



ROMÂNIA

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN BACĂU

Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău, 600115
Tel. +40-234-542411, fax +40-234-545753
www.ub.ro; e-mail:rector@ub.ro



REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

EFECTUL REMANENT AL ROTAȚIEI CULTURILOR ȘI AL SISTEMULUI DE FERTILIZARE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,
PROF. UNIV. DR. ING. DR. H. C. VALENTIN NEDEFF

ING. CHIM. MUSCALU (PLEȘCAN) OANA-MARIA

BACĂU
2020

MULȚUMIRI

Am deosebita onoare să-mi exprim, recunoștinta față de cei care m-au îndrumat, sprijinit, consiliat și încurajat pe parcursul acestui demers științific.

Primele mele gânduri se îndreaptă către domnul prof. univ. dr. ing. dr. h. c. Nedeff Valentin. Doresc să îmi exprim profundele mele mulțumiri pentru sprijinul acordat de-a lungul pregătirii mele și pentru modul în care mi-a călăuzit și ghidat întreaga activitate de cercetare științifică depusă pentru realizarea acestei teze de doctorat.

De asemenea, doresc să mulțumesc echipei de îndrumare din cadrul Departamentului de Ingineria Mediului și Inginerie Mecanică, de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Ș. I. dr. ing. Alexandra-Dana Chițimuș, conf. dr. ing. Mirela Panainte-Lehăduș și conf. dr. ing. Narcis Bârsan, pentru îndrumările din timpul cercetării.

Mulțumesc doamnei dr. ing. Elena Partal de la Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România, pentru colaborarea, amabilitatea și ajutorul prompt acordat pentru recoltarea probelor necesare determinărilor.

Aduc mulțumiri colectivului Departamentului de „Ingineria Mediului și Inginerie Mecanică” din cadrul Facultății de Inginerie a Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău, pentru aprecierile și sfaturile de care am beneficiat în perioada pregătirii și elaborării lucrării.

Mulțumesc colegilor din cadrul Laboratorului de Calitatea Apelor al Administrației Bazinale de Apă Siret, pentru ajutorul acordat.

Nu în ultimul rând, mulțumesc din tot sufletul familiei mele, în mod special soțului meu, pentru înțelegerea acordată, sprijinul moral și susținerea de care au dat dovadă pe parcursul anilor de realizare a tezei.

Oana-Maria Muscalu (Pleșcan)

CUPRINS	T/R
INTRODUCERE.....	6/4
CAPITOLUL 1 SOLUL	8/4
1.1. Funcțiile solului	8/4
1.2. Compoziția solului	9/4
CAPITOLUL 2 PROPRIETĂȚILE SOLULUI	12/6
2.1. Proprietățile fizice ale solului	12/6
2.2. Proprietățile fizico-mecanice ale solului	16/6
2.3. Proprietățile hidrofizice, de aerăție ale solului	18/7
2.4. Proprietățile chimice ale solului	20/7
CAPITOLUL 3 STADIUL ACTUAL PRIVIND ROTAȚIA ȘI FERTILIZAREA CULTURILOR AGRICOLE	26/8
CAPITOLUL 4 ROTAȚIA CULTURILOR ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI	29/10
CAPITOLUL 5 SISTEME DE FERTILIZARE A CULTURILOR AGRICOLE ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI	33/10
CAPITOLUL 6 CONCEPEREA, PROIECTAREA ȘI REALIZAREA BAZEI DE CERCETARE	39/11
CAPITOLUL 7 REZULTATE EXPERIMENTALE OBȚINUTE	53/14
7.1. Proprietăților fizice analizate în câmpul experimental de la Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România	53/15
7.1.1. Determinarea rezistenței la penetrare a solului în câmpul experimental ..	55/15
7.1.2. Determinarea umidității solului în câmpul experimental	65/16
7.1.3. Determinarea vitezei aerului în sol în câmpul experimental	67/16
7.2. Proprietăților chimice analizate în câmpul experimental de la Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România	69/17
7.2.1. Determinarea pH-ului solului și a conținutului de humus din câmpul experimental	69/17
7.2.2. Determinarea conținutului de magneziu, aluminiu și nichel din câmpul experimental	74/18
7.2.3. Determinarea conținutului de calciu și azot total din câmpul experimental	99/19
7.2.4. Determinarea conținutului de cloruri din câmpul experimental	132/21
7.2.5. Determinarea conținutului de fosfor din câmpul experimental	149/21
7.2.6. Determinarea conținutului de potasiu din câmpul experimental	166/22
7.2.7. Determinarea conținutului de mangan, fier, cupru și zinc din câmpul experimental	183/23
7.2.8. Determinarea conținutului de cadmiu, arsen și plumb din câmpul experimental	226/25
7.2.9. Determinarea conținutului de crom din câmpul experimental	259/27
CAPITOLUL 8 CONCLUZII GENERALE	260/27
BIBLIOGRAFIE	275/39

Observații: Numerotarea capitolelor, figurilor, relațiilor matematice, tabelelor, precum și referințele bibliografice utilizate în rezumatul lucrării sunt cele corespunzătoare tezei de doctorat.

INTRODUCERE

În cazul tezei de doctorat s-au urmărit o serie de indicatori care să descrie în ansamblu efectul remanent al rotației culturilor și al sistemelor de fertilizare. S-a gândit o abordare complexă a analizei efectului remanent indus de rotația culturilor și gradul de fertilizare, analizând atât proprietățile fizice, cât și cele chimice ale solului. A fost ales grupul de proprietăți fizice și chimice care pot ilustra efectul remanent apărut în sol după experimente de lungă durată, având la bază rotația culturilor și fertilizarea.

CAPITOLUL 1 SOLUL

Solul reprezintă principala resursă naturală a omului. În ultimile decenii s-a manifestat, pe plan mondial, un interes crescut pentru promovarea cercetărilor referitoare la sol [7, 11, 16, 57].

Solul este o rocă detritică reziduală, provenită din rocile eruptive metamorfice sau sedimentare, printr-un intens proces de solidificare [7, 11, 16].

1.1. Funcțiile solului

Funcția biologică - solul reprezintă adăpostul pentru numeroase specii de animale și vegetale. Ciclurile biologice trec prin sol, incluzându-l ca parte componentă pentru numeroase ecosisteme [7, 16].

Funcția alimentară - solul conține toate elementele chimice necesare vieții. Solul acumulează elementele chimice, și apoi le pune la dispoziția plantelor și animalelor, inclusiv apa și aerul necesar circulației acestora [16, 40].

Funcția de filtru ecologic - este datorată, în principal, faptului ca solul este un mediu poros. Apa din fântâni, izvoare și râuri traversează în prealabil solul, care apare ca un adevărat filtru biologic, asemănător unui sistem epurator. Apa, pe parcursul infiltrării în sol se transformă astfel, încât calitățile ei chimice și biologice, vor fi influențate de proprietățile învelișului pedologic [5, 16].

Funcția de materie primă - solul este suport pentru construcții, drumuri, baraje, canale și diverse subramuri industriale. Multe minerale se formează și prin procese pedogenetice, ca de exemplu bauxita, fierul etc. [16, 44].

1.2. Compoziția solului

Compoziția solului este foarte complexă și foarte variată pe suprafața scoarței. În general solul conține componente minerale, materii organice, apă, aer, microorganisme și macroorganisme [7, 40, 59].

Compoziția chimică a solului include aproape toate elementele chimice, minerale și organice cunoscute. Partea minerală a solului este determinată de originea lui. Partea organică a solului este alcătuită din deșeuri animale și vegetale [7, 40, 59].

Cantitatea de humus din sol reprezintă fertilitatea naturală a solului, care poate fi ridicată prin aplicarea îngrășămintelor organice [7].

Apa din sol contribuie într-o formă sau alta la toate procesele pedogenetice, fie că este vorba de alterarea mineralelor, fie că este mijloc de transport pentru diverse substanțe, fie că organisme vegetale sau animale nu pot trăi fără apă, de ele fiind legate procesele de formare a humusului [16].

Apa reprezintă agentul principal de circulație a diferitelor componente din sol, în apă având loc toate procesele biologice și chimice din sol [7, 16].

Excesul de apă poate curge la suprafață, poate bălți, sau se infiltrează în sol [16].

Efectele excesului de apă sunt diverse, de la influențarea piesajului, la influențarea nutriției plantelor, iar prin lipsa oxigenului, putrezire, sărăturare, recoltele sunt distruse în proporție de 10-40 % [41].

Sursa de apă a solului o reprezintă în primul rând precipitațiile, iar în anumite condiții ea poate proveni din apele subterane freatice, din apele de inundație, prin condensarea vaporilor de apă sau este adusă de om prin irigații [7].

Aerul din sol are aceeași compoziție cu aerul atmosferic, dar proporția diferiților componenți gazoși diferă foarte mult. Aerul din sol are o mare importanță pentru rădăcinile plantelor și activitatea microorganismelor aerobe. Prezența aerului în sol se datorează acțiunii unor factori naturali și a unor factori artificiali [7].

Microorganismele din sol sunt responsabile în natură de mineralizarea celei mai mari părți din material organic pe care-l transformă în dioxid de carbon. Se pot dezvolta numeroase procese bazate pe acțiunea microorganismelor implicate în procesul natural de reciclare a carbonului [7, 40].

Microorganismele din sol sunt constituite din: bacterii, actinomicete, ciuperci, alge, protozoare. Bacteriile din punct de vedere gravimetric reprezintă 0,2 % din greutatea solului, iar numeric la un gram de sol se pot găsi de la câteva milioane la circa trei miliarde [40].

CAPITOLUL 2

PROPRIETĂȚILE SOLULUI

2.1. Proprietățile fizice ale solului

Textura

Alcătuirea fazei solide a solului este destul de complexă din punct de vedere fizic, chimic și mineralogic [9, 12, 16].

Densitatea

Starea de așezare a solului se exprimă prin diverși indicatori, printre care densitatea aparentă, porozitatea și gradul de tasare [16].

Densitatea este o proprietate fizică a solului constantă în timp și care ajută la aflarea (prin calcul), a porozității totale a solului cât și la calculul vitezei de cădere a particulelor [12].

Densitatea aparentă

Densitatea aparentă este afectată de structura solului, de dispersia sau gradul de compactitate, de caracteristicile de gonflare și contracție, care depind de umiditate. Indiferent cât de compacte sunt solurile, particulele solide nu se pot îmbina perfect și solul rămâne ca un corp poros, niciodată complet impermeabil [12].

2.2. Proprietățile fizico-mecanice ale solului

Compactarea solului

Prin compactarea (tasarea) solului se înțelege procesul în urma căruia densitatea aparentă a acestuia crește peste valori normale, respectiv porozitatea totală scade sub valori normale [12-16, 41, 44, 50, 55, 59, 61, 68, 73].

Consistența solului

Este proprietatea solului de a prezenta un grad de tărie, soliditate și rezistență la deformare sau sfărâmare [9, 50, 55, 59, 61, 68, 73].

Aderența solului (adeziunea, adezivitatea)

Aderența solului este proprietatea fizico-mecanică a solului umezit la consistența plastică lipicioasă de a se lipi de obiectele cu care vine în contact [12-16, 41, 44, 50, 55, 59, 61].

Coeziunea solului (frecarea internă, forfecarea)

Coeziunea se definește ca fiind forța care leagă între ele particulele elementare ale solului datorită unor mecanisme fizico-chimice: forțele Van der Waals, atracția electrostatică, punțile cationice, efectele de cimentare etc. [12].

Rezistența solului la penetrare este un indice semnificativ pentru caracterizarea proprietăților fizico-mecanice ale solului și a consistenței acestuia și se corelează cu rezistența la arat a solului [2, 12-16, 41, 44, 50, 55, 59, 61].

Rezistența solului la penetrare este rezistența opusă de acesta la solicitările de compresiune - tăiere exercitate în același timp de un corp ce pătrunde în sol [2, 12-16, 41, 44, 50, 55, 59, 61, 68, 73].

2.3. Proprietățile hidrofizice, de aeratie ale solului

Apa din sol

Forțele care acționează asupra apei din sol

Relațiile sol-apă sunt determinate de forțele care acționează asupra apei din sol [16].

Dintre forțele care acționează asupra apei din sol prezintă importanță deosebită următoarele: forța gravitațională, forța capilară, forța de adsorbție, forța datorată tensiunii vaporilor de apă din sol, forța de sucțiune (sugere de către rădăcinile plantelor, forța hidrostatică) [75].

Asupra apei din sol acționează forțe diferite, care modifică permanent în funcție de cantitatea de apă din sol și de proprietățile acestuia (textură, porozitate, conținut în săruri). Reținerea și mișcarea apei în sol este determinată de acțiunea comună a acestor forțe [12, 16, 66].

Aerul din sol

Aerul ocupă acea parte a spațiului poros care nu este ocupat de apă. Se mai găsește dizolvat, în cantitate mică, în apa solului. Conținutul de aer al unui sol dat la umiditatea maximă pe care o poate avea acel sol în condiții de câmp poartă numele de porozitatea de aeratie [12].

Conținutul de aer se poate determina cu ajutorul picnometrelor de aer [12, 16].

2.4. Proprietățile chimice ale solului

Soluția solului

Soluția solului se poate defini ca faza lichidă a solului, care include apa din sol conținând săruri minerale dizolvate, compuși minerali și organici, gaze și particule fine coloidale [12, 16].

Precipitațiile atmosferice, apa din scurgeri de suprafață, apele freatice pătrund în sol, iar în urma interacțiunii cu faza solidă și gazoasă a solului, cu sistemul radicular al plantelor și cu organismele vii care populează solul își schimbă compoziția chimică [16].

Compoziția soluției solului depinde de cantitatea și calitatea precipitațiilor atmosferice, de compoziția fazei solide a solului. Compoziția soluției solului suferă permanent modificări datorită activității plantelor

superioare, prin, scoaterea de către rădăcinile acestora a unor compuși, și invers, prin pătrunderea unor substanțe, prin secreții ale rădăcinilor plantelor [16].

Capacitatea de adsorbție

Datorită stării de dispersie a componentelor lui și în special a celor de natură coloidală, solul are proprietatea de a adsorbi diferite substanțe aflate în stare de dispersie moleculară (adsorbție moleculară) și ionică (cationică sau anionică, numite adsorbție cationică și respectiv anionică) [61, 66].

Aciditatea solului

Soluția solului conține în stare de dispersie ioni, molecule, substanțe coloidale, care se găsesc în proporții foarte diferite în funcție de diferiți factori care acționează în formarea și evoluția solurilor. Aciditatea solului este influențată de o serie de factori: compoziția chimică și mineralogică a părții minerale a solului, prezența sărurilor solubile, conținutul și natura substanțelor organice care se găsesc în sol, umiditatea solului, activitatea organismelor din sol etc. În sol se deosebește o aciditate actuală și una potențială [9, 74].

Aciditatea actuală (pH-ul solului)

Este dată de concentrația ionilor de H^+ ce se află la un moment dat în soluția solului. Apa distilată, în raport cu care se stabilește aciditatea solului, are o reacție neutră, raportul activității ionilor H^+ și OH^- fiind egal și exprimat prin relația 9 [9, 61, 74]:

$$(H^+) \cdot (OH^-) = k \cdot H_2O = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} \quad (9)$$

Dacă solul conține compuși cu caracter bazic, aciditatea sa este alcalină, de exemplu solurile care conțin săruri ce hidrolizează alcalin: $CaCO_3$, $MgCO_3$ și Na_2CO_3 [9].

CAPITOLUL 3 STADIUL ACTUAL PRIVIND ROTAȚIA ȘI FERTILIZAREA CULTURILOR AGRICOLE

Agricultura intensivă, de mare productivitate, exercită asupra solului solicitări însemnate, influențând structura solului și celelalte însușiri ale acestuia [11, 82].

Rotația culturilor reprezintă cea mai eficientă strategie de control a solului (ordinea planificată a culturilor specifice plantate pe același domeniu). De asemenea, înseamnă că viitoarea cultură aparține unei familii diferite față

de cea precedentă. Rotația planificată poate varia de la doi sau trei ani până la o perioadă mai lungă [115-117, 118].

Rotația culturilor are rolul de a crește producția culturilor prin îmbunătățirea condițiilor din sol și de reducere a buruienilor, bolilor și dăunătorilor [115, 116].

Rotația culturilor poate influența pozitiv producția culturilor, chiar și în cadrul sistemelor de lucrări a solului. Aceste avantaje pot fi substanțiale și să ofere o bază pentru un sistem de recoltare profitabil [115, 116]. Punerea în aplicare a rotației culturilor diferite poate îmbunătăți fertilitatea solului [24, 26].

Efectele favorabile ale asolamentelor

Efectul favorabil al asolamentului trebuie evaluat comparativ cu efectul monoculturii. Cele mai importante motive pentru a folosi asolamentul sunt [2, 24, 26, 115-118]:

- folosirea rațională a apei din sol;
- folosirea completă a rezervelor de elemente nutritive din sol;
- explorarea tuturor straturilor fertile de sol: plantele cu înrădăcinare profundă aduc din straturile profunde elemente fertilizante (Ca, P, K) pe care le pot folosi, în anul următor, cele cu înrădăcinare superficială;
- refacerea rezervei de humus: unele culturi lasă puține resturi vegetale care se pot transforma în humus, aceste culturi vor fi urmate de altele care lasă mai multă materie organică refăcând astfel rezerva de humus;
- folosirea eficientă a îngrășămintelor organice;
- menținerea structurii solului;
- combaterea buruienilor;
- combaterea bolilor și dăunătorilor;
- prevenirea oboselii solului produsă de anumite plante care elimină în sol substanțe toxice care împiedică germinarea semințelor proprii în anul următor;
- folosirea eficientă a energiei: alternarea de culturi care necesită arături adânci cu plante care nu sunt pretențioase renunțându-se la arătură, în anul următor;
- sporirea producției la toate culturile, ele oscilând în funcție de durata asolamentului și de structura culturilor.

Optimizarea proprietăților solului, atât fizice cât și chimice, poate rezulta din managementul substanței organice a solului, care se exercită prin intermediul procedurilor agrotehnice [13].

CAPITOLUL 4

ROTAȚIA CULTURILOR ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

Ecosistemul solului oferă un habitat pentru o faună numeroasă și diversă, care deține un rol central în descompunerea și ciclismul nutrienților. Totuși, schimbarea utilizării sau gestionării terenurilor poate schimba dinamica populației, schimbarea biologiei solului în cadrul sistemului [24, 72, 58, 60].

Punerea în aplicare a rotației culturilor poate îmbunătăți fertilitatea solului, în timp ce variațiile naturale de creștere a diferitelor specii de plante și a sistemului de rădăcini pot crea modificări ale structurii și proprietăților solului. Toate speciile de plante creează în oarecare măsură efectul de moștenire în interiorul solului [24, 58].

Rotația culturilor este una dintre cele mai vechi și cele mai eficiente strategii de control al culturilor și al solului, ne permite să folosim apa și substanțele fertilizante din sol, să pregătim mai bine solul pentru fiecare plantă, să repartizăm mai bine munca în timp și spațiu, să ferim plantele de boli și dăunători [36, 60].

Se recomandă ca rotația culturilor să fie în așa fel încât să se evite epuizarea rezervei solului în anumite elemente nutritive (azot, fosfor, potasiu). O rotație rațională influențează pozitiv fertilitatea solului și recoltele obținute [111].

Rotația culturilor poate avea efecte directe asupra proprietăților fizice, chimice și biologice ale solului [4, 111].

CAPITOLUL 5

SISTEME DE FERTILIZARE A CULTURILOR AGRICOLE ȘI INFLUENȚA ACESTORA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

Fertilitatea este o însușire esențială a solului care-l deosebește radical de rocă, aceasta având o evoluție dinamică în timp, sub impactul activității umane. Fertilitatea este o funcție a tuturor proprietăților solului [123].

Prin aplicarea îngrășămintelor, amendamentelor, tehnologiei de cultură se poate schimba, în mare măsură, direcția și mersul proceselor chimice și biochimice din sol, precum și starea de fertilitate a solului [43, 45].

Fertilitatea este o consecință a tuturor proprietăților solului, și anume a proprietăților [122]:

- fizice;
- mecanice;
- fizico-mecanice;
- hidrofizice;

- chimice;
- biologice;
- ecologice.

Folosirea rațională a sistemelor de fertilizare a solului are la bază următoarele principii generale [119]:

- în acord cu necesitățile și exigențele impuse pentru protecția calității apei, fertilizarea trebuie efectuată în regim controlat, în așa fel încât să se asigure, pe cât posibil, utilizarea optimă de către plantele cultivate a nutrienților deja existenți în sol și a celor proveniți din îngrășămintele minerale și organice aplicate.

- este considerată ca o bună practică agricolă adaptarea fertilizării și a momentului efectuării acesteia la tipul culturii agricole și la însușirile solului.

CAPITOLUL 6

CONCEPEREA, PROIECTAREA ȘI REALIZAREA BAZEI DE CERCETARE

În cazul tezei de doctorat s-au urmărit o serie de indicatori care să descrie în ansamblu efectul remanent al rotației culturilor și al sistemelor de fertilizare. Astfel s-a analizat atât proprietățile fizice, cât și chimice ale solului pentru a avea o abordare complexă a efectului remanent indus de rotația culturilor și gradul de fertilizare. A fost ales grupul de proprietăți fizice care se pot determina in situ și care pot ilustra efectul remanent apărut în sol după experimente de lungă durată, având la bază rotația culturilor și fertilizarea.

Pentru determinările ex situ s-a ales urmărirea unor proprietăți care pot da informații foarte importante asupra transformărilor din sol în urma aplicării unei rotații de lungă durată și a unor doze de îngrășămintă chimice și organice, procese de lungă durată.

Astfel au fost determinate și analizate: pH-ul solului, humusul din sol, nutrienții din sol respectiv: macronutrienți de ordin primar: azot, fosfor și potasiu, și cei de ordin secundar: calciu și magneziu.

Din grupa micronutrienților au fost determinați fierul, manganul, cuprul, zincul și clorurile.

De asemenea au fost determinate și analizate o serie de metale grele precum: nichelul, plumbul și cadmiul.

Din elementele care dau informații cu privire la toxicitatea solului au fost alese următoarele metalele: crom, arsen și aluminiu care în raport cu ordinul nr. 756 din 3 noiembrie 1997 privind evaluarea poluării mediului (actualizate până la data de 1 ianuarie 2003) ne dau gradul de poluare al mediului, respectiv al solurilor precum și folosința solului [127].

S-au propus pentru studiu mai multe grupe de mărimi la care s-au ales pentru studiu mai multe elemente, astfel încât s-au urmărit atât indicatorii de fertilitate ai solului, nutrienții solului cu cele două subgrupe macro și micronutrienți, cât și indicatori de poluare ai solului respectiv prezența metalelor grele în sol și alte elemente de toxicitate pentru sol.

Stabilirea punctelor de prelevare a probelor

Pentru alegerea punctelor de prelevare probe s-au avut în vedere cercetările efectuate la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România fiind necesar să se analizeze o serie de parametri pentru a putea observa influența rotației culturilor asupra proprietăților solului.

Cercetările efectuate la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România, respectiv, o experiență bifactorială, staționară multianuală, montată în anul 1968 și până în momentul de față, fac referire la evidențierea diferențierii însușirilor solului ca efect al alternanței (rotației) culturilor și al fertilizării cu azot (90kg N/ha s.a.), cu fosfor (75 kg P/ha s.a.), cu azot și fosfor (N90P75 kg/ha s.a.) și gunoi de grajd, timp de 48 de ani.

Variantele experimentale alese din câmpul experimental de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România sunt de forma (fig. 3):

- rotația culturilor (tab. 1) (**Factor a**):

- monocultura grâu: a₁;
- rotație de 2 ani: grâu–porumb: a₂;
- rotație de 3 ani- grâu–mazăre–porumb: a₃;
- rotație de 4 ani- grâu-floarea soarelui–porumb–mazăre: a₄.

- fertilizare cu (**Factor b**):

- nefertilizat: b₁;
- azot -90kg N/ha s.a.: b₂;
- fosfor-75 kg P/ha s.a.: b₃;
- azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a.: b₄;
- gunoi grajd: b₅

De pe aceste parcele experimentale s-au prelevat probe de sol pe două intervale de adâncime:

- 0-15 cm,
- 15 - 30 cm;

b ₁									
b ₂									
b ₃									
b ₄									
b ₅									
	a ₁	a ₂	a ₃		a ₄				

Dimensiunea parcelei: 6 x 5 = 30 m²

Fig. 3. Varianta experimentală realizată la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România [39].

Tabelul 1.

Rotația culturilor în ultimii 12 ani pentru perioada 2006-2017 [39].

NR. CRT.	AN	FACTOR			
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
1.	2017	g	g	g	g
2.	2016	g	g	g	g
3.	2015	g	p	m	f
4.	2014	g	g	p	p
5.	2013	g	p	g	m
6.	2012	g	g	m	g
7.	2011	g	p	p	f
8.	2010	g	g	g	p
9.	2009	g	p	m	m
10.	2008	g	g	p	g
11.	2007	g	p	g	f
12.	2006	g	g	m	p

g- grâu (*Triticum aestivum*); p- porumb (*Zea mays*); m-mazăre (*Pisum sativum*); f- floarea –soarelui (*Helianthus annuus*).

În situ s-au determinat următoarele proprietăți fizice ale solului, pe parcele experimentale de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea:

- rezistența la penetrare;
- viteza aerului în sol;
- umiditatea.

Ex situ s-au determinat următoarele proprietăți chimice ale solului, la Laboratorul de Calitatea Apelor Bacău aparținând Administrației Bazinale de Apă Siret:

- pH-ul solului, humusul din sol;
- macronutrienți de ordin primar: azot total, fosfor și potasiu;
- macronutrienți de ordin secundar: calciu și magneziu;
- micronutrienți: fier, mangan, cupru, zinc, conținutul de cloruri;
- metale grele: nichel, plumb, aluminiu, crom, arsen și cadmiu.

Probele de sol au fost prelevate la nivelul anilor 2016 și 2017, după recoltarea producției de pe parcelele experimentale conform schemei experimentale prezentate în figura 5:

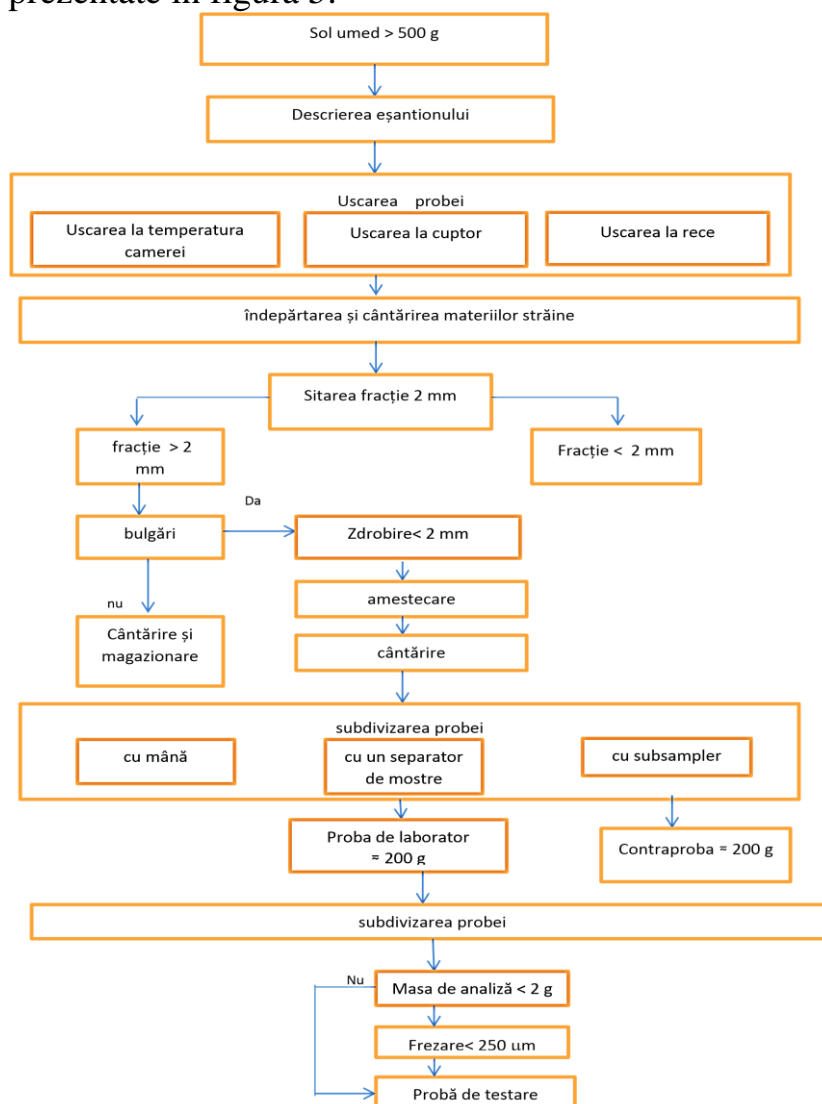


Fig. 5. Schema pentru pretratarea probelor de sol [98].

CAPITOLUL 7 REZULTATE EXPERIMENTALE OBTINUTE

Cercetările teoretice prezentate în capitolele anterioare demonstrează că din multitudinea de factori care influențează capacitatea de acumulare a substanțelor chimice/nutritive în sol, o pondere însemnată o are efectul remanent al rotației culturilor și al sistemului de fertilizare aplicat asupra proprietăților solului.

Obiectivele urmărite constau în:

- determinarea efectului remanent al rotației culturilor și al sistemului de fertilizare aplicat asupra proprietăților chimice solului respectiv, concentrația de elemente chimice din sol;

- determinarea efectului remanent al rotației culturilor și al sistemului de fertilizare aplicat asupra proprietăților fizice ale solurilor agricole.

7.1. Proprietăților fizice analizate în câmpul experimental de la Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România

In situ s-au determinat următoarele proprietăți fizice ale solului:

- rezistența la penetrare;
- viteza aerului în sol;
- umiditatea.

7.1.1. Determinarea rezistenței la penetrare a solului în câmpul experimental

Valorile rezistenței la penetrare, în câmpul experimental, o experiență montată de sașe decenii, au variat între $2,2 \div 3,8$ MPa, ceea ce încadrează solul în categoria „solurilor ușoare”. Se observă că valoarea rezistenței la penetrare a solului a crescut în cazul variantei experimentale fertilizate cu azot, figura 21.

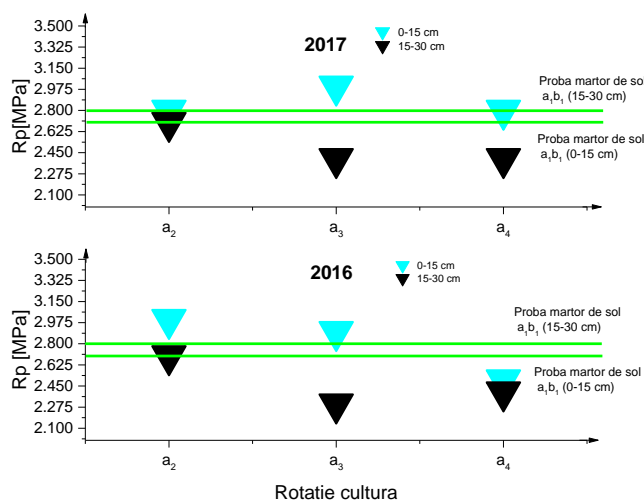


Fig. 21. Variația rezistenței la penetrare pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot -90kg N/ha s.a. (a₁b₂), la nivelul anilor 2016-2017.

Pentru adâncimea de lucru 15-30 cm valoarea rezistenței la penetrare pentru toate variantele experimentale scade ușor comparativ cu valorile din intervalul de adâncime 0-15 cm.

Modul de variație a rezistenței la penetrare se păstrează pe cele două intervale de adâncime de determinare. De asemenea se observă că valorile

rezistenței la penetrare la nivelul anului 2016 sunt apropiate de cele la nivelul anului 2017 pe toate variantele luate în studiu.

7.1.2. Determinarea umidității solului în câmpul experimental

Umiditatea solului a fost identificată cu valori cuprinse între 2 și 14 %.

Cele mai scăzute valori ale umidității (2 %) s-au înregistrat pentru variantele experimentale a_1b_5 (monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd, adâncimea de lucru 0-15 cm, proba martor, fig. 25), a_3b_1 (rotație de 3 ani grâu-mazăre-porumb, nefertilizată, adâncimea de lucru 0-15 cm, la nivelul anului 2016).

S-a determinat o umiditate ridicată a solului de 14 % s-a determinat pentru varianta experimentală rotație de 4 ani (a_4b_5)-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd. Acest lucru se confirmă și cu rezultatele experimentale obținute în cazul rezistenței la penetrare solului pentru această variantă experimentală, valoarea înregistrată fiind de 2,2 MPa.

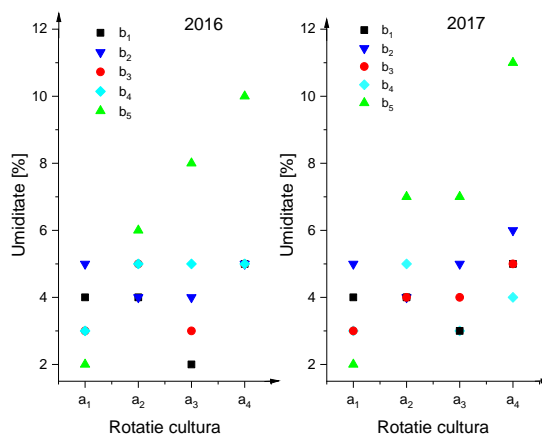


Fig. 25. Variația umidității pentru parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimea de lucru 0-15 cm, la nivelul anilor 2016-2017.

7.1.3. Determinarea vitezei aerului în sol în câmpul experimental

Cea mai ridicată viteză a aerului în sol s-a înregistrat pentru varianta experimentală a_4b_5 (rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd), aceasta fiind de 78 cm/s pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, la nivelul anului 2016, fig. 28.

Valorile vitezei aerului în sol au variat între 28 ÷ 69 cm/s, pentru intervalul de adâncime 0-15 cm, respectiv pentru intervalul de adâncime 15-30 cm valorile vitezei aerului în sol au variat între 38 ÷ 78cm/s.

Cea mai ridicată viteză a aerului în sol s-a înregistrat pentru varianta experimentală a_4b_5 (rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd), aceasta fiind de 78 cm/s pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, la nivelul anului 2016.

Creșterea umidității pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd a dus la scăderea valorilor rezistenței la penetrare.

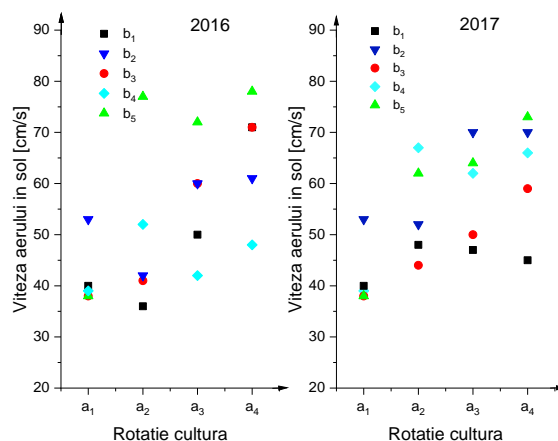


Fig. 28. Variația vitezei aerului în sol pentru parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, la nivelul anilor 2016-2017.

Valorile vitezei aerului în sol se confirmă și cu rezultatele experimentale obținute în cazul umidității solului din câmpul experimental.

7.2. Proprietăților chimice analizate în câmpul experimental de la Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România

Ex situ s-au determinat următoarele proprietăți chimice ale solului:

- pH-ul solului, humusul din sol;
- macronutrienți de ordin primar: azot total, fosfor și potasiu;
- macronutrienți de ordin secundar: calciu și magneziu;
- micronutrienților: fier, mangan, cupru, zinc, conținutul de cloruri;
- metale grele: nichel, plumb, aluminiu, crom, arsen și cadmiu.

7.2.1. Determinarea pH-ului solului și a conținutului de humus din câmpul experimental

Pentru variantele experimentale unde s-au aplicat fertilizanți cu azot, cu fosfor și combinați de azot și fosfor, s-au înregistrat valori scăzute ale pH-ului solului pentru ambele intervale de adâncimi (fig. 34). Acidifierea cea mai puternică a solului s-a înregistrat pentru câmpul experimental fertilizat cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a..

S-a observat că în general pe adâncime și pe ani, prin aplicarea fertilizanților pH-ul solului scade.

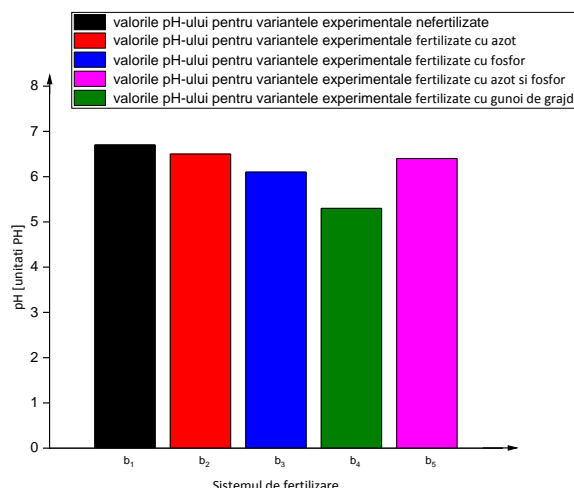


Fig. 34. Variația pH-ului solului în funcție de sistemul de fertilizare aplicat pentru toate parcele experimentale la nivelul anilor 2016-2017.

Conținutul de humus ca urmare a aplicării fertilizanților chimici a scăzut, dar s-a observat o refacere a conținutului de humus în câmpul experimental în urma aplicării fertilizantului organic gunoi de grajd.

Conținutul de humus din sol s-a dovedit a fi mai ridicat doar în probele martor de sol și a fost scăzut pentru rotațiile de 2, 3 și 4 ani, ca urmare a aplicării fertilizanților chimici.

7.2.2. Determinarea conținutului de magneziu, aluminiu și nichel din câmpul experimental

Valorile înregistrate pentru conținutul de magneziu pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd, au fost peste valorile înregistrate în proba martor de sol, în special pentru variantele experimentale rotație de trei ani- grâu-mazăre- porumb, și rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, valorile fiind cuprinse între 665,4÷712,58 mg/kg s.u., fig. 39. Fertilizarea cu gunoi de grajd a adus acumularea în sol a magneziului. O acumulare în sol a magneziului este benefică pentru sol, cât și pentru planta cultivată, ajutând la procesul de fotosinteză.

Valorile conținutului de aluminiu: pentru toate variantele experimentale au fost foarte scăzute în raport cu probele martor - monocultură de grâu.

Cele mai scăzute valori ale conținutului de nichel (fig. 46) s-au înregistrat pentru varianta experimentală rotație de 4 ani: grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu azot la nivelul anului 2017.

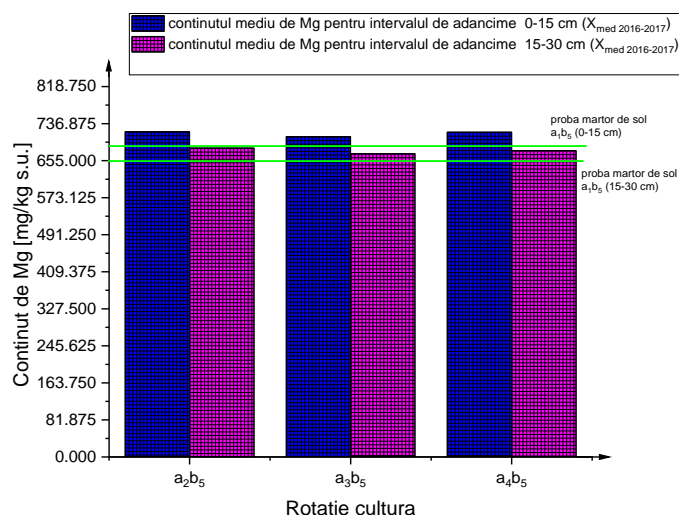


Fig. 39. Concentrația medie de magneziu pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a₁b₅), la nivelul anilor 2016-2017.

Analizând datele obținute se observă că valorile concentrațiilor de aluminiu și nichel au arătat că nu s-au acumulat în sol cantități mari de reziduuri care pot avea efect de fitotoxicitate pentru viitoarele culturi de plante.

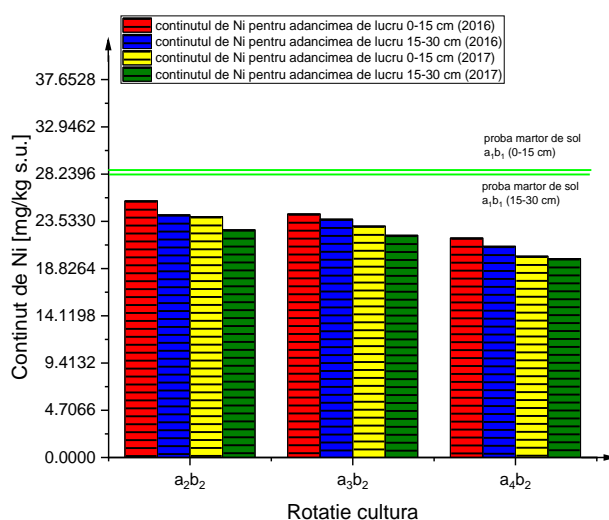


Fig. 46. Concentrația de nichel pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot-90kg N/ha s.a. (a₁b₂), la nivelul anilor 2016-2017

7.2.3. Determinarea conținutului de calciu și azot total din câmpul experimental

Pentru conținutul de calciu s-au înregistrat depășiri ale valorilor probelor martor de sol, cele mai ridicate valori înregistrându-se pentru variantele

fertilizate cu gunoi de grajd, ceea ce indică că sistemul de fertilizare gunoi de grajd aduce un aport a acestui macroelement în solul experimental, fig. 64.

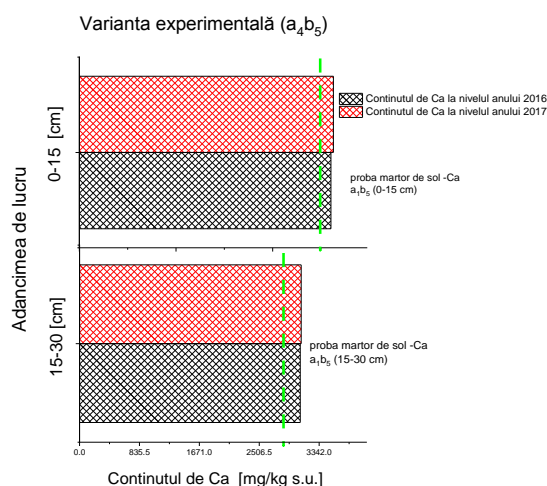


Fig. 64. Concentrația de calciu pentru parcela de sol analizată –varianta rotație de 4 ani: grâu – floarea soarelui – porumb – mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd (a₄b₅), respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a₁b₅), la nivelul anilor 2016-2017.

În cazul conținutului de azot total, analizând valorile experimentale rezultate se observă că valorile conținutului de azot au crescut față valorile din probe martor doar pentru variantele experimentale fertilizate cu azot, dar se încadrează în valorile admise pentru solurile fertilizate, fig.69.

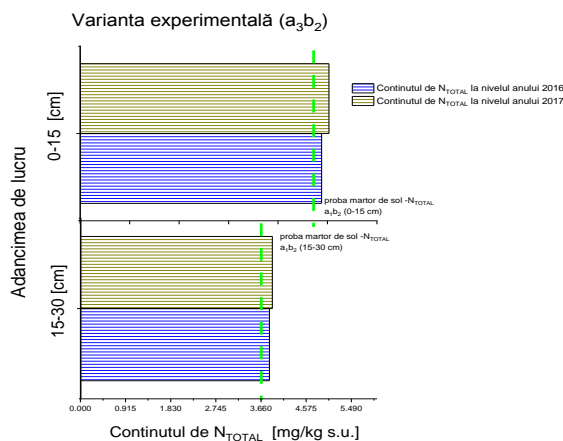


Fig. 69. Concentrația de azot total pentru parcela de sol analizată–varianta rotație de 3 ani: grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu azot-90kg N/ha s.a. (a₃b₂), respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot-90kg N/ha s.a. (a₁b₂), la nivelul anilor 2016-2017.

7.2.4. Determinarea conținutului de cloruri din câmpul experimental

Rezultatele pentru conținutul de cloruri pentru toate variantele experimentale analizate, au fost sub valorile înregistrate în probele martor (fig.82). Această scădere a conținutului de micronutrient poate indica o absorbție în planta cultivată pe parcela experimentală; micronutrienții fiind necesari pentru sănătatea plantei.

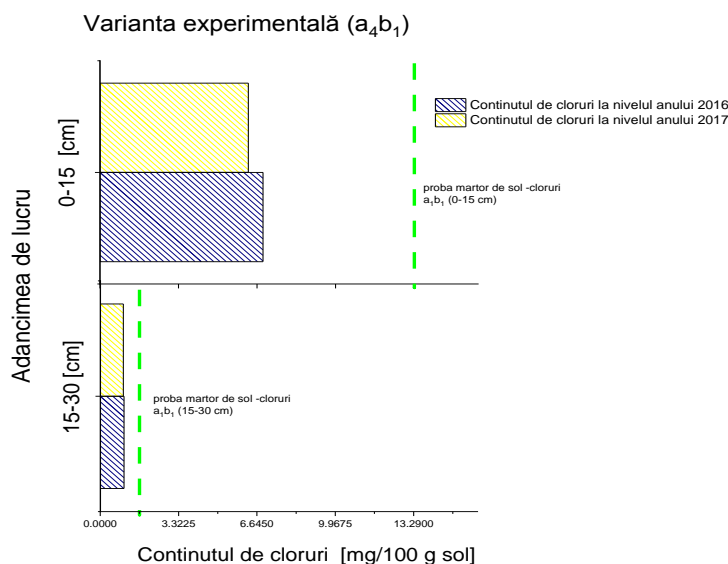


Fig. 82. Concentrația de cloruri pentru parcela de sol analizată –varianta rotație de 4 ani:-grâu–floarea soarelui–mazăre–porumb, nefertilizată (a₄b₁), respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu nefertilizată (a₁b₁), la nivelul anilor 2016-2017.

7.2.5. Determinarea conținutului de fosfor din câmpul experimental

În cazul conținutului de fosfor valorile experimentale rezultate au crescut față valorile din probele martor, doar pentru variantele experimentale fertilizate cu azot, respectiv fertilizate cu fosfor, fig. 103. Macronutrientul fosfor joacă rol în metabolismul plantelor fiind necesar pentru sănătatea plantei.

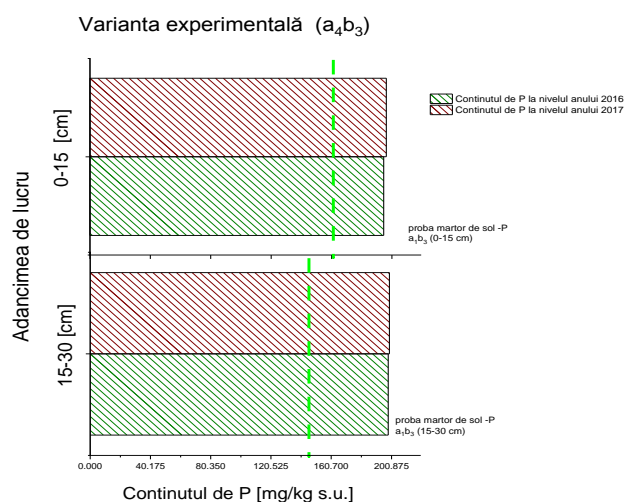


Fig. 103. Concentrația de fosfor pentru parcela de sol analizată –varianta rotație de 4 ani: grâu–floarea soarelui–porumb–mazăre, fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a_4b_3), respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a_1b_3), la nivelul anilor 2016-2017.

7.2.6. Determinarea conținutului de potasiu din câmpul experimental

Pentru valorile concentrației de potasiu (fig. 124) pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd s-au înregistrat valori ridicate a acesteia. Fertilizarea cu gunoi de grajd a adus o creștere a conținutului de potasiu, ceea ce indică o acumulare ridicată a elementului potasiu, macronutrient de ordin primar.

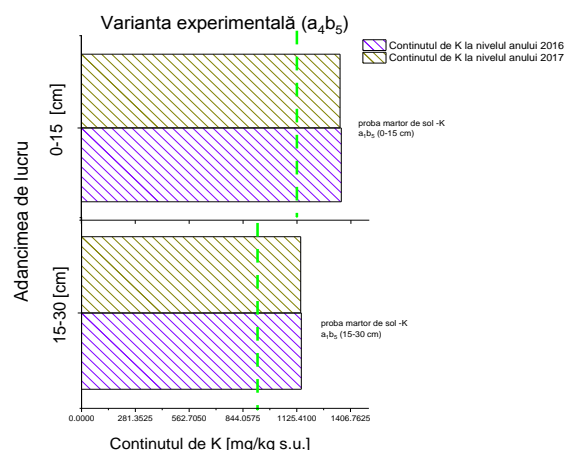


Fig. 124. Concentrația de potasiu pentru parcela de sol analizată –varianta rotație de 4 ani: grâu–floarea soarelui–porumb–mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd (a_4b_5), respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a_1b_5), la nivelul anilor 2016-2017.

7.2.7. Determinarea conținutului de mangan, fier, cupru și zinc din câmpul experimental

Fertilizarea cu gunoi de grajd a adus o creștere a conținutului de mangan, raportat la proba martor; ceea ce indică o acumulare ridicată a micronutrientului mangan în special pentru varianta experimentală rotație de 4 ani (fig. 129).

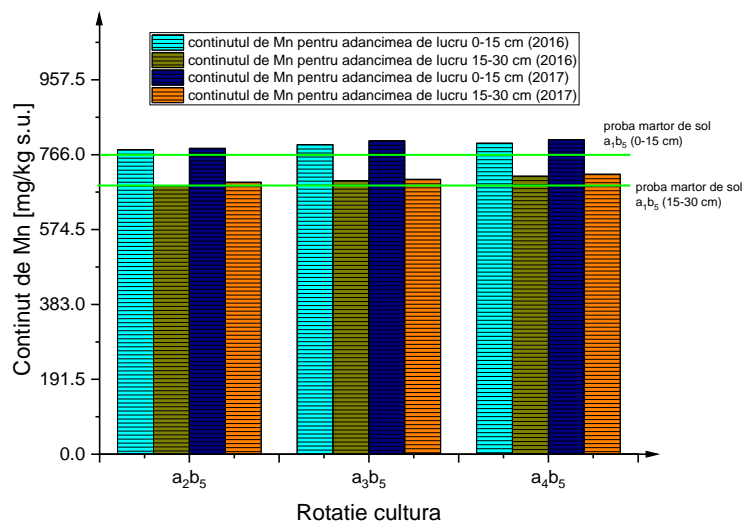


Fig. 129. Concentrația de mangan pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol-varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a₁b₅), la nivelul anilor 2016-2017.

Valorile ridicate ale concentrației de fier s-au înregistrat pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd (fig. 134), respectiv pentru toate cele trei rotații (rotații de doi ani, trei ani și patru ani) raportate la probe martor-monocultură de grâu nefertilizat după șase decenii.

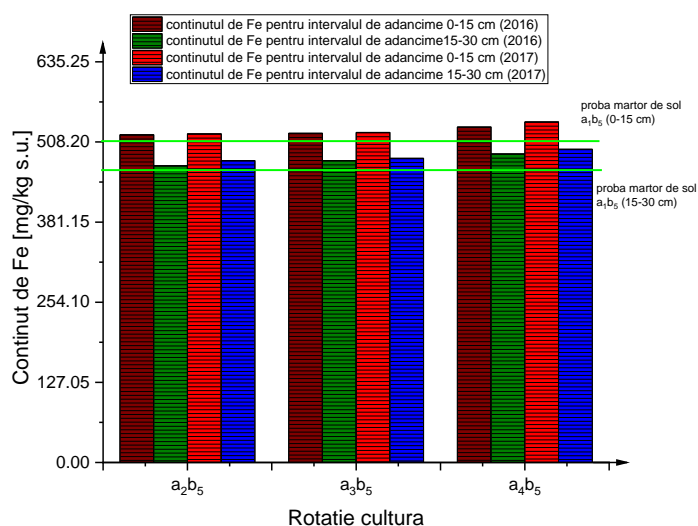


Fig. 134. Concentrația de fier pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a₁b₅), la nivelul anilor 2016-2017.

Un conținut scăzut de cupru s-a înregistrat în variantele experimentale cu conținut de humus scăzut și în clasa de reacție (pH) a solurile puternic acide, de exemplu varianta experimentală a₃b₄-rotație de 3 ani fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a., fig 138.

Valorile înregistrate pentru zinc pentru toate variantele experimentale se încadrează în limitele normale a conținutului de zinc (valoarea de referință 100 mg/kg s.u.) și nu depășește concentrația maximă admisibilă în sol de 220 mg/kg s.u.;

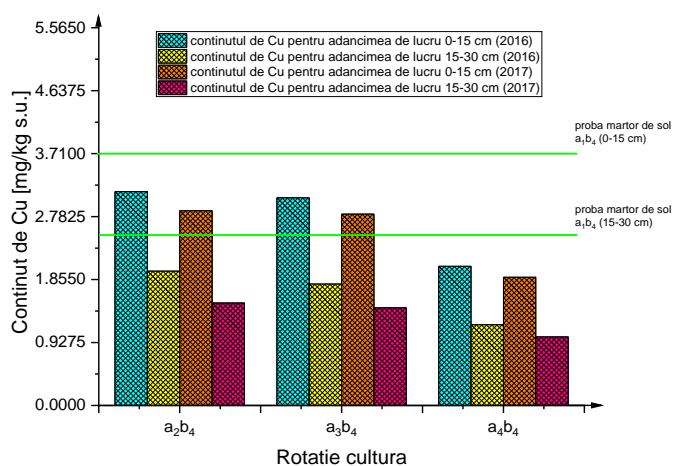


Fig. 138. Concentrația de cupru pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a. (a₁b₄), la nivelul anilor 2016-2017.

De asemenea se observă că valorile înregistrate la nivelul anilor 2016–2017 sunt apropiate pe toate variantele luate în studiu și pentru toate elementele chimice discutate în acest subcapitol.

7.2.8. Determinarea conținutului de cadmiu, arsen și plumb din câmpul experimental

Valorile concentrației de cadmiu pentru toate variantele experimentale au fost sub valorile înregistrate (sau egale) în probele martor. Valorile cele mai scăzute ale concentrației de cadmiu s-au înregistrat pentru variantele experimentale fertilizate cu fosfor, fig. 147.

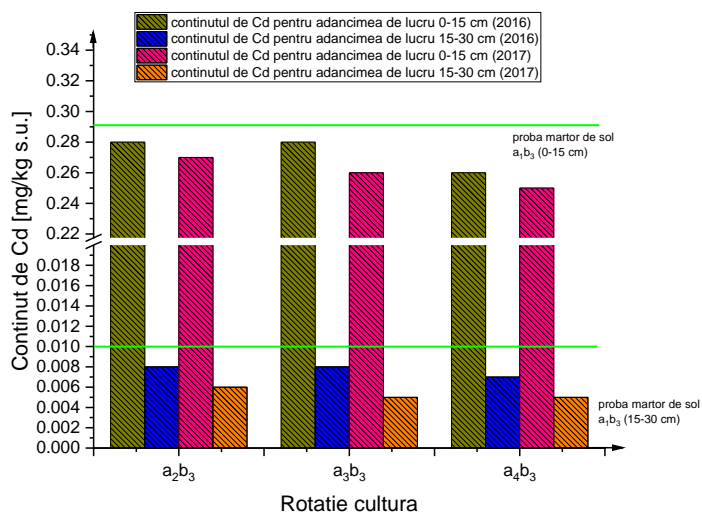


Fig. 147. Concentrația de cadmiu pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a_1b_3), la nivelul anilor 2016-2017.

În cazul arseniului valorile înregistrate pentru toate variantele experimentale analizate, au fost sub valorile înregistrate în probele martor de sol de tip monocultură de grâu. Valoarea cea mai ridicată a conținutului de arsen a fost pentru parcela experimentală monocultură de grâu nefertilizat (fig. 150), valoarea medie înregistrată fiind de 10,63 mg/kg s.u. pentru intervalul de adâncime 15-30 cm.

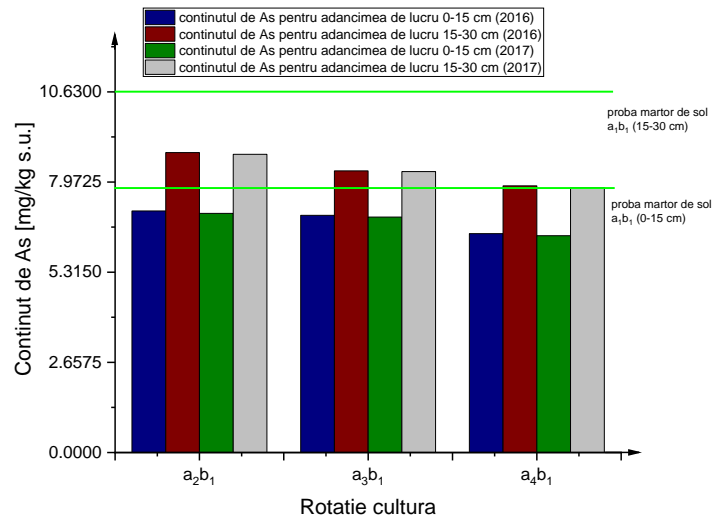


Fig. 150. Concentrația de arsen pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu nefertilizată (a₁b₁), la nivelul anilor 2016-2017.

Valorile concentrației de plumb pentru toate variantele experimentale au fost sub valorile înregistrate în probele martor (3,23÷18,15 mg/kg s.u.); valorile înregistrate fiind cuprinse între (3,12÷17,95 mg/kg s.u.); Cele mai scăzute valori ale concentrației de plumb s-au înregistrat pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd, fig. 159.

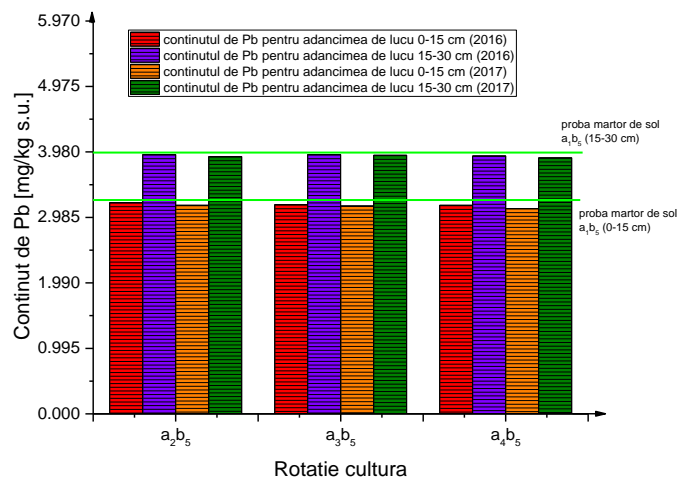


Fig. 159. Concentrația de plumb pentru cele trei parcele de sol analizate, respectiv pentru adâncimile de lucru 0-15 cm și 15-30 cm, raportate la proba martor de sol–varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a₁b₅), la nivelul anilor 2016-2017.

Valorile mici ale acestor elemente de toxicitate (cadmiu, arsen, plumb) pentru sol indică că nu sunt acumulări mari de reziduuri care au efecte de fitotoxicitate asupra solului.

7.2.9. Determinarea conținutului de crom din câmpul experimental

S-au identificat valori ale concentrației de **crom** pentru toate variantele experimentale analizate, acestea fiind sub limita de cuantificare a metodei de determinare a metalului, (concentrația de crom a fost sub valoarea de 0,5 μg/L - soluție apoasă - corespunzătoare probei diluate pentru analiză).

CAPITOLUL 8 CONCLUZII GENERALE

Cercetările teoretice și experimentale cu privire la efectul remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului prezentate în această lucrare, constituie o încercare de a oferi informații detaliate, despre modul cum sunt modificate proprietățile fizice și chimice ale solului.

În urma rezultatelor obținute prin studiul teoretic cât și al verificării experimentale, s-au putut elabora următoarele concluzii:

A. Cu privire la oportunitatea temei

În urma studierii materialelor documentare privind factorul de mediu solul se poate afirma că [1, 3, 10, 14, 21, 23, 30, 38, 41, 45, 47, 49]:

1. Solul reprezintă principala resursă naturală a omului;
2. Funcția solului în ecosisteme poate fi:
 - biologic;
 - alimentară;
 - de filtru ecologic;
 - de materie primă;
3. Proprietățile solului sunt variabile în timp și spațiu, solul fiind un sistem foarte complex;
4. Cunoașterea principalelor proprietăți fizice, mecanice, chimice și biologice ale solului constituie baza alegerii adecvate a rotației culturilor, respectiv a fertilizanților aplicați.

B. Cu privire la fundamentarea teoretică a efectului remanent al rotației culturilor și al sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului

1. O practică agricolă durabilă este bazată pe managementul corect al substanței organice a solului, care influențează integral asupra proprietăților fizice, chimice și biologice ale solului [15, 47].

2. Folosirea necorespunzătoare a sistemelor de fertilizare crește gradul de aprovizionare cu elemente nutritive a solului, necesarul de nutrienți al plantelor și recoltelor și pot deveni surse de poluare a mediului, în special a mediului acvatic [120, 125].

3. Îngrășămintele organice, care favorizează acumularea substanței organice în sol, sunt parte componentă a sistemului de agricultură durabilă [27, 33].

4. Cunoașterea pH-ului solului este necesară pentru alegerea sortimentului de culturi, pentru aplicarea diferențiată a îngrășămintelor și a amendamentelor [74, 115].

5. Rotația culturilor acționează în favoarea păstrării capacității productive a solurilor și a conservării acestora în funcție de proprietățile fizice ale solului dar și de forma de relief [48].

6. Rotația de culturilor este o strategie pentru a putea preveni pierderile mari de substanțe nutritive și, de asemenea, este un instrument important în conceptul de agricultură durabilă sau organică [5, 23-25, 36, 40, 57, 69].

7. O importanță deosebită a efectului rotației culturilor asupra proprietăților fizice, o prezintă efectul asupra structurii solului, respectiv a stabilității structurale a acestuia. Structura solurilor poate fi influențată de tipul de rotație și mai ales de plantele care se succed în cadrul rotației.

8. De asemenea, rotația culturilor poate influența proprietățile chimice ale solului. Plantele cultivate au exigențe diferite în privința consumului de elemente nutritive astfel încât unele pot lăsa solul sărac în elemente nutritive, iar altele pot lăsa în sol cantități considerabile de nutrienți care pot fi luate în calcul pentru cultura următoare.

C. Cu privire la verificarea experimentală a teoriei abordate

1. Pentru studierea efectului remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului s-au identificat:

- punctele de prelevare: probele de sol au fost prelevate la nivelul anilor 2016 și 2017 din câmpul experimental de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România, de pe o experiență de lungă durată (șase decenii);

- variantele experimentale realizate:

- rotația culturilor (**Factor a**):

- monocultura grâu: a_1 ;
- rotație de 2 ani: grâu-porumb: a_2 ;
- rotație de 3 ani- grâu-mazăre-porumb: a_3 ;
- rotație de 4 ani- grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre: a_4 ;

- fertilizare cu (**Factor b**):

- nefertilizat: b_1 ;
- azot-90kg N/ha s.a.: b_2 ;
- fosfor-75 kg P/ha s.a.: b_3 ;
- azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a.: b_4 ;

- gunoi grajd: b_5 ;
 - de pe acest câmp experimental s-au prelevat probe de sol pe două intervale de adâncime:
 - 0-15 cm,
 - 15 - 30 cm;
 - in situ s-au determinat următoarele proprietăți fizice ale solului, pe parcele experimentale de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea:
 - rezistența la penetrare;
 - viteza aerului în sol;
 - umiditatea.
 - ex situ s-au determinat următoarele proprietăți chimice ale solului, la Laboratorul de Calitatea Apelor Bacău aparținând Administrației Bazinale de Apă Siret:
 - pH-ul solului, humusul din sol;
 - macronutrienți de ordin primar: azot total, fosfor și potasiu;
 - macronutrienți de ordin secundar: calciu și magneziu;
 - micronutrienților: fier, mangan, cupru, zinc, conținutul de cloruri;
 - metale grele: nichel, plumb, aluminiu, crom, arsen și cadmiu.
2. Particularitățile fiecărei metode de experimentare abordate fac să existe diferențe considerabile obținute în calculul rezistenței la penetrare a solului/vitezei aerului în sol/umidității solului/concentrației de substanțe chimice din sol, diferențe care se datorează influenței diferiților factori:
- rotația culturilor;
 - factorul de fertilizare;
 - adâncimea de lucru.
3. Pentru toți parametrii analizați s-au ales cinci probe martor de sol, și anume:
- **proba martor 1**-varianta experimentală monocultură de grâu nefertilizată (a_1b_1);
 - **proba martor 2**-varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot-90kg N/ha s.a. (a_1b_2);
 - **proba martor 3**-varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a_1b_3);
 - **proba martor 4**-varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a. (a_1b_4);
 - **proba martor 5**-varianta experimentală monocultură de grâu fertilizată cu gunoi grajd (a_1b_5).
4. În conformitate cu programul de experimentare și cu metoda de lucru stabilite, s-a urmărit, efectul remanent al rotației culturilor și a sistemelor de fertilizare asupra proprietăților solului.
5. Reprezentanțele grafice au scos în evidență efectul remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului, respectiv:

- determinarea efectului remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților chimice solului respectiv, concentrația de substanțe chimice din sol;

- determinarea efectului remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților fizice ale solului.

6. Valorile **rezistenței la penetrare** au variat între $2,2 \div 3,8$ MPa, ceea ce încadrează solul în categoria „solurilor ușoare”.

În cazul rezistenței la penetrare s-a observat că:

- valoarea rezistenței la penetrare a solului a fost mai ridicată în cazul variantelor experimentale fertilizate cu azot;

- valorile rezistenței la penetrare înregistrate au fost sub valorile probelor martor- monocultură de grâu nefertilizat după șase decenii- în cazul variantelor experimentale fertilizate cu fosfor și gunoi de grajd după 6 decenii.

Modul de variație a rezistenței la penetrare se păstrează pe cele două intervale de adâncime de determinare.

7. **Umiditatea** solului a fost identificată cu valori cuprinse între 2 și 14 %. Cele mai mare valori ale umidității s-au înregistrat pentru variantele experimentale la care s-a aplicat ca sistem de fertilizare gunoiul de grajd (atât pentru anul 2016 cât și pentru anul 2017), rotațiile de 2, 3 și 4 ani, respectiv pentru adâncimea de lucru 15-30 cm (10-14 % umiditate, cea mai ridicată valoare înregistrându-se pentru varianta experimentală- rotație de 4 ani (a₄b₅)-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd-14 %-la nivelul anului 2016).

Acest lucru ce se confirmă și cu rezultatele experimentale obținute în cazul rezistenței la penetrare solului pentru această variantă experimentală, valoarea înregistrată fiind de 2,2 MPa.

8. **Viteza aerului** în sol pentru toate variantele experimentale a variat între 29 cm/s și 78 cm /s, la nivelul anilor 2016-2017. Cea mai ridicată viteză a aerului în sol s-a înregistrat pentru varianta experimentală a₄b₅ (rotație de 4 ani –grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd), aceasta fiind de 78 cm/s pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, la nivelul anului 2016.

Se observă că valorile vitezei aerului în sol la nivelul anului 2016 sunt apropiate de cele la nivelul anului 2017 pe toate variantele luate în studiu.

9. Conform rezultatelor experimentale obținute s-a observat **reacția chimică (pH-ul)** a solului a scăzut semnificativ față de valorile înregistrate în probele martor de sol -monocultură de grâu (valorile înregistrate fiind cuprinse între 4,87 pentru varianta experimentală: rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui –porumb-mazăre, fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a. (a₄b₄), raportată la nivelul anului 2017 (adâncimea de lucru 0-15 cm) și 6,7 pentru varianta experimentală a₁b₁, monocultură de grâu nefertilizată-proba martor).

Valorile medii ale reacției solului (pH) pentru variantele experimentale analizate s-au situat în domeniul moderat acid, cu excepția următoarelor variante experimentale: a₃b₃-rotație de 3 ani fertilizată cu fosfor-P75 kg/ha s.a, a₄b₃-rotație de 4 ani fertilizată cu fosfor-P75 kg/ha s.a, a₃b₄-rotație de 3 ani

fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a., a₄b₃-rotație de 4 ani fertilizată cu azot și fosfor-N90P75 kg/ha s.a., variante care se încadrează în clasa de reacție a solului puternic acidă. S-a observat că în general pe adâncime și pe ani, prin aplicarea fertilizanților pH-ul solului scade.

10. Conținutul de **humus** a scăzut, ca urmare a aplicării fertilizanților chimici, dar s-a observat o refacere a conținutului de humus în câmpul experimental în urma aplicării fertilizantului gunoi de grajd.

11. Concentrația de **magneziu** (rotație de trei ani a₃b₅, grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu gunoi de grajd și rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd) raportată la nivelul anilor 2016-2017 a fost mai ridicată atât pentru adâncimea de lucru 0-15 cm cât și pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, valorile înregistrate fiind cuprinse între 681,19÷725,59 mg/kg s.u..

Fertilizarea cu gunoi de grajd a adus la acumularea în sol a magneziului, lucru benefic pentru sol, cât și pentru planta cultivată, ajutând la procesul de fotosinteză.

12. Valorile concentrației de **aluminiu** pentru variantele experimentale raportate la probele martor monocultură de grâu, au fost foarte scăzute, cele mai scăzute valori înregistrându-se în cazul rotației de 3 ani-grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a₃b₃), la nivelul anului 2017, pentru adâncimea de lucru 15-30 cm, valoarea înregistrată fiind cu 80,91 % mai scăzută decât proba martor de sol (monocultură de grâu fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a₁b₃)).

Valorile concentrațiilor de aluminiu au arătat că nu s-au acumulat în sol cantități ridicate de reziduuri, care pot avea efecte de fitotoxicitate pentru viitoarele culturi de plante.

13. Valorile concentrației de **nichel** pentru variantele experimentale raportate la probele martor monocultură de grâu au fost foarte scăzute; cele mai ridicate valori s-au înregistrat la nivel anului 2016, iar cea mai scăzută valoare s-a înregistrat pentru varianta experimentală-rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2017, adâncimea de lucru 15-30 cm, valoarea înregistrată fiind cu 29,82 % mai scăzută decât proba martor monocultură de grâu fertilizată cu azot (a₁b₂).

Conform reglementărilor din 3 noiembrie 1997, conținutul de nichel din sol s-a încadrat în limitele normale de nichel privind încărcarea solului cu elemente potențiale poluante, cu excepția a peste 55 % din parcelele experimentale analizate, care au valori ale conținutului de nichel din sol care s-au încadrat între limita conținutului normal (20 mg/kg s.u.) și pragul de alertă (de avertizare, 75 mg/kg s.u.) pentru folosințe sensibile.

Distribuția conținutului de nichel în funcție de clasa de reacție a solului prezintă conținuturi minime în solurile cu reacție slab acidă.

14. Valori ridicate ale concentrației de **calciu** (valorile înregistrate fiind peste valorile determinate în probele martor de sol) s-au înregistrat pentru următoarele variante experimentale:

- rotație de doi ani: grâu-porumb, fertilizată cu gunoi de grajd (a_2b_5) la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 2919÷3456 mg/kg s.u.;

- rotație de trei ani (a_3b_5) grâu-mazăre- porumb, fertilizată cu gunoi de grajd, la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 2905÷3452 mg/kg s.u.;

- rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd (a_4b_5), la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 3078÷3536 mg/kg s.u..

Sistemul de fertilizare gunoi de grajd aduce un aport a acestui macroelement în solul experimental.

15. Concentrația de **azot total** a fost peste valorile înregistrate în probele martor de sol pentru următoarele variante experimentale:

- rotație de doi ani: grâu-porumb, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017-ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 3,79÷4,92 mg/kg s.u.;

- rotație de trei ani: grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017-ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 3,83÷5,03 mg/kg s.u.;

- rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017 pentru adâncimea de lucru 15-30 cm valorile au fost cuprinse între 3,93÷3,97 mg/kg s.u..

Conținutul de azot total a crescut față valorile din probe martor doar pentru variantele experimentale fertilizate cu azot, dar se încadrează în valorile admise pentru solurile fertilizate. Concentrația de azot total crește în urma fertilizării cu azot, dar nu depășete pragul de intervenție.

16. Valorile concentrației de **cloruri** pentru toate variantele experimentale (0,98÷21,38 mg/100 g sol) au fost sub valorile înregistrate în probele martor (1,6÷31,02 mg/100 g sol). Această scădere a conținutului de micronutrient poate indica o absorbție în planta cultivată pe parcela experimentală, micronutrienții fiind necesari pentru sănătatea plantei.

17. Concentrația de **fosfor** a fost peste valorile înregistrate în probele martor de sol pentru următoarele variante experimentale:

- rotație de doi ani: grâu-porumb, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017-ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 125,71÷147,26 mg/kg s.u.;

- rotație de trei ani (a_3b_2), grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017-ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 128,19÷156 mg/kg s.u.;

- rotație de 4 ani- grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu azot (90 kg N/ha s.a.), la nivelul anului 2016/2017-ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 129,44÷157,9 mg/kg s.u.;

- rotație de doi ani-grâu-porumb, fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a₂b₃), la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 154,07÷174,52 mg/kg s.u.;

- rotație de 3 ani-grâu-mazăre-porumb, fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a₃b₃), la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 175,69÷194,7 mg/kg s.u.;

- rotație de 4 ani-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu fosfor-75 kg P/ha s.a. (a₄b₃), la nivelul anului 2016/2017- ambele adâncimi de lucru (0-15cm și 15-30 cm), valorile au fost cuprinse între 195,4÷199,5 mg/kg s.u.;

Asigurarea solului în fosfor a fost pentru variantele experimentale fertilizate cu macronutrientul fosfor una foarte bună, fiind un lucru benefic pentru sănătatea plantei, fosforul având un rol în metabolismul plantelor.

18. Valori ridicate ale concentrației de **potasiu** (valorile înregistrate fiind peste valorile determinate în probele martor de sol) s-au înregistrat pentru fertilizate cu gunoi de grajd. Creșterea conținutului de potasiu indică o acumulare ridicată a elementului macronutrient de ordin primar.

Pentru variantele experimentale fertilizate cu fosfor-75 kg P/ha s.a., s-au înregistrat cele mai scăzute valori.

Valorile înregistrate pentru aceste variante experimentale încadrează solul în categoria de asigurare a solului cu potasiu, lucru benefic pentru dezvoltarea culturilor folosite în parcelele experimentale.

19. Fertilizarea cu gunoi de grajd a adus o creștere a **conținutului de mangan**, ceea ce indică o acumulare ridicată a micronutrientului mangan în special pentru varianta experimentală rotație de 4 ani.

Conținutul de mangan din sol a variat între 95,23 -804,65 mg/kg s.u.; toate valorile concentrației de mangan obținute pentru toate variantele experimentale se încadrează în valoarea normală de mangan (valoare de referință 900 mg/kg s.u.) și nu depășește concentrația maximă admisibilă (CMA) în sol de 1500 mg/kg s.u..

Un conținut de mangan ridicat s-a obținut în câmpul experimental cu reacție moderat acidă, de exemplu în cazul variantelor experimentale fertilizate cu gunoi de grajd.

20. Concentrația de **fier** a fost peste valorile înregistrate în probele martor de sol (462,3÷508,2 mg/kg s.u.) pentru variantele experimentale fertilizate cu gunoi de grajd, respectiv pentru toate cele trei rotații (rotații de doi ani, trei ani și patru ani) și pentru anii de analiză 2016-2017 (ambele adâncimi de lucru 0-15 cm, 15-30 cm) valorile înregistrate fiind cuprinse între 470,61÷540,05 mg/kg s.u..

21. Valorile ridicate ale concentrației de **cupru** (valorile înregistrate fiind peste valorile determinate în probele martor de sol) s-au înregistrat doar pentru varianta experimentală rotație de doi ani: grâu-porumb, fertilizată cu gunoi de grajd (a₂b₅) la nivelul anului 2016, adâncimea de lucru de 0-15 cm, valoarea

înregistrată fiind cuu 100,77 % mai ridicată decât proba martor de sol-monocultură de grâu fertilizată cu gunoi de grajd (a_1b_5).

Valorile pentru conținutul de cupru s-au situat în intervalul 1,01-27,31 mg/kg s.u și nu depășesc concentrația maximă admisibilă (CMA) în sol de 132 mg/kg s.u..

Majoritatea parcelelor experimentale se încadrează în conținutul normal de cupru privind clasele de încărcare cu elemente potențiale poluante, cu excepția unui procent de 18 % din parcele experimentale unde valorile conținutului de cupru sunt între limita conținutului normal (20 mg/kg s.u.) și pragul de alertă (100 mg/kg s.u.) pentru folosințe sensibile.

Un conținut scăzut de cupru s-a înregistrat pentru variantele experimentale cu conținut de humus scăzut și pentru clasa de reacție (pH) a solurile puternic acide, de exemplu varianta experimentală a_3b_4 -rotație de 3 ani fertilizată cu azot și fosforf-N90P75 kg/ha s.a..

22. Valorile concentrației de **zinc** pentru toate variantele experimentale au fost sub valorile înregistrate în probele martor ($3,42 \div 50,55$ mg/kg s.u.);

Concentrația de zinc din sol a variat în intervalul 2,91-50,55 mg/kg s.u. ceea ce se încadrează în conținutul normal de mangan (valoare de referință 100 mg/kg s.u.), privind clasele de încărcare cu elemente potențiale poluante.

23. Valorile concentrației de **cadmiu** pentru toate variantele experimentale ($0,004 \div 0,54$ mg/kg s.u.) au fost sub valorile înregistrate (sau egale) în probele martor ($0,01 \div 0,54$ mg/kg s.u.).

Conținutul de cadmiu din solul experimental se încadrează în conținutul normal de cadmiu privind clasele de încărcare cu elemente potențiale poluante (valoare de referință 1 mg/kg s.u.).

Valorile mici ale elementului de toxicitate cadmiu pentru sol indică că nu sunt acumulări mari de reziduuri care au efecte de fitotoxicitate asupra solului.

24. Valorile conținutului de arsen în câmpul experimental se încadrează în conținutul normal de arsen privind clasele de încărcare cu elemente potențiale poluante, cu excepția unui procent de 52,5 % din parcele experimentale care au valori ale conținutului de arsen între între limita conținutului normal (5 mg/kg s.u.) și pragul de alertă (15 mg/kg s.u.) pentru folosințe sensibile.

25. Valorile concentrației de **plumb** pentru toate variantele experimentale ($3,12 \div 17,95$ mg/kg s.u.) au fost sub valorile înregistrate în probele martor ($3,23 \div 18,15$ mg/kg s.u.).

Valoarea conținutului de plumb din solul experimental se încadrează în limitele normale a concentrației de plumb (valoare de referință 20 mg/kg s.u.), ceea ce indică că nu sunt acumulări mari de reziduuri ale plumbului în sol care au efecte de fitotoxicitate asupra solului.

26. În cazul **cromului** valorile înregistrate au fost sub limita de cuantificare a metodei de determinare a metalului pentru toate variantele experimentale, concentrația de crom fiind sub valoarea de 0,5 $\mu\text{g/L}$ în soluție apoasă.

27. Făcând o comparație, între fertilizantii aplicați pe sol și rotațiile culturilor se poate afirma în urma rezultatelor experimentale obținute că:

- fertilizarea parcelelor experimentale cu gunoi de grajd a fost cea mai eficientă în acumularea în sol de substanțe nutritive necesare dezvoltării plantelor pentru toate rotațiile de culturi aplicate (acest lucru s-a putut observa pentru următoarele elemente chimice: magneziu, calciu, potasiu, mangan și fier);

- o umiditate ridicată a solului de 14 % s-a determinat pentru varianta experimentală rotație de 4 ani (a₄b₅)-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd;

- cele mai scăzute valori ale rezistenței la penetrare s-au înregistrat în cazul parcelelor fertilizate cu gunoi de grajd, în special pentru varianta experimentală rotație de 4 ani (a₄b₅)-grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd.

D. Cu privire la caracterul original al lucrării

1. Pe baza studiului bibliografic privind efectul remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului au fost evidențiate:

- efectul remanent al rotației culturilor și sistemului de fertilizare asupra proprietăților solului;

- capacitatea de absorbție și acumulare a elementelor nutritive în sol;

- efectul aplicării fertilizanților asupra proprietățile fizice și chimice ale solului;

- impactul rotației culturilor asupra proprietățile fizice și chimice ale solului.

2. Pentru realizarea studiului teoretic, datorită complexității efectului remanent al rotației culturilor și al sistemului de fertilizare aplicat asupra proprietăților solului, a fost propusă pentru prelevarea probelor de sol o perioadă de doi ani consecutivi 2016 și 2017, respectiv doi factori de variație: factorul a: rotația culturilor și factorul b: sistemul de fertilizare, o experiență de lungă durată, de aproximativ șase decenii.

Criteriile care au stat la baza alegerii secțiunii de prelevare au inclus:

- locația și accesul cu ușurință la locul de prelevare;

- programul de prelevare;

- starea vremii;

- numărul de locații de prelevare;

- tipurile de materiale din dotare.

- configurația parcelelor pentru recoltarea probelor.

3. Prin elaborarea unei metodologii de cercetare și analizând capacitatea de absorbție/acumulare a nutrienților din sol în funcție de cei doi factori (sistemul de fertilizare aplicat și rotația culturilor) se poate spune că:

- concentrația elementelor chimice din sol este influențată de fertilizantii aplicați și de rotația culturilor; astfel se observă acumularea macronutrienților

de ordin secundar (calciu și magneziu) și a unor micronutrienților (fier, mangan) prin utilizarea sistemului de fertilizare organic (gunoi de grajd);

- în urma aplicării fertilizantului gunoi de grajd s-a observat o refacere a conținutului de humus în câmpul experimental;

- variația valorilor rezistenței la penetrare, vitezei aerului în sol și a umidității, de asemenea a fost dată de sistemul de fertilizare aplicat și de rotația culturilor;

- valori ridicate ale umidității solului, precum și a vitezei aerului s-au obținut pentru varianta experimentală- rotație de 4 ani (a₄b₅) -grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre, fertilizată cu gunoi de grajd;

- acest lucru se confirmă și cu rezultatele experimentale obținute în cazul rezistenței la penetrare solului pentru această variantă experimentală;

- rotația culturilor de patru ani și fertilizarea cu gunoi de grajd a solului au influențat favorabil proprietățile chimice ale acestuia;

- s-a constatat că valorile tuturor parametrilor analizați la nivelul anului 2016 sunt apropiate de cele la nivelul anului 2017 pe toate variantele luate în studiu pentru majoritatea indicatorilor determinați.

- s-a constatat că cea mai bună variantă experimentală pentru acumularea de substanțe nutritive în sol, s-a înregistrat în cazul aplicării pe câmpul experimental a fertilizantului de tipul gunoi de grajd (b₅), în alternanță cu rotația culturii de patru ani: grâu-floarea soarelui-porumb-mazăre - a₄.

E. Cu privire la căile de dezvoltare ulterioară a cercetării.

1. Impactul rotației culturilor asupra solului se manifestă în principal prin reducerea gradului de tasare al solului și creșterea/sau menținerea în sol a substanțelor nutritive necesare dezvoltării plantelor. Rolul principal al rotației culturilor solului constă în îmbunătățirea proprietăților fizice și chimice ale solului. Rotația culturilor este o etapă esențială în agricultura ecologică.

2. Utilizarea necorespunzătoare a fertilizanților, neținându-se cont de caracteristicile (proprietățile) solului, de gradul de aprovizionare cu elemente nutritive din sol, duce la poluarea solului și a stratului acvifer.

3. Utilizarea fertilizanților în regim controlat, în alternanță cu rotația culturilor duce la obținerea de culturi calitative și cantitative, la menținerea substanțelor nutritive în sol, reducerea procesului de eroziune, reducerea procesului de poluare a solului.

4. Ținând seama că atât teoretic cât și experimental s-a stabilit influența sistemelor de fertilizare și a rotațiilor culturilor asupra proprietăților fizice și chimice ale solului este necesar să se continue cercetările experimentale de laborator pentru diferite categorii de fertilizanți aplicați, pentru a se stabili precis aceste corelații.

5. Studiile teoretice și rezultatele experimentale din cadrul acestei lucrări pot constitui un material util și totodată indispensabil în abordarea altor teme similare din domeniu pentru optimizarea proceselor de fertilizare a solului, de

lucrarea a solului și de aplicare a rotațiilor culturilor solului într-un mod cât mai eficient.

6. Pentru clarificarea tuturor corelațiilor care există între efectul remanent al rotației culturilor și a sistemelor de fertilizare asupra proprietăților solului este necesar ca cercetările viitoare să aibă în vedere și alte tipuri de culturi, respectiv alte tipuri de fertilizanți.

7. În lucrarea de față nu s-a luat în studiu concentrația de substanțe chimice din planta care s-a dezvoltat pe arealul studiat, probele de sol fiind prelevate după recoltarea plantelor. Acest lucru poate genera pe viitor o varietate de teme de cercetare.

8. De asemenea în lucrarea de față nu s-au luat în considerare sistemele de lucrare a solului.

F. Valorificarea cercetărilor realizate.

Cercetările efectuate în cadrul lucrării au fost publicate în articole. Astfel:

Articole publicate în reviste indexate ISI:

1. **Oana Maria Muscalu (Pleşcan)**, Valentin Nedeff, Alexandra Dana Chițimuș, Ioan Gabriel Sandu, Elena Partal, Emilian Mosneguțu, Ion Sandu, Dragoș Ioan Rusu, Influence of fertilization systems on physical and chemical properties of the soil, Revista de Chimie, Bucharest, vol. 69, nr. 11, 2018, pg. 3106-3111, FI=1,755.

2. **Oana Maria Muscalu (Pleşcan)**, Valentin Nedeff, Alexandra Dana Chițimuș, Ioan Gabriel Sandu, Elena Partal, Narcis Barsan, Ion Sandu, Dragoș Ioan Rusu, Influence of fertilization systems and crop rotation on soil chemical properties, Revista de Chimie, Bucharest, vol. 70, nr. 2, 2019, pg. 536-542, FI=1,755.

3. **Oana-Maria Muscalu (Pleşcan)**, Valentin Nedeff, Elena Partal, Emilian Mosneguțu, Ioan Gabriel Sandu, Ion Sandu, Narcis Bârsan, Dragoș Rusu, Influence of main works systems on physical and chemical properties of the soil, Revista de Chimie, Bucharest, vol. 70, nr. 5, 2019, pg.1726-1730, FI=1,755.

4. **Oana-Maria Muscalu (Pleşcan)**, Florin-Marian Nedeff, Elena Partal, Emilian Mosneguțu, Mirela Panainte-Lehaduș, Oana Irimia, Claudia Tomozei, Influence of soil fertilization systems on soil characteristics for a monoculture of sunflower, Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, vol. 20, nr. 4, 2019, pg. 585 – 595.

5. **Oana Maria Muscalu (Pleşcan)**, Valentin Nedeff, Ion Sandu, Alexandra Dana Chițimuș, Elena Partal, Emilian Mosneguțu, Ioan Gabriel Sandu, Claudia Tomozei, Influence of fertilization systems on chemical properties of the soil, Revista de Chimie, Bucharest, vol. 70, nr. 12, 2019, pg. 4557-4565, FI=1,755.

6. Narcis Barsan, Alexandra Dana Chițimuş, **Oana-Maria Muscalu (Pleşcan)**, Florin Marian Nedeff, Ion Sandu, Elena Partal, Andrei Victor Sandu, Mirela Panainte Lehaduş, Influence of fertilizers on soils used for oleaginous crop, Revista de Chimie, Bucharest, vol. 71, nr. 1, 2020, p. 233-238, FI=1,755.

Articole publicate în reviste indexate PROCEEDINGS ISI:

1. Chițimuş Alexandra Dana, Cochiorcă Alina, Nedeff Valentin, Bârsan Narcis, **Muscalu Pleşcan Oana**, Studies and research on Phragmites Australis' (common reed) absorption capacity of heavy metals from the soil in Roman City, Proceeding of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 18, 2018, pg. 671-678, DOI: 10.5593/sgem2018/3.1/S12.087, SJR=0,232.

2. **Muscalu Oana**, Chițimuş Dana, Bârsan Narcis, Nedeff Valentin, Mosneguțu Emilian, Studies and research concerning the influence of liquid pollutants' leaching speed in the soil on the process of cleaning and self-cleaning, 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM, 17, nr. 2, 2017, pg. 859-866, DOI: 10.5593/sgem2017/52/S20.110, SJR=0,232.

Lucrări prezentate la conferințe internaționale:

1. **Oana Maria Muscalu (Pleşcan)**, Valentin Nedeff, Alexandra - Dana Chițimuş, Emilian Moşneguțu, Narcis Bârsan, Theoretical studies concerning the influence of crop rotation and use of fertilizers on soil properties, The 12th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Optimization in Environmental Engineering and Environmental Protection, 2016, Bacău.

2. Alexandra Dana Chițimuş, Valentin Nedeff, Emilian Mosneguțu, Narcis Bârsan, Oana Irimia, **Oana Muscalu (Pleşcan)**, Studies and research on phragmites australis' (common reed) absorption capacity of heavy metals from the soil in Roman City, Romania, The 6th International Conference Ecological & Environmental Chemistry 2017 (EEC – 2017), Chişinău, Republica Moldova.

3. **Oana Maria Pleşcan (Muscalu)**, Valentin Nedeff, Alexandra-Dana Chițimuş, Emilian Moşneguțu, Narcis Bârsan, 8, Études sur l'influence de l'utilisation d'engrais sur les propriétés du sol pour la culture de blé, CoFRROCa- The International Conferences Celebrating Technical Higher Education into "Vasile Alecsandri" University of Bacau, 2018, Bacău.

4. **Oana-Maria Muscalu (Pleşcan)**, Alexandra - Dana Chițimuş, Valentin Nedeff, Elena Partal, Emilian Moşneguțu, Narcis Bârsan, Influence of main works systems on physical and chemical properties of the soil, The International Conferences Celebrating 43 Years of Technical Higher Education into "Vasile Alecsandri" University of Bacau, Optimization in Environmental Engineering and Environmental Protection, 2019, Bacău.

Referate:

1. Oana-Maria Muscalu (Pleșcan) - Stadiul actual al cercetărilor cu privire la efectul remanent al lucrărilor solului și rotației culturilor asupra proprietăților solului, referat 1, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău.

2. Oana-Maria Muscalu (Pleșcan) - Stabilirea bazei tehnice de cercetare cu privire la efectul remanent al lucrărilor solului și rotației culturilor asupra proprietăților solului, referat 2, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău.

3. Oana-Maria Muscalu (Pleșcan) - Efectul remanent al lucrărilor solului și rotației culturilor asupra proprietăților solului. Rezultate experimentale parțiale, referat 3, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău.

BIBLIOGRAFIE

1. Ailincăi C., Ailincăi D., Irimescu M., Ștefanic Gh., Influența rotației și a fertilizării asupra nivelului de fertilitate a solului, apreciat prin indicatori biologici, Cercetări agronomice în Moldova, vol. 1, nr. 107, 1997.

2. Axinte S., Agricultura. Pedologie și probleme generale de agrotehnica și fitotehnie, Iași, Editura Institutul Politehnic Iasi 1983.

3. Baicu T., Combaterea integrală a bolilor și dăunătorilor și limitarea poluării cu pesticide, București, Editura Ceres, 1991.

4. Bavec F., Bavec M., Organic production and use of alternative crops. Boca Raton, New York, London: Taylor & Francis: CRC Press., 2006.

5. Berthelin J., Leyval Toutain F., Biologie des sols. Role des organismes dans l'alteration et l'humification. Pedologie, 2. Constituants et proprietes du sol. Masson, France, 1994.

6. Bîzgan I., Impactul diferitor sisteme de fertilizare asupra conținutului azotului total, proteic și neproteic al plantelor cultivate înasolament pe cernoziom tipic, Știința agricolă, nr. 2, Republica Moldova, 2013, pg. 21-24.

7. Blaga Gh., Rusu I., Udrescu S., Vasile D., Pedologie, Editura didactică și Pedagogică, R.A., București, 1996.

8. Borlan Z., Hera C., Dornescu D., Kurtinecz P., Rusu M., Buzdugan I., Tănase Gh., Fertilitatea și fertilizarea solurilor. (Compendiu de Agrochimie), 1994.

9. Bucur N., Lixandru Gh., Principii fundamentale de știința solului. Formarea, evoluția, fizica și chimia solului, Editura Dosoftei, Iași, 1997.

10. Budoii Gh., Agrochimie, Editura Didactică și Pedagogică, R.A., București, 2001.

11. Cameron K., Beare M., McLaren R., Selecting physical, chemical biological indicators of soil quality for degraded or polluted soil, Trans World Congress of Soil Science Montpellier, Symposium 37, 1998.

12. Canarache A., Fizica solurilor agricole, Editura Ceres, București, 1990.
13. Cebotari M., Modificarea proprietăților agrofizice ale cernoziomului tipic în funcție de asolament și fertilizare, Teza de doctorat, Bălți, 2015.
14. Chițimuş A.D., Studies and researches on the influence of mechanical and physical properties of soil in self-cleaning and cleaning, PhD Thesis, "Vasile Alecsandri" University of Bacau, Romania, 2011.
15. Chițimuş A.D., Nedeff V., Lazăr G., Măcărescu B., Moşneguțu E., Theoretical studies concerning the influence of physical and mechanical properties of the soil in the process of epuration and auto-epuration, Journal of Engineering Studies and Research, vol. 17, nr. 1., 2011.
16. Chițimuş A. D., Moşneguțu E., Lazăr G., Nedeff V., Tehnologii pentru depoluarea solului, Editura Alma Mather, Bacău, 2012.
17. Chitimus A.D., Nedeff V., Mosnegutu E.F. Panainte M., In situ soil flushing – studies on remediation efficiency of polluted sandy soils with organic acids, Environmental Engineering and Management Journal, vol. 11, nr. 12, 2012.
18. Chițimuş A.D., Radu C., Nedeff V., Moşneguțu E., Bârsan N., Studies and researches on typha latifolia's (bulrush) absorption capacity of heavy metals from the soil, Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, vol.17, nr. 4, 2016.
19. Chițimuş A.D., Nedeff V., Moşneguțu E., Panainte-Lehăduş M., Tomozei C., Irimia O., Bârsan N., Nedeff F.M., Proceduri de lucru pentru analiza solului și a altor materiale, vol. 1, Editura Alma Mather, Bacău, 2017.
20. Chițimuş A.D., Nedeff V., Moşneguțu E., Panainte-Lehăduş M., Tomozei, C., Irimia O., Bârsan N., Nedeff F.M., Proceduri de lucru pentru analiza solului și a altor materiale, vol. 2, Editura Alma Mather, Bacău, 2018.
21. Chițimus A.D., Barsan N., Nedeff V., Moşneguțu, E., Muscalu (Pleşcan) O., Studies and research concerning the influence of liquid pollutants' leaching speed in the soil on the process of cleaning and self-cleaning, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, vol. 17, nr. 51, 2017.
22. Chițimuş A.D., Nedeff V., Lazăr G., Actual stage in the soil remediation, Journal of Engineering Studies and Research, 17, nr. 4, 2011.
23. Clemens S., Palmgren M.G., Krämer U., A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation, Plant Science, vol. 7, 2002.
24. Crotty F.V., R., Fychan R., Sanderson J.R., Rhymes F., Bourdin J. Scullion C.L., Marley, Understanding the legacy effect of previous forage crop and tillage management on soil biology, after conversion to an arable crop rotation, Soil Biology & Biochemistry vol. 103, 2016.

25. Dalal R.C., Bridge B.I., Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In: Structure and organic matter storage in agricultural soils, Lewi's publication, USA, 1996, pg. 266-307.
26. De Vries, Barrdgett, Plant-microbial linkages and ecosystem nitrogen retention: lesson for sustainable agriculture, *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 10, 2012.
27. Dexter A.R., Czyż A., Gațe O., A method for prediction of soil penetration resistance, *Soil and Tillage Research*, vol. 93, nr. 2, 2007, pg. 412-419.
28. Dimancea, St., *Agrotehnica*, 1967.
29. Dincu I., Lăcătușu Gh., *Bazele tehnologice ale culturilor Agricole*, 2002.
30. Dinu C., Ungureanu E.M., Vasile G.G., Kim L., Ionescu I., Ene C., Simion M., Soil and vegetation pollution from an abandoned mining area situated in Hunedoara County, Romania, *Revista de Chimie*, vol. 69, nr. 1, 2018.
31. Doran J., Parkin T., Defining and assessing soil quality. in: defining soil quality for a sustainable environment, SSSA Special Publication, nr. 35, Madison, USA, 1994, pg. 3-22.
32. Dumitru M., Manea A., Ciobanu C., Dumitru S., Vrînceanu N., Calciu I., Tănase V., Preda M., Rîșnoveanu I., Mocanu V., Eftene M., *Monitoringul stării de calitate a solurilor din România*, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie Agrochimie și Protecția Mediului ICPA București, editura Sitech, Craiova, 2011.
33. Fisher K.A., Meisinger J.J., James B.R., Urea hydrolysis rate in soil toposequences asinfluenced by pH, carbon, nitrogen, and soluble metals. *Journal of Environmental Quality*, vol. 45, 2016.
34. Fisher K.A., Yarwood, S.A., James, B.R., Soil urease activity and bacterial ureC gene copy numbers: Effect of pH, *Geoderma*, vol. 285, 2017.
35. Greger M., Metal availability, uptake, transport and accumulation in plants, in *Heavy Metal Stress in Plants, from biomolecules to ecosystems*, Springer Heidelberg, 2004.
36. Haruna, S.I. and N.V., Nkongolo, Cover Crop Management Effects on Soil Physical and Biological Properties, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 29, 2015, pg. 13 – 14.
37. Haynes R.J., Mokolobate M.S., Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 59, nr. 1, 2001.
38. Institutul Național de Cercetare–dezvoltare pentru Pedologie Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA, București.
39. Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, România.

40. Jigău Gh., Lupașcu Gh., Pedologie generală, Editura Junimea, Iași, 1998.
41. Killham K., Soil Ecology, Cambridge University Press, U.K., 1994.
42. Lester B., The trends that are shaping our future, Worldwatch Institute, USA, 1995, pg. 176.
43. Lixandru Gh., Caramete C., Hera C., Agrochimie, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1990.
44. Lungu I., Stanciu A., Fundații–Fizica și mecanica pământurilor, Editura Tehnică, București, 2006.
45. Madjar R., Curs-Agrochimie Facultatea de horticultură specializarea horticultură – învățământ la distanță, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București, 2009.
46. Mobley H.L.T., Hausinger R.P., Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization, Microbiology Reviews, vol. 53, nr. 1, 1989.
47. Moraru P.I., Guș T., Rusu I., Bogdan A.I., Pop M. L., Influența sistemului de lucrare și a rotației culturilor asupra solului și a producției de grâu, 2010.
48. Motroc P., Teza de doctorat - Influența lucrărilor solului și erbicidelor asupra îmburuienării și producției la cultura porumbului pentru boabe în condițiile stațiunii didactice Timișoara, 2010.
49. Munteanu I., Solurile României în sistemele de clasificare internaționale. Știința solului nr. 3-4 București, 1994.
50. Muscalu (Pleșcan) O.M., Nedeff V., Chițimuş A.D., Partal E., Moșneguțu E., Rusu I.D., Influence of soil fertilization systems on physical and chemical properties of the soil, Revista de Chimie, București, vol. 69, nr. 11, 2018, pg. 3106-3111.
51. Muscalu (Pleșcan) O.M., Nedeff V., Sandu I.G., Chitimus A.D., Partal E., Barsan N., Rusu I.D., Influence of soil fertilization systems and crop rotation on soil chemical properties, Revista de Chimie, București, vol. 70, nr. 2, 2019.
52. Muscalu (Pleșcan) O.M., Nedeff V., Sandu I.G., Partal E., Moșneguțu E., Barsan N., Sandu I., Rusu I.D., Influence of main works systems on physical and chemical properties of the soil, Revista de Chimie, București, vol. 70, nr. 5, 2019.
53. Muscalu (Pleșcan) O.M., Nedeff F.M., Partal E., Moșneguțu E., Panainte-Lehadus M., Irimia O., Tomozei C., Influence of soil fertilization systems on soil characteristics for a monoculture of sunflower, Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, vol. 20, nr. 4, 2019, pg. 585 – 595.
54. Muscalu (Pleșcan) O.M., Nedeff V., Sandu I., Chitimus A.D., Partal E., Moșneguțu E., Sandu I.G., Tomozei C., Influence of soil fertilization

systems on chemical properties of the soil, *Revista de Chimie, București*, vol. 70, nr. 12, 2019, pg. 4557-4565.

55. Nedeff V., Modificarea unor însușiri fizice și fizico- mecanice ale solului și influența acestora asupra producției de grâu prin aplicarea tehnologiilor cu lucrări reduse ale solului, *Cercetări agronomice în Moldova*, vol. 3-4, nr. 104, 1995.

56. Nedeff V., Raveica C., *Procedee și tehnici de protecția mediului în agricultură și industria alimentară*, Editura Tehnica-Info, Chișinău, 1998.

57. Nedeff V., Gheorghe, Sin, Ion Băisan, *Procese de lucru și consumuri de energie la lucrările solului*, Editura Agris - Redacția revistelor agricole, București, 1997.

58. Nevens D., Crop rotation versus monoculture; yield, N yield and ear fraction of silage maize at different levels of mineral N fertilization, *Netherlands Journal of Agricultural Science*, vol. 49, 2001, pg. 405-425.

59. Obrejanu Gr., Puiu, Șt., *Pedologie*, Editura Didactică și Pedagogie, București, 1972.

60. Oprea G., Gh., Sin Gh., Ștefanic, *Efectul rotației și al fertilizării asupra însușirilor chimice ale cernoziomului cambic neirigat de la Fundulea*; *Agrotehnica culturilor*, 2009.

61. Pansu M., *Handbook of Soil Analysis*, Springer-Verlag, 2003.

62. Popescu V., *Cum lucrăm pământul*, 1993.

63. Radu C., Teză de doctorat – Studii și cercetări privind impactul ecologic al poluării remanente cu metale grele a solului din malurile emisarilor din Bazinul Hidrografic Siret, 2015.

64. Radu C., Chitimuș A.D., Turcu M., Ardeleanu, G., Belciu M., Impacts of anthropogenic activities in Bacau area upon heavy metals concentration on Bistrita river sides, *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 13, nr.7, 2014.

65. Radu C., Nedeff V., Chitimus A.D., Theoretical studies concerning residual soil pollution by heavy metals, *Journal of Engineering Studies and Research*, vol. 19, nr. 2, 2013.

66. Rattan L., Manoj K., *Principles of soil physics*, Ohio University, 2005.

67. Rousk, J., Brookes, P.C., Baath, E., - Investigating the mechanisms for the opposing pH relationships of fungal and bacterial growth in soil, *Soil Biology & Biochemistry*, vol.42, nr. 6, 2010.

68. Rus F., Compactarea solului terenurilor agricole, o problemă actuală a agriculturii, *Revista de ecoagroturism*, 2005.

69. Senila M., Levei E., Miclean M., Senila L., Stefanescu L., Mărginean S., Ozunu A., Roman C., Influence of pollution level on heavy metals mobility in soil from NW Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 10, 2011.

70. Sin Gh., *Cercetări Agrotehnice la culturile de Câmp Agrotehnica Culturilor -An. I.N.C.D.A. Fundulea, VOL. LXXV*, 2007.

71. Stănescu Fl., Măcărescu Bogdan, Elemente ale complexului ecologic din sol, Sam-Son'S Edition, 1997.
72. Stănescu Fl., Monitorizarea calității solului, Editura Gh. Asachi, Iași, 2003.
73. Stănescu Fl., Bazele Științei Solului, Editura Sam-Son'S, Iași, 1998.
74. Stănescu Fl., Evoluția solurilor ameliorate, Editura Polithnium, Iași, 2004.
75. Stănescu Fl., Monitorizarea calității solului, Editura Gh Asachi, Iași, 2003.
76. Uzoma K.C., Inoue M., Andry H., Fujimaki H., Zahoor A., Nishihara E., Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition, Soil Use and Management, vol. 27, 2011.
77. Vessey J.K., Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, Plant and Soil, vol. 255, 2003, pg. 571–586.
78. Vintilă, I., Borlan Z., Răuță C., Daniliuc D., Țigănaș L., Situația agrochimică a solurilor din România. Present și viitor, Editura Ceres, București, 1984.
79. Yang R., Su Y., Wang T., Yang Q., Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland, Journal of Integrative Agriculture, vol. 15, nr. 3, 2017.
80. ***Curs–Standarde și metodologii pentru prelevarea și pregătirea probelor de suspensii și sedimente în vederea efectuării monitoringului chimic. Voinea 2011.
81. ***Course number H8974A, Agilent 7500 Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, January 2001.
82. ***Raport de cercetare, cod proiect ID_671, Influența sistemelor neconvenionale de lucrare a solului asupra durabilitatii si biodiversitatii ecosistemelor agricole, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară “Ion Ionescu de la Brad” Iasi, 2007.
83. ***Anuarul de gospodărirea apelor, Administrația Națională „Apele Române”, 2007.
84. ***Raportul 2004–Planurile de Management ale Bazinelor Hidrografice, Administrația Națională „Apele Române”, București, 2005.
85. ***Curs–Introducere în seria ICP-MS Agilent, seria 7500ce, Agilrom Scientific, decembrie 2007.
86. ***Instrucțiuni de utilizare-Balante electronice analitice și de precizie Sartorius Seria Master, Novaintermed, 2007.
87. *** Instrucțiuni de utilizare-Agitatoare GFL model 3005-3006-3011-3013-3015-3016-3019-3023, Novaintermed, 2007.
88. ***Manual de operare-Analizor TOC/TN (Multi N/C3100), Analytik Jena, 2007.
89. ***Manual de operare-Agitator magnetic cu incalzire, Velp, 2007.

90. ***Manual de operare-Sistem multiparametru staționar (pH, temperatura, oxigenul dizolvat, conductivitatea, WTW, 2007.
91. ***Manual AST-LA MOTTE, analize de sol, 2010.
92. ***A study of Soil Science, Glossary of terms, LA MOTTE, 2010.
- 93.***Cartea tehnică penetrolger, 2010.
- 94.***Cartea tehnică a centrifugei de laborator NUVE NF 800, Novaintemed, 2007.
- 95.***Manual de operare-System de mineralizare cu microunde (Ethos 1) - Milestone, 2007.
- 96.***ICP-MS System, 7500cx ICP-MS, Agilent, Operating Manual, 2007.
- 97.***Atomic absorption spectrometry (AAS) Zeenit 700, Operating Manual, 2009.
- 98.***ISO 11464:2006 Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analysis.
- 99.***STAS 7184/1-84 Soluri. Recoltarea probelor pentru studii pedologice și agrochimice.
100. ***STAS 7184/21-82-Soils. Humus content determination.
101. ***SR 7184 - 13: 2001 Soluri. Determinarea pH-ului în suspensii apoase și saline (masă/volum) și în pastă la saturație.
102. ***SR EN ISO 5667-3:2013 Calitatea apei. Prelevare. Partea 3: Conservarea și manipularea probelor de apă.
103. *** SR ISO 7150-1:2001 Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Partea 1: Metoda spectrometrică manuală.
104. ***SR ISO 11047:1999 Calitatea solului. Determinarea cadmiului, cromului, cobaltului, cuprului, plumbului, manganului, nichelului și zincului din extracte de sol în apă regală. Metodele prin spectrometrie de absorbție atomică în flacără și cu atomizare electrotermică.
105. ***SR EN 12260:2004 Calitatea apei. Determinarea conținutului de azot. Determinarea conținutului de azot legat (TNb) după oxidare la oxizi de azot.
106. ***SR ISO 14255:2000 Calitatea solului. Determinarea azotului nitric, azotului amoniacal și azotului solubil total în probe de sol uscate la aer, folosind ca extractant soluție de clorură de calciu.
107. ***SR EN ISO 15586:2004 Calitatea apei. Determinarea elementelor în urme prin spectrometrie de absorbție atomică cu cuptor de grafit.
108. ***SR EN ISO 17294-2:2017 ver.eng. Calitatea apei. Aplicarea spectrometriei de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS). Partea 2: Determinarea elementelor selecționate inclusiv a izotopilor de uraniu.
109. ***SR EN ISO 6878: 2005-Water quality- Determination of phosphorus – Ammonium molybdate spectrometric method.
110. ***Metodologie privind analize de laborator-Oficiul de Studii Petologice și Agrochimice Bacău.

111. ***[http://www.intechopen.com/books/biodiversity in ecosystems linking structure and function/underutilized crops and intercrops in crop rotation as factors for increasing biodiversity on fields](http://www.intechopen.com/books/biodiversity_in_ecosystems_linking_structure_and_function/underutilized_crops_and_intercrops_in_crop_rotation_as_factors_for_increasing_biodiversity_on_fields) (10.08.2016).
112. ***[https://www.multilab.ro/prelevare sol/trusa prelevare probe sol.html](https://www.multilab.ro/prelevare_sol/trusa_prelevare_probe_sol.html) (10.09.2018).
113. ***[http://www.creeaza.com/afaceri/agricultura/Asolamente și rotații 716.php](http://www.creeaza.com/afaceri/agricultura/Asolamente_și_rotații_716.php) (18.07.2016).
114. ***<http://soils.usda.gov/technical/manual/download.html>. (22.10.2017).
115. ***[https://wilkes.ces.ncsu.edu/2014/12/advantages of crop rotation](https://wilkes.ces.ncsu.edu/2014/12/advantages_of_crop_rotation) (16.09.2016).
116. ***[http://extension.psu.edu/plants/crops/soil management/conservation tillage/crop rotations and conservation tillage](http://extension.psu.edu/plants/crops/soil_management/conservation_tillage/crop_rotations_and_conservation_tillage) (02.09.2017).
117. ***[http://www.oisat.org/control methods/cultural practices/crop rotation.html](http://www.oisat.org/control_methods/cultural_practices/crop_rotation.html) (02.09.2017).
118. ***[https://riscanistiri.wordpress.com/2015/12/21/asolamentul cheia tranziției la un sistem de agricultură durabilă inclusiv ecologică în republica moldova](https://riscanistiri.wordpress.com/2015/12/21/asolamentul_cheia_tranziției_la_un_sistem_de_agricultură_durabilă_inclusiv_ecologică_în_republica_moldova) (16.09.2016).
119. ***Cod de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole-revizuit în luna noiembrie 2005, Ministerul mediului și gospodăririi apelor, 2005 (10.09.2018).
120. ***<https://ro.wikipedia.org/wiki> (05.09.2018).
121. ****[https://www.icpa.ro/documente/planul de fertilizare.pdf](https://www.icpa.ro/documente/planul_de_fertilizare.pdf) (07.05.2018).
122. ***[http://www.europiamall.com/images/MD/1168700/Monitorizarea fertilității solului.pdf](http://www.europiamall.com/images/MD/1168700/Monitorizarea_fertilității_solului.pdf) (10.05.2017).
123. ***[https://www.bricodepot.ro/idei-si-inspiratie/gradina și balcon/fertilizarea solului de la a la z ce lucrări sunt necesare toamna și primăvara /Tipuri de fertilizare](https://www.bricodepot.ro/idei-si-inspiratie/gradina_și_balcon/fertilizarea_solului_de_la_la_la_z_ace_lucrări_sunt_necesare_toamna_și_primăvara/Tipuri_de_fertilizare) (10.05.2017).
124. ***Ordin MGGA - MAPDR nr. 296/216 (MO nr. 471/3.VI.2005, Partea I) (07.05.2018).
125. *** Reglementări din 3 noiembrie 1997 (actualizate până la data de 1 ianuarie 2003) privind evaluarea poluării mediului, emitent Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, 2003 (07.04.2020).
126. *** [https://agrointel.ro/65522/fertilizarea grăului cât și când putem aplica gunoii de grajd pentru a crește producția](https://agrointel.ro/65522/fertilizarea_grăului_cât_și_când_putem_aplica_gunoii_de_grajd_pentru_a_crește_producția) (07.05.2018).
127. ***ORDIN nr. 756 din 3 noiembrie 1997 pentru aprobarea Reglementării privind evaluarea poluării mediului (actualizate până la data de 1 ianuarie 2003), Ministrul apelor, pădurilor și protecției mediului, 1997.