *Clostridium* sunt foarte active.

Metabolismul celulozei

Celuloza, principalul constituent al resturilor de natură vegetală, este degradată în sol de un număr mic de specii care aparțin totuși unor unități sistematice diferite: bacterii – *Celvibrio*, *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Plyangium*, *Sporocytophaga*, ciuperci – ascomicete, basidiomicete, uneori actinomicete. Alături de celuloze în sol sunt prezente și hemicelulozele care sunt descompuse de bacterii (între care diverși bacili descompun mananul, xilanul), actinomicete și ciuperci – *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*.

Metabolismul pectinelor

Pectinele sunt polimeri ai acidului D-galacturonic, esterificat cu etanol. În sol ele sunt descompuse cu ajutorul unor enzime prezente la aproximativ 2% din microorganismele solului (*Bacillus*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*).

Metabolismul chitinei

Chitina este un polimer al N-acetil-glucosaminei, fiind descompusă în sol de către actinomicete și unele bacterii.

Metabolismul fenolilor

În sol fenolii sunt descompuși prin oxidare sau condensare oxidativă. Ei determină în sol fenomenul de alelopatie.

Metabolismul ligninelor

Descompunerea ligninelor are o importanță deosebită pentru circulația carbonului în natură, aceste substanțe reprezentând a doua sursă a acestui element în natură (25-30%). Ea este de obicei realizată de către bazidiomicete (ordinul *Agaricales*) sau de către asociații de ascomicete și fungi imperfecti.

Metabolismul taninurilor, lipidelor și al cutinei

Metabolizarea acestor substanțe se face cu o oarecare dificultate datorită unor particularități structurale precum și datorită relativei toxicități pentru microorganisme - Jignev și Tereșenkova, 1977 (citați de *Eliade*, 1981).

Taninurile sunt descompuse în special de către ciupercile din genurile *Penicillium* și *Aspergillus*. Lipidele sunt hidrolizate cu ușurință de către microorganisme. Cutina este descompusă de bacterii din genul *Pseudomonas*, dar în ritm lent - *Hankin și Kolattukudy*, 1971 (citați de *Eliade*, *Ghinea și Ștefanic*, 1975).

4.4.3. Influența factorilor de mediu asupra microorganismelor

4.4.3.1. pH-ul

Condițiile optime pentru dezvoltarea bacteriilor sunt cele apropiate de neutralitate, la valori extreme supraviețuind doar formele tolerante.

Ca grup de microorganisme, fungii sunt foarte toleranți la valori extreme de pH, respectiv între 2,0 și 9,0. Prezența fungilor în solurile foarte acide s-ar datora în mai mică măsură toleranței la valori mici ale pH-ului și mai ales lipsei de competitori, deoarece bacteriile nu se pot dezvolta în astfel de condiții.

În cazul algelor limitele de pH, variază funcție de specie, fiind cuprinse între 3,5 și 9,0. De regulă, speciile luate separat au preferințe variabile. În general, algele verzi predomină în mediile acide, probabil în lipsa competitorilor.

4.4.3.2. Temperatura

Este importantă cunoașterea temperaturilor eugenezice (minimă, optimă, maximă) ce permit creșterea și dezvoltarea microorganismelor, precum și a celor letale care împiedică dezvoltarea sau produc moartea microorganismelor. Rezistența la temperaturi letale sau termorezistența acestora este definită ca posibilitatea celulelor microbiene de a rezista la temperaturi de 90⁰ C, 100⁰ C sau peste 100⁰ C un timp mai scurt sau mai lung. Această capacitate variază mult în funcție de specie și tulpină. Speciile sporulate rezistă mai bine la temperaturi letale decât cele nesporulate. În ceea ce privește temperaturile scăzute, unele microorganisme sunt distruse la o înghețare lentă, în timp ce altele rezistă foarte bine la aceste temperaturi, reacțiile metabolice fiind practic inactivate. Pe această constatare se bazează procedeele de conservare a microorganismelor prin liofilizare.

Fungii din sol sunt în general mezofili. Speciile termofile care se dezvoltă la 50⁰ C au fost izolate din gunoiul de grajd. Temperatura optimă de dezvoltare în cazul algelor este variabilă, în funcție de specie. Pot trăi atât la temperaturi scăzute cât și la temperaturi mai ridicate. În regiunile temperate numărul maxim este atins primăvara și toamna.

4.4.3.3. Umiditatea

Descreșterea peste anumite valori a umidității solului limitează nu numai accesibilitatea apei pentru microorganisme, dar determină și o creștere a conținutului de săruri în soluția solului, care în aceste condiții devine de multe ori nocivă.

Apa din sol acționează asupra microorganismelor și prin aportul său în substanțe minerale și organice pe care le conține. Intensitatea activității microorganismelor depinde în foarte mare măsură de grosimea peliculei de apă (**Sylvia, 1999**). Nivelul optim de umiditate pentru activitatea bacteriilor aerobe este estimat la o capacitate de reținere a apei de 50-75 %, oscilațiile umidității determinând variații ale comunităților bacteriene. Excesul de umiditate determină instalarea condițiilor de anaerobioză.

Dezvoltarea fungilor necesită anumite condiții de umiditate, fapt demonstrat și experimental. Astfel pe măsura creșterii umidității solului spre valorile optime, numărul

hifelor crește progresiv iar cel al sporilor scade în aceeași măsură. *Alexander (1971)* a demonstrat experimental că la o umiditate de 8,9% solul de pajiște conține 60 de unități hifale și 39 de spori, în timp ce la o umiditate de 27 % a aceluiași tip de sol numărul hifelor evidențiate este de 153, iar al sporilor de 20.

Algele cu nutriție fotolitotrofă de la suprafața solului se dezvoltă în condiții de umiditate și iluminare adecvate. Ele folosesc nutrienți minerali (CO_2 , N, K, MgS, Fe, etc) pentru realizarea sintezelor organice.

Umiditatea necesară este de 60%, fapt care explică dezvoltarea lor după ploaie și în solurile irigate. Când solul este uscat, numărul lor scade brusc, cele mai sensibile la uscăciune fiind diatomeele.

Algele din straturile mai profunde se pot dezvolta slab chemoorganotrof, utilizând ca sursă de carbon diferite glucide sau unii acizi organici (acidul citric). Readuse la suprafață acestea reiau creșterea fotosintetică. Umiditatea este în mod cert o condiție esențială pentru existența formelor active de protozoare, pentru mobilitatea și dispersia lor în sol, în timp ce uscăciunea favorizează închistarea.

Influența umidității scăzute asupra microorganismelor

Zarnea (1994) arată că activitatea biologică a unui sol tinde să se diminueze odată cu scăderea conținutului în apă, dar contrar celor observate la plante, punctul de ofilire ($pF=4,2$) nu constituie un prag indicator al încetării activității microbiene. Se consideră că limita superioară oricărei activități biologice ar corespunde la $pF=5,5-5,6$. Uscarea solului peste aceste valori de pF antrenează moartea tuturor microorganismelor. Această particularitate a microorganismelor față de plantele superioare se explică prin presiunea osmotică mai ridicată decât în celulele microbiene; prin faptul că bacteriile din sol nu pierd apă prin transpirație ca plantele superioare și prin suprafața de absorbție la microorganisme mai mare comparativ cu a plantelor. Moartea microorganismelor la umiditate scăzută este determinată de mai mulți factori precum: durata și nivelul uscării, tipul microorganismului, tipul de sol și structura solului. Existența pragurilor diferite pentru microorganisme hiperxerofile, xerofile și hidrofile ridică probleme de ordin practic, deosebit de importante pentru agricultură. Una dintre consecințe este predominarea selectivă a unor procese microbiene asupra altora. Aceasta se întâmplă în cazul umidității situate în vecinătatea punctului de ofilire, când predominarea proceselor de celulozolitază asupra amonificării, are drept urmare imobilizarea totală sau parțială a azotului mineral. În cazul umidității scăzute predomină procesele de amonificare, rezultând o acumulare de azot amoniacal remarcată în solurile în curs de uscare.

Diferitele grupe de microorganisme au un grad variat de rezistență față de uscăciune. Astfel, bacteriile și ciupercile sunt mai sensibile, comparativ cu actinomicetele, conținutul redus de apă a solului favorizând atât dezvoltarea vegetativă cât și sporularea acestora din urmă.

În condiții aride factori precum disponibilitatea nutrienților, a materiei organice, textura solului și temperatura sunt nefavorabili dezvoltării microorganismelor din sol. Dintre factorii de stres, seceta de scurtă durată ar putea fi un factor stresant major care afectează diversitatea și activitatea populațiilor bacteriene, datorită reducerii difuziei substratului în solurile secetoase și a creșterii necesităților pentru C și N. În solurile afectate de secetă un rol important alături de bacteriile mezofile îl joacă și cele termofile (*Wardle, D.A., 1998*).

Influența umidității ridicate asupra microorganismelor

În sol nivelele excesive de apă diminuează atât frecvența cât și activitatea microorganismelor, fapt ce se datorează reducerii posibilității aprovizionării cu oxigen. De exemplu, bacteriile nitrificatoare au nevoie de o concentrație de 40-50 % oxigen în sol. S-a constatat (*Sylvia, 1999*) că în solurile afânate, cu greutate volumetrică de $1,08-1,20 \text{ g/cm}^3$ există o proporționalitate directă între producerea nitraților și umiditate, până la valori apropiate sau chiar superioare capacității de câmp.

În cazul solurilor cu grad avansat de tasare, cu greutate volumetrică mai mare ($1,44-1,60 \text{ g/cm}^3$) nivelul optim pentru umiditate necesar desfășurării procesului de

nitrificare este mai scăzut. Pentru bacteriile denitrificatoare excesul de umiditate reprezintă un factor stimulator al activității.

Irigarea solului și microorganismele

Cercetările privind influența regimurilor de irigare asupra microorganismelor din sol au arătat că nu există un efect cumulativ propriu zis al irigării asupra microorganismelor. Efectul apei apare imediat în variantele irigate și dispare îndată ce umiditatea atinge nivelul variantelor neirigate. Concluzia este întărită de observația că în fiecare primăvară, înainte de administrarea primei udări activitatea microorganismelor era uniformă în tot cursul experimentului. În cursul primăverii efectul irigării este de regulă scăzut, datorită cantității de apă suficiente în sol, din rezerva de precipitații de peste iarnă. În timpul verii, odată cu instalarea secetei, cu scăderea umidității la 15 % sau mai jos, influența irigației asupra microorganismelor devine evidentă. Nevoia de apă a acestora crește și constituie principalul factor ce dirijează întreaga activitate biologică a solului. S-a evidențiat o diferențiere netă a solului irigat la diferite nivele, comparativ cu solul martor neirigat. Numărul total de microorganisme prezintă valori maxime în varianta A₁ (30 %) care fiind irigată mai recent a avut valori de umiditate superioare (30

În general, s-a putut constata că în perioadele de secetă există o proporționalitate directă între nivelul umidității și numărul total de microorganisme. La valori de umiditate în jur de 14 %, corespunzătoare variantei neirigate, numărul total de microorganisme înregistrează valori minime în jur de 56 milioane/g sol, în timp ce la umiditatea de 40 % media valorii obținute se situează la 72,8 milioane bacterii/g sol. În ceea ce privește bacteriile sporulate s-a remarcat o proporționalitate inversă, deoarece uscăciunea determină trecerea acestora în forme sporulate. Nivelele ridicate de irigare, peste 25 %, determină germinarea sporilor și trecerea bacteriilor respective în forme vegetative. De exemplu, *Bacillus megaterium* este foarte sensibil la umiditate și în solul neirigat el se găsește sub forme sporulate, superioare numeric față de solul irigat. Irigația imprimă modificări în compoziția microbiotei solului. Dintre ciuperci se constată o abundență a genurilor *Penicillium* și *Fusarium*. Alte genuri, precum *Trichoderma*, *Alternaria*, *Aspergillus* sunt mai puțin sau deloc influențate de irigare.

4.4.3.4. Aerația

Spațiile libere din sol, care se găsesc între agregatele și particulele elementare ce constituie faza solidă, desemnate și prin termenul de porozitate, sunt ocupate de atmosfera solului, care reprezintă faza gazoasă sau de apă, care constituie faza lichidă. Activitatea biologică a solului depinde de natura și de cantitatea gazelor în fiecare cele trei stări ale solului, fiind bine cunoscută influența conținutului atmosferei solului asupra microorganismelor. În prezent se acordă o atenție mărită importanței naturii și cantității gazelor solvite în faza lichidă (soluția solului). Distribuția microorganismelor este legată în mare măsură și de condițiile de nutriție pe care microorganismele le găsesc în sol și care sunt mai bine satisfăcute în orizonturile de suprafață, datorită cantității mai mari de humus și aprovizionării mai frecvente cu resturi organice.

4.4.3.5. Compoziția mineralică a solului

Diferitele formații minerale din sol exercită asupra microbiotei unele influențe care sunt în funcție nu numai de conținutul total al acestora în diferite elemente, ci și de susceptibilitatea lor la alterarea fizico-chimică și biologică, proces prin care aceste elemente devin accesibile microorganismelor și plantelor.

Mineralele argiloase au o influență deosebită asupra microbiotei, datorită activității specifice de suprafață și a proprietăților de adsorbție legate de acesta. Sub formă adsorbită, materia organică devine mai rezistentă la atacul microbian, ceea ce influențează considerabil atât viața microorganismelor cât și plantele superioare. Dintre substanțele adsorbite sunt numeroase enzime, care în aceste condiții sunt ferite de degradare și continuă să provoace reacții specifice în sol.

Activitatea microbiană a diferitelor soluri

În paralel cu modificarea tipurilor de sol are loc și o schimbare a speciilor dominante de *Bacillaceae* și microorganisme celololitice care fac parte din micropopulația solului. Variația microbiotei nu este legată numai de factorii climatici, ci este în funcție și de condițiile de nutriție, unele specii de *Bacillaceae* depinzând de o intensă capacitate de nitrificare a solului. A fost evidențiată de asemenea, existența unor microorganisme indicatoare, care sunt caracteristice diferitelor tipuri de sol. Numărul cel mai mare de bacterii este întâlnit în solul de tip cernoziom ($3,6 \times 10^6/\text{g sol}$) urmat de podzol ($2,1 \times 10^6/\text{g sol}$), solul cenușiu și turbă (*Atlas și Bartha, 1998*).

Variațiile sezoniere ale microbiotei

Microbiota fiecărui tip de sol se modifică în cursul unui an, paralel cu variația factorilor climatici. Această variație sezonieră afectează în primul rând straturile superficiale ale solului și se estompează pe măsura coborârii în profunzime. Legătura dintre dinamica sezonieră și factorii climatici este evidentă dar nu se poate stabili o relație directă. Unii cercetători au explicat această variație prin acumularea și descompunerea ritmică a unor toxine în sol, în timp ce alții au explicat variația sezonieră prin fluctuația surselor de hrană care diminuează în timpul verii și iarna.

4.4.4. Interdependența dintre activitatea biologică a microorganismelor și principalele lucrări ale solului

Efectele lucrării agrotehnice asupra stării fizice a solului

Scopul pregătirii solului este de a-i modifica starea fizică, astfel încât condițiile de umiditate, aerație, temperatură și afânare să se ridice la nivelul cerințelor optime pentru creșterea plantelor și pentru a favoriza activitatea microbiotei în sol.

Efectul lucrării solului se manifestă în primul rând prin îmbunătățirea gradului de porozitate. Aceasta determină posibilitatea de acces a gazelor și în consecință a oxigenului, care reglează condițiile de viață aerobă sau anaerobă din micromediile solului. A fost evidențiată o corelație foarte strânsă între gradul de tasare și capacitate de nitrificare a solului (*Stolp, 1998*). S-a constatat că domeniul de nitrificare maximă este cuprins între valorile de greutate volumetrică de $1,10\text{-}1,15 \text{ g/cm}^3$. La nivele superioare de tasare, nitrificarea decurge cu intensitate mai slabă, ceea ce denotă faptul că în solurile tasate aerația este redusă, fiind astfel împiedicată activitatea microorganismelor nitrificatoare.

Dimensiunea agregatelor este un alt element important în complexul factorilor fizici care condiționează activitatea microorganismelor. Agregatele solului acționează asupra activității microorganismelor prin doi factori: suprafața specifică și dimensiunile agregatului. Suprafața agregatului este în relație directă cu cantitatea de gaze ce intră în interiorul acestuia, fiind deci un criteriu al aerației, și, implicit, al aerării. S-a demonstrat (*Măzăreanu, 1999*) că activitatea bacteriilor implicate în mineralizarea substanței organice se găsește în proporție inversă cu dimensiunea agregatului de sol. A fost stabilită o relație strânsă între aerație, dimensiunea agregatelor și intensitatea nitrificării, constatându-se că nitrificarea este mai intensă în agregatele mici, de circa $0,25 \text{ mm}$, în solurile afânate și foarte afânate. Odată cu tasarea posibilitățile de aerație pe care le oferă agregatele de dimensiuni mari sunt superioare iar procesul de nitrificare se desfășoară la un nivel superior.

Lucrările solului și microorganismele

Cercetările au arătat că în solul nelucrat majoritatea microorganismelor se găsesc răspândite în stratul superficial și sunt slab distribuite în adâncime. Analizele efectuate pe un sol de tip cernoziom moderat levigat nelucrat au scos în evidență că numărul total de microorganisme scade considerabil chiar sub 10 cm , observându-se totodată scăderea principalelor grupe (bacterii, ciuperci, actinomicete). Capacitatea de nitrificare în stratul de sub 10 cm , reprezintă numai jumătate din valoarea înregistrată în stratul superficial. Profilul microbiologic al solului lucrat se remarcă printr-o distribuție uniformă a microorganismelor în adâncime. În solul lucrat se produc schimbări și în raporturile numerice dintre specii, remarcându-se o creștere a frecvenței speciilor nesporulate:

Agrobacterium radiobacter, *Pseudomonas denitrificans*, *Micrococcus luteus*. De asemenea, se poate observa o distribuție diferită a speciilor în raport cu a celor sporogene, frecvența speciei *Bacillus megaterium* (cu rol important în mobilizarea unor elemente nutritive în sol) crescând foarte mult în solurile lucrate comparativ cu scăderea frecvenței speciei *Bacillus cereus*.

Epoca de lucrare a solului și microorganismele

Efectul favorabil al lucrării de toamnă se manifestă atât asupra plantelor de cultură, cât și asupra activității microorganismelor din sol. În urma analizei unor probe recoltate din parcele arate toamna, comparativ cu cele arate primăvara (*Eliade, 1975*) s-a constatat că în varianta de toamnă activitatea bacteriilor nitrificatoare este mai bună. Creșterea intensității nitrificării se corelează cu gradul mai bun de afânare a solului și cu umiditatea din sol, care la rândul ei favorizează acest proces. În ceea ce privește influența arăturii de toamnă asupra diferitelor grupe de microorganisme se constată că ciupercile microscopice sunt mai numeroase, având loc proliferarea în primul rând a celor din genurile *Fusarium* și *Aspergillus*. Dintre acestea ponderea cea mai mare o are *Aspergillus niger*. În solurile arate primăvara predomină speciile *Aspergillus ochraceus* și *Trichoderma viridis*, precum și unele ciuperci antagoniste față de unii agenți patogeni. Actinomicetele variază în limite strânse din punct de vedere numeric, în solurile lucrate toamna observându-se tendința de creștere care se menține în tot anul ce urmează lucrării. Microorganismele celulozolitice înregistrează și ele o bună dezvoltare în solurile lucrate toamna. Se evidențiază în special genul *Stachybotris*, cu rol important în procesul de nitrificare, evident mai ales în solurile arate din toamnă. În urma afânării solului se constată creșterea proporției speciilor celulozolitice aparținând genurilor *Cytophaga* și *Cellvibrio*, care produc o descompunere rapidă a celulozei, precum și a altor grupe de microorganisme ce folosesc produșii intermediari ai acesteia. Ciupercile microscopice din solurile aerate sunt mai numeroase, evidențiindu-se în special genurile *Mucor* și *Stachybotris*, mai puțin cele din genurile *Penicillium* și *Aspergillus* și absența celor din genurile *Fusarium* și *Alternaria*, acestea din urmă fiind și patogene pentru plantele superioare.

Adâncimea de lucru a solului și microorganismele

Tipul de sol, grosimea stratului arabil, cantitatea de îngrășăminte organice și minerale, plantele de cultură influențează în mare măsură potențialul de fertilitate a solului. Prin răsturnarea straturilor, cu aducerea la suprafață a celor din profunzime, care au o structură mai bună, se menține în sol un regim de umiditate mai bun din punct de vedere microbiologic, favorizându-se intensificarea proceselor biologice în toata masa solului arabil. Ca dezavantaj al practicării arăturii adânci ar fi de menționat degradarea treptată a structurii solului și reducerea conținutului în humus. Cercetările efectuate (*Eliade, 1975*) pe un cernoziom levigat moderat, în variantele lucrate adânc la 25-35 cm au arătat că procesul de nitrificare este mai intens decât în variantele lucrate superficial. Aplicarea îngrășămintelor minerale sau organo-minerale stimulează activitatea microbiotei. Legat de procesul de amonificare s-a demonstrat că acesta este evident în stratul arat profund comparativ cu cel arat superficial. Capacitatea de fixare a azotului s-a dovedit în cazul cernoziomurilor a fi mai intensă în solul arat la 35 cm, unde s-au înregistrat până la 5-9 kg/ha azot fixat; aerația fiind bună, se presupune că fixarea se datorează bacteriilor aerobe. Administrarea gunoiului de grajd cu conținut bogat în material energetic s-a dovedit că are o influență mai bună asupra microorganismelor când este încorporat în sol prin arătura adâncă. În solurile cernoziomice, după efectuarea lucrărilor de toamnă, conținutul în spori bacterieni este foarte scăzut: 1,72 milioane/ g sol în stratul de 0-20 cm și 1,19 milioane/ g sol la 20-40 cm. Valorile sunt în general de 2-4 ori mai mici față de datele obținute în restul perioadei de vegetație. Datorită creării condițiilor de aerare puternică și umiditate mai bună are loc transformarea sporilor în forme vegetative. Conținutul solului în spori variază în funcție de anotimp. În primăvară numărul de spori se menține scăzut (1,34 – 2,58 milioane/g sol) datorită umidității asigurate din iarnă. În timpul verii se constată o tendință de acumulare a sporilor, cu un maxim în lunile iulie-august, pentru ca în toamnă numărul de spori se scadă din nou. Din punct de vedere taxonomic

au fost evidențiate diferențe între speciile identificate la diferite adâncimi. De exemplu, datorită favorizării nitrificării în straturile profunde se creează condiții mai bune pentru *Bacillus megaterium*, care utilizează atât formele organice cu azot, cât și cele minerale. Au fost evidențiate fluctuații între speciile *Bacillus megaterium* și *Bacillus subtilis*, în funcție de adâncimea arăturii și anotimp. Principalii agenți ai descompunerii celulozei în sol sunt microorganismele celulozolitice, care se dezvoltă bine în solurile aerate profund (ex. *Cytophaga*, *Cellvibrio*). În solurile puțin fertile se dezvoltă în special ciupercile din genurile *Chaetomium* și *Fusarium*, în cele mai fertile predominând bacteriile. Actinomicetele sunt favorizate în cazul arăturii adânci și de administrarea de îngrășăminte organice cu gunoi de grajd și îngrășăminte minerale, evidențiindu-se existența unui procent mai mare (cu 30 %) față de matorul fără îngrășăminte, în ceea ce privește acest grup de microorganisme. Dintre ciupercile microscopice s-a constatat frecvența mai mare a celor din genurile *Penicillium* și *Fusarium* în solurile arate superficial, iar în solurile arate mai adânc mai frecvente sunt ciupercile din genul *Trichoderma* (Eliade, 1975)

4.5. EROZIUNEA TERENURILOR

4.5.1 Considerații privind starea de degradare a terenurilor

Cercetările efectuate în ultima jumătate de secol în lume au furnizat o bază de date satisfăcătoare privind extinderea și intensitatea proceselor de eroziune. Pentru evaluări la scară globală, informațiile asupra producției de sedimente la ieșirea dintr-un bazin hidrografic oferă o perspectivă utilă asupra ratelor de eroziune și pierderilor de sol din amonte. În majoritatea cazurilor, datele cele mai demne de încredere se referă la debitul de aluviuni în suspensie, deoarece efectuarea măsurărilor privind aluviunile de fund comportă dificultăți practice. În total, calculele estimative ale Institutului Worldwatch, bazate pe evaluările lui Sheldon Jones (1968), ne sugerează că anual de pe terenurile agricole din lume se pierde aproximativ 23 miliarde tone de sol (Brown L.R., 1988). Eroziunea solului din patru țări mari producătoare de alimente (S.U.A., fosta U.R.S.S., China și India) se ridică la 11,8 miliarde tone pe an, ceea ce reprezintă 52% din valoarea mondială.

Pentru țara noastră un interes deosebit îl reprezintă o serie de lucrări de sinteză, dintre care se detașează cele privind extinderea și evaluarea intensității eroziunii. Astfel, harta eroziunii solului în scara 1: 500.000, editată de Institutul pentru Cercetări de Pedologie și Agrochimie – București (Florea N. et al, 1976) constituie o sinteză cartografică a cunoștințelor acumulate pe o perioadă îndelungată de timp, referitoare la starea de păstrare a solurilor și aprecierea calitativă a intensității proceselor de degradare a drenurilor. Într-o formă generalizată această hartă a fost reeditată ulterior de Florea N. și colab. în 1977 și 1999). Figura nr. 4.5.1 redă distribuția terenurilor afectate de eroziunea

prin apă, care au fost cuprinse în trei grupe: terenuri slab erodate, terenuri cu eroziune moderat - puternică și terenuri excesiv erodate. Dealurile subcarpatice, Podișul Bârladului, Podișul Getic și Podișul Transilvaniei sunt cele mai afectate zone de procesele de degradare prin eroziune, asociată frecvent cu alunecări de teren.



Fig. 1 – Facsimile of the generalised map of soil erosion in Romania (Florea et al., 1977).

Fig. 4.5.1 – Harta generală a eroziunii solului în România (Florea N. et al., 1999)

A. Terenuri neafectate de eroziune

1. Terenuri neafectate de eroziune

2. Terenuri neafectate de eroziune, cu pericol de aluvionare și colmatare

B. Terenuri afectate de eroziune prin apă

3. Terenuri slab erodate

4. Terenuri cu eroziune moderată – puternică

5. Terenuri cu eroziune foarte puternică – excesivă

C. Terenuri afectate de eroziune prin vânt

6. Terenuri cu eroziune moderată – puternică

7. Terenuri cu eroziune foarte puternică – excesivă

Un interes deosebit privind evaluarea cantitativă a ritmului de degradare erozională a solului din România îl reprezintă lucrările de sinteză elaborate de către *Moțoc M. în 1983 și 1984*. Modul de calcul folosit de autorul menționat pentru estimarea eroziunii este următorul:

$$E_t = E_{sa} + E_{al} + E_{ad}$$

$$E_{ef} = E_t * C_{ef}$$

în care:

E_t – eroziunea totală (t/ha/an);

E_{sa} – eroziunea în suprafață (t/ha/an);

E_{al} – eroziunea prin alunecări (t/ha/an);

E_{ad} – eroziunea în adâncime (t/ha/an);

E_{ef} - eroziunea efluentă, respectiv cantitatea de sedimente (aluviuni) înregistrată la ieșirea dintr-un bazin hidrografic (t/ha/an);

C_{ef} – coeficientul de efluență aluvionară, adică raportul dintre eroziunea efluentă și eroziunea totală din bazin (0 – 1,0).

Mai întâi, *Moțoc M. (1983)* precizează că terenurile agricole situate pe pante mai mari de 5%, deci supuse eroziunii, ocupă 6,4 milioane hectare (42,6% din totalul național) iar panta medie a acestora are o valoare destul de ridicată, respectiv 18,2. Județele cu suprafețele cele mai întinse pe versanți cu pante mai mari de 5% și cu pante medii ridicate sunt următoarele: Bistrița-Năsăud, Cluj, Sălaj, Maramureș, Alba, Vâlcea, Mureș, Sibiu, Vaslui.

Eroziunea specifică totală de pe terenurile agricole din România variază între 32 și 41,5 t/ha/an, media ponderată pe țară fiind de 16,28 t/ha/an. O atenție deosebită a fost acordată diferențierii surselor de sedimente în raport cu contribuția folosințelor principale ale terenurilor și formelor de eroziune la formarea eroziunii totale (*Tabelele 4.5.1 și 4.5.2*).

Eroziunea totală în raport cu folosințele de teren (*Moțoc M., 1983*)

Folosința terenului	Eroziunea totală			
	milioane t/an	%		
Arabil	28,0	26,2	24,7	22,3
Pășuni	45,0	42,2	39,6	35,7
Plantații viticole	1,7	1,6	1,5	1,2
Plantații pomicole	2,1	2,0	1,8	1,7
Neproductiv sub forma de	29,8	28,0	26,4	23,6
Total fond agricol	106,6	100,0	-	-
Fond forestier – total	6,7	-	6,0	5,3
Total	113,3	-	100,0	-
Eroziunea în maluri de râuri și	12,7	-	-	10,2
Total	126,0	-	-	100,0

Din analiza acestor date rezultă că:

- Eroziunea totală la nivel național a fost evaluată la 126 milioane t/ha;

- Ponderea principală la formarea eroziunii totale revine terenurilor agricole (85%), dintre care se remarcă aportul pășunilor cu 45 milioane t/ha (ele ocupă terenurile cele mai degradate), arabilului cu 28 milioane t/an și terenurilor neproductive cu 29,8 milioane t/an;
- Dintre procesele de degradare, eroziunea în suprafață reprezintă contribuabilul major la formarea eroziunii totale, furnizând jumătate din aluviuni, după care urmează eroziunea în adâncime și alunecările de teren.

Tabelul 4.5.1

Tabelul 4.5.2

Diferențierea eroziunii totale pe formele de eroziune (Moțoc M., 1983)

Forma de eroziune	Eroziunea totală		
	milioane t/an	%	
Eroziunea în suprafață	61,8	54,5	49,0
Eroziunea în adâncime	29,8	26,4	23,6
Alunecări	15,0	13,1	11,9
Eroziunea în adâncime și alunecări în	6,7	6,0	5,3
Total	113,3	100,0	-
Eroziunea în maluri de râuri și localități	12,7	-	10,2
Total	126,0	-	100,0

Raportând cantitatea de aluviuni transportată de râurile din România, stabilită de *Diaconu C. et al. (1971)* de 44,5 milioane tone anual, la eroziunea totală de 126 milioane tone/an, rezultă un coeficient mediu de efluență aluvionară de 0,35 (*Moțoc M., 1983 și 1984*).

4.5.2. Pagubele provocate de eroziune

Degradarea terenurilor prin procesele de eroziune reprezintă o problemă importantă la scară mondială prin impactul asupra producției agricole și conservării mediului înconjurător. *Brown L. R. (1988)* apreciază că „epuizarea resurselor solului prin eroziune poate fi amenințarea cea mai serioasă pentru omenire, pe termen lung”. Deși eroziunea solului este un proces fizic, ea are numeroase consecințe economice. În ultimă instanță, ea afectează viața oamenilor deoarece când solul ajunge să fie secătuit, iar culturile nu mai dispun de factorii nutritivi necesari, se întâmplă, adesea, ca și oamenii să fie subnutriți (*Brown L. R., 1988*).

Eroziunea determină modificarea unor proprietăți ale solului, care contribuie la reducerea fertilității și, implicit, la scăderea producției agricole. Eroziunea solului provoacă dificultăți în exploatarea terenurilor și are un impact puternic asupra poluării mediului.

4.5.2.1. Modificarea proprietăților solului prin eroziune

Eroziunea intervine în procesul de formare a solului prin frânarea procesului de bioacumulare, determinând în același timp modificarea însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului.

Prin eroziune ajung la suprafață orizonturile inferioare ale solului care în numeroase cazuri au proprietăți fizice mai puțin favorabile decât orizontul cu humus. Cercetările efectuate în țara noastră au arătat că dintre proprietățile fizice se diferențiază în mod evident, în condiții de eroziune, densitatea aparentă și capacitatea de apă utilă.

La majoritatea solurilor erodate densitatea aparentă crește ceea ce indică o tasare mai puternică în raport cu cele neerodate. *Luca Al. (1971)* subliniază că valoarea capacității de apă utilă pe solurile erodate din Dobrogea și Moldova se reduce cu 10 – 30%.

Efectul conjugat al acestor modificări ale însușirilor fizice ale solurilor erodate se traduce în **înăutățirea regimului lor hidrologic**. Astfel, are loc reducerea infiltrației apei în sol și creșterea valorii coeficientului de scurgere, respectiv a raportului dintre apa scursă și cantitatea de precipitații care a provocat scurgerea lichidă. De reținut că, asemenea modificări în regimul hidrologic al solurilor erodate conduc la accentuarea deficitului de apă

pe terenurile deluroase. Această lipsă acută de apă din zonele mai intens degradate prin eroziune este definitorie pentru fenomenul de deșertificare secundară.

Pe solurile cu diferențiere texturală pe profil eroziunea poate contribui și la modificarea texturii orizontului arabil. Pe terenurile excesiv erodate, în funcție de natura substratului litologic, apar diferențieri texturale și mai puternice.

Proprietățile chimice ale solului variază pe versanți, în raport cu terenurile plane, în același sens ca și proprietățile fizice dar sunt modificate într-o măsură mai mare. Dintre proprietățile chimice sunt influențate mult următoarele: conținutul în humus, conținutul în azot hidrolizabil, conținutul în fosfor mobil și, uneori, conținutul în carbonat de calciu. La început, eroziunea afectează orizontul cu humus și pe măsură ce înaintează are loc o reducere a resurselor de humus, azot și fosfor asimilabil. În continuare, când eroziunea ajunge în orizonturile inferioare ritmul de scădere a conținutului în aceste elemente scade, însă, pe cernoziomuri, crește conținutul în carbonat de calciu.

Al. Luca (1971) ajunge la concluzia că, în funcție de starea de eroziune, valoarea indicatorilor chimici se reduce cu 60 – 80%. Astfel, s-a constatat că rezervele de humus s-au micșorat în medie cu 10%, în cazul erodării a 50% din orizontul A, cu 30% când eroziunea ajunge la baza orizontului A, cu 43% când se interceptează baza orizonturilor de trecere și cu 64% când solul s-a erodat până la orizontul C. Înrautățirea proprietăților chimice ale solurilor prin eroziune are ca urmare o **reducere a fertilității solurilor erodate**.

4.5.2.2. Eroziunea solului și mărimea recoltei la culturile agricole

Ceea ce este caracteristic pentru solurile erodate este nesiguranța producției de la un an la altul, aproape totul depinzând de repartiția precipitațiilor.

Reducerea fertilității solului prin eroziune determină scăderea producției și este cunoscut faptul că recoltele cele mai mici din țara noastră se obțin în zonele cu suprafețe mari de terenuri în pantă. Mărimea recoltelor este cel mai caracteristic indicator al fertilității solului și, de aceea, unii specialiști estimează intensitatea eroziunii după reducerea volumului recoltei în raport cu cea obținută pe terenurile neerodate. În cercetările efectuate în România s-a folosit ca plantă test grâul, deoarece se cultivă pe suprafețe mari pe terenurile în pantă și este mai sensibil decât porumbul la modificarea fertilității solului sub influența eroziunii.

Analizând rezultate obținute pe soluri cu stări diferite de eroziune, *Luca Al. (1971)* evidențiază că producția de grâu scade pe măsură ce eroziunea crește, însă în mod diferit, în funcție de modificarea proprietăților orizonturilor ajunse la suprafață prin eroziune. Astfel, în cazul solurilor de pădure, când eroziunea afectează suborizontul AB, producția scade doar cu 35%, în timp ce pe solurile cernoziomice reducerea este de 50 – 55% la aceeași adâncime. În medie, producția scade 20% când s-a erodat 50% din orizontul cu humus, cu 42% când eroziunea ajunge la baza orizontului A, cu 52% când s-au erodat orizonturile de trecere și cu 72% în orizontul C.

Moțoc M. (1983) apreciază că o creștere rapidă a pierderilor de recoltă se constată atunci când eroziunea afectează orizontul cu humus sau de tranziție dar, pe măsură ce eroziunea avansează, pierderile anuale de recoltă se reduc. Pe termen scurt pierderile de recoltă nu sunt mari, însă pe termen lung acestea devin foarte ridicate, deoarece sunt însumate pierderile din anii anteriori. Comportarea altor culturi agricole pe soluri erodate este diferită în raport cu grâul. În anii normali din punct de vedere climatic, vița de vie și porumbul asigură producții mai bune pe solurile erodate în comparație cu alte culturi. În anii foarte secetoși au loc scăderi foarte importante de producție și la aceste plante pe solurile puternic-excesiv erodate. Dintre plantele la care are loc o importantă scădere a producției pe solurile erodate menționăm inul, floarea-soarelui și orzul.

Deși scăderea producției pe solurile erodate este generală, totuși, prin lucrări agrotehnice corespunzătoare diferențele de producție între solurile erodate și cele neerodate se atenuează. Producțiile mici de pe terenurile erodate se datoresc nu numai fertilității reduse a acestor soluri ci și faptului că șiroaiele de apă pot dezgoli rădăcinile

plantelor, înrăutățindu-le astfel condițiile de existență sau pot să dizloce plantele (în special prășitoarele) reducând densitatea pe unitatea de suprafață.

4.5.2.3. Eroziunea și exploatarea terenurilor

Eroziunea solului provoacă mari dificultăți în folosirea terenurilor. În primul rând, eroziunea în suprafață aduce la zi orizonturile inferioare cu o textură mai grea sau roci tari, ceea ce constituie un mare dezavantaj în executarea lucrărilor solului (cresc consumurile de combustibil și cheltuielile). Greutățile se amplifică atunci când terenul este brăzdat de formațiuni ale eroziunii în adâncime. În afară de fragmentarea terenului în parcele mici, care face uneori imposibilă executarea corectă a lucrărilor mecanice pe contur, reține atenția faptul că eroziunea în adâncime determină pierderea unei suprafețe cultivabile de circa 2.300 ha anual. Dacă se adaugă și aportul alunecărilor se estimează că aceste procese scot din cultură în România aproximativ 5.000 ha anual (Moțoc M., 1983).

4.5.2.4. Impactul eroziunii asupra mediului

În afară de pagubele prezentate anterior, considerate efecte interne (*on-site*) ale eroziunii solului, care epuizează resursele locului-sursă, un impact deosebit asupra mediului înconjurător îl reprezintă și efectele din afara locului-sursă (*off-site*) care alterează calitatea unor resurse îndeosebi prin poluare.

În primul rând, se observă că pierderea unei cantități mai mari din precipitații prin scurgere contribuie la mărirea debitelor lichide ale rețelei hidrografice ducând la inundații de mari proporții. Apoi, o mare parte din materialul solid, transportat de scurgerea concentrată este depus pe luncile râurilor sau colmatează iazurile și lacurile de acumulare. Foarte caracteristice în ceea ce privește riscul mare la inundabilitatea și colmatarea luncilor sunt văile din sudul Podișului Moldovei (Filipescu M., 1950 și Hârjoabă I., 1968).

Apa scursă și solul evacuat suferă un grad variabil de poluare în funcție de condițiile existente în aria scursă. O parte din îngrășămintele și pesticidele administrate pe terenurile agricole sunt antrenate de scurgerea lichidă prin dizolvare sau sunt evacuate în aval. Cercetări riguroase, efectuate în Cordonul Porumbului din S.U.A. (Saxton E. K. et al., 1971, Haan C. T., 1970, etc.) și la parcelele de controlul scurgerilor de la Stațiunea Perieni-Bârlad, au scos în evidență că transportul prin intermediul sedimentelor deține ponderea principală (peste 80%) din furnizarea poluanților chimici. Dacă se are în vedere doar aluviunile în sine, atunci **în termeni de volum sedimentele sunt de departe cel mai mare poluant.**

Rezultă că, datorită eroziunii solului, pe de o parte, terenurile joase sunt inundate frecvent sau sunt acoperite cu material puțin fertil, transportat îndeosebi din ravene, iar pe de altă parte, terenurile mai înalte suferă din cauza lipsei de apă. Conservarea solului și apei pe terenurile deluroase reprezintă deci o luptă permanentă cu eroziunea solului, cu seceta și inundațiile.

4.5.3. Sezonul critic de eroziune în suprafață în Podișul Moldovei

Evenimentele pluviale care provoacă o reacție hidologică și erozională au o distribuție variabilă în timpul anului. De aceea, prezintă interes stabilirea sezonului critic de eroziune, atât în suprafață cât și în adâncime, respectiv a intervalului de timp caracterizat printr-un risc erozional ridicat.

Pentru atingerea obiectivului menționat anterior, în cazul **eroziunii în suprafață**, la Stațiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni-Bârlad, județul Vaslui, începând din 1970, s-au efectuat observații și determinări într-un dispozitiv experimental situat pe versantul stâng al Văii Țarinei din Colinele Tutovei. Versantul respectiv are o înclinare de 12%, expoziție vestică și este acoperit de un sol de tipul cernoziomului cambic, lutos, slab erodat. Metoda de determinare este cea a parcelelor de controlul scurgerilor cu suprafața de 100 mp (25 m lungime x 4 m lățime) sau 150 mp (37,5m x 4m). Izolarea parcelelor de aportul din afară se poate face prin digulețe de pământ sau pereți metalici cu înălțimea de 20-25 cm. Măsurarea cantității de amestec, de apă scursă și sol erodat, s-a făcut prin metoda volumetrică, folosindu-se bazine de decantare prevăzute cu dispozitive de fracționare, de tipul divizoarelor simple fără

contractie laterală. Cele 8-10 parcele de la Perieni au fost cultivate în rotație cu diferite culturi: mazăre/fasole, grâu, porumb, obsigă și in pentru ulei. Ca variantă martor s-a ales ogorul negru permanent, deoarece acesta oferă condiții asemănătoare la impactul picăturilor de ploaie. Precipitațiile zilnice din sezonul cald s-au înregistrat în imediata vecinătate a dispozitivului experimental.

Anterior, date privind procesele de eroziune în suprafață din Podișul Bârladului au fost publicate de: *Popa A. (1971, 1977), Stănescu P. (1979), Moțoc M., Ouatu O. (1977, 1985), Moțoc M., Ioniță I. (1983), Popa A. et al. (1984), Ioniță I., Ouatu O. (1985, 1990), Ioniță I. (1998), Moțoc M., Ioniță I., Nistor D. (1998), Ioniță I. (2000), Ioniță I. et al. (2006), etc.*

Valoarea medie anuală a precipitațiilor pe o perioadă de 30 de ani (1970-1999) la parcelele de controlul scurgerilor din Valea Țarinei Perieni a fost de 504,3 mm. Din analiza tabelului nr. 4.5.3 se constată că, anual, au produs scurgere lichidă și solidă 133,5 mm la varianta martor, ogor negru permanent (cu maximul lunar în iulie, când se înregistrează cele mai numeroase averse) și 93,5 mm la porumb (cu maximul lunar în iunie, sincron cu maximul pluviometric).

Tabelul 4.5.3.
Precipitațiile medii lunare (mm) care au provocat scurgere lichidă și eroziune la Perieni în perioada 1970-1999 (Ioniță I., 2000, 2006, 2007)

Parcela	Precipitațiile medii lunare, mm						Anual, mm
	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Ogor	8,2	36,6	41,8	28,3	13,2	5,4	133,5
Porumb	6,2	28,0	26,7	20,4	9,8	2,4	93,5

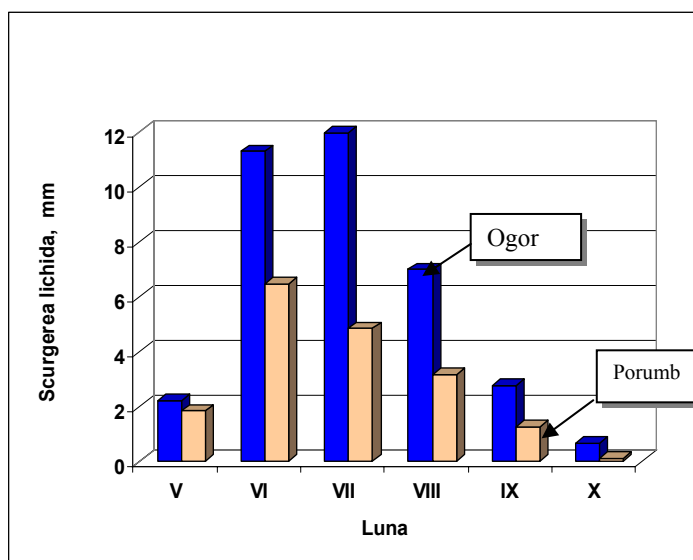


Fig. 4.5.2. Scurgere lichidă lunară și anuală (mm) la ogorul negru și la porumb, la Perieni – Bârlad, în perioada 1970-1999 (Ioniță I., 2000, 2006)

Din analiza acestor date rezultă că, la ogor riscul hidrologic cel mai mare apare în luna iulie cu 11,99 mm (32,9 % din totalul anual) și în iunie cu 11,32 mm (31,0 % din total). La porumb, condițiile de risc maxim se înregistrează în luna iunie cu 6,48 mm (36,6 % din totalul anual) după care urmează luna iulie cu 4,84 mm (27,3 % din total). De asemenea, prezintă interes mărimea riscului erozional. Astfel, s-a calculat că riscul erozional maxim se semnalează la ogor în luna iulie cu 12,8 t/ha (38,7 % din totalul anual) și iunie cu 10,7 t/ha (32,4 % din total), iar la porumb în luna iunie când se înregistrează 3,64 t/ha (47 % din totalul anual) și iulie cu 1,8 t/ha (22,8 % din total). De subliniat faptul că, cernoziomul cambic de la Stațiunea Perieni-Bârlad se caracterizează printr-o rezistență mare la eroziune ceea ce explică valoarea medie anuală, redusă de 7,74 t/ha a eroziunii solului. De aceea, **pe solurile de pădure puternic erodate** a căror erodabilitate este dublă, pe terenuri cu înclinare asemănătoare, **valoarea eroziunii medii anuale oscilează în jur de 15-16 t/ha.**

Ca atare, în Colinele Tutovei, 63-64 % din riscul hidrologic anual la ogor se consemnează în lunile iulie-iunie, iar la porumb în lunile iunie-iulie. În schimb, riscul erozional pentru cele două folosințe, pe același interval de timp, deține o pondere de 70-71 %. Pentru a preciza mai clar sezonul critic de eroziune în suprafață ne-am oprit la datele din anul 1980 deoarece două grupe de ploi cu caracteristici apropiate, care au determinat eroziuni apreciabile, pot să servească la formularea unor concluzii utile (Tabelul 4.5.4).

Tabelul 4.5.4.

Parametrii scurzeii și eroziunii în suprafață la ploile succesive din vara anului 1980
(Moțoc M., Ioniță I., 1983)

De

Nr crt.	Aversa		Cultura	Coeficientul de scurgere	Eroziunea (t/ha)
	Data	Cantitatea (mm)			
1	10 iunie 1980	31,3	Ogor	0,25	6,35
			Porumb	0,19	1,96
			Grâu	0,09	0,24
2	11 iunie 1980	16,8	Ogor	0,71	20,10
			Porumb	0,52	5,05
			Grâu	0,25	0,59
3	22 iulie 1980	32,3	Ogor	0,16	5,15
			Porumb	0,01	0,02
			Grâu	-	-
4	24 iulie 1980	24,0	Ogor	0,59	16,16
			Porumb	0,15	0,35
			Grâu	0,02	0,02

menționat faptul că, la aversele din iunie 1980, porumbul avea o înălțime de 11 cm, iar la ploile din iulie era înspicat și avea 160 cm înălțime. Din analiza datelor din acest tabel rezultă că:

- Influența plantelor cultivate asupra scurgerii și eroziunii este evidentă și diferă în raport cu specia și stadiul de vegetație;
- Ploile succesive din 11 iunie și 24 iulie 1980, deși au reprezentat 52-67 % din cantitatea aversele anterioare, au determinat o triplare a scurgerii lichide și a eroziunii în suprafață;
- Porumbul odată înspicat și bine dezvoltat oferă o protecție satisfăcătoare solului la eroziune.

Prin urmare, pe baza datelor de lungă durată de la parcelele de controlul scurgerilor din Valea Țarinei, Podișul Bârladului, se poate aprecia că sezonul critic de eroziune în suprafață la prășitoare cuprinde două luni, respectiv intervalul 15-20 mai – 15-20 iulie. Această constatare nu exclude înregistrarea unor evenimente pluviale, hidrologice și erozionale deosebite în afara sezonului critic, dar incidența lor este redusă și de mai mică importanță pe termen lung.

Relevarea ciclurilor de eroziune s-a făcut cu ajutorul mediei mobile pe grupe de trei ani (M. Moțoc et al., 1998). Figura nr. 4.5.3 ilustrează variația mediei mobile a eroziunii la ogor pentru perioada de 30 ani (1970-1999) când se pun în evidență trei vârfuri cu eroziune puternică în 1975, 1987-1988 și 1999 (M. Moțoc și I. Ioniță, 1995 și I. Ioniță, 2000). Ele separă și individualizează două grupe de ani cu eroziune mai redusă: un ciclu cu valori minime în perioada 1978-1986 și celălalt cu valori moderate în anii '90.

Durata ciclurilor cu eroziune minimă indică potențialul de refacere a fertilității solului prin intervenții tehnologice, iar durata și mărimea perioadelor cu eroziune intensă potențialul de reducere a fertilității solului.

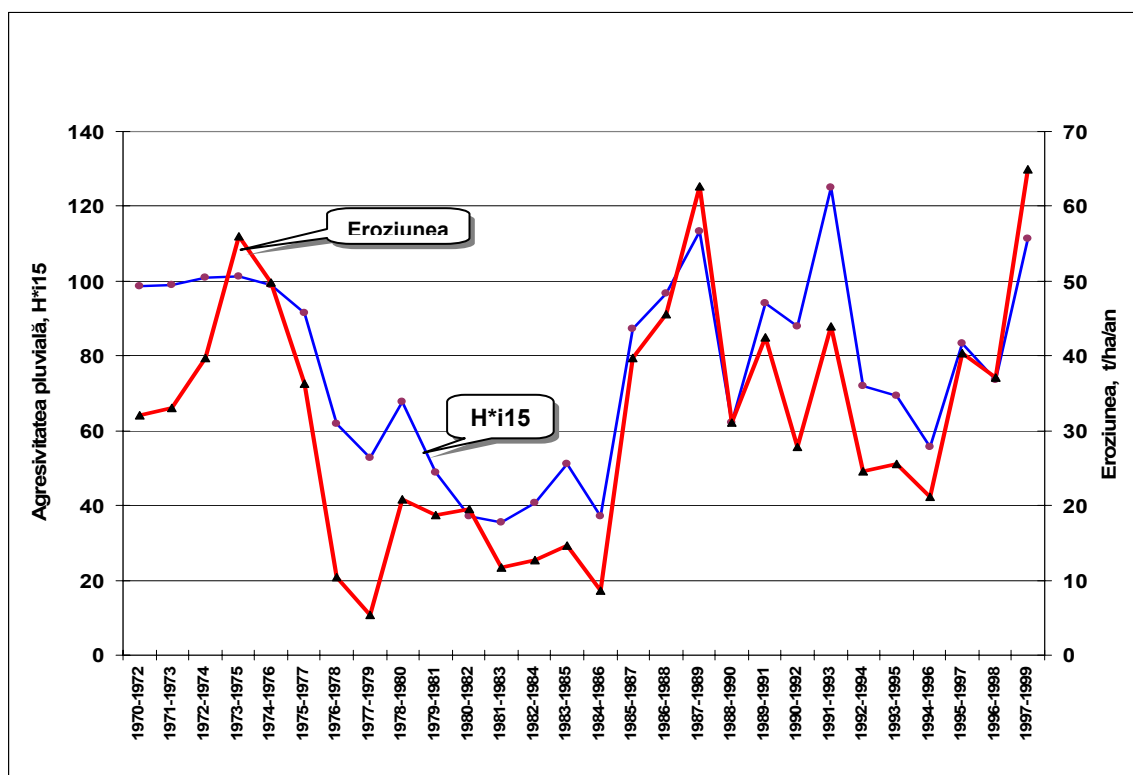


Fig. 4.5.3. Media mobilă pe trei ani pentru agresivitatea pluvială H_{i15} și eroziunea la ogor

4.5.4. Considerații privind impactul sistemelor de agricultură asupra eroziunii solului

În afară de influența culturilor agricole asupra scurgerii lichide și a pierderilor de sol, estimarea impactului sistemelor de agricultură prezintă un interes deosebit. Informațiile din literatura de specialitate din țară și din străinătate subliniază faptul că prin adoptarea pe scară largă a sistemului rațional de agricultură pe contur (care constă în combinarea unor sisteme consacrate de cultură, precum cele cu fâșii, cu benzi înierbate sau cu terase) pe terenurile arabile erodate se pot obține producții comparabile cu cele din zona de câmpie

Acest obiectiv se bazează pe implementarea de lucrări tehnice și agrotehnice antierozionale care contribuie decisiv, prin conservarea solului și apei, la coborârea pierderilor de sol erodat sub limita anuală admisibilă (tolerabilă). ***O constatare extrem de importantă a fost aceea că, în raport cu sistemul de agricultură pe contur, pierderile de apă și sol se triplează când terenul se lucrează pe direcția deal-vale.*** Aplicarea măsurilor și lucrărilor antierozionale conduce pe termen lung la îmbunătățirea considerabilă a mediului înconjurător. De subliniat faptul că în România, înainte de 1990, din terenurile agricole cu potențial de eroziune (6,4 milioane de hectare), doar 2,1 milioane ha erau echipate satisfăcător cu lucrări de amenajare antierozională. Foarte importante însă au fost schimbările survenite în modul de exploatare a terenurilor agricole după 1990.

În primul rând se subliniază efectul nefavorabil datorat exploatării defectuoase a terenurilor sub formă de parcele mici, orientate pe direcția deal-vale. Problema cea mai dificilă în extinderea lucrărilor antierozionale este legată de impactul celor două prevederi nefavorabile ale Legii Fondului Funciar nr. 18/1991. Conform primei prevederi punerea în posesie trebuie să se facă „de regulă” pe vechile amplasamente, deci pe direcția deal-vale. Cea de a doua prevedere stipulează dreptul de succesiune până la gradul al IV-lea de rudenie, ceea ce a dus la fărâmițarea fondului funciar. De aici, a rezultat un număr impresionant de cca 48 de milioane de parcele, ceea ce înseamnă că avem de-a face cu un număr dublu de parcele în raport cu perioada antebelică. În asemenea condiții, prin aplicarea „ad literam” a prevederilor Legii nr. 18/1991 s-a extins pe scară largă sistemul

tradițional, clasic, de agricultură de subzistență. Astfel, s-a creat un cadru foarte favorabil pentru înregistrarea pe decupaje variabile a unor rate de eroziune deosebite, proces care este acompaniat de sedimentarea pronunțată pe fundul văilor sau în lacurile de acumulare.

În perioada 05-12 septembrie 2007, în sudul Podișului Moldovei și nord-estul Câmpiei Române, s-au înregistrat o serie de averse dintre care se detașează cea din prima zi, când într-un interval de 10 ore au căzut până la 237,7 mm. În celelalte zile, cantitatea de precipitații nu a depășit 30 mm în 24 de ore. Ploaia torențială din 05 septembrie 2007 a determinat o reacție hidrologică semnificativă pe decupaje de mărime variabilă, consemnată de inundații importante. În schimb, pe fondul gradului satisfăcător de acoperire a solului cu vegetație, reacția erozională a fost punctuală fiind strâns dependentă de scurgerea lichidă concentrată.

Datele de teren au permis diferențierea a două tipuri de efecte asupra mediului înconjurător, și anume: efecte cumulative, a căror incidență a fost pregătită pe o perioadă îndelungată de timp și efecte momentane, accidentale. De reținut faptul că, activitatea umană a contribuit deseori decisiv în nuanțarea acestor efecte. În mod surprinzător, s-a constatat că efectele accidentale au afectat unitățile agricole, obișnuite cu respectarea tehnologiilor de cultură. Valoarea dublă a debitului specific din valea lui Ilie (7,20 mc/s/100 ha la aversă de 130,0 mm) în raport cu celelalte bazine vecine, mici, situate în Colinele Tutovei la sud de Bârlad, se explică prin renunțarea aproape integrală la sistemul de cultură în fâșii în dauna sistemului simplu de cultivare pe contur.

O situație asemănătoare s-a consemnat și pe versantul drept al Pereschivului Mic, la ferma Coroiești, unde s-au înregistrat 185 mm de precipitații. Astfel, riscul hidrologic și erozional a fost nesemnificativ în arealul organizat sub formă de culturii în fâșii și foarte semnificativ în arealul cultivat pe contur, dar semănat integral cu rapiță.

Pe de altă parte, subliniem că pe plan mondial, în special în SUA și America de Sud au luat o extindere considerabilă sistemele de lucrări conservative ale solului (*Conservation tillage*), respectiv lucrările solului care lasă cantități maxime de resturi vegetale la suprafață și creează cel mai bun mediu posibil pentru dezvoltarea unei noi culturi agricole. Dintre avantajele lor se menționează: conservarea umidității solului, reducerea pierderile de sol erodat, reducerea costurile de producție, nivele de producție compatibile cu cele din sistemele convenționale, etc.

La noi în țară, la nivel experimental au existat asemenea preocupări cu rezultate notabile, dar extinderea lor în producție a lăsat de dorit. Conservatorismul și dezinteresul pentru procurarea de echipamente adecvate au fost cauzele principale ale fermierilor în adoptarea acestor lucrări pe scară mai largă.

4.6. REZULTATE PARTIALE PRIVIND INFLUENTA ELEMENTELOR TEHNOLOGICE ASUPRA INSUSIRILOR SOLULUI

În vederea atingerii obiectivelor propuse în acest proiect cercetările se vor efectua în 2 locații : Stațiune Didactică aparținând USAMV IASI – Ferma Ezăreni și SCDA Podu-Iloaiei.

4.6.1. Factorii experimentali

Ferma Ezăreni aparține Stațiunii Didactice a Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Iași și se află situată la 2,5 km S-V de orașul Iași, în extremitatea sud-vestică a Câmpiei Moldovei, cunoscută sub denumirea de "Câmpia Jijiei inferioare și Bahluiului", făcând parte din Podișul Central Moldovenesc. Acest podiș ocupă o suprafață de 25000 km² și este considerat ca fiind cel mai întins și mai reprezentativ podiș al României. În general este cuprins între Obcinele Bucovinei, Subcarpații Moldovei, nord-estul Câmpiei Române, valea Prutului și cea a Dunării. Față de unitățile vecine limitele nu sunt mereu distinct tranșate și, pe alocuri, îndeosebi spre trecerea la Câmpia Română se intercalează subunități cu trăsături de tranziție. Din punct de vedere al așezării geografice, ferma Ezăreni se încadrează între coordonatele 47°5'- 47°10' latitudine nordică și 27°28'- 27°33' longitudine estică.

Statiunea de Cercetari Agricole Podu-Iloaiei este situata in compartimentul de sud la Campiei Moldovei, depresiunea Jijia –Bahlui. Principalele forme de relief se caracterizeaza prin platouri cu o altitudine medie cuprinsa intre 130-150 m, cea mai mare cota atingind 160m.

4.6.1.1. Campul experimental Ezăreni

Experiențele realizate în cadrul Stațiunii Didactice aparținând USAMV IASI – Ferma Ezăreni, s-au realizat pe un teren ce se caracterizează printr-o panta de 3-4 %, sol de tip cernoziom cambic mezocalcaric regradat, cu un pH slab acid, textură luto-argiloasă, format pe depozite loessoide, mijlociu aprovizionat în N și P_2O_5 și bine în K_2O . Experiența s-a amplasat după metoda „parcelor subdivizate”, în 3 repetiții, fiind polifactorială, de tipul AxBxC. Suprafața unei parcele este de 60 m². În studiu s-au luat următorii trei factori:

Factor A: Lucrările solului:

Neconvențional

a1 – lucrat numai cu grapa cu discuri

a2 – paraplow

a3 – lucrat cu cizel + freza cu rotoiri verticali (FRV)

Convențional

a4 – arat la adâncimea de 20 cm

a5 – arat la adâncimea de 30 cm

Factor B: Doze de îngrășămintă (kg s.a./ha):

Soia

b1 – $N_{80}P_{80}$

b2 – nefertilizat

Grâu

b1 – $N_{80}P_{80}$

b2 – nefertilizat

Porumb

b1 – $N_{80}P_{80}$

b2 – nefertilizat

Factor C: Planta cultivată:

c1 – soia

c2 – grâu

c3 – porumb

4.6.1.2. Campul experimental Podu-Iloaiei

Cercetările efectuate din anul 1986, la S.C.D.A. Podu-Iloaiei, Iasi, au urmărit influența diferitelor metode de lucrare a solului asupra producției și a însușirilor fizice și chimice ale solului. Experiențele au fost amplasate după metoda parcelor subdivizate, în 4 repetiții, pe un sol de tipul cernoziom cambic tipic, cu textură luto-argiloasă, cu un conținut mediu de humus (3.3 %), cu o reacție slab acidă și cu o asigurare mijlocie în elemente minerale. Cernoziomul cambic tipic, de la Podu-Iloaiei, a fost format pe un lut loessoid, are un conținut moderat de humus (3.1 - 3.3 %), este bine aprovizionat cu potasiu mobil (215-285 ppm) și mijlociu în fosfor (28-35 ppm) și azot (0.150 - 0.165%). Solul are un conținut ridicat de argilă (39 – 42 %) fapt pentru care se lucrează destul de greu atunci când umiditatea solului se apropie de coeficientul de ofilire (12.2%). Experiența este amplasată într-un asolament de trei ani (soia-grâu-porumb), fiecare cultură este amplasată în cinci sisteme de lucrare a solului, fiecare cu cinci variante de fertilizare minerală, organică și cu resturi vegetale de soia, grâu și porumb, tocate și aplicate la fiecare cultură în toamnă. Culturile de soia, grâu și porumb s-au amplasat în următoarele condiții de lucrare a solului: arat la 20 cm adâncime, arat la 30 cm, aratură fără întoarcerea brazdei cu cizelul și paraplowul și varianta un an arat, un an discuit. La cultura soiei s-au experimentat dozele de N_0P_0 , $N_{60}P_{60}$, $N_{90}P_{60}$, $N_{60}P_{60} + 6$ t/ha coceni porumb, $N_{60}P_{60} + 30$ t/ha gunoi iar la culturile de grâu și porumb N_0P_0 , $N_{100}P_{80}$, $N_{140}P_{80}$, $N_{80}P_{80} + 6$ t/ha paie grâu pentru porumb și $N_{80}P_{80} + 3$ t/ha vreji soia pentru grâu și $N_{80}P_{80} + 30$ t/ha gunoi. La cultura grâului s-a folosit soiul Gabriela, la porumb hibridul Podu-Iloaiei 110 iar la soia soiul Monsanto. Analizele fizice și chimice la probele de sol s-au efectuat după metodele consacrate, stabilite de I.C.P.A. București, care sunt practicate de toate laboratoarele de agrochimie din țară.

4.6.2. Metoda de cercetare, parametri si determinarile efectuate

Lucrarile de baza ale solului s-au executat imediat dupa recoltarea plantei premergatoare, cele cinci variante experimentale stabilite la Ferma Ezareni, fiind: V_1 lucrat cu grapa cu discuri GD 3.2 + U 650, realizându-se mobilizarea stratului de sol pe adâncimea de 12 cm, V_2 lucrat cu plugul paraplow + U 650 pe adâncimea de 22-25 cm, V_3 lucrarea solului cu cizelul în agregat cu tractorul U 650 la o adâncime de 22-25 cm, V_4 arat la 20 cm, V_5 arat la 30 cm, ultimele două variante realizare cu PP3-30 +U 650. Până în toamnă terenul s-a menținut curat de buruieni prin două treceri cu GD-3,2 + U650. În toamnă, patul germinativ pentru însămânțarea grâului s-a pregătit în preziua semănatului folosind combinatorul, concomitent administrându-se 1/3 din îngrășămintele cu azot și toată doza de fosfor prevăzută, utilizându-se fosfat monoamoniacal (AMOFOS 12:52), restul s-a administrat pe vegetație sub formă de azotat de amoniu. Semănatul s-a executat cu SUP-29+U650 cu o normă de 280 kg/ha sămânță din soiul Fundulea 4. După răsărirea plantelor și pe toată perioada de vegetație se vor face observații și notări cu privire la: data răsăritului, aprecierea răsăritului, starea culturii înainte de intrarea în iarnă, starea culturii la desprindere, evoluția culturilor pe fazele specifice de vegetație, densitate, uniformitate, data maturării. În vederea atingerii obiectivelor propuse pentru acest studiu și pentru a evidenția influența sistemelor convenționale și neconvenționale de lucrare a solului asupra însușirilor acestuia se vor preleva probe pe diferite stadii de vegetație, acordându-se o atenție deosebită modului și momentului în care s-a făcut recoltarea probelor de sol.

Pentru determinarea densității aparente, a gradului de tasare, a categoriile de porozitate și diferiți indici hidrofizici ai solului s-au prelevat la semănat, de pe fiecare variantă de lucrare probe de sol în așezare naturală cu cilindrii metalici de 100 cm³, pe următoarele adâncimi: 0-10, 10-20 și 20-30 la toate cele trei plante din cadrul asolamentului.

Pentru studiile efectuate ce relevă influența sistemelor de lucrare asupra structurii solului s-au recoltat probe medii în așezare modificată din 10 în 10 cm până la adâncimea de 30 cm, folosind setul de sonde Eijkelkamp.

Determinare rezistenței la penetrare se va realiza folosind penetrologgerul Eijkelkamp. Determinările se efectuează până la adâncimea de 50 cm, folosind un con cu unghiul de 30° și arie 1 cm², lucrându-se în câte 10 repetiții pentru fiecare parcelă. Datele se descărcă direct pe computer. În paralel se prelevează pe aceeași adâncime și probe de sol pentru a determina gravimetric umiditatea solului și electronic folosindu-se umidometrul Trime FM-3.

Probele de sol pentru analizele agrochimice au fost recoltate la începutul experimentărilor, din toate variantele, până la adâncimea de 30 cm (din 10 în 10 cm) și pe profil până la 170 cm. La finalul perioadei de experimentare se va repeta operațiunea de prelevare a probelor până la adâncimea de 30 cm, pentru a determina influența lucrărilor convenționale și neconvenționale și a celor executate în cursul perioadei de vegetație asupra repartiției pe profil a macroelementelor fertilizante. Pentru constituirea unei probe medii de sol au fost recoltate cel puțin 25 de probe individuale, distribuite sistematic pe suprafața de recoltat.

Analize fizice:

Din probele de sol recoltate în așezare naturală în cilindrii metalici de 100 cm³ s-a determinat *densitatea aparentă* a solului atât la umiditate momentană cât și în stare uscată conform metodologiei ICPA. Pe aceleași tip de probe s-a determinat și *capacitatea capilară și totală pentru apă a solului*.

O serie de însușiri fizice și hidrofizice au fost estimate pe cale indirectă pe baza unor formule de calcul și a datelor primare corespunzătoare.

În studiul de față pentru estimarea unor indicatori hidrofizici am utilizat formulele propuse de Canarache A. (1998), care se bazează în principal pe conținutul solului în argilă și humus.

- *Coeficientului de ofilire (CO):*

$$CO = 0,3 + 0,2805A + 0,0009645A^2 - 0,003CaCO_3 + 0,714H + 0,003255Ctss \text{ (% g/g)}$$

- Capacitatea de câmp (CC):

$$CC = 2,65 + 1,105A - 0,01896A^2 + 0,0001678A^3 + 15,12DA - 6,745DA^2 - 0,1975A \cdot DA \text{ (% g/g)}$$

- Capacitatea de apă utilă (CU):

$$CU = 2,65 + 0,8245A - 0,01800A^2 + 0,0001678A^3 + 15,12DA - 6,745DA^2 - 0,1975A \cdot DA \text{ (% g/g)}$$

Calculul *porozității totale* și a celor trei componente ale porozității totale, s-a făcut folosind valorile primare ale densității (D), densității aparente a solului (DA) și indicii hidrofizici (după Canarache A., 1990).

- Porozitatea totală (PT):

$$PT = \left(1 - \frac{DA}{D}\right) \cdot 100 \text{ (% v/v)}$$

- Porozitatea de aerație (PA):

$$PA = PT - CC \cdot DA \text{ (% v/v)}$$

- Porozitatea utilă (PU):

$$PU = (CC - CO) \cdot DA = CU \cdot DA \text{ (% v/v)}$$

- Porozitatea inactivă (PI):

$$PI = CO \cdot DA \text{ (% v/v)}$$

Gradul de tasare a fost calculat cu formulele propuse de Stângă (1978) (citată de Canarache A., 1990).

$$GT = \frac{PMN - PT}{PMN} \cdot 100$$

unde: GT este gradul de tasare (% v/v)

PMN – porozitatea minim necesară (% v/v)

$$PMN = 45 + 0,163A$$

PT – porozitatea totală (% v/v)

A – conținutul în argilă cu diametrul mai mic de 0.002 mm (% g/g)

Analiza *distribuției și stabilității hidrice a macroagregatelor structurale* s-a efectuat conform metodei Tiulin-Ericson. Gradul de hidrostabilitate macrostructurală (agregate >0.25mm) a fost determinat după o metodă propusă de Kemper și Rosenau (1986) iar o serie de indicatori s-au determinat prin calcul:

Diametrul mediu ponderat (DMP) (după Van Bavel, citat de Canarache A., 1990):

$$DMP = \frac{\sum (p_i \cdot d_i)}{100} \text{ (mm)}$$

unde: p_i – conținutul procentual al fiecărei clase de elemente structurale (%g/g);

d_i – diametrul mediu al fiecărei clase de elemente structurale (mm).

Indicii de calitate ai structurii (după Chiriță, 1955, citat de Canarache, A., 1990):

$$I_1 = \frac{el.str.hidro.st.pest.2.mm.diam.}{el.str.hidro.st.cu.diam.2 - 0,5.mm.}$$

$$I_2 = \frac{el.str.hidro.st.cu.diam.2 - 1.mm.}{el.str.hidro.st.sub.1.mm.}$$

Indicele de agregare și curba cumulativă a alcătuirii structurale (Chiriță, 1955, citat de Onisie T. și colab, 1991).

$$I_a = \frac{c \cdot s}{100}$$

unde: c - % total de agregate cu diametrul de 0,25-10 mm;

s - % de agregate stabile

Analize chimice:

Din probele de sol, în așezare modificată recoltate din profile principale de sol s-au executat următoarele analize chimice:

- *pH-ul*: potențiomtric, cu electrod combinat de sticlă și calomel, în suspensie apoasă la raportul sol/apă de 1/2,5.
- *Humusul*: prin oxidare umedă după Walkely-Black în modificarea Gogoasă.
- *Carbonații alcalino-pământoși*: prin metoda gazovolumetrică Scheibler.
- *Azot total*: prin metoda Kjeldahl cu dezagregare cu H₂SO₄ la 350⁰ C, catalizator sulfat de potasiu și sulfat de cupru;
- *Fosforul mobil*: prin extracție în soluția acetat lactat de amoniu (P-AL) și varianta de dozare prin reducere cu amestec de clorură stanoasă și acid ascorbic, după Nikolov.
- *Potasiul mobil*: prin extracția în soluția acetat lactat de amoniu (P-AL) după metoda Egner-Riehm-Domingo și dozare prin fotometrie cu flacăra.

Prin dozarea probelor medii de sol recoltate cu sonda agrochimică pe adâncimile 0-10, 10-20 m și 20-30 cm, s-au determinat: conținutul de humus, azot total, fosfor mobil, potasiu mobil, pH-ul în extract apos, aciditatea hidrolitică, suma bazelor schimbabile, gradul de saturație în baze, raportul C/N, indicele de azot, rezerva de humus pe profil.

- *Suma bazelor schimbabile* (SB): metoda Kappen, extracția cationilor bazici cu soluția de HCl 0,1 n.

Aciditatea hidrolitică (Ah): prin metoda Kappen, printr-o singură extracție la echilibru, raportul sol soluție extractantă 1: 2,5 cu o soluție de acetat de sodiu (1N) tamponată la pH 8,3.

Gradul de saturație în baze (V%) s-a calculat după formula:

$$V_{Ah} \% = \frac{SB}{SB + Ah} * 100$$

Raportul C/N s-a determinat prin calcul, după formula:

$$12C/14N$$

Conținutul *C organic* s-a calculat prin demultiplicarea conținutului de humus cu 1,724.

Indicele de azot (I.N.) s-a estimat pe baza valorii conținutului de humus corelată cu valoarea gradului de saturație în baze după formula:

$$IN = Humus\% \cdot \frac{V}{100}$$

Rezerva de humus pe profil s-a determinat prin formula:

$$Humus(t / ha) = \frac{10000 \cdot h \cdot Da \cdot humus(\%)}{100}$$

4.6.3. Rezultate parțiale

4.6.3.1. Rezultate obținute la Ferma Ezareni

Caracterizare solului din câmpul experimental

Pentru caracterizarea solului s-a executat un profil de sol în zona câmpului, la începutul experimentărilor, în anul 2005. Descrierea morfologică a profilului de sol s-a făcut pe baza indicatorilor pedomorfologici prezentați în metodologia elaborării studiilor pedologice (vol. III, I.C.P.A., 1987). În urma descrierii morfologice, solul a fost diagnosticat ca cernoziom cambic mezocalcaric regradat, adâncimea de apariție a carbonatului de calciu fiind de 78 cm. Cernoziomul cambic are o textură „lut argilos” reacția slab acida până la slab alcalină, este un sol cu volum edafic util mare și cu regim aerohidric bun. Solul este relativ afânat exceptând stratul subarabil unde se prezintă slab tasat.

Tasarea slabă spre moderată a solului de pe treapta de adâncime 19 – 28 cm este evidențiată prin structura poliedrică angulară și prin distribuția neuniformă a rădăcinilor care sunt localizate preferențial pe fețele elementelor structurale. Efectul negativ al tasării solului este parțial compensat de o rețea deasă de rădăcini fasciculate și de activitatea mezofaunei solurilor. Galeriile rezultate (cervotocine) măresc permeabilitatea solului și favorizează infiltrarea mai rapidă a apei.

Solul a evoluat atât sub influența vegetației forestiere cât și a celor de fâneață și cultivate. Grosimea mai mică a orizontului humifer cu circa 15 cm față de cernoziomurile cambice zonale și prezența cornevinelor atestă evoluția polifazică a acestor soluri (Filipov F., 2007).

Datele obținute, arată că este vorba de o morfologie de tipul Ap, Atp, Am, AB, Bv1, Bv2, Bv3k Cca1, Cca2, II Ck. Prin analizele și observațiile care s-au efectuat s-a pus în evidență caracteristicile morfologice ale solului pe care s-au efectuat experiențele

I Ap 0-19 cm; lut argilos; brun cenușiu foarte închis (10YR 3/2); glomerulară medie; frecvente macropori fini și medii; cervotocine rare; rădăcini frecvente, nu face efervescența cu acid clorhidric; trecere clară.

Atp 19-25 cm; lut argilos; brun foarte închis (10YR 2/2); structura poliedrică angulară mare; moderat compact; distribuția rădăcinilor neuniformă, preferențial pe fețele elementelor structurale; cervotocine rare; nu face efervescența cu acid clorhidric; trecere clară, ondulată.

Am 25-32 cm; lut argilos; brun foarte închis (10YR 2/2); structura glomerulară mare; rădăcini frecvente distribuite relativ uniform atât pe fețele elementelor structurale cât și în interiorul agregatelor structurale; nu face efervescența cu acid clorhidric; cervotocine rare; trecere treptată.

AB 32-40 cm; lut argilos; brun gălbui închis (10YR 3/4); structura columnoid prismatică; rădăcini frecvente în interiorul și preferențial pe suprafața elementelor structurale; cervotocine rare; nu face efervescența cu acid clorhidric; distribuția humusului uniform descrescândă; trecere treptată.

Bv1 40-51 cm; lut argilos; brun gălbui închis (10YR 4/4) structura columnoid prismatică medie; slab-moderat compact; distribuția rădăcinilor preferențial pe fețele elementelor structurale; melanocornevine rare; nu face efervescența cu acid clorhidric; trecere difuză.

Bv2 51- 78 cm; lut argilos; brun gălbui închis (10YR 4/4) structura columnoid prismatică medie; slab-moderat compact; distribuția rădăcinilor preferențial pe fețele elementelor structurale; melanocornevine rare; nu face efervescența cu acid clorhidric; trecere difuză.

Bv3k 78-90 cm; lut argilos; brun gălbui (10YR 5/4); structura columnoid prismatică medie; slab-moderat compact; rădăcini rare distribuite preferențial pe fețele elementelor structurale; melanocornevine rare; efervescența moderată spre puternică; eflorescențe și pseudomicelii de CaCO_3 ; trecere treptată.

Cca1 92-108 cm; lut mediu; galben brunu (10YR 6/6); structura masivă; efervescența foarte puternică cu acid clorhidric; rădăcini foarte rare; trecere difuză.

Cca2 108-138 cm; lut mediu; galben brunu (10YR 6/6); structura masivă; efervescența foarte puternică cu acid clorhidric; eflorescențe, pete și vinișoare frecvente de carbonat de calciu; rădăcini foarte rare; trecere difuză.

II Ck 138-160 cm; lut mediu; galben brunu (10YR 6/6); structura masivă; efervescența foarte puternică cu acid clorhidric; concrețiuni și păpuși de loess frecvente de carbonat de calciu.

Analizele chimice. au dus la obținerea datelor prezentate în *tabelul 6.1*. Analiza acestor valori ne indică faptul că solul pe care s-a executat experiența se caracterizează printr-un pH neutru – ușor acid în stratul lucrat de la suprafața solului, cu valori cuprinse între 6.68 – 7.01 unități pH. Pe intervalul 40-170 cm valorile pH-ului sunt cuprinse între limitele 7.12-8.19. Conținutul solului în humus are valori maxime pe orizontul 0-30 cm (2,40%) scăzând sub 0.5% la adâncimi mai mari de 50 cm. Analiza azotului total din sol (N_t) semnalează o aprovizionare „medie”, conform scării propuse de Rusu M. (2005), pe orizontul 0-30 cm (1.78 %) și o aprovizionare slabă în acest element pe orizontul Am (0.104%). În ceea ce privește conținutul solului în P mobil (*tab. 6.1*), orizontul Ap (0-20 cm) are o aprovizionare „bună” (26 ppm), valorile scăzând pe adâncime, atingându-se un minim pe intervalul 40-56 cm (2.70 ppm), valoare caracterizată ca fiind „foarte slabă”. Aprovizionarea cu K-mobil este „bună” și „foarte bună” (după ICPA, 1981).

Densitatea aparentă (D_a) este o însușire relativ independentă, a cărei cunoaștere oferă elemente de caracterizare fizică a solului de sine stătătoare, care nu pot

fi decât în unele cazuri deduse din celelalte însușiri. Cu alte cuvinte, de cele mai multe ori, un sol aparținând unui tip genetic, cu o anumită textură, cu însușiri chimice specifice, poate avea valori foarte diferite ale densității aparente (Canarache A., 1990). Cunoașterea acestui indicator are o importanță deosebită în calcularea rezervelor de apă, elemente nutritive, săruri, a necesarului de îngrășăminte și amendamente. D_a exprimă atât compoziția cât și porozitatea sau starea de afânare. De aceea, valorile cele mai mici ale D_a , 1-1,2 g/cm³, sunt în stratul arabil 0-20 cm sau 0-25 cm. În stratul subarabil, între 25 și 50 cm, aceste valori variază între 1,2-1,5 g/cm³. Plantele pot să-și dezvolte normal rădăcinile și să asimileze când greutatea volumetrică este mai mică de 1,3 g/cm³ (Dorneanu A., 1976).

Analiza datelor obținute în toamna anului 2007, la semănatul grăului, ne indică o densitatea aparentă ce oscilează între 1.12 g/cm³, valoare înregistrată la intervalul 0-10 cm la varianta lucrată cu cizel + FRV și un maxim de 1.42 g/cm³ înregistrat la varianta lucrată numai cu grapa cu discuri, la adâncimea de 20-30 cm (*fig. 6.1*). Dintre toate variantele, cea lucrată cu grapa cu discuri înregistrează valorile cele mai mari pe toate intervalele de sol analizate (1.20 g/cm³, 1.37 g/cm³, respectiv 1.42 g/cm³), valori ce caracterizează un sol "slab tasat" spre "moderat tasat" (ICPA, 1987).

Tabelul.6.1

Proprietăți chimice – cernoziom cambic – Ezăreni (profil de sol 0-170 cm)

Nr. crt	Orizontul	Argila <0,002	P 0,002-0,02	NFam 0,2-0,05	NFsi 0,05-0,02	NG 0,2-2	pH	CaCO ₃ %	C _{org} %	Hu-mus	Nt %	P-AL ppm	K mobil	K sch (me)	Na sch (me)	Ca Sch (me)	Mg Sch (me)	T (me)
1.	Ap 0-20 cm	41.8	30.3	3.0	22.9	0.0	6.68	0.0	1.30	2.24	0.178	26	242	0.44	0.17	15.21	1.65	21.22
2.	Atp 20-28 cm	38.8	31.6	3.3	23.3	0.0	6.78	0.0	1.39	2.40	0.149	10.43	178	0.34	0.23	15.38	1.59	20.36
3.	Am 28-40 cm	42.6	30.0	3.4	24.0	0.0	7.01	0.0	0.55	0.95	0.104	3.58	178	0.32	0.26	14.54	1.41	18.43
4.	Bv1 40-56 cm	41.2	31.9	3.6	23.3	0.0	7.12	0.0	0.61	1.05	0.165	2.70	158	0.26	0.15	11.85	1.07	15.42
5.	Bv2 56-80 cm	40.6	31.2	3.6	24.6	0.0	7.32	0.0	0.26	0.45	0.110	7.89	158	0.28	0.17	19.05		19.50
6.	Btc 80-90 cm	35.9	29.4	3.0	31.7	0.0	7.95	8.9	0.16	0.28	0.109	10.30	136	0.30	0.87	17.35		18.53
7.	CCA1 90-108 cm	38.1	31.8	3.7	26.4	0.0	8.08	17.3	0.14	0.24	0.080	7.56	114	0.32	1.05	15.20		16.58
8.	CCA2 109-120 cm	35.0	28.5	5.0	31.5	0.0	8.14	10.8	0.04	0.07	0.072	4.15	114	0.29	1.02	15.27		16.58
9.	CCA3 120-150 cm	40.2	25.5	4.9	29.4	0.0	8.16	13.4	0.18	0.31	0.068	5.07	114	0.44	0.96	15.18		16.58
10.	CCa 150-170 cm	39.0	27.5	6.1	27.4	0.0	8.19	16.5	0.07	0.12	0.043	6.36	114	0.29	0.94	12.43		13.65

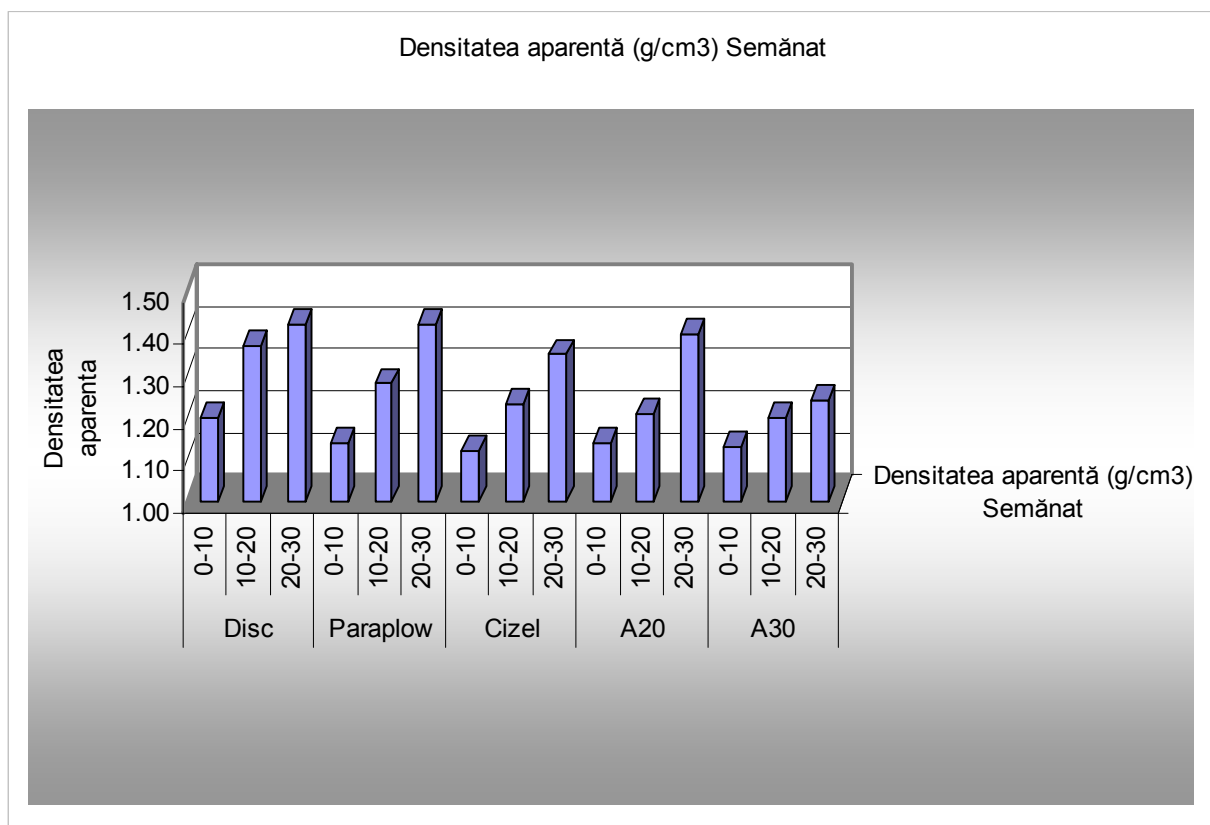


Fig. 6.1. Influența lucrărilor solului asupra densității aparente la semnatul grăului de toamnă în anul 2007

Gradul de tasare – valorile cele mai mici ale indicatorului se regăsesc în varianta lucrată neconventional Cizel + Freza cu rotoari verticali (-11.44 % v/v), pe intervalul 0-10 cm, fapt datorat afanării energice executate de către freza. La semnat pe primul orizont de sol analizat toate valorile sunt negative, valoarea cea mai mare regăsindu-se în varianta lucrată numai cu grapa cu discuri. Valorile maxime se înregistrează pe orizontul 20-30 la variantele disc și paraplow (9.57 % v/v), valoare ce indică un sol „slab tasat” spre „moderat tasat” (ICPA, 1987, vol. 3). În toate variante valorile cresc odată cu adâncimea.

Porozitatea totală este însușirea fizică care exprimă proporția porilor din sol, ocupați cu apă și aer. O simplă clasificare a porozității, constă în împărțirea acesteia în porozitate capilară, corespunzătoare porilor ocupați cu apă atunci când solul este saturat până la nivelul capacității capilare și necapilară, corespunzătoare spațiilor neocupate cu apă la aceeași stare de agregare. În funcție de diametrul porilor, Canarache A. (1990) împarte porozitatea în macroporozitate și microporozitate, delimitate prin diametrul porilor de 50 μ , respectiv prin suțiuinea de 60 cm coloana de apă (pF 1,8). Prin porii mai mari de 50 μ circulă în sol apa liberă (de infiltrație) și se asigură aerația solului, iar în porii sub 50 μ se reține apa solului.

Analiza datelor obținute la semnatul grăului de toamnă în 2007, ne releva valori ale indicatorului foarte mari, caracteristice solurilor „moderat afanate” (ICPA,

1987, vol. 3), pe intervalul 0-10 cm, cuprinse între 54.72 % v/v la varianta lucrata cu grapa cu discuri si 57.74 % v/v la cea lucrata cu cizelul urmat de freza cu rotorii verticali. Odata cu adancimea scade si valoarea porozitatii totale in toate variantele analizate. Valori ce indica un sol „moderat tasat” pe adancimea 20-30 cm, se ragasesc pe varianta disc si paraplow.

Cercetările efectuate din anul 1986, la **S.C.D.A. Podu-Iloaiei**, Iasi, au urmărit influența diferitelor metode de lucrare a solului asupra producției și a însușirilor fizice și chimice ale solului. Analizele efectuate la profilul de sol, pe care au fost practicate diferite sisteme de lucrare a solului, au scos în evidență unele modificări ale însușirilor fizice și chimice atât în stratul arat cât și pe profilul solului.

Tab. 6.2

**Influenta sistemelor conventionale si neconventionale de lucrare
asupra proprietatilor acestuia**

Varianta	Adancimea	Densitatea aparenta g/cm ³	Gradul de tasare %v/v	Capacitatea pentru aer (% v/v)	Porozitatea totala (%v/v)
Disc	0-10	1.20	-5.60	22.93	54.72
	10-20	1.37	6.78	14.45	48.30
	20-30	1.42	9.57	12.66	46.42
Paraplow	0-10	1.14	-9.97	26.17	56.98
	10-20	1.28	0.22	18.80	51.70
	20-30	1.42	9.57	12.66	46.42
Cizel + FRV	0-10	1.12	-11.43	27.28	57.74
	10-20	1.23	-3.42	21.35	53.58
	20-30	1.35	4.42	15.91	49.06
A20	0-10	1.14	-9.97	26.17	56.98
	10-20	1.21	-4.88	22.40	54.34
	20-30	1.40	8.09	13.57	47.17
A30	0-10	1.13	-10.70	26.72	57.36
	10-20	1.20	-5.60	22.93	54.72
	20-30	1.24	-3.67	21.39	53.21

Urmărindu-se distribuția conținutului mediu de argilă, la profilul de sol lucrat cu cizelul, s-a constatat că acesta a scăzut în stratul de sol de la suprafață și a crescut în orizonturile Am și A/B (22-55 cm). Acest fapt însă, nu a determinat creșterea conținutului fracțiunilor groiere de la suprafața solului, acesta fiind foarte apropiat la ambele metode de lucrare a solului.

Acest proces de migrare ușoară a argilei, datorită procesului de levigare, nu a determinat degradarea texturii și structurii de la suprafața solului (*tabelul 6.3*). În comparație cu sistemul clasic de lucrare a solului (arat la 20 cm + disc), prin folosirea utilajelor care afânează mai adânc solul (paraplow, cizel)

capacitatea de apă utilă din sol pe adâncimea de 0-40 cm a crescut cu 7.2 %, iar porozitatea de aerație a crescut de la 12.8 la 17.2 % (tabelul 6.4).

Tabelul 6.3

Compoziția granulometrică la cernoziomul cambic tipic de la S.C.D.A. Podu-Iloaiei, județul Iași

Orizont	Adâncimea, cm	Compoziția granulometrică			
		<0.002 mm	0.002-0.02 mm	0.02-0.2 mm	0.2-2.0 mm
Profilul 1- Cernoziom cambic tipic - Cizelul + disc					
Ap	0-21	40.2	31.6	26,3	1,9
Am	22-40	42.5	31.3	26.2	0.0
A/B	41-55	42.4	30.3	27.3	0.0
Bv	56-73	39.4	30.6	30.0	0.0
C ₁	74-94	35.6	28.3	36.1	0.0
Profilul 2- Cernoziom cambic tipic – Arat la 20 cm + disc					
Ap ₁	0-18	40.3	30.0	28.1	1.6
Ap ₂	19-27	39.9	31.4	28.7	0.0
Am	28-38	40.5	31.6	27.9	0.0
A/B	39-55	42.1	30.8	27.1	0.0
Bv	56-73	41.7	30.2	28.1	0.0
C ₁	74-94	31.3	26.9	40.3	1.5

Tabelul 6.4

Înșușirile hidrofizice ale cernoziomului cambic tipic la diferite metode de lucrare a solului

Orizont	Adâncimea, cm	Densitatea aparentă DA, g/cm ³	Porozitatea totală PT, % volum	Porozitatea de aerație, % volum	Grad de tasare, %	Coef. de higroscopicitate, CH %	Coef. de ofilire CO %	Capacitatea de apă în câmp CC %	Capacitatea de apă utilă CU %	Conductibilitatea hidraulică K, mm/oră
Profilul 1- Cernoziom cambic tipic - Cizelul + disc										
Ap	0-21	1.31	51.3	17.0	0.8	8.4	12.3	26.2	13.9	8.99
Am	22-40	1.30	51.5	17.3	0.1	8.9	13.4	26.3	12.9	34.15
A/B	41-55	1.37	49.1	14.2	4.5	8.9	13.4	25.5	12.1	13.43
Bv	56-73	1.41	47.6	13.1	6.7	8.7	13.1	24.5	11.4	12.66
C ₁	74-94	1.34	50.0	16.5	2.0	7.4	11.1	25.0	13.9	22.64
Profilul 2- Cernoziom cambic tipic – Arat la 20 cm + disc										
Ap ₁	0-18	1.28	52.2	18.9	4	8.2	12.3	26.0	13.7	7.50
Ap ₂	19-27	1.52	43.3	6.8	16.4	8.0	12.0	24.0	12.0	4.50
Am	28-38	1.29	52.2	18.3	0.2	9.5	14.3	26.3	12.0	45.02
A/B	39-55	1.31	51.1	16.6	1.7	9.0	13.5	26.3	12.8	80.66
Bv	56-73	1.37	48.9	13.8	5.6	9.4	14.4	25.6	11.2	28.51
C ₁	74-94	-	-	-	-	7.0	10.5	-	-	-

Comparând rezultatele analizelor de la profilul de sol lucrat cu cizelul și discul, cu cele de la profilul de sol care, în aceeași perioadă, a fost arat la 20 cm (*tabelul 6.7, profilul 2*) s-a constatat că, la profilul de sol lucrat cu cizelul conținutul de humus, pH-ul și asigurarea cu potasiu mobil au avut o ușoară tendință de ameliorare. Totodată la profilul de sol, lucrat mai adânc fără întoarcerea brazdei, se constată o ușoară migrare a argilei și a humusului pe profil. La profilul de sol arat la 20 cm, la adâncimea 19-27 cm, apare orizontul Ap₂ (hardpan în formare) cu însușiri fizice și hidrofizice degradate datorită compactării.

Determinările efectuate privind densitatea aparentă a solului arată că valoarea acesteia a oscilat funcție de metoda de lucrare și îngrășămintele aplicate, între 1.32 și 1.42 g/cm³ (*tabelul 6.5*). Cele mai mari valori s-au înregistrat în cazul arăturii la 20 cm, unde în stratul de 20-30 cm, s-a înregistrat o creștere bruscă a densității aparente (1.41-1,42 g/cm³), ceea ce indică un grad de tasare slab (8.3 % din volum).

La cultura soiei cele mai mari valori ale densității aparente s-au înregistrat la lucrarea de arat la 20 cm și în condiții de nefertilizare (1.42 g/cm³). Pregătirea terenului în sistemul clasic a determinat tasarea stratului de sol, la adâncimea de 18-27 cm, unde densitatea aparentă a crescut la 1.42 g/cm³ cu influență negativă asupra porozității solului și a apei accesibile pentru plante. Prin lucrarea terenului cu cizelul, densitatea aparentă a scăzut pe adâncimea 10-30 cm la 1.34-1,35 g/cm³, influențând favorabil conductivitatea hidraulică a solului.

Tabelul 6.5

Densitatea aparentă a solului la recoltarea cultura soiei amplasată în diferite variante tehnologice de lucrare a solului

Lucrarea solului	Tratamentul	Soia			
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	Media
Arat la 20 cm	N ₀ P ₀	1,36	1,37	1,42	1,38
	N ₉₀ P ₈₀	1,35	1,36	1,39	1,37
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	1,34	1,35	1,37	1,35
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	1,33	1,34	1,36	1,34
	Media	1,35	1,36	1,39	1,36
Arat la 30 cm	N ₀ P ₀	1,37	1,36	1,38	1,37
	N ₉₀ P ₈₀	1,36	1,35	1,36	1,36
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	1,35	1,34	1,35	1,35
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	1,33	1,33	1,35	1,34
	Media	1,35	1,35	1,36	1,35
Cizel + disc	N ₀ P ₀	1,36	1,35	1,37	1,36
	N ₉₀ P ₈₀	1,35	1,35	1,38	1,36
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	1,35	1,34	1,35	1,35
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	1,34	1,33	1,36	1,34
	Media	1,35	1,34	1,37	1,35

Rezultatele obținute ne determină să apreciem că principalii factori limitativi sunt tasarea slabă a orizontului la adâncimea de 18 - 27 cm (hardpan în formare) și degradarea structurii la suprafața solului ca urmare a lucrărilor repetate cu discul din cadrul fluxurilor tehnologice. Pentru eliminarea acestor neajunsuri considerăm necesare aplicarea unor măsuri cum sunt: afânarea solului, alternarea adâncimii arăturii, funcție de cerințele culturilor din rotație, fertilizarea organo-minerală și introducerea în rotație a plantelor amelioratoare pentru structura solului.

Terenurile fără vegetație, sunt supuse acțiunii agresive a factorilor naturali, care determină degradarea solului mai ales, în orizontul de la suprafață. Degradarea structurii solului determină intensificarea proceselor de crustificare, compactare și eroziune, cu efecte grave asupra răsării și a dezvoltării culturilor agricole. Folosirea rotațiilor de scurtă durată (monocultura, rotația grâu-porumb) fără fertilizare organică determină reducerea conținutului de materie organică din sol, distrugerea structurii solului și apariția fenomenelor de crustificare și compactare secundară a solului.

La cultura soiei, amplasată în asolament soia-grâu-porumb procentul de agregate hidrostabile a fost influențat mai puțin de metoda de lucrare a solului (47,3-50,9 %) și mai mult de îngrășămintele aplicate (42,6 - 56.4 %) (tabelul 4). Cel mai mare procent de agregate hidrostabile s-a înregistrat la fertilizarea cu doza $N_{60}+60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 + 6 \text{ t/ha}$ paie grâu (50,5 %) și în cazul fertilizării organo-minerale cu $N_{60}+60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 + 30 \text{ t/ha}$ gunoi, aplicat odată la trei ani la cultura porumbului (56.4%). La cultura soiei procentul mediu de agregate hidrostabile a fost de 47,3 % la lucrarea de arat la 20 cm, 50,9 % la arătura de 30 cm și 48,1 % la lucrarea cu cizelul. Stabilitatea hidrică a structurii în varianta lucrată cu cizelul a avut valori mai reduse, față de sistemul clasic cu arătură la 20 cm, numai la suprafața solului (44.5%) iar pe adâncimea de 10-30 cm aceasta a crescut la 49,1-50,7 %. În condițiile afânării solului, fără întoarcerea brazdei s-a constatat o creștere a conținutului de argilă, humus și elemente nutritive, pe profilul solului, până la adâncimea de 40 cm.

Analizele chimice efectuate, la profilul de sol pe care sunt amplasate experiențele cu lucrările solului, arată că cernoziomul cambic tipic de la Podu-Iloaiei are o textură luto-argilooasă, o reacție slab acidă în stratul arat, un conținut mediu de humus și o asigurare mijlocie cu elemente nutritive (tabelul 6.7).

Starea de vegetație a culturilor în condițiile climatice ale anului 2007 a decurs în condiții nefavorabile datorită regimului pluviometric deficitar. Cantitatea de precipitații înregistrată, în perioada 01/01/2007 – 30/09/2007 în Câmpia Moldovei, a fost mai mică față de media multianuală, pe 80 de ani a zonei (424,9 mm) cu 35,0 mm (tabelul 40). Precipitațiile înregistrate în perioada ianuarie-august 2007, care sunt hotărâtoare pentru soarta producției la culturile de soia și porumb, au fost mai mici față de media multianuală a zonei, pe 81 de ani (382,8 mm), cu 101,6 mm. Acest fapt a determinat reducerea drastică a producției la toate culturile semănate în primăvară (mazăre, porumb, floarea-soarelui, ovăz etc). Stresul hidric a fost accentuat, în condițiile anului 2007, și de temperaturile mai ridicate, față de media multianuală a zonei, care s-au înregistrat în toate lunile din perioada 01.01-31.08.2007.

Tabelul 6.6

Influența sistemului de lucrare a solului și a îngrășămintelor asupra stabilității hidrice a agregatelor de sol cu $\varnothing > 0.25$ mm (%), 2007

Lucrarea solului	Tratamentul	Soia			
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	Media
Arat la 20 cm	N ₀ P ₀	40,2	42,3	43,8	42,1
	N ₉₀ P ₈₀	43,2	45,1	45,8	44,7
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	45,2	46,7	48,6	46,8
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	51,9	57,8	56,4	55,4
	Media	45,1	48,0	48,7	47,3
Arat la 30 cm	N ₀ P ₀	42,1	43,9	42,7	42,9
	N ₉₀ P ₈₀	43,5	46,8	48,5	46,3
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	54,3	57,2	58,3	56,6
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	56,7	58,6	57,8	57,7
	Media	49,15	51,63	51,8	50,9
Cizel + disc	N ₀ P ₀	39,7	42,8	46,2	42,9
	N ₉₀ P ₈₀	41,8	46,8	47,9	45,5
	N ₆₀ P ₆₀ + 6 t/ha coceni	44,2	48,5	51,2	48,0
	N ₆₀ P ₆₀ + 30 t/ha gunoi	52,3	58,4	57,6	56,1
	Media	44,5	49,1	50,7	48,1

Tabelul 6.7

Înșușirile chimice ale cernoziomului cambic tipic la diferite variante tehnologice de lucrare a solului

Orizont	Adâncimea, cm	pH (H ₂ O)	Humus, %	Capacit. totală de schimb cationic- T me/100 g sol	Gradul de saturație în baze- V %	N total %	P mobil ppm	K mobil ppm
Profilul 1- Cernoziom cambic tipic - Cizel + disc								
Ap	0-21	6.9	3.38	27.8	89.4	0.182	47	287
Am	22-40	6.9	2.97	26.4	88.9	0.163	42	214
A/B	41-55	7.1	2.64	25.9	91.5	0.134	-	97
Bv	56-73	-	-	-	-	-	-	-
C ₁	74-94	-	-	-	-	-	-	-
Profilul 2- Cernoziom cambic tipic – Arat la 20 cm + disc								
Ap ₁	0-18	6.4	3.24	30.2	79.1	0.159	42	238
Ap ₂	19-27	6.3	2.91	29.8	87.6	0.151	39	147
Am	28-38	6.9	2.38	28.2	91.1	0.143	4	92
A/B	39-55	6.9	2.52	26.6	92.7	0.143		
Bv	56-73			47.8	94.1			
C ₁	74-94							

La S.C.D.A. Podu-Iloaiei, la cultura soiei, în condițiile de secetă din anul 2007, arătura la 30 cm adâncime a determinat obținerea unui spor de producție, în comparație cu arătura la 20 cm, de 17 % (197 kg/ha), lucrarea efectuată cu cizelul + discul, 9 % (107 kg/ha) iar pregătirea terenului numai cu discul a determinat reducerea producției cu 4.0 % (51 kg/ha) (tabelul 6.8). La cultura soiei, în anul 2007, îngrășămintele au fost mai bine valorificate în condițiile unor lucrări ale solului mai adânci (arat la 30 cm; cizel + disc) la care sporurile de producție obținute au oscilat, funcție de dozele aplicate, între 35 și 86 % (280-680 kg/ha). În anul 2007 cele mai mari sporuri de producție s-au obținut la lucrarea de arat și în cazul fertilizării cu $N_{60}P_{60} + 6$ t/ha coceni porumb (82%, 650 kg/ha) și la doza $N_{60} + 60$ kg/ha $P_2O_5 + 30$ t/ha gunoi (86%, 680 kg/ha).

Tabelul 6.8

Productiile medii de soia obtinute în anul 2007 in diferite conditii de fertilizare si de lucrare a solului

Sistemul de lucrare a solului	Productia la diferite sistemul de fertilizare							Dif. kg/ha	Semnif
	N_0P_0	$N_{60}P_{60}$	$N_{90}P_{60}$	$N_{60}P_{60} + 6$ t/ha coceni porumb	$N_{60}P_{60} + 30$ t/ha gunoi	Media	%		
Arat 20 cm	793	1020	1280	1240	1373	1141	100	0	
Arat 30 cm	1057	1343	1373	1443	1473	1338	117	197	xxx
Cizel + disc	1073	1200	1307	1297	1363	1248	109	107	xx
Paraplow + disc	970	1083	1213	1190	1297	1151	101	9	
Un an arat un an discuit	880	1043	1127	1183	1217	1090	96	-51	
Media	955	1138	1260	1271	1345	1194			
%	100	119	132	133	141				
Dif. kg/ha	0	183	305	316	390				
	Lucrarile solului			Agrofond		Interactiune			
DL 5%	79		37		107				
DL 1%	115		50		147				
DL 0,1%	172		66		202				

Tabelul 6.9

Influenta sistemului de lucrare a solului si de fertilizare asupra productiei de soia în anul 2007

Lucrarea solului	Doza	Productia, kg/ha				%	Dif. kg/ha	Semnif.
		R1	R2	R3	Media			
Arat 20 cm	N_0P_0	870	780	730	793	100	0	
	$N_{60}P_{60}$	1090	1040	930	1020	129	227	xxx
	$N_{90}P_{60}$	1390	1380	1070	1280	161	487	xxx
	$N_{60}P_{60} + 6$ t/ha coceni porumb	1240	1340	1140	1240	156	447	xxx
	$N_{60}P_{60} + 30$ t/ha gunoi	1420	1450	1250	1373	173	580	xxx
Media		1202	1198	1024	1141			
Arat 30 cm	N_0P_0	1070	1190	910	1057	133	264	xxx
	$N_{60}P_{60}$	1410	1380	1240	1343	169	550	xxx
	$N_{90}P_{60}$	1430	1470	1220	1373	173	580	xxx
	$N_{60}P_{60} + 6$ t/ha coceni porumb	1520	1560	1250	1443	182	650	xxx

	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 30 t/ha gunoi	1590	1540	1290	1473	186	680	xxx
Media		1404	1428	1182	1338			
Cizel + disc	N ₀ P ₀	1020	1230	970	1073	135	280	xxx
	N ₆₀ P ₆₀	1180	1340	1080	1200	151	407	xxx
	N ₉₀ P ₆₀	1460	1300	1160	1307	165	514	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 6 t/ha coceni porumb	1350	1410	1130	1297	164	504	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 30 t/ha gunoi	1420	1490	1180	1363	172	570	xxx
Media		1286	1354	1104	1248			
Paraplow + disc	N ₀ P ₀	970	1120	820	970	122	177	xx
	N ₆₀ P ₆₀	1060	1230	960	1083	137	290	xxx
	N ₉₀ P ₆₀	1170	1350	1120	1213	153	420	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 6 t/ha coceni porumb	1160	1320	1090	1190	150	397	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 30 t/ha gunoi	1290	1450	1150	1297	164	504	xxx
Media		1130	1294	1028	1151			
Un an arat un an discuit	N ₀ P ₀	870	1030	740	880	111	87	
	N ₆₀ P ₆₀	1030	1210	890	1043	132	250	xxx
	N ₉₀ P ₆₀	1120	1280	980	1127	142	334	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 6 t/ha coceni porumb	1150	1310	1090	1183	149	390	xxx
	N ₆₀ P ₆₀ ⁺ 30 t/ha gunoi	1180	1350	1120	1217	153	424	xxx
Media		1070	1236	964	1090			
DL 5%							107	
DL 1%							147	
DL 0.1%							202	

5. CONCLUZII GENERALE

In urma activitatilor desfasurate in faza I de executie a proiectului, sau formulat o serie de concluzii generale, desprinse din analiza si sinteza cercetarilor din literatura de specialitate cu referire la tematica proiectului si care sustin necesitatea derularii cercetarilor in directiile prevazute:

- Explozia informativă deosebită din ultimele decenii și evoluțiile rapide din domeniul tehnic și economic a îmbunătățit cu elemente noi și problema sistemelor de lucrare a solului. Știința și tehnica moderna permit modificarea radicala a proprietatilor solului cu efecte favorabile pentru ridicarea capacitatii sale de productie, dupa cum, interventia nerationala a omului poate avea rezultate negative.
- Problematika abordată constituie o importantă contribuție la dezvoltarea cunoașteri științifice, cercetările îndreptându-se în direcția stabilirii

- influenței diferitelor sisteme de lucrare a solului, niveluri de fertilizare și a plantei de cultură asupra modificării însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului.
- La abordarea unui anumit tip de sistem de lucrare trebuie avute în vedere condițiile de sol, planta și clima, care pot influența sau pot fi influențate de respectivul sistem. Se v-a urmări dacă acțiunea benefică a sistemului de lucrare a solului asupra unui factor de cultură menține ceilalți factori la un nivel acceptabil, sau nu, astfel încât creșterea producției agricole, scăderea consumului de combustibil sau ridicarea capacității de producție a solului să poate fi posibile prin soluții de optimizare economică.
 - Lucrările solului, pe lângă efectele inedite și directe, benefice în cadrul tehnologiilor de cultivare a plantelor, induc în sol și efecte remanente de durată, care acționează asupra proprietăților fizice și fizico-mecanice ale solului, modificându-le. Se vor înregistra corelațiile semnificative și distinct semnificative între însușirile fizice și fizico-mecanice ale solului și elementele producției.
 - În agricultura actuală, mecanizată, este important de cunoscut modificarea condițiilor din sol în urma traficului executat cu mijloace mecanice cât și efectul acestor modificări, în special în zona de dezvoltare a rădăcinilor, asupra plantelor. Dacă privim lucrurile în perspectivă, procesul de compactare este în general cunoscut, dar ceea ce trebuie analizat este corelația între dezvoltarea plantelor, în funcție de starea fizică a solului și traficul executat de mijloacele mecanice, modificările numărului și activității microorganismelor din sol ca factor important în sporirea fertilității solului ș. a.
 - Efectul asupra plantelor este privit ca o integrală a schimbării condițiilor din sol, incluzând modificarea bilanțului apei, microorganismelor, elementelor nutritive ș.a.
 - Dintre numeroasele verigi ale complexului de factori ce influențează producția și fertilitatea solului, sistemul de fertilizare contribuie foarte mult la îmbunătățirea bilanțului elementelor nutritive din sol, care suferă modificări în timp, funcție de condițiile climatice și tehnologiile aplicate.
 - Având în vedere că pierderile de elemente nutritive din sol sunt foarte mari, fiind datorate levigării, scurgerilor și fixării elementelor, stabilirea dozelor și a epocilor de aplicare a acestora, pentru fiecare cultură în parte, trebuie să se facă diferențiat, funcție de însușirile solului, factorii agrofitehnici și condițiile climatice existente. De asemenea prin aplicarea îngrășămintelor diferențiat, au loc modificări importante nu numai a însușirilor chimice ci și a mediului fizic și mai ales biologic a solului
 - Solul constituie un mediu excelent pentru dezvoltarea microorganismelor, fapt ilustrat atât de numărul lor, cât și de marea lor diversitate: bacterii (eubacterii, actinomicete, cianobacterii), microfungi, alge și protozoare.
 - Microorganismelor din sol le sunt specifice două categorii de procese biochimice cu consecințe multilaterale de ordin fizico-chimic, biologic și agricol: *de degradare și de sinteză*.

- Activitatea biologică a unui sol tinde să se diminueze odată cu scăderea conținutului în apă.
- Diferitele grupe de microorganisme au un grad variat de rezistență față de uscăciune: bacteriile și ciupercile sunt mai sensibile, comparativ cu actinomicetele, conținutul redus de apă a solului favorizând atât dezvoltarea vegetativă cât și sporularea acestora din urmă.
- În sol nivelele excesive de apă diminuează atât frecvența cât și activitatea microorganismelor, fapt ce se datorează reducerii posibilității aprovizionării cu oxigen.
- Activitățile enzimatice din sol sunt rezultatul integrării proceselor complexe de sinteză, a persistenței, stabilizării și reglării catalitice precum și al localizării lor (intracelulară sau extracelulară) în interiorul sau la suprafața microagregatelor. Toate aceste procese pot fi dinamic influențate de schimbări ale compoziției fizice, chimice și biologice a solului.
- Parametrii ecologici (de exemplu, schimbările sezoniere, localizările geografice sau solurile hidrotermale), afectează de obicei nivelul activității enzimatice prin influențarea producției enzimelor de către plante, microorganisme etc.
- Activitățile agricole (de exemplu adăugarea de fertilizatori, pesticide, alte practici de management) pot afecta compoziția chimică și caracteristicile structurale ale solului.
- Dealurile subcarpatice, Podișul Bârladului, Podișul Getic și Podișul Transilvaniei sunt cele mai afectate zone de procesele de degradare prin eroziune, asociată frecvent cu alunecări de teren.
- Înrăutățirea proprietăților chimice ale solurilor prin eroziune are ca urmare o reducere a fertilității solurilor erodate.
- Pe solurile de pădure puternic erodate a căror erodabilitate este dublă, pe terenuri cu înclinare asemănătoare, valoarea eroziunii medii anuale oscilează în jur de 15-16 t/ha.
- Durata ciclurilor cu eroziune minimă indică potențialul de refacere a fertilității solului prin intervenții tehnologice, iar durata și mărimea perioadelor cu eroziune intensă potențialul de reducere a fertilității solului.

De asemenea, în cadrul acestei faze s-au desfășurat o serie de activități specifice de cercetare prevăzute în planul de realizare și anume:

- Stabilirea variantelor tehnologice din cadrul dispozitivelor experimentale și a gradului de fertilitate inițial al solurilor, apreciat prin indicatori fizico-chimici.
- Înființare dispozitivelor experimentale cu diferite asolamente cu plante amelioratoare, sisteme de fertilizare și de lucrare a solului și cu diferite metode de conservare a solului, amplasate în zone cu condiții agroecologice specifice pentru zona de impact a proiectului.
- Rezultate parțiale cu privire la condițiile de experimentare, calitatea solurilor din campurile de experiență și influența variantelor experimentale asupra unor indicatori ai fertilității solului.

- O parte din probele recoltate din campurile experimentale sunt in faza prelucrării in laborator iar, rezultatele, vor fi prezentate in viitoarele faze de raportare.

Având în vedere că în etapa actuală, se urmărește găsirea unor metode agrotehnice mai rapide, economice și eficiente care să asigure obținerea unor recolte ridicate în contextul reducerii cheltuielilor la hectar și conservării solului, am considerat ca oportună stabilirea cu mai multă precizie a interacțiunilor ce se stabilesc între principalii parametri tehnologici în condițiile de climă și sol din Câmpia Moldovei.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

- Ailincăi C, 2007** - *Agrotehnica terenurilor arabile*-Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iași
- Batjes N.H., Bridges E.M.,1991** - *Mapping of Soil and Terrain Vulnerability to Specified Chemical Compounds in Europe at a Scale of 1:5m.*-Proceedings of an International Workshop held at Wageningen, Netherlands-ISRIC, Wageningen.
- Braunack M.V., Dexter A.R., 1989.** *Soil aggregation in seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates.* Soil & Tillage Research 14, 259–279.
- Budoï G, Penescu A, 1996** - *Agrotehnica*-Ed.Ceres.
- Budoï Gh., Penescu A., 1996** – *Agrotehnica*. Ed. Ceres. București
- Burangulova M.N., 1968** - *Fermentativnaia aktivnost pociv Baškirii*, -Sb.Dokl. Simp. Po fermentam pociv , Minsk, 1967, pag. 55-66.
- Cârstea St., 2003** - *Solul și calitatea alimentelor*-Revista Știința Solului ,nr 1-2, vol.XXXVII. Seria III, pag. 3-16.
- Chaussod R., 1996** - *La qualite biologique des sols:evaluation et implications*-Etude et Gestion des sols, nr.special.Paris, pag. 261-278.
- Chung S.O., Sudduth K.A, K.S. Leec, P.P. Motavallid, 2006.** *Characterization of cone index to define compaction management parameter.* International Soil Tillage Research Organisation 17th Triennial Conference - Kiel, Germany.
- Connolly R.D., 1998.** *Modeling effects of soil structure on the water balance of soil crop systems: a review.* Soil & Tillage Research 48, 1–19.
de doctorat, București.
- Dincă D., 1982** - *Asolamentele agriculturii moderne*-Ed Ceres.
- Ditzler A., Tugel A., 2002** - *Soil Qualitz Field Tools Experiences of USDA-NRCS* soil Quality Institute Agron J., nr.94, pag33-38.
- Doran J.W., Parkin T.B.,1994** - *Defining and Assessing Soil Wuality*.-InDefining Soil Quality for a Sustainable Environment SSSA Spec.Pub,nr.35, Soil Sci.Soc.Am, Am.Soc.Agron, Madison, WI, pag3-21.
- Feodorov N., 1987** - *The production potential of soils-Part.I:Sensitivity of principal soil types to intensive agriculture in NW Europe*- In.Scientific Basis for Soil Protection in the European Community, pag65-85, Elsevier Applied Sciences, London.

- Ferreras L.A. et al.**, 2000- *Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern Pampas of Argentina* – Soil & Tillage Research 54:31-39.
- Filip Z.**, 2001 - *Soil Quality Assessment: An Ecological Attempt Using Microbiological Procedures*- In Towards Sustainable Land Use, vol I, Advances in GeoEcology, 31, Catena Verlag, Reiskirchen.
- Gheorghiu Niculina**, 2006 - *Fertilitatea solului-o noțiune perimată?*- Revista Știința Solului ,nr 1, vol. XL, pag 75-91.
- Gobin A., Jones R., Kirkby M., Campling P., Govers G., Kosmas C., Gentile A. R.**, 2004 – *Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water*, Elsevier- Environmental Science & Policy 7 (2004) 25–38
- Guș P., Rusu T., Stănila S.**, 2003 – *Lucrări neconvenționale ale solului și sistemul de mașini*, Editura Risoprint CN.
- Hera Cr.**, 2001 – *Fertilitatea solului baza dezvoltării durabile și performante a agriculturii românești*, Academica, octombrie, București
- Horne D.J., Ross C.W., Hughes K.A.**, 1992. *Ten years of a maize/ oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand: I. A comparison of some soil properties*. Soil Tillage Research 22:131–143.
- Hornick S.B., Parr J.F.**, 1987 - *Restoring the productivity of marginal soils with organic amendments*, -Am. J. Alternative Agric, nr.2, pag. 64-68
- Ioniță I.**, 1998 – *Studiul geomorfologic al degradărilor de teren din bazinul mijlociu al Bârladului*. Teză de doctorat. Univ. „Al.I.Cuza” Iași.
- Ioniță I.**, 2000 – *Geomorfologie aplicată. Procese de degradare a regiunilor deluroase*, Editura Universității “Al.I.Cuza”, Iași, 247 pp.
- Ioniță I., Ouatu O.**, 1985 - *Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei*, Rev. Cerc. Agron. În Moldova, vol. 3 (71), pag. 58-62, Iași.
- Ioniță I., Ouatu O.**, 1990 - *Sezonul critic de eroziune în Colinele Tutovei*, Anal. Șt. Univ. “Al. I. Cuza”, t. XXXVI, s. II C, Iași.
- Ioniță I., Radoane M., Mircea S.**, 2006 – “1.13 Romania”, In “Soil Erosion in Europe”, Editors John Boardman and Jean Poesen , Publisher John Wiley, Chichester, England, 155-166 pp.
- Jităreanu G., Ailincăi C., Ailincăi Despina, Bucur D., Mercus A.**, 2006 - *Investigation on the Evolution of main Chemical and Biological Characteristics of Soil as Influenced by Technological Factors and Soil Erosion*, -Lucr. Șt. ale USAMV Iași, Seria Agronomie, vol. 49, pag 319-328.
- Jităreanu G., Ailincăi C., Bucur D.** 2006- *Influence of tillage system on soil physical and chemical characteristics and yield in soybean and maize grown in the Moldovian Plain (North-Eastern Romania)* - Soil management sustainability – A cooperating series of the I.U.S.S.
- Johnson J.F., Voorhees W.B., Nelson W.W., Randall G.W.**, 1990 *Soybean growth and yield as affected by surface and subsoil compaction*. Agronomy Journal 82:973–979.
- Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.D., Harles R.F., Schuman G.E.**, 1996-*Soil Wuality; Concept., Rationale, and Research Needs*. Soil Sci. Soc. Am. J. 60
- Kiss Ș.**, 1975, - *Microbiologie generală* , II-Lito Univ .Cluj –Napoca.

- Kiss Ș., Ștefanic G., Pașca Daniela, Drăgan-Bularda M., Zborovschi Eva, Crișan R., 1991** - *Enzimologia mediului înconjurător*-Ed .Ceres.
- Lal R, Miller F.P.,1994** - *Soil Quality and its Management in Humid and Tropical Environments* - In.Proc.XVII, Intl.Grassland Congres,13-16.02.1993, Palmerston North, New Zealand, pag. 1541-1550.
- Lal R., 1993a** - *Tillage effects on soil degradation,soil resilience,soil quality and sustainability*-Soil and Tillage,Res.27,pag 1-8.
- LarsonW.E., Pierce F.J., 1991** - *Conservation and Enhancement of Soil Quality*-In:Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World vol.2:Tehnic Papers Bangkok,International Board for Research and Management. IBSRAM Proceedings,nr.12,pag175-203.
- LarsonW.E., Pierce F.J., 1994** -*The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management*-InDefining Soil Quality for a Sustainable Environment,SSSA Spec.Pub.,r.35,Soil Sci.Soc. Am.,Am.Soc. Agron.Madison,WI, pag37-51.
- Mamy J., 1993** - *Qualité,usage et fonctions des sols,-* In:La qualite des sols,suppl.Chambres d'Agricultures, 817, pag 6-7.
- Mausbach M.J., Seybold C.A., 1998** - *Assessment of Soil Quality.* -InSoil Quality and Agricultural Sustainability-Ann.Arbor Press, Chelsea, Michigan, pag. 33-43.
- Moțoc M., 1983** – *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R.S.R.* Bul. Inf. A.S.A.S., nr.2 București.
- Moțoc M., Ioniță I. 1983** - *Unele probleme privind metoda de stabilire a indexului ploaie și vegetație, pentru ploi pe intervale scurte.* Bul. inf. ASAS, nr. 12, București.
- Moțoc M., Ioniță I., Nistor D., 1998** - *Erosion and climatic risk at the wheat and maize crops in the Moldavian Plateau.* Romanian Journal of Hydrology & Water Resources, vol. 5, no. 1-2, NIMH, Bucharest, pp. 1-38.
- Moțoc M., Ouatu O., 1977** - *Rezultate preliminare privind încărcarea cu material solid a microcurenților de la suprafața versanților cu culturi agricole.* S.C.C.C.E.S. Perieni, vol. "Folosirea rațională a terenurilor erodate", p.27-36.
- Moțoc M., Ouatu O., 1985** - *Formarea rigolelor și intensitatea de transport a materialului solid, pe versanții cu culturi agricole.* Bul. inf. ASAS, nr.14, București.
- Onisie T., Jităreanu G., 1999** – *Agrotehnica* -Ed Ion Ionescu de la Brad,Iași.
- OnisieT., Jităreanu G., 2000** – *Agrotehnica*, Editura "Ion Ionescu de la Brad", Iași
- Papacostea P., 1976** - *Biologia solului*,Ed Științifică și Enciclopedică,București.
- Parr J.F., Pappendick J., Hornick S.B., Meyer R.E., ,1992** - *Soil Wuality:Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture*-Am.J.Alter.Agric., nr.7, pag.5-11
- Parr J.F., Pappendick J., Youngberg J.G., Meyer R.E., 1990** - *Sustainable agriculture in the United States*-In Sustainable agriculture systems.Soil and Water Conservation Society,U.S.A.
- Pierce F.J., Larson W.E., 1993** -*Developing Criteria to Evaluate Sustainable Land Management* - In Proceeding of the 8-th International Soil Management

Workshop:Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use,USDA Soil Conservation Service National Soil Survey Center, Lincoln, NE, pag. 7-14.

Pieri C., Dumanski J., Hamblin A.,Young A., 1995-Land Quality Indicators(World Bank Discussion Papers)- The World Bank, Washington, D.C.

Pintilie C., Ghinea L., Roșca V., Sin G., Sandu F., 1968-Relations between soil properties as affected by its tilling method and maize production,Rev. Știința Solului,nr.6, pag. 23-33.

Popa A., 1971 – Cercetări privind scurgerea și eroziunea solului în Podișul Bârladului. Lucrările științifice ale SCCES Perieni.

Popa A., 1977 – Cercetări privind eroziunea și măsurile de combatere a acesteia

Popa A., Stoian Gh., Popa Greta, Ouatu O., 1984 – Combaterea eroziunii solului

Răuță C., Cârstea St., 1983-Prevenirea și combaterea poluării solului,Ed.Ceres

Roger – Estrade J., Richard, G., Coneill, J., Beizard, H., Coquet, Z., Defassez, P., Manichon H., - 2004 – Morphological characterization of soil structure in tilled fields: from a diagnosis method to the modeling of structural changes with time – Soil & Tillage Research 79: 33-49.

Russel E.W., 1973. Soil conditions and plant growth – 10th edition.

Smith K.A., Mullins, C.E., 1991. Soil analys. The cone penetrometer in relation to traficability, compactation, and tillage – Cambel D.J., O’Sullivan M.F. p 399-430.

Soreanu I., 1987-Cercetări privind activitatea enzimatică a unor soluri cultivate sub influența diferitelor măsuri agrotehnice-Teză de doctorat, USAMV Cluj - Napoca.

Stănescu P., 1979 – Estimarea eroziunii potențiale pe terenurile agricole, Rezumat teză

Ștefanic H., Săndoiu I., Gheorghiță Niculuna, 2006 - Biologia solurilor agricole,Ed. Elisavaros,București

Sylvia D.M., Fuhrmann J.J., Hartel P.G., Zuberer D.A., 1999 – Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall Inc, Upper Saddle River, NJ.

Tebrügge F., During R.A. 1999 - Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany– Soil & Tillage Research 53:15-28.

terenurile arabile. Editura Ceres, București.

Thierfelder C., Amezquita E., Stahr K., 2005 , Effects of intensifying organic manuring and tillage practices on penetration resistance and infiltration rate, Soil & Tillage Research, 82: 211-266.

Van den Akker, Canarache A., 2001 – Two European concerted action on subsoil compaction, Landnutzung und Landentwicklung 42, Blackwell Wissenschafts - Verlag, Berlin.

Vorisek K., 2001 -Evaluation of soil biological activity.-Symp.Crop science on the verge of the 21-st century-opportunities and challenges,Prague,pag.141-144.

Wander M et.al, 2002 -Soil Quality:Science and Process- Agron.Journ.,nr.94,pag23-32.