



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI
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

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE VALORIFICARE A UNOR SOLURI REZULTATE DIN DECOLMATĂRI DE ALBIE ȘI DECOPERTĂRI

**Coordonator științific,
Prof. Univ. Dr. Ing. Ileana Denisa Nistor**

**Student doctorand,
Simona Andrei**

BACĂU
2022

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE
VALORIFICARE A UNOR SOLURI REZULTATE DIN
DECOLMATĂRI DE ALBIE ȘI DECOPERTĂRI**

CUPRINS

pag rezumat / teza

INTRODUCERE.....	4/5
Scopul și obiectivele tezei de doctorat.....	6/7
Obiective principale.....	7/8
Partea I: STADIUL ACTUAL – SINTEZA LITERATURII DE SPECIALITATE.....	8/10
CAP 1. STUDII PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA SOLULUI AGRICOL ÎN VEDEREA CREȘTERII PRODUCTIVITĂȚII CULTURILOR DE LEGUME: TOMATE ȘI FASOLE.....	8/11
1.1. Îmbunătățirea solului agricol cu gunoi de grajd.....	8/11
1.2. Îmbunătățirea solului agricol prin adaos de argile.....	10/13
1.3. Îmbunătățirea solului agricol prin adaos de spirulină dopată cu argint și de apă de salcie.....	11/14
CAP 2. STUDII PRIVIND VARIABILITATEA SOLULUI ȘI CONTAMINAREA ACESTUIA CU METALE GRELE, COMPOZIȚIA CHIMICĂ A ACELOR CONIFERELOR ȘI INFESTAREA CU GÂNDACUL DE SCOARȚĂ.....	12/19
2.1. Variabilitatea solului și contaminarea acestuia cu metale grele.....	19
2.2. Studii cu privire la compoziția chimică a acelor coniferelor.....	30
2.3. Studii privind infestarea cu gândacul de scoarță.....	40
2.4. Concluzii.....	47
PARTEA A II-A – CERCETĂRI PROPRII.....	15/49
A. ANALIZA POLUANȚILOR ȘI A PROPRIETĂȚILOR FIZICO-CHIMICE A SOLURILOR ANALIZATE....	15/50
CAP 3. EVALUAREA CALITĂȚII SOLULUI LUAT ÎN STUDIU DIN ZONA LACULUI DE AGREMENT BACĂU ȘI DIN PARCUL NATURAL „VÂNĂTORI NEAMȚ”	15/50
3.1. Materiale utilizate în cercetare.....	50
3.2. Legislație, standarde și reglementări în vigoare.....	54
3.3. Metodica experimentală utilizată.....	55
3.3.1. Prelevarea probelor.....	55
3.3.2. Obținerea datelor experimentale. Proceduri de lucru.....	60
3.4. Analiza datelor experimentale.....	70
3.4.1. Analiza datelor experimentale utilizând Sisteme Geografice Internaționale (GIS).....	70
3.4.2. Analiza datelor experimentale utilizând sistemul de analiză statistică SPSS.....	75
3.5. Analiza solului prelevat din zonal Lacului de Agreement Bacău.....	15/78
3.5.1. Aria de prelevare a probelor din zona Lacului de Agreement Bacău și rezultate obținute.....	15/78
3.5.2. Analiza fizico-chimică a solului prelevat din aria Lacului de Agreement Bacău.....	17/80
3.5.3. Locația și principalele caracteristici ale celor trei profiluri analizate.....	18/82
3.5.4. Analiza poluanților din solul prelevat din aria Lacului de Agreement Bacău	19/ 83
3.6. Analiza solului prelevat din Parcul Natural „Vânători Neamț”	21/85

3.6.1.	Aria de prelevare a probelor din Parcul Natural „Vânători Neamț” și rezultate obținute.....	21/85
3.6.2.	Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru pH.....	23/87
3.6.3.	Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conductivitate.....	25/90
3.6.4.	Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru substanța uscată din sol și ace.....	26/93
3.6.5.	Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conținutul de apă din sol și ace.....	28/96
3.6.6.	Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conținutul de substanță organică din sol (SO).....	29/98
3.6.7.	Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Cu din sol și ace.....	32/101
3.6.8.	Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Cd din sol și ace.....	35/105
3.6.9.	Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Pb din sol și ace.....	39/110
B. ÎMBUNĂTĂȚIREA PROPRIETĂȚILOR NUTRITIVE A SOLURILOR ANALIZATE.....		44/114
CAP 4. POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE ALE SOLURILOR LUATE ÎN STUDIU (SOLUL PRELEVAT DIN ZONA LACULUI DE AGREMENT BACĂU - SOLUL 1 ȘI SOLUL PRELEVAT DIN PARCUL NATURAL „VÂNĂTORI NEAMȚ” – SOLUL 2).....		44/114
4.1.	Solul prelevat din zonal Lacului de Agreement Bacău.....	44/114
4.2.	Solul prelevat din din Parcul Natural „Vânători Neamț”	45/115
C. EVALUAREA PRODUCTIVITĂȚII LA LEGUMELE LUATE ÎN STUDIU.....		48/119
CAP 5. EVALUAREA POTENȚIALULUI DE CREȘTERE A PRODUCTIVITĂȚII DE TOMATE ȘI FASOLE PRIN UTILIZAREA SOLULUI DIN CELE DOUA ECOSISTEME ANALIZATE.....		48/119
5.1.	Rezultate obținute la culturile de fasole și tomate în urma îmbunătățirii solului rezultat în urma decolmatării Lacului de Agreement Bacău (solul 1).....	48/119
5.2.	Rezultate obținute la culturile de fasole în urma îmbunătățirii solului prelevat din cadrul Parcului Natural „Vânători Neamț” (solul 2).....	54/124
5.2.	Concluzii.....	57/126
CAP 6. ANALIZA DATELOR DE CLIMĂ ȘI INTERPRETAREA STATISTICĂ.....		128
CAP 7. CONCLUZII.....		59/133
7.1.	Concluzii finale.....	59/133
7.2.	Recomandări pentru studii viitoare.....	63/137
7.3.	Participare conferințe și publicații.....	64/138
ADNOTARE.....		68/142
BIBLIOGRAFIE.....		69/143
ANEXE.....		167

INTRODUCERE

Agricultura reprezintă o ramură a economiei tot mai importantă, în special pe fondul creșterii demografice, fapt care presupune un necesar tot mai ridicat de produse alimentare, dar, totodată, creșterea calității produselor agricole reprezintă o provocare pentru agricultori (Kisetu, 2020; Guo, 2021; Tunçay, 2021).

Condițiile climatice și calitatea solului reprezintă principalii factori care influențează producțiile agricole. Proprietățile nutritive și gradul de poluare al solului precum și temperaturile, precipitațiile sau vânturile pot determina cantități mai ridicate sau scăzute ale culturilor agricole (Marinoa, 2014; Guo, 2021; Lundin, 2021; Morais, 2021).

Proprietățile fizice și chimice ale solului pot depinde de mai mulți factori, atât naturali cât și antropici, care acționează în comun la diferite scări spațiale și temporale (Liu, 2015). Efectele acestor procese sunt strict dependente de timp și dezvaluie o structură destul de complexă a solurilor (Nedelescu, 2017). Pe de altă parte, practicile de gestionare ale solului pot, de asemenea, afecta în mod semnificativ proprietățile pedologice prin modificarea structurii solului din cauza activităților agricole și urbane, precum și prin modificarea compoziției chimice prin încărcarea cu poluanți (Sollitto, 2010; Bonnail, 2019).

Prezența unor elemente toxice într-o concentrație ce depășește limitele normale în sol poate fi cauzată atât de factorii naturali cât și antropici, iar de multe ori poate fi destul de dificil să se facă diferența între diferite cauze. Sursele antropogene de contaminare cu metale grele sunt, în principal, reprezentate de procesele de ardere din industrie și transport (Kheir, 2014; García-Carmona, 2017; Ullah, 2021). Plumbul și cadmiul sunt principalele metale grele provenite din ardere și sunt adesea asociate cu zincul, din cauza uzurii pneurilor pe drumuri (Dinisa, 2016; Liua, 2016). Apele reziduale provenite din procesele industriale pot conține o importantă încărcătură de zinc, cupru, crom și nichel (García-Carmona, 2017; Lestari, 2020).

Utilizarea pe scară largă și pe termen lung a terenurilor agricole, asociată cu aplicarea frecventă a pesticidelor poate determina acumularea de metale grele precum cuprul, nichelul, zincul și cadmiul în sol (Mingorange, 2007; Christoua, 2014; Yan, 2021).

Evaluarea poluării solului devine foarte dificilă atunci când există mai multe surse de contaminare (Main-Knorn, 2009; Main-Knorn, 2013). În acest caz, variabilitatea spațială a concentrației metalelor grele în sol reprezintă o informație de bază pentru identificarea posibilelor surse de contaminare

și pentru a delimita strategiile de remediere (Motuzova, 2014; Yong, 2015; Shahab, 2017). Metodele clasice bazate pe analiza univariată, pot conduce la realizarea hărților de distribuție pentru fiecare poluant și la delimitarea zonelor în cazul în care concentrația acestora depășește valoarea prag (Sollitto, 2010).

În situația în care activitățile industriale sunt în continuă creștere, studiul asupra rolului componentelor chimice ale biosferei este de mare importanță, întrucât acestea au un efect substanțial asupra funcțiilor vitale ale plantelor (Khan, 2009). Prin urmare, monitorizarea chimică este o componentă necesară a monitorizării culturilor agricole (Lorentz, 2020; Bluden 2021). În funcție de speciile studiate de plante, caracteristicile climatice regionale, precum și locația specifică și alte condiții în care plantele cresc, analiza conținutului elementelor chimice a demonstrat o variabilitate ridicată (Lindner, 2010; Parn, 2011). În raport cu condițiile climatice, mediul biotic și compoziția chimică a țesuturilor, plantele sunt afectate de diverse substanțe poluante provenite din procesele industriale (Irauschek, 2017; Thielea, 2017) Poluarea cronică cu substanțe toxice și emisii rezultate în urma transportului ce conțin diferiți compuși metalici se acumulează treptat, în primul rând în sol și apoi în plante (Torlopova, 2012).

Alături de activitățile industriale, agricultura are un rol din ce în ce mai important atât în contextul creșterii populației din ultimii ani, cât și datorită cererii tot mai mari cu privire la produsele ecologice, mai puțin poluate (Maphosa, 2017). Pentru a sprijini creșterea demografică, producția de alimente trebuie să crească cu cel puțin 70 % până în 2050. Cererea producției de alimente a dus la dezvoltarea sistemelor de prelucrare intensivă a solului (Phillips, 1993; Schmidt, 2018). De asemenea, utilizarea intensivă a agriculturii este din ce în ce mai asociată cu impactul negativ asupra mediului, cum ar fi eroziunea crescută a solului sau contaminarea apei dulci prin levigare cu nitrați (Rügner, 2019). Prin urmare, este foarte important să se adopte sisteme de prelucrare a solului astfel încât să existe o producție agricolă ridicată, dar în același timp să se mențină calitatea solului și a apei (Martins, 2021).

Gradul de noutate al tezei de doctorat constă în analiza posibilităților de valorificare în agricultura ecologică a unor soluri rezultate în urma procesului de decolmatare și din decopertări. Acest studiu își propune creșterea productivității a două specii de legume de interes economic: fasole și tomate. Pentru aceasta, mai multe variante de amestecuri cu gunoi de bovine, gunoi de pui și nisip argilos au fost analizate pentru solul rezultat din decolmatarea Lacului de Agement Bacău (solul 1). De asemenea, s-a analizat influența unor biostimulatori de creștere (argile dopate cu argine, spirulină și pulbere de salcie) asupra productivității la fasolele crescute în solul rezultat din decopertarea unei zone din Parcul Natural “Vânători Neamț” (solul 2).

Motivarea alegerii temei de cercetare provine în urma creșterii necesarului de alimente atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ. Pentru aceasta este necesar să se studieze eficiența îngrășămintelor ecologice precum gunoiul de grajd dar și a biostimulatorilor de creștere.

Am decis studiul productivității culturilor de legume pe solul rezultat din decolmatarea Lacului de Agreement Bacău deoarece procesul de decolmatare este necesar pentru buna funcționare a lacului, iar depozitarea acestuia în mod necorespunzător poate afecta mediul înconjurător.

Am decis studiul productivității culturilor de legume pe solul rezultat din decoperarea unui areal din Parcul Natural “Vânători Neamț” deoarece în zonă se dorește implementarea unui sistem de sere pentru cultivarea legumelor în condiții ecologice, iar solul din zona împădurită are potențial nutritiv ridicat.

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

Scopul acestei lucrări este acela de a analiza potențialul de utilizare în agricultură a solului rezultat în urma decolmării Lacului de Agreement Bacău și a solului decopertat dintr-un areal din zona Parcului Natural “Vânători Neamț”.

Această cercetare s-a realizat pe mai multe etape:

A. Analiza poluanților și a proprietăților fizico-chimice a solurilor analizate

- Pentru solul din zonal Lacului de Agreement Bacău, a fost studiat potențialul de poluare cu metale grele (Cd, Cu, Zn, Pb), dar și cu produse organoclorurate (HCH), erbicide (DDT) și produse petroliere totale (THP). De asemenea, s-a analizat reacția solului și conținutul existent de humus, fosfor, potasiu și săruri pentru a determina potențiala utilizare a solului.

- Pentru solul din Parcul Natural “Vânători Neamț” a fost studiat potențialul de poluare cu metale grele (Cd, Cu, Pb), reacția solului, conductivitatea, conținutul de substanță organică și substanță uscată.

B. Îmbunătățirea proprietăților nutritive a solurilor analizate

- Solul rezultat în urma decolmării Lacului de Agreement Bacău a fost îmbunătățit cu biostimulatori de creștere precum argile dopate cu argint, pulbere de salcie și spirulină.

- Solul rezultat din decopertarea unui areal din zona Parcului Natural “Vânători Neamț” a fost îmbogățit cu gunoi de bovine, gunoi de pui și nisip argilos în diferite concentrații.

C. Evaluarea productivității la legumele luate în studiu

- Pe solul rezultat din decolmatare au fost analizate două specii de legume: fasole și tomate. S-au măsurat înălțimea, numărul de frunze, numărul de flori și de pastăi/tomate pentru a descoperi care este concentrația din amestecuri de gunoi de grajd, gunoi de pui și nisip pentru care s-au obținut cele mai bune rezultate.

- Pe solul decopertat a fost analizată productivitatea la fasole prin măsurarea înălțimii, numărului de frunze, numărului de flori și de tomate ca urmare a îmbogățirii acestuia cu argile dopate cu argint, pulbere de salcie și spirulină.

Obiectivele principale ale tezei de doctorat au fost:

- ✓ studiul din literatură privind influența proprietăților solului și a factorilor climatici asupra culturilor agricole de fasole și tomate;
- ✓ studiul din literatură privind îmbunătățirea solurilor cu gunoi de grajd și biostimulatori de creștere;
- ✓ realizarea bazei de date pentru pH și pentru metalele grele studiate prin măsurători și observații în teren, determinări fizico-chimice și biologice în laborator;
- ✓ realizarea bazei de date privind parametrii de creștere la cele două specii de legume analizate: fasole și tomate;
- ✓ analiza statistică și geostatistică a bazei de date;
- ✓ stabilirea potențialului de utilizare în agricultură a solului din Parcul Natural “Vânători Neamț” în urma îmbunătățirii acestuia cu argile, argint și spirulină;
- ✓ stabilirea potențialului de utilizare în agricultură a sedimentelor rezultate în urma procesului de decolmatare a Lacului de Agreement Bacău în urma îmbunătățirii acestuia cu gunoi de grajd, gunoi de pui și nisip argilos;
- ✓ propunerea unui plan de utilizare a sedimentelor și a solurilor îmbogățite cu biostimulatori în agricultură pentru creșterea producției agricole.

Teza de doctorat este structurată pe două părți.

- **Partea I.** Stadiul actual – sinteza literaturii de specialitate, care cuprinde capitolele 1 și 2;
- **Partea a II-a.** Cercetări proprii, care cuprinde capitolele 3, 4, 5, 6 și 7.

Partea I

STADIUL ACTUAL – SINTEZA LITERATURII DE SPECIALITATE

CAP 1. STUDII PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA SOLULUI AGRICOL ÎN VEDEREA CREȘTERII PRODUCTIVITĂȚII CULTURILOR DE LEGUME: TOMATE ȘI FASOLE

Legumele reprezintă o parte importantă din alimentația populației și prin urmare, culturile agricole ocupă suprafețe impresionante de teren peste tot pe glob (Zhao, 2018). Spre exemplu, în China, culturile agricole se întind pe o suprafață de aproximativ 25 milioane de ha (Zhuang, 2019). În India, spre exemplu, culturile de bumbac se întind pe o suprafață de 11 milioane de ha (Rajpoot, 2021). Majoritatea studiilor asupra culturilor de legume își îndreaptă atenția asupra înlocuirii fertilizatorilor chimici cu îngrășăminte organice (Bouchenak, 2013; Zhuang, 2019; Aparecid, 2021).

Necesitatea îmbunătățirii calității solului vine odată cu scăderea conținutului de substanță organică pe fondul intensificării agriculturii începând cu secolul XX (Chubara, 2013; Amer, 2019; Monteiro, 2019; Monteiro, 2019; Morra, 2021). În Italia, începând cu anii '90, pentru recuperarea materiei și energiei, atât de necesare în agricultură, compostarea devine o activitate industrială de mare anvergură (Aschi 2017; Luigi Morra, 2021).

Pentru rezolvarea deficitului de resurse, tot mai necesare în industria agricolă, agricultura ecologică reprezintă cheia cea mai eficientă pentru creșterea calității și productivității culturilor agricole (Bradford, 1995; Lan Fang, 2021). Studiile existente până în prezent își concentrează atenția pe factorii care pot influența productivitatea în agricultura ecologică totală cum ar fi progresul tehnologic (Gattaa, 2015; Seif, 2016; Bonachela 2018; Daia, 2018). Majoritatea studiilor demonstrează faptul că tehnologia modernă este utilizată cu precădere de fermierii cu studii superioare și tineri (Fang, 2021).

1.1. Îmbunătățirea solului agricol cu gunoi de grajd

Utilizarea azotului (N) în agricultura intensivă poate determina emisii de oxid de azot (NO_x) și protoxid de azot (N₂O) în atmosferă precum și infiltrații în sol ce pot afecta pânza freatică (Griffin, 2013; Overby, 2017). De asemenea, utilizarea azotului în culturile de legume poate determina acumularea de nitrați în sol precum și acidifierea acestuia (Kouris-Blazos, 2016). În vederea diminuării efectelor negative pe care îngrășămintele cu azot le produc mediului, numeroase teste de azot din sol s-au realizat

în procedurile de îmbunătățire a managementului solului destinate culturilor agricole (Wang, 2009; Awad, 2021).

O metodă alternativă cu privire la utilizarea azotului în agricultură o reprezintă utilizarea gunoiului de grajd care menține culturile agricole la un nivel ridicat de productivitate și, totodată, se evită emisiile de poluanți în atmosferă, sol și apă. Numeroase studii au raportat impactul pozitiv al gunoiului de grajd asupra productivității legumelor. Importanța utilizării gunoiului de grajd este dată și de faptul că gradul de reciclare al acestuia nu este suficient de mare, astfel găsirea unei utilități în agricultură are un impact pozitiv dublu pentru mediul înconjurător (Zhuang, 2019).

În afară de, fosfor, azot, potasiu și calciu, care sunt principalele substanțe chimice folosite drept îngrășăminte, gunoiul de grajd mai cuprinde și o cantitate importantă de materii organice, care nu sunt întâlnite în îngrășămintele de sinteză. Din acest motiv, gunoiul de grajd are o importanță deosebit de crescută cu privire la refacerea humusului, o componentă foarte importantă creșterii plantelor.

În România există foarte multe ferme mici și gospodării care, din păcate, nu au un sistem eficient de gestionare a gunoiului de grajd. Studiile care analizează potențialul de productivitate al gunoiului de grajd, iau în calcul animalele hrănite convențional, fără nutrețuri concentrate. O gospodărie cu un număr mediu de animale poate produce anual aproximativ 20 t de gunoi de grajd care poate fi depozitat necorespunzător sau poate rămâne neutilizat în agricultură. Din acest motiv este necesară implementarea unui set de reguli privind managementul gunoiului de grajd.

Deși este considerat un îngrășământ universal, gunoiul de grajd se folosește în special pe solurile sărace în humus, nestructurate, sau soluri care au o structură degradată. Azotul și fosforul din furaje ajung în gunoiul de grajd în proporție de 60% la bovine. Gunoiul de pasăre este mai bogat în nutrienți decât gunoiul de bovine, însă nedepozitat corect acesta își poate pierde din valoarea nutritivă.

Pentru a minimiza riscul poluării și a maximiza procentul de absorbție al nutrienților în plante, gunoiul de grajd se aplică cât mai devreme posibil în raport cu perioada de creștere a plantelor, însă este de preferat să se aplice toamna, în zilele în care intensitatea vântului este scăzută (Dahiya, 2015).

Nisipurile argiloase sunt formate, în medie, din 70-100 % particule de nisip, având un conținut de argilă de până la 15 %. Particulele de nisip influențează în mod deosebit proprietățile solului precum proprietățile fizice, chimice și hidrologice ale acestuia. Nisipurile au o capacitate redusă de reținere a apei și o porozitate ridicată, care favorizează activitatea microorganismelor aerobe (Girase, 2011). Descompunerea aerobă a materiei organice este accentuată la solurile nisipoase. Fasolea se numără

printre plantele care pot fi cultivate în solurile nisipoase neirigate (Tang, 2014; Kakon, 2016; Deb, 2021; Mukthar, 2021).

1.2. Îmbunătățirea solului agricol prin adaos de argile

Argilele se numără printre cele mai răspândite roci de pe suprafața pământului. Mineralele argiloase au o granulație fină, de sub 2 μm . Deși porii sunt foarte fini, argilele au o porozitate ridicată, o capacitate de reținere a elementelor nutritive și a apei, de asemenea, ridicată (Martin, 2008). Circulația apei în solurile argiloase este îngreunată de forțele de tensiune ridicate. Argilele iau naștere în urma procesului de diagenază sau în urma procesului de degradare a silicaților din suprafața scoarței terestre (Jlassi, 2020). Deși argilele sunt utilizate în mod special în industria olăritului, ceramicii și a faianței sau în industria construcțiilor, acestea au o importanță deosebită în industria farmaceutică și în agricultură (Dinu, 2015).

În România, în natură pot fi găsite în cantități mari argilele bentonitice. Din păcate, exploatarea acestora nu se realizează la scară largă din cauza lipsei de informare cu privire la proprietățile acestora.

Argilele minerale alături de materiile organice și oxizii amorfi de Al, Fe și Mn au un rol esențial în procesul de sorbție al metalelor grele din sol (Mallakpour, 2020). Cercetările realizate de-a lungul timpului privind legătura dintre prezența metalelor grele din sol și prezența argilelor, au demonstrat faptul că există în mod direct o relație între cantitatea de metale grele și conținutul de argilă. Un rol important în această legătură îl are conținutul și tipul argilei (Huang, 2008; Huang, 2018).

Argilele au o compoziție chimică foarte variată, din acest motiv sunt foarte greu de clasificat. De asemenea, și structura argilelor îngreunează procesul de clasificare al acestora. O clasificare amplă se poate realiza în funcție de încărcătura straturilor, împărțindu-le în două subgrupe:

- *argile anionice* – reprezintă o subgrupă de argile mai rar întâlnită în natură. Aceste argile au hidroxizi micști care sunt dublu stratificați ce au spații între straturi umplute cu molecule de apă și anioni de schimb;
- *argile cationice* – reprezintă grupa de argile cea mai larg răspândită în natură. Aceste argile au straturile alumino-silicate încărcate negativ. Pentru a echilibra încărcătura, argilele cationice au cationi în spațiul dintre straturi.

Compoziția chimică a argilelor variază în funcție de tipul de argilă și mineralele pe care le conțin. Din punct de vedere chimic, argilele conțin oxizi de fier, aluminiu, siliciu, potasiu, magneziu, sodiu și calciu.

1.3. Îmbunătățirea solului agricol prin adaos de spirulină dopată cu argint și de apă de salcie

Spirulina este o masă de cianobacterii care în formă uscată conține în proporție de 60 % proteine, 24 % carbohidrați, 8 % grăsimi și 5 % apă. Spirulina prezintă proprietăți importante în alimentația oamenilor, este un supliment alimentar în alimentația animalelor, dar poate fi utilizată, de asemenea, și în agricultură (Wuang, 2016; Chittora, 2020; Siringi, 2021). Apa de salcie este folosită în gospodăriile țărănești la înrădăcinarea plantelor. Materialele create din argilă dopată cu argint au scopul conferirii de proprietăți antibacteriene, care să ajute la protejarea plantelor, fără a utiliza pesticide.

De-a lungul timpului s-au realizat numeroase studii cu privire la posibilitatea de utilizare a spirulinei în agricultură (Mahapatra, 2022). S-a studiat utilizarea de macroalge și cianobacterii precum și a extraselor acestora în procesul de biostimulare al plantelor (Paradikovic, 2011). Unele studii au demonstrat că aplicarea foliară a spirulinei poate crește toleranța la salinitate pentru culturile irigate cu apă de mare. De asemenea, stimularea germinației la legume a fost observată în timpul administrării extrasului din cianobacteria *Spirulina platensis* (Kepekçi, 2013).

În compoziția algelor și a cianobacteriilor pot fi identificați fitohormoni, care deși sunt în cantități foarte mici, acționează în procesul de creștere și dezvoltare al plantelor. Considerați ca fiind unele dintre cele mai active componente ale extraselor de cianobacterii și alge, fitohormonii, în doze excesive, pot afecta procesele importante ale plantelor. În doze prea mici, fitohormonii pot afecta metabolismul plantelor.

Rezultatele din domeniul utilizării algelor marine ca și surse de biostimulatori pot deschide noi perspective de utilizare ca și producători de biostimulatori incluzând și cianobacteriile care sunt insuficient valorificate și cercetate în momentul de față. Tulpinile de cianobacterii autohtone au un rol foarte important, deoarece pot fi utilizate drept surse de biostimulatori pentru majorarea plantelor de cultură în faza de germinare.

Cianobacteriile prezintă următoarele avantaje pentru utilizarea în agricultură:

- ✓ reprezintă surse naturale ecologice, regenerabile și durabile;
- ✓ detoxifică pesticidele și metalele grele;

- ✓ au un proces de sinteză accelerat;
- ✓ prezintă capacitate de absorbție a gazelor de seră și fixează azotul atmosferic;
- ✓ necesită costuri mici, având un raport cost-eficiență foarte bun;
- ✓ descompun reziduurile și deșeurile organice;
- ✓ pot fi recuperate ușor din biocenozele locale.

CAP 2. STUDII PRIVIND VARIABILITATEA SOLULUI ȘI CONTAMINAREA ACESTUIA CU METALE GRELE ȘI COMPOZIȚIA CHIMICĂ A ACELOR CONIFERELOR

Deși nu există o definiție strictă a noțiunii de metale grele, acestea sunt elemente cu o greutate atomică ridicată și o densitate de cel puțin 5 ori mai mare decât cea a apei (Chen, 2017; Cheng, 2019). Aplicațiile din diferite domenii precum industrie, medicină și agricultură au condus la o distribuție largă a acestora în mediul înconjurător (Bace 2012; Balsamo 2012). În ultimii ani s-a manifestat o preocupare crescută privind sănătatea la nivel global, asociată cu contaminarea mediului cu metale grele. Unele metale grele au funcții fiziologice și biochimice importante pentru plante și animale. Sunt constituenți importanți ai unor enzime, având funcții importante în diferite reacții de oxido-reducere.

Încărcarea solului cu metale grele poate determina scăderea comunităților microorganismelor și a activităților acestora precum mineralizarea materiei organice și descompunerea frunzelor de la nivelul literei. Strategiile de remediere a solurilor contaminate cu metale grele încearcă să reducă impactul biologic al metalelor prin îndepărtarea acestora sau prin reducerea biodisponibilității lor (Kelly, 2003).

Milioane de tone de poluanți sunt eliberate în aer în fiecare an atât din surse naturale cât și antropice. Există patru categorii principale de surse de emisie a poluanților toxici:

- staționare: arderile și procesele industriale și casnice;
- mobile: traficul auto;
- naturale: incendii de pădure, erupții vulcanice;
- poluări accidentale: incendii industriale, deversări (Popescu, 2010).

Schimbările climatice caracterizate de scăderea precipitațiilor și creșterea temperaturilor precum și gestionarea defectuoasă a solurilor și influența activităților industriale, au indus schimbări majore în ceea ce privește concentrația de nutrienți din sol (Lofts, 2013; Manninen, 2015; Tian, 2019). Aceste fenomene au determinat creșterea interesului pentru înțelegerea distribuției spațiale a proprietăților fizice și chimice ale solului (Kulizhskiya, 2014; Kowalska, 2016). Progresele realizate în ceea ce

privește monitorizarea prin teledetecție ne ajută să avem acces la o gamă tot mai mare de surse de date cu privire la proprietățile biofizice ale solului. Abordarea utilizată în studii cu un astfel de scop poate contribui la îmbunătățirea înțelegerii variabilității spațiale a solului, prin identificarea celor mai semnificative covariabile de mediu legate de variația acestuia. Studiile din literatură care se focusează pe determinarea proprietăților și variabilității solului (Sollitto, 2010; Maynard, 2016) au drept obiective:

- cuantificarea relației sol-mediu într-un moment de declin al echilibrului ecosistemului studiat;
- identificarea și evaluarea relației sol-mediu în lumina procesului pedogenic;
- identificarea proprietăților fizice și chimice ale solului;
- estimarea variabilității compoziției chimice a solului prin intermediul analizelor geostatistice multivariate.

Având în vedere expunerea tot mai intensă a ecosistemelor (culturi agricole, exploatări forestiere, pescuit, turism și recreere, ploi acide), o mai bună cunoaștere asupra variabilității, compoziției solului și a factorilor care îl afectează, este esențială pentru a facilita o gestionare mai eficientă a acestuia (Fassnacht, 2012; Kowalska, 2016). Distribuția spațială a proprietăților solului este influențată semnificativ de factori de mediu precum: relieful, clima, activitățile industriale etc. (Allen, 2010; Allen, 2017). Acești factori exercită un control dominant privind geneza și morfologia solurilor atât din peisajele montane și submontane, cât și din etaje de deal și câmpie, influențând astfel în mod direct distribuția spațială a acestora (Greenwood, 2008; Maynard, 2016).

În ceea ce privește originea contaminării solului, analizele geostatistice multivariate sunt mai eficiente decât cele univariate, fiind des întâlnite în literatura de specialitate: Bocchi și colab., 2000; Castrignano și colab., 2000; Bourennane și colab. 2004; Romić și colab., 2004; Romić și colab., 2007 etc. (Sollitto, 2010).

Capacitatea de a acumula metale grele depinde de tipul de sol, proprietățile fizice, precum textura (în special conținutul de argilă) și proprietățile chimice. Metalele grele sunt caracterizate prin stabilitate ridicată, în mod general nefiind biodegradabile. Mobilizarea acestora poate să aibă loc în condiții anaerobe. Cea mai mare concentrație de metale grele se găsește de obicei în stratul superior, în special în orizonturile organice (Adamczyk, 2015).

Metalele grele de origine antropică pot fi transportate pe calea aerului, depozitate în straturile superioare ale solului și transportate cu ajutorul apei din sol în straturile mai adânci. În ultimul secol principalele surse de poluare sunt de natură antropogenă. Sunt extrem de afectate solurile din ariile

protejate, unde ajung poluanții din zonele industriale, transportați pe distanțe lungi în stare gazoasă sau sub formă de aerosoli (Mazurek, 2017).

Urbanizarea și industrializarea rapidă și dezorganizată, dar și intensificarea activităților agricole, au cauzat probleme de mediu considerabile, în special în țările în curs de dezvoltare (DeRose, 2011). Metalele grele sunt de obicei absorbite de către materiile organice, carbonații și mineralele din sol (Kathke, 2010). Din cauza problemelor pe care le produc în mediul înconjurător, este recomandată monitorizarea metalelor grele, însă costul ridicat și informațiile incomplete cu privire la impactul pe care îl au asupra ecosistemelor reprezintă două probleme care împiedică acest proces (Borgaonkar, 2011). Prin urmare, cercetătorii preferă să apeleze la metode indirecte de monitorizare, precum reacția organismelor vii în fața acestor poluanți (Bonello 2006; Campbell, 2008; Moning, 2008, Moning 2009; Bruna, 2013; Norvez, 2013; Hessburg, 2016; Alahabadi, 2017).

Spre exemplu, există informații privind cercetările științifice din zona de vest a Siberiei, care au avut ca centru de interes atât întreprinderile industriale cât și sistemele naturale și în mod special monitorizarea biomasei (Kulizhskiya, 2014);

Mai multe surse din literatura de specialitate raportează faptul că prezența unor concentrații mari de metale grele în sol inhibă semnificativ activitatea bacteriană, chiar și cu 50%. Studiile privind descompunerea materiei organice din sol arată că aerisirea solului a fost inhibată de Cd, Cu și Pb (Ganio, 2017). De exemplu, emisiile de Cu și Zn pe parcursul mai multor ani în Suedia au inhibat descompunerea litierii într-o pădure de conifere, cauzând reducerea nivelului de creștere a arborilor (De Santo, 2002).

În concluzie, studiile din literatura de specialitate se concentrează tot mai mult pe analiza metodelor ecologice privind culturile agricole, luând în calcul utilizarea la scară tot mai largă a gunoiului de grajd și a biostimulatorilor de creștere în detrimentul auxinelor. Analiza poluanților din sol, de asemenea, apare la scară largă în numeroase studii, deoarece pe lângă creșterea în cantitate a producțiilor agricole, cercetătorii își îndreaptă atenția și spre îmbunătățirea calității acestora.

PARTEA A II-A – CERCETĂRI PROPRII

A. ANALIZA POLUANȚILOR ȘI A PROPRIETĂȚILOR FIZICO-CHIMICE A SOLURILOR ANALIZATE

CAP 3. EVALUAREA CALITĂȚII SOLULUI LUAT ÎN STUDIU DIN ZONA LACULUI DE AGREMENT BACĂU ȘI DIN PARCUL NATURAL “VÂNĂTORI NEAMȚ”

3.1. Analiza solului prelevat din zona Lacului de Agreement Bacău (solul 1)

3.1.1. Aria de prelevare a probelor din zona Lacului de Agreement Bacău și rezultatele obținute

Lacul de agreement Bacău este situat în albia minoră a râului Bistrița. Construcțiile hidrotehnice executate în cursul râului Bistrița au schimbat sursa sedimentelor depuse în lac. Principalul agent de transport al sedimentelor, în afara râului Bistrița, este în prezent râul Negel. Acesta se varsă în râul Bistrița.

Deversarea apei din lac se face numai în caz de viituri majore, când trebuie asigurat transferul apei din bazinul râului Bistrița în râul Siret. În zona centrală a lacului au fost amplasate trei profile de sol, în amonte fiind Insula de Agreement. La fiecare profil, covul vegetal existent este reprezentat de stuf și umplut cu sălcii.

Pentru aprecierea potențialului agricol al sedimentelor depuse în Lacul de agreement Bacău, au fost selectate trei puncte de cercetare, fiecare dintre ele având un profil pedologic. Studiul materialelor s-a realizat pe secțiunea de control a unor profile pedologice care au evidențiat grosimea sedimentului de sol aluvionar care, prin constituția granulometrică și chimică, asigură necesarul de nutrienți necesari legumelor. Sedimentele din lac provin în mare parte de pe versanții pârâului Negel. Sedimentele depuse în Lacul de agreement Bacău au o suprafață de 10 până la 30 cm, ocupată cu vegetație, terenul având un conținut de balast și nisip. Aluviunile, considerate al doilea orizont, au o adâncime cuprinsă între 30 și 80 cm.

Acest material aluvionar este terenul care poate fi folosit pentru a îmbunătăți calitatea altor soluri sărace. Baza profilului are mai mult de 80 cm adâncime și constă în balast. Câmpul aluvionar prezintă fisuri evidente care reprezintă o caracteristică a acestui tip de sol. Culturile de fasole și tomate au avut loc în cadrul firmei FRUTEX SRL din Bacău într-o seră special amenajată pentru aceste culturi (Fig. 1).

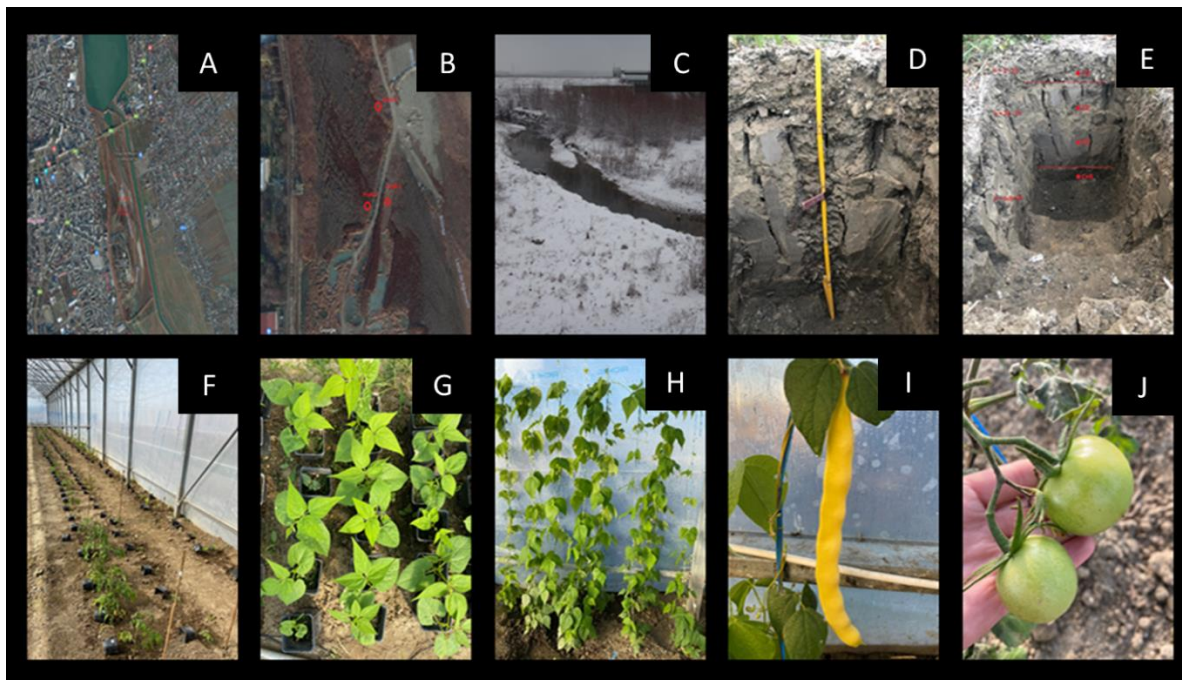


Fig. 1. Etapele cercetării: A. Aria de prelevare a probelor; B. Punctele de prelevare a probelor; C. Raul Nigel; D. Stratul de sedimente; E. Orizonturile analizate; F. Prima fenofaza la roșii (4 săptămâni); G. A doua fenofaza la fasole (6 săptămâni); H. A treia fenofaza la fasole (8 săptămâni); I. Producția de fasole; J. Producția de roșii

Analizele probelor recoltate au fost efectuate la laboratorul Universității “Vasile Alecsandri” din Bacău pentru nutrienții solului, iar la Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului București (ICPA) pentru metale grele, insecticide organoclorurate, triazină, erbicide și hidrocarburi totale. Metalele grele (Cd, Cu, Pb, Zn) au fost determinate prin spectrometrie de absorbție atomică (SAA) din extracte obținute prin mineralizare în apă regală, PT 53.

Insecticidele organoclorurate (HCH), PTL 83, erbicidele triazinice de sol (DDT), PT83 și hidrocarburi petroliere totale (THP) au fost determinate prin metoda gravimetrică conform standardului SR 13511/2007-PTL 03. Punctele în care s-au executat profilele de sol, au fost determinate în funcție de reprezentativitatea zonei, iar descrierea profilului de sol s-a făcut în conformitate cu specificațiile Metodologiei de întocmire a studiilor pedologice emise de ICPA București.

Prelevarea probelor de sol a respectat principiile de autenticitate a probei, folosind recipiente etanșe și cuțit pedologic cu lamă din oțel inoxidabil. Culorile au fost specificate conform „Determinator de culoare a solului MUNSELL”, împreună cu alte substanțe necesare pentru aprecierea pe teren a prezenței carbonaților în orizonturile solului. Interpretarea datelor analitice s-a efectuat conform baremelor prevăzute în Ordinul 756/1997 (Ministerul Mediului) privind poluanții solului și Ordinul 161

din 16 februarie 2006 (Ministerul Apelor și Pădurilor), care se referă la aprobarea Normativului de Clasificare a Calității Apelor de suprafață pentru determinarea stării ecologice a corpurilor de apă.

3.1.2. Analiza fizico-chimică a solului

Toate profilele, între 53 și 79 cm, au la bază pietriș fluviatil peste care se suprapune materialul de sol. Fiecare profil are un strat de grosime variabilă (10-22 cm), denumit C1, care conține fragmente de sedimente de rocă, așezate la loc după deversarea apei lacului. Culorile solului sunt verzi cenușiu dominant, ca urmare a mediului anaerob prezent sub orizontul C1, care a generat reducerea oxizilor ferici. La toate profilele de sol analizate există fisuri sub orizontul C1, care se diminuează pe măsură ce se înaintează în adâncime.

Aceste fisuri au fost generate de procesele de uscure și contractare produse după golirea lacului. Materialul solului este carbonos, jumătate din probele recoltate fiind slab încărcate cu săruri și conținând resturi vegetale reprezentate în principal de rizomi *Phragmites*. Aceste resturi vegetale reprezintă, alături de materia organică existentă în materialul erodat din bazinul Negel, sursa actuală de materie organică în orizonturile C2 și C3.

Din fiecare punct de prelevare, au fost prelevate probe pentru a determina aportul de nutrienți din primele trei orizonturi. Determinarea poluanților (metale grele, insecticide organoclorurate, erbicide triazinice și hidrocarburi petroliere totale) s-a făcut doar pentru secțiunea 0-20 cm. Prin compararea rezultatelor analitice cu pragurile de interpretare specificate în Ordinul 756 / 1997 se observă că starea de reacție este uniformă și ușor alcalină, cu un pH între 7,69 și 8,02, optim pentru dezvoltarea majorității plantelor cultivate, inclusiv fasole și tomate. Rezerva de humus calculată pentru adâncimea de 50 cm este mică la profilele 1 și 2 și este medie la profilul 3.

Conținutul de fosfor mobil este preponderent mediu și prin utilizarea îngrășămintelor acide va permite o scădere a pH-ului, care va crește disponibilitatea fosforului pentru plante. Conținutul de potasiu mobil este moderat dominant și se va îmbunătăți prin procesul tehnologic de pregătire a stratului prelucrat prin aplicarea gunoiului de grajd. Conținutul total de săruri minerale (fosfor, potasiu) prezintă variații care definesc starea de salinizare a solului, indiferent dacă este nesărat sau slab salinizat.

Încărcarea cu sare a acestor sedimente se datorează tranzitului zăcămintelor bogate în săruri de sodiu (în special clorură de sodiu), săruri care vor fi levigate până la adâncimea profilului solului prin scurgerea rapidă a apei pluviale asigurată de stratul de pietriș adânc. Interpretarea datelor de sol din cele trei profiluri evidențiază aporturi mai mari de nutrienți la profilul 3, oferind o rezervă medie de humus

(132 t / ha), calculată sub orizontul C1, pe o grosime de 50 cm, comparativ cu rezerva (117 t / ha sau 115 t / ha), respectiv rezerva mobilă de fosfor și potasiu fiind apropiată de fosfor (între 26,73 ppm și 27,98 ppm) și potasiu, luând în considerare doar profilele 1 și 3 având 183 ppm, mult superioare profilului 2, de numai 137 ppm, ca valori medii ponderate pe întregul interval de sub C1 până la pietrișul fluvial (C + R).

De asemenea, profilul 3 are o textură lut-argilosă în intervalul 20-79 cm, iar culoarea orizontului este maro-gălbui, cu pete de rugină care ajung până la adâncimi unde culorile gri-alb devin dominante, unde aerarea este încă deficitară. Activitatea biologică s-a instalat rapid ca urmare a proceselor de contracție și ventilație. Pătrunderea rădăcinilor plantelor în profunzime îmbunătățește potențialul agroproductiv al acestor materiale.

3.1.3. Locația și principalele caracteristici ale celor trei profiluri analizate

Rezultatele analitice pentru fiecare profil de sol indică reacția solului și conținutul existent de humus, fosfor, potasiu și săruri, așa cum sunt prezentate în Tabelul 1.

Tab.1. Conținutul de humus, P, K și reziduuri fixe, precum și pH-ul pentru cele trei profiluri de sol analizate

Nr. Profil	Orizont	Adâncime	pH	Humus	P	K	Reziduu fix
UM			-	%	ppm	ppm	mg/100 g sol
1	C1	5-20	7,94	1,57	25	170	40,41
	C2	35-50	7,73	1,54	26	200	217,88
	C3	65-75	7,70	1,13	32	145	238,74
2	C1	5-20	8,02	1,61	15	105	38,91
	C2	30-50	7,69	1,47	31	145	307,56
3	C1	5-15	7,98	1,44	31	325	55,13
	C2	35-50	7,91	2,09	27	150	90,12
	C2	60-70	7,71	1,88	24	165	239,84
	C3	50-70	7,80	1,78	24	150	222,64

Profilul 1, situat în apropierea gropii de excavare, are coordonatele geografice 46°33' și 58,5° latitudine nordică și 26° 55' și 33,8° longitudine estică. Pentru acest profil, secvența sedimentelor este prezentată în Tabelul 2.

Tab.2. Principalele caracteristici ale profilului 1 de sol

Strat de sedimente	Adâncime - cm	Adâncime de prelevare probe	Culoare	Textura	Schelet	Efervescența
C1	0-20	0-20	Maro-cu pete feruginoase	Argila	-	Slabă
C2	20-64	35-50	Maro - feruginos-albăstrui 25%	Clei-Argilos	-	Slabă
C3	64-77	65-75	Albăstrui-feruginos, reducție 60%	Clei-Argilos	-	Slabă
C+R	sub 77		Gri-feruginos	Nisip	Peste 90%	Slabă

Profilul 2 este situat adiacent canalului de-a lungul drumului de acces transport si are coordonatele geografice 46°33' si 59,3" latitudine nordică și 26°55' si 33,0" longitudine estică. Pentru acest profil, secvența sedimentelor este prezentată în Tabelul 3.

Tab.3. Principalele caracteristici ale profilului 2 de sol

Strat de sedimente	Adâncime - cm	Adâncime de prelevare probe	Culoare	Textura	Schelet	Efervescența
C1	0-10	0-10	Maroniu	Argilos-nisipos	-	Slabă
C2	10-53	10-30	Maro-cu pete albastrii	Argilos	-	Slabă
C+R	sub 53		Gri-feruginos	Nisip	Peste 90%	Slabă

Profilul 3 este situat la circa 300 m nord de Profilul 2, până la Podul Bistrița și are coordonatele geografice 46°34' și 02,3° latitudine nordică și 26°55' și 32,0° longitudine estică. Pentru acest profil, secvența sedimentelor este prezentată în Tabelul 4.

Tab 4. Principalele caracteristici ale profilului 3 de sol

Strat de sedimente	Adâncime - cm	Adâncime de prelevare probe	Culoare	Textura	Schelet	Efervescența
C1	0-22	5-15	Maro-cu pete feruginoase	Clei-Argilos	-	Slabă
C2	22-49	25-35	Maro - feruginos-albastrii 25%	Clei-Argilos	-	Slabă
C2		35-45		Clei-Argilos	-	Slabă
C3	49-79	50-70	Albastrii-feruginos, reducție 60%	Clei-Argilos	Peste 90%	Slabă

3.1.4. Analiza poluanților din sol

Poluarea cu metale grele

Concentrația de metale grele este în parametri normali pentru toate probele analizate pentru Cd, Pb și Zn (Fig. 2). Pentru Cu, valorile analitice sunt peste limitele normale pentru toate profilele fără a atinge pragul de alertă, din cauza tratamentelor bolilor plantelor (Ordin 756/1997). Valorile pentru Cd, Pb și Zn sunt și ele normale pentru interpretare în limitele impuse de Ordinul 161/2006. Concentrația medie de Cu obținută este de 25,7500 mg/kg, peste valoarea maximă admisă de 20 mg/kg. În cazul Cd s-a obținut o valoare medie de 0,1600 mg/kg, sub valoarea maximă admisă care este de 1 mg/kg. În cazul Pb, în urma analizelor efectuate, s-a obținut o medie de 10,7275 mg/kg sub valoarea maximă admisă de 20 mg/kg. La Zn, valoarea medie obținută este cu 69,0000 mg/kg sub valoarea admisă de 100 mg/kg.

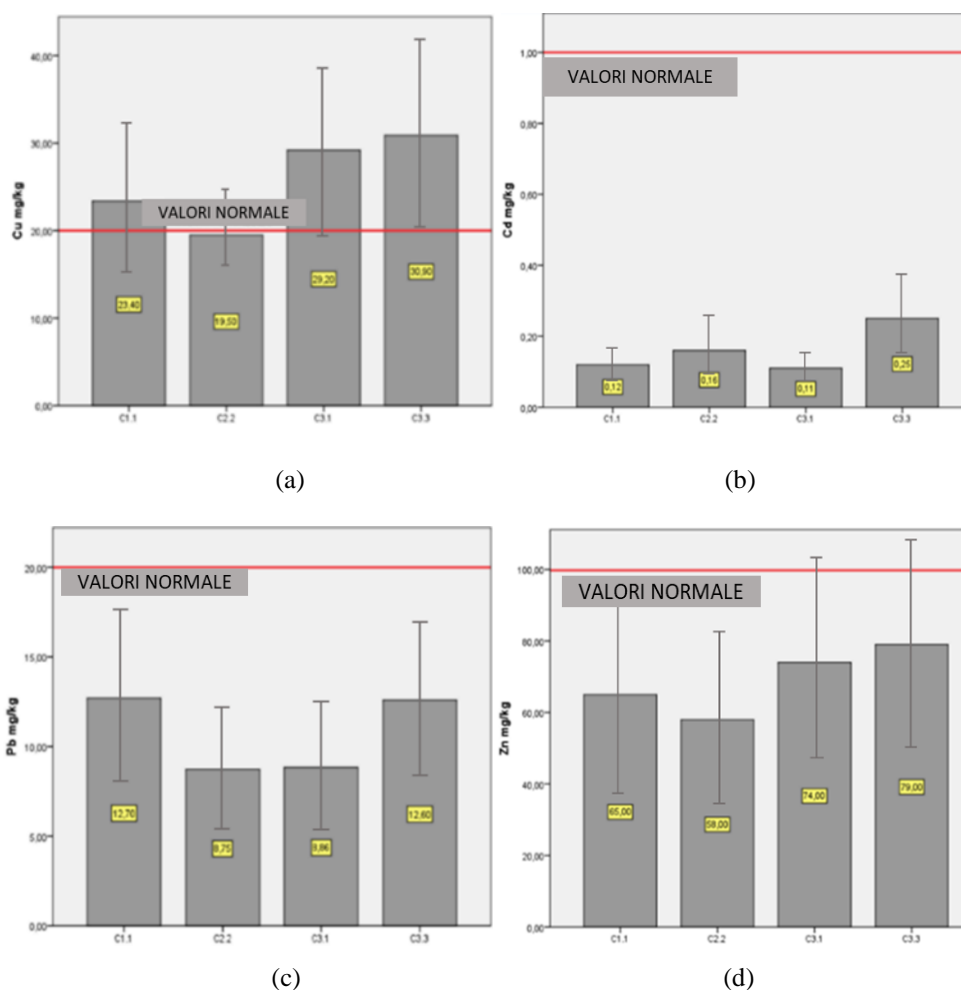


Fig 2. Valorile celor patru metale grele (Cd, Cu, Pb si Zn) obținute în urma analizelor SAA raportate la valori normale conform Ordinului 756/1997; C1.1 - orizont C1, profil 1 (a); C2.2 - Orizont C2, Profil 2 (b); C3.1 - orizont C3, profil 1 (c); C3.3 - Orizontul C3, profilul 3 (d)

Poluarea totală cu produse organoclorurate, erbicide și produse petroliere

Concentrația de insecticid organoclorurat (HCH total) este fie mai mică decât valorile normale, fie ușor depășită (C1.1). Încărcătura de erbicide triazinice (DDT total) în toate probele analizate este mai mică decât valorile considerate normale. Produsele petroliere totale (THP) au valori ce depășesc pragul normal (100 ppm), care afectează potențialul productiv al solului, însă îmbunătățirea este posibilă prin fertilizare organică, care va activa bacteriile care vor consuma aceste hidrocarburi (Fig. 3).

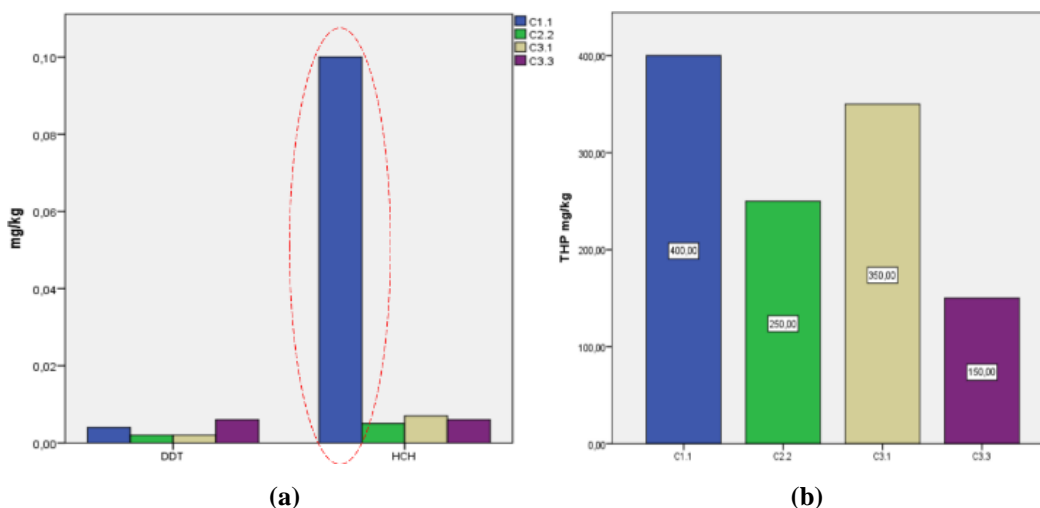


Fig.3. Rezultate pentru produse organoclorurate (HCH), erbicide (DDT) (a) și produse petroliere totale (THP) (b); C1.1 - orizont C1, profil 1; C2.2 - Orizont C2, Profil 2; C3.1 - orizont C3, profil 1; C3.3 - Orizontul C3, profilul 2

3.2. Analiza solului prelevat din Parcul Natural “Vânători Neamț” (solul 2)

3.2.1. Aria de prelevare a probelor din Parcul Natural “Vânători Neamț” și rezultatele obținute

Pentru evaluarea potențialului nutritiv și a potențialului de poluare a solului din Parcului Natural “Vânători Neamț”, au fost analizate probe de sol atât din dreptul arborilor sănătoși cât și din dreptul arborilor uscați. Am ales această metodă de selectare a punctelor de prelevare deoarece dorim să ne asigurăm că uscarea coniferelor nu este în legătură directă cu proprietățile solului. De asemenea, am analizat și potențialul de poluare cu metale grele pentru acele de brad cu scopul de a ne asigura că nu există un transfer semnificativ a poluanților din sol în plante.

Probele au fost prelevate din zona de protecție integrală a Parcului Natural “Vânători Neamț”, Agapia-Văratec, Ocolul Silvic Bisericesc Neamț, Unitatea de Producție III Agapia, din unitățile amenajistice 12A, 13(A,B,C), 14, 15A, 17(A,C), 19(A,B,C), 20B, 22B, 23C, 24A, 25A, 26A și din cadrul Ocolului Silvic Târgu Neamț, Unitatea de Producție III Agapia, unitățile amenajistice 28 și 83 cu o suprafață totală de 360,9 hectare, din care 309,7 hectare pentru Ocolul Silvic Bisericesc Neamț și 51,2 hectare pentru Ocolul Silvic Târgu Neamț (ANEXA 2 – Fig A2.1.) (Planul de Management al Parcului Natural “Vânători Neamț”).

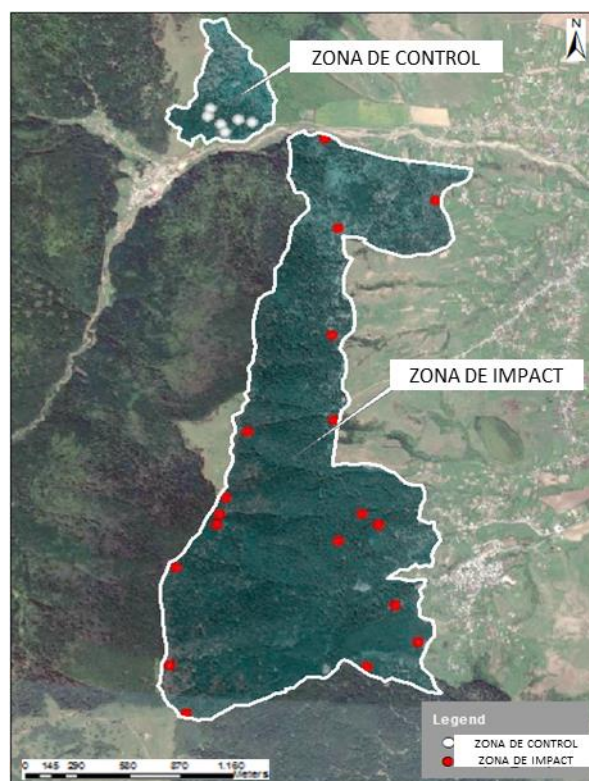


Fig. 4. Aria de prelevare a probelor în zona de impact și zona de control

Probele au fost prelevate din zona cea mai afectată, denumită zona de impact și dintr-un areal neafectat denumit zona de control. În zona de impact probele au fost prelevate de la o altitudine care începe de la 510 m până la 1059 m, având o medie de 827 m și un interval de altitudine de 548 m. În zona de control altitudinea medie este de 712 m, iar intervalul de altitudine de 6 m.

Ecosistemul este reprezentat în mare parte de pădure de brad în diferite stadii de uscare. S-au recoltat 168 de probe în total, dintre care 144 de probe din zona afectată și 24 de probe din zona de control. Din cele 144 de probe, 72 de probe sunt de sol, iar celelalte sunt probe de ace. În zona de control, 12 probe sunt de sol și 12 probe sunt de ace. Din fiecare parcelă s-au recoltat probe de la câte un arbore sănătos și unul afectat. Au fost prelevate câte o probă de sol de suprafață (0-20 cm) și de adâncime (20-30 cm) și câte o probă de ace uscate și sănătoase din anul curent și anul precedent. Sistemul de notare al probelor este prezentat în tabelul 5.

În Figura 4, punctele de prelevare din zona de control sunt reprezentate cu alb, iar cu roșu sunt reprezentate punctele de prelevare din zona de impact. În zona de control, distanța dintre cel mai nordic punct de prelevare și cel mai sudic punct este de aproximativ 5080 m. În zona de impact distanța dintre cele mai îndepărtate puncte (1 și 6) este de aproximativ 350 m.

Tab. 5. Sistemul de notare al probelor în zona de impact și zona de control

Zona de impact		Zona de control	
SA_AS	Sol adâncime arbore sănătos	SA	Sol adâncime
SS_AS	Sol suprafață arbore sănătos	SS	Sol suprafață
SA_AA	Sol adâncime arbore afectat	A_C	Ace din anul curent
SS_AA	Sol suprafață arbore afectat	A_C+1	Ace din anul precedent
AVe_C	Ace verzi din anul curent		
AVe_C+1	Ace verzi din anul precedent		
AU_C	Ace uscate din anul curent		
AU_C+1	Ace uscate din anul precedent		

3.2.2. Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru pH

Au fost analizate 72 de probe de sol din zona de impact și 12 probe din zona de control. Cea mai mică valoare a fost obținută la clasa de sol SS_AS = (3,85), iar cea mai mare valoare s-a obținut la clasa de sol SS_AA = (6,80). Valoarea medie a pH-ului în zona de impact este de 5,12, iar valoarea medie din zona de control este de 5,23. Valorile obținute în urma analizelor pH-ului solului sunt reprezentate în Figurile 5 și 6.

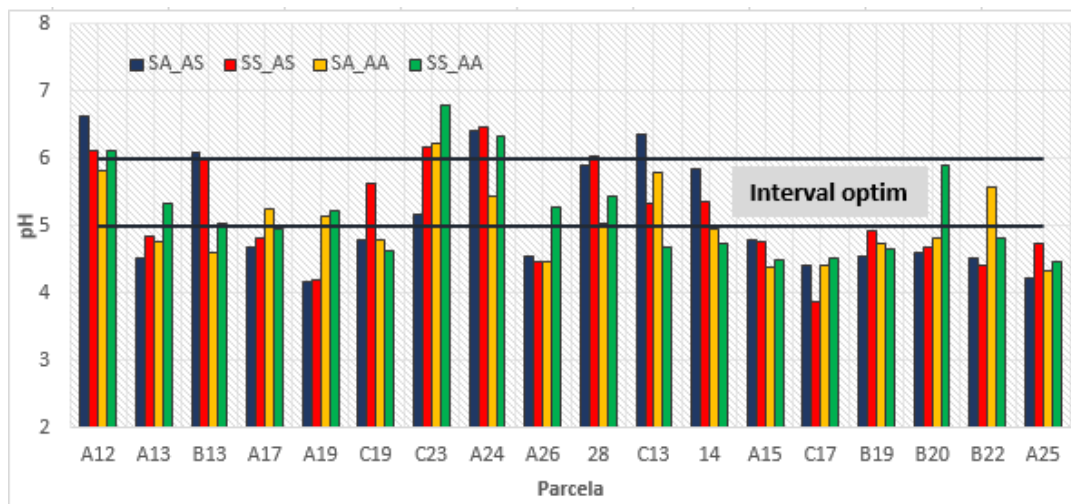


Fig. 5. Valorile măsurate pentru pH-ul solului în zona de impact la cele patru clase de sol analizate

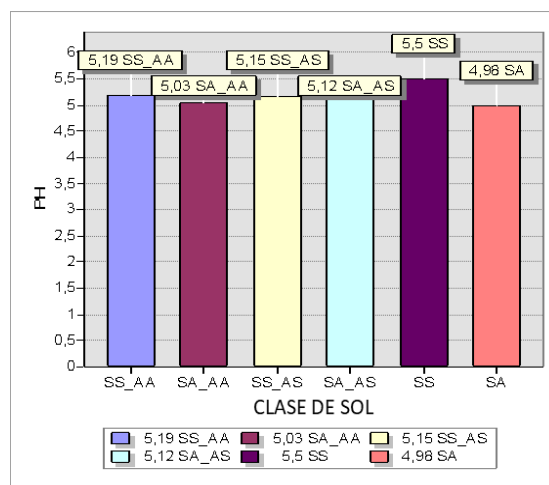


Fig. 6. Valorile medii ale pH-ului solului raportat la clasa probelor în zona de impact și zona de control

Media valorilor pH-ului analizată pe clase de sol se încadrează între 4,94 și 5,5, ambele valori fiind obținute în zona de control. Atât în zona de impact cât și în zona de control valorile pH-ului sunt mai mari la solul de suprafață față de solul de adâncime. În mare parte, solul se încadrează în clasa solurilor slab acide, valorile pH-ului fiind optime pentru o pădure de brad.

Intervalul de altitudine de la care s-au prelevat probele este de 548 m. Pentru a testa forța asocierii dintre valorile pH-ului și altitudinea de la care au fost prelevate probele s-a calculat indicele Pearson. În zona de impact s-a observat o slabă corelație între altitudine și valorile pH-ului. Coeficientul Pearson este de -0,229, ceea ce înseamnă că există o corelație inversă, adică cu cât crește altitudinea scade valoarea pH-ului. Această corelație însă nu este semnificativă deoarece coeficientul *Sig.* este de 0,053, *p* fiind 0,05.

În zona de control corelația dintre cele două variabile este pozitivă. Astfel, cu cât crește altitudinea, crește și pH-ul, obținându-se o valoare pozitivă a indicelui Pearson, de 0,600. Această corelație este semnificativă deoarece coeficientul *Sig.* este de 0,039, *p* fiind 0,05. În zona de impact doar pentru 5 % din probe pH-ul depinde de altitudine ($R^2=0,052$), în timp ce în zona de control pentru 36 % din probe pH-ul crește odată cu altitudinea ($R^2 = 0,0360$) (ANEXA 3 – Fig. A3.1).

Premisa generală a metodei de interpolare IDW este că valorile atributului oricărei perechi de puncte sunt legate între ele, însă asemănarea lor este invers proporțională cu distanța dintre cele două locații (ANEXA 3 – Fig. A3.2-3).

Probele prelevate din zona de control se află în partea de nord a hărților care conțin valorile înregistrate pentru arborii sănătoși.

La clasele de sol SS_AA și SA_AA, cea mai mare valoare se observă pe hartă în parcela 23C. Cele mai mici valori se observă la parcelele 25A, 17C și 15A. La clasele de sol SA_AS și SS_AS cea mai mare valoare se observă pe hartă în parcela 24A, iar cele mai mici valori la parcela 19A și parcela 17C pentru clasa de sol SS_AS. În zona de control la clasa de sol SS cea mai mică valoare este de 4,45 iar cea mai mare valoare de 6,47. La clasa de sol SA cea mai mică valoare este de 4,32, iar cea mai mare este de 5,68.

3.2.3. Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conductivitate

Au fost analizate 72 de probe de sol din zona afectată și 12 probe din zona de control. Cea mai mare valoare a fost obținută la clasa de sol SA_AA=(432 $\mu\text{S}/\text{cm}$), iar cea mai mică valoare la clasa de sol SA_AS=(17,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Valoarea medie a conductivității în zona de impact este de 102,62 $\mu\text{S}/\text{cm}$, iar valoarea medie din zona de control este de 136,36 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pentru solul de suprafață s-au obținut valori mai ridicate în comparație cu solul de adâncime (Fig. 7). Valorile obținute în urma efectuării măsurătorilor pentru conductivitate sunt reprezentate în Figura 8.

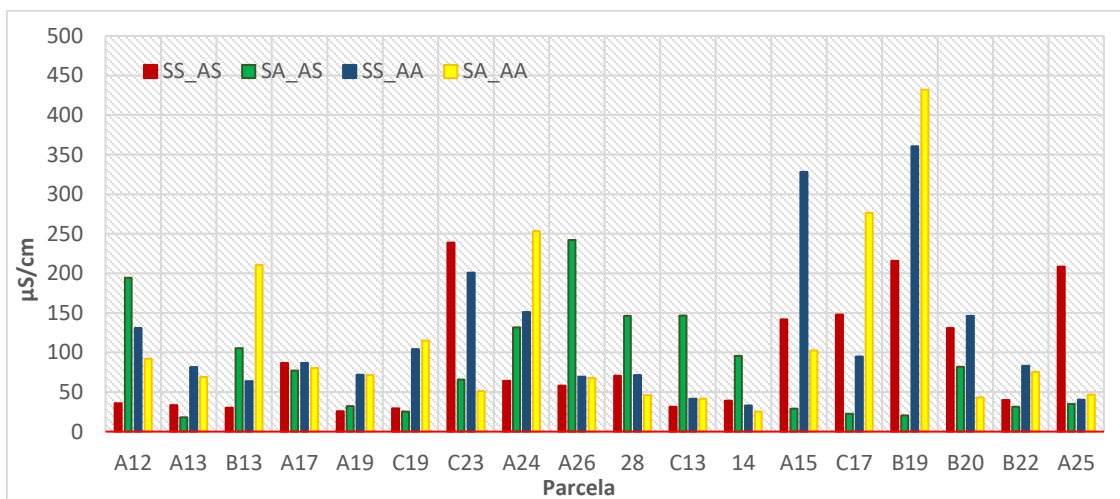


Fig. 7. Valorile măsurate pentru conductivitatea solului în zona de impact la cele patru clase de sol analizate

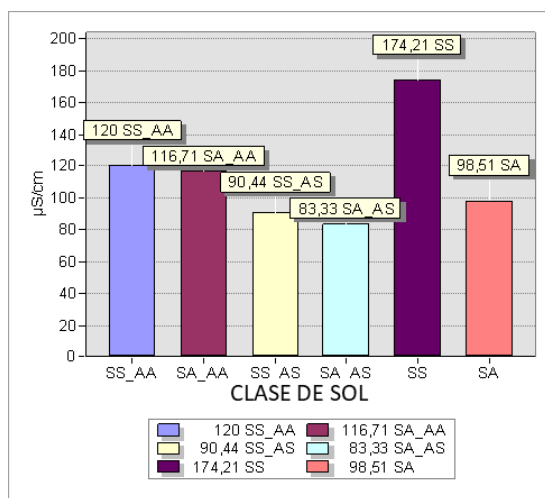


Fig. 8. Valorile medii ale conductivității solului raportate la clasa probelor în zona de impact și zona de control

La clasa de sol AA, cea mai mare valoare se observă la parcela 19B, iar cele mai mici valori la parcelele 14 și 25A. La clasa de sol AS pe hartă se evidențiază cu valori mai mari probele din parcelele 12A și 19B.

3.2.4. Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru substanța uscată din sol

Au fost analizate câte 72 de probe de sol și ace din zona de impact și câte 12 probe de sol și ace din zona de control. La sol, cea mai mică valoare s-a obținut la clasa SS_AA = (65,29 %), iar cea mai mare valoare la clasa SA = (87,7 %) (Fig. 9). În zona de impact valoarea medie a concentrației de substanță uscată din sol este de 75,34 %, iar în zona de control de 84 %.

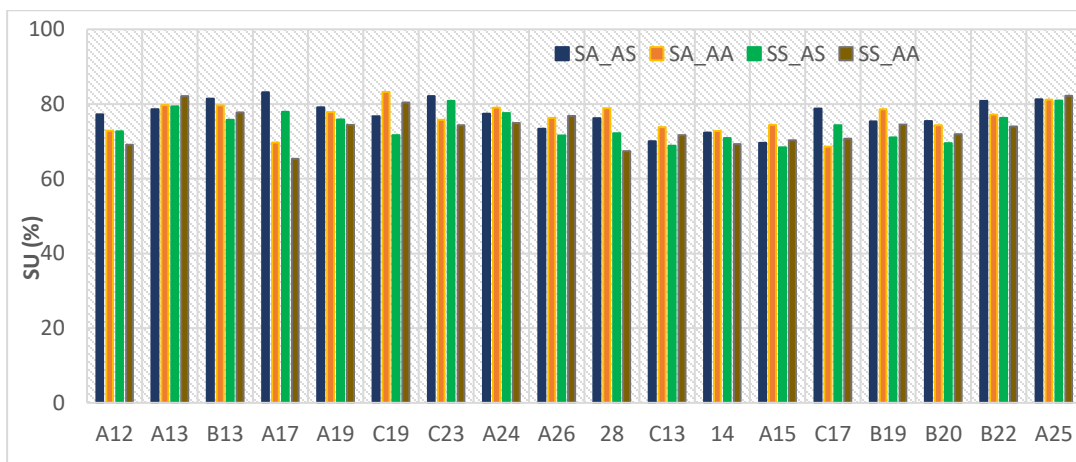


Fig. 9. Valorile conținutului de substanță uscată la cele patru clase de sol analizat în zona de impact

La sol, atât pentru probele de suprafață cât și pentru probele de adâncime, cele mai mari valori procentuale medii au fost înregistrate în zona de control. În ceea ce privește zona de impact, la solul

recoltat din dreptul arborilor sănătoși s-au obținut valori mai mari comparativ cu solul din dreptul arborilor uscați, atât la probele de suprafață cât și la probele de adâncime (Fig. 10).

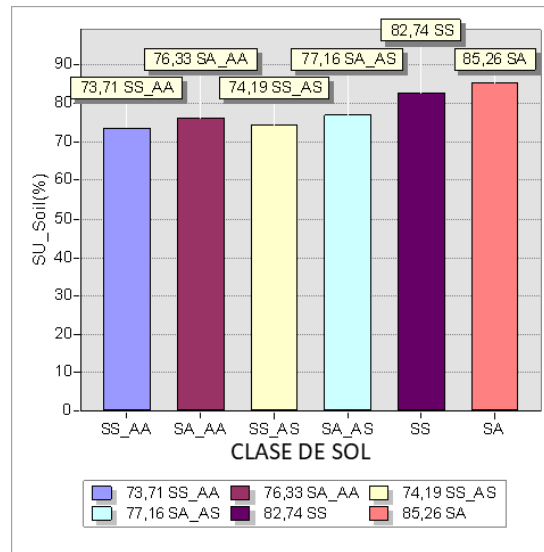


Fig. 10. Valorile medii ale conținutului de substanță uscată la sol în zona de impact și zona de control

Pentru a testa forța asocierii dintre valorile concentrației de substanță uscată din sol și altitudinea de la care au fost prelevate probele, s-a calculat indicele Pearson (ANEXA 5 – Fig. A5.2). În zona de impact cele două variabile sunt corelate la nivelul $-0,399$, $p < 0,05$, ceea ce înseamnă că există o corelație inversă, adică cu cât crește altitudinea scade concentrația de substanță uscată.

Din analiza Boxplot, atât în zona de impact cât și în zona de control, nu se evidentiaza outliers (Fig. 11). Din analiza histogramei de distribuție ale frecvenței valorilor, se observă o distribuție normală în zona de control. În zona de impact cele mai multe valori se încadrează în intervalul de concentrație 84-86 %.

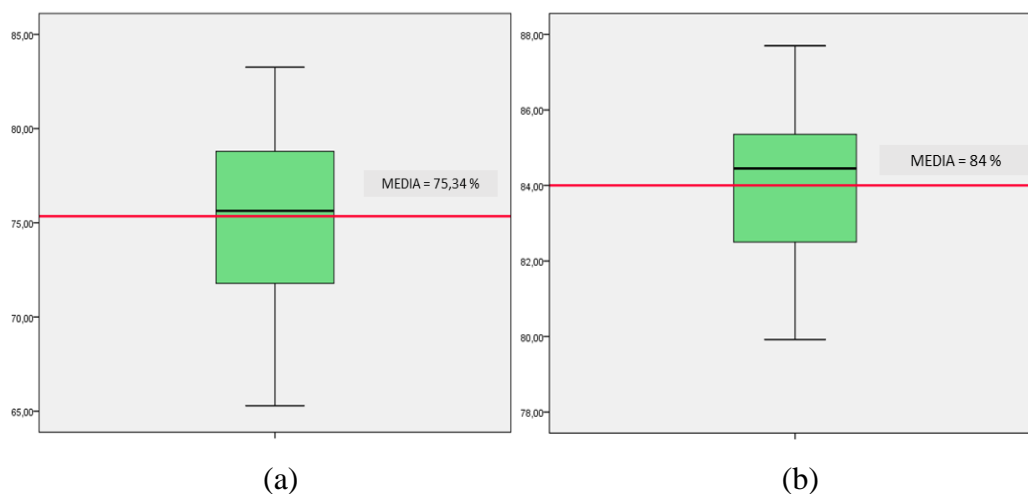


Fig. 11. Substanța uscată – Boxplot al datelor experimentale pentru solul din zona de impact (a) și solul din zona de control (b) cu evidențierea outlier-ilor

3.2.5. Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conținutul de apă din sol

Au fost analizate câte 72 de probe de sol și ace din zona de impact și câte 12 probe de sol și ace din zona de control. La sol, cea mai mică valoare s-a obținut la clasa SA = (12,3 %), iar cea mai mare valoare la clasa SS_AA = (34,71 %) (Fig. 12). În zona de impact valoarea medie a conținutului de apă din sol este de 28,76 %, iar în zona de control de 34,89 %.

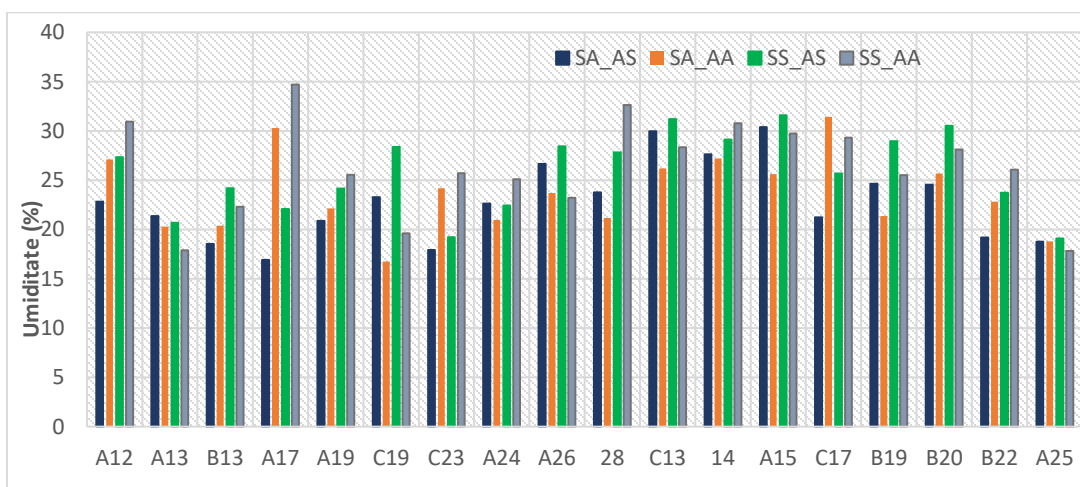


Fig. 12. Valorile umidității pentru cele patru clase de sol analizat în zona de impact

Cele mai mari valori ale umidității solului s-au obținut în dreptul arborilor uscați, acest lucru datorându-se faptului că aceștia și-au încetinit activitatea metabolică. Cele mai mici valori au fost înregistrate în zona de control atât pentru solul de suprafață cât și pentru solul de adâncime. În ceea ce

privește ansamblul general, la solurile de suprafață s-au obținut valori mai mari decât la solurile de adâncime (Fig. 13).

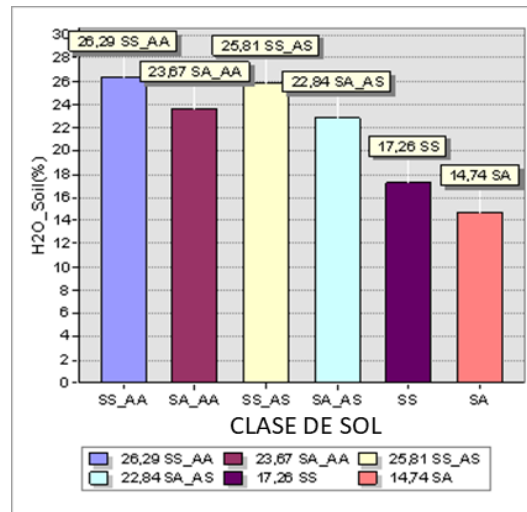


Fig. 13. Valorile medii înregistrate pentru solul de suprafață și solul de adâncime

Pentru a testa forța asocierii dintre valorile umidității din sol și altitudinea de la care au fost prelevate probele, s-a calculat indicele Pearson. În zona de impact s-a observat o corelație foarte puternică între altitudine și valorile umidității. Indicele Pearson este de 0,407, ceea ce înseamnă că există o corelație directă, adică cu cât crește altitudinea crește și umiditatea. Această corelație este semnificativă deoarece coeficientul *Sig.* este de 0,000 ($p < 0,05$).

În zona de control corelația dintre cele două variabile este pozitivă. Astfel, cu cât crește altitudinea crește și umiditatea solului, obținându-se o valoare pozitivă a indicelui Pearson, de 0,600. Această corelație este semnificativă deoarece coeficientul *Sig.* este de 0,039, $< 0,05$. În zona de impact 15,9 % din probe manifestă o dependență a umidității în raport cu altitudinea ($R^2 = 0,159$), în timp ce în zona de control pentru 36 % din probe umiditatea crește odată cu altitudinea ($R^2 = 0,360$) (ANEXA 6 – Fig. A6.2).

3.2.6. Rezultate obținute în urma analizei datelor experimentale pentru conținutul de substanță organică din sol (SO)

Au fost analizate 72 de probe de sol din zona afectată și 12 probe din zona de control. Cea mai mică valoare obținută a fost în zona de impact la clasa SA_AS, de 0,87 %. Tot în zona de impact s-a obținut și cea mai mare valoare, (4,25 %), în clasa SS_AS (Fig.31). Valoarea medie în zona de impact

este de 2,31 %, iar în zona de control de 2,11 %. Nu s-au observat diferențe semnificative ale conținutului de substanță organică în cele două zone analizate (Fig.14).

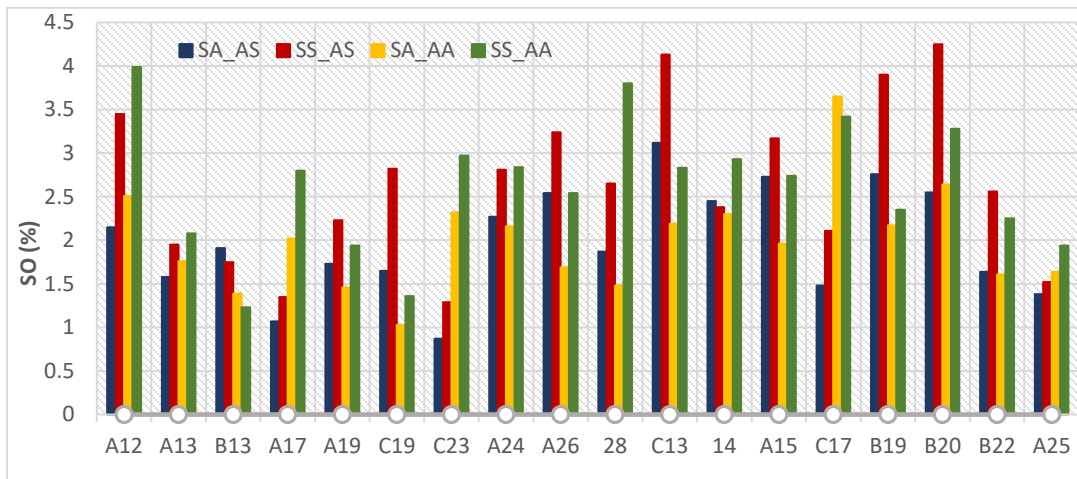


Fig. 14. Valorile conținutului de substanță organică în zona de impact pentru cele patru clase de sol analizate

Atât în zona de impact cât și în zona de control, la solul de suprafață s-au obținut valori mai mari ale conținutului de substanță organică în comparație cu solul de adâncime. Concentrațiile scăzute ale substanței organice din sol sunt cauzate de greutatea în descompunere a învelișului cerat al acelor căzute la suprafața solului (Fig. 15, 16).

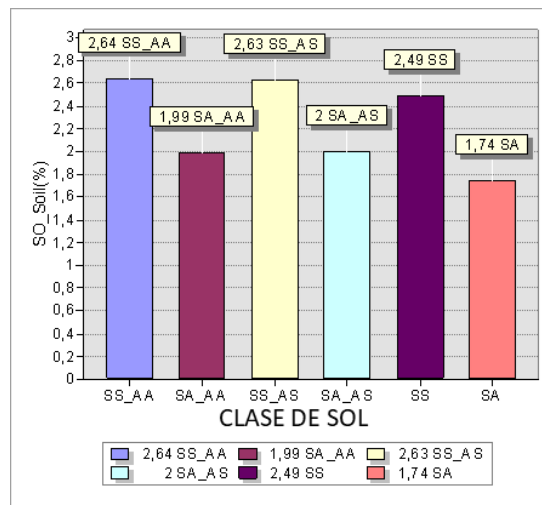


Fig. 15. Valorile medii ale conținutului de substanță organică la sol în zona de impact și zona de control

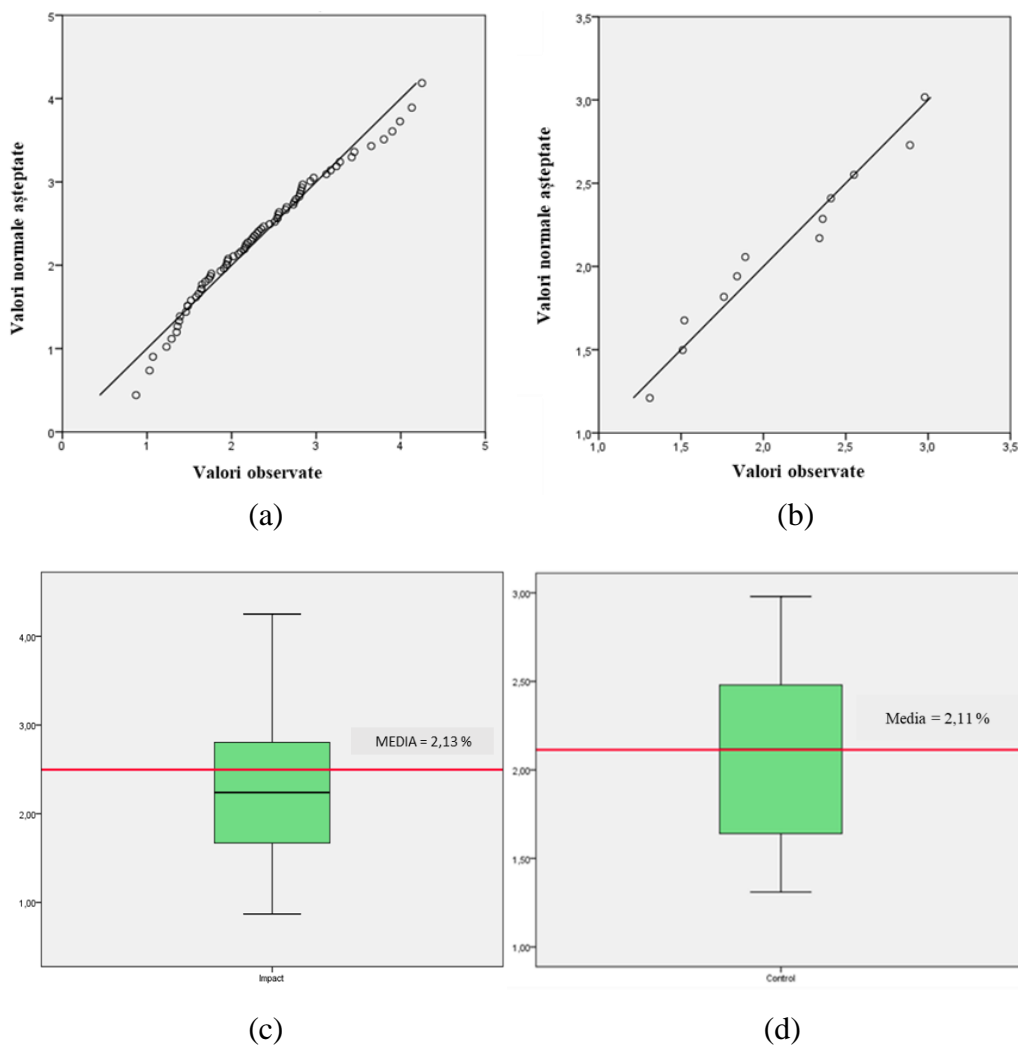


Fig. 16. Q-Q Plot (a) (b) și Boxplot (c) (d) al valorilor măsurate pentru substanța organică în zona de control și zona de impact

Pentru a testa forța asocierii dintre valorile concentrației de substanță organică din sol și altitudinea de la care au fost prelevate probele, s-a calculat indicele Pearson. În zona de impact cele două variabile sunt corelate la nivelul 0,215, însă Coeficientul *Sig.* nu este în limitele căutate.

În zona de control corelația dintre cele două variabile este pozitivă. Astfel, cu cât crește altitudinea, crește și concentrația de substanță organică. Cele două variabile sunt corelate la nivelul 0,888, $p < 0,05$. În zona de impact 4,6 % din probe manifestă o dependență a conținutului de substanță organică în raport cu altitudinea ($R^2 = 0,046$), în timp ce în zona de control pentru 78,9 % din probe substanța organică crește odată cu altitudinea ($R^2 = 0,789$) (ANEXA 7 – Fig. A7.1).

În zona de impact, la hărțile de distribuție IDW, atât la solul din dreptul arborilor sănătoși cât și la cel din dreptul arborilor afectați se observă valori mai mari ale conținutului de substanță organică în partea de sud-vest în comparație cu zona de est a hărților (ANEXA 7 – Fig. A7.2-3).

3.2.7. Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Cu din sol și ace

Au fost analizate câte 72 de probe din zona de impact și câte 12 probe din zona de control atât pentru sol cât și pentru ace. Cea mai mică valoare s-a obținut în zona de control la clasa SS = (3,99 mg/kg). În zona de impact s-a obținut cea mai mare valoare la clasa SA_AS = (41,79 mg/kg) (Fig. 17). Nu s-au observat diferențe semnificative ale concentrației de Cu în cele două zone analizate (Fig. 18). În zona de impact valoarea medie este de 11,58 mg/kg, iar în zona de control de 9,40 mg/kg.

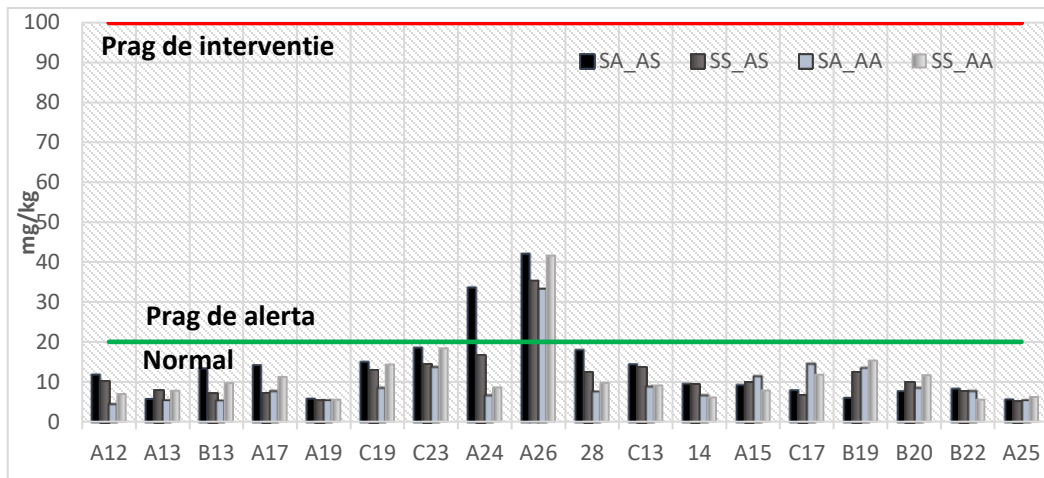


Fig. 17. Valorile concentrației de Cu pentru cele patru clase de sol analizat în zona de impact și limitele de referință stabilite prin OM 756/1997

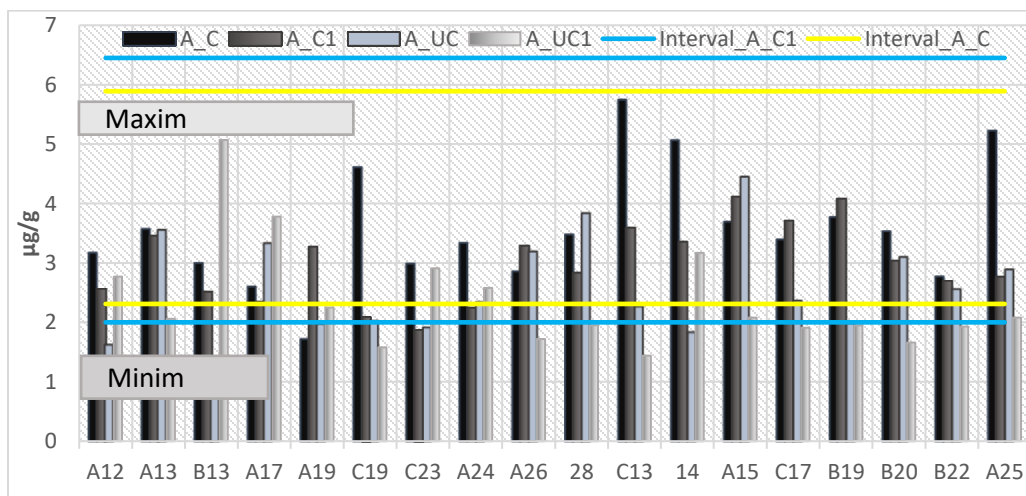


Fig. 18. Valorile concentrației de Cu pentru cele patru clase de ace analizate în zona de impact și limitele de referință stabilite de ICP Forests/2016

La ace, valoarea minimă este de 1,39 $\mu\text{g} / \text{g}$ la clasa A_UC, iar valoarea maximă este de 5,74 $\mu\text{g} / \text{g}$, la clasa A_VeC. Valoarea medie în zona de impact este de 2,88 $\mu\text{g}/\text{g}$, iar în zona de control de 3,13 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 19).

Atât în zona de impact cât și în zona de control, la solul de suprafață s-au obținut valori mai mari ale concentrației de Cu în comparație cu solul de adâncime.

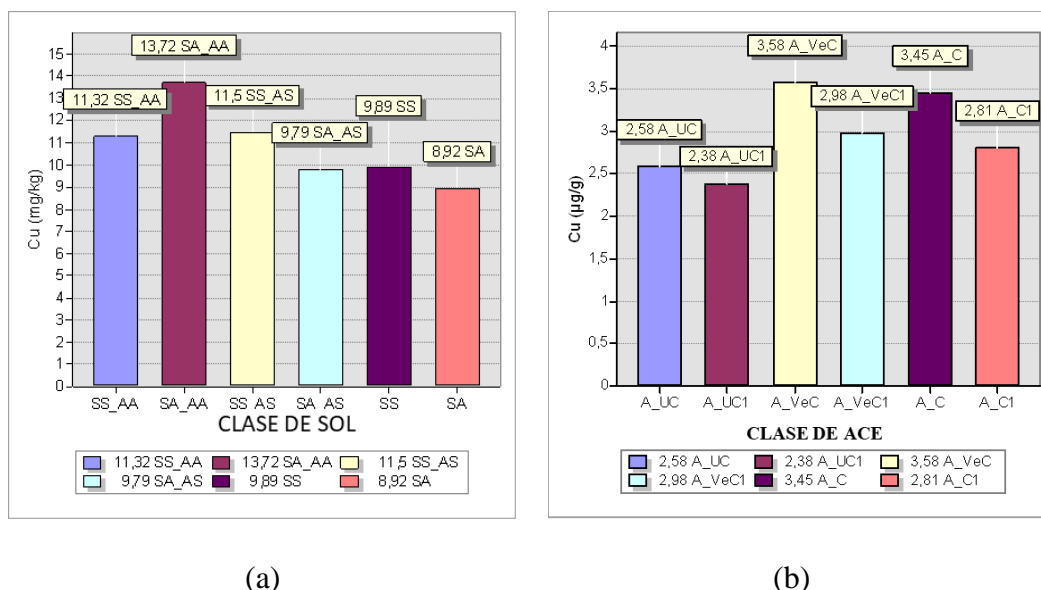


Fig. 19. Valorile medii ale concentrației de Cu obținute pentru toate clasele de sol (a) și ace (b) din zona de impact și zona de control

În zona de impact, valorile concentrației de Cu din solul analizat se încadrează în mare parte (93 %) în intervalul de valori normale, doar 7 % atingând pragul de alertă (Fig. 20). În zona de control 100 % din probe au valori normale.

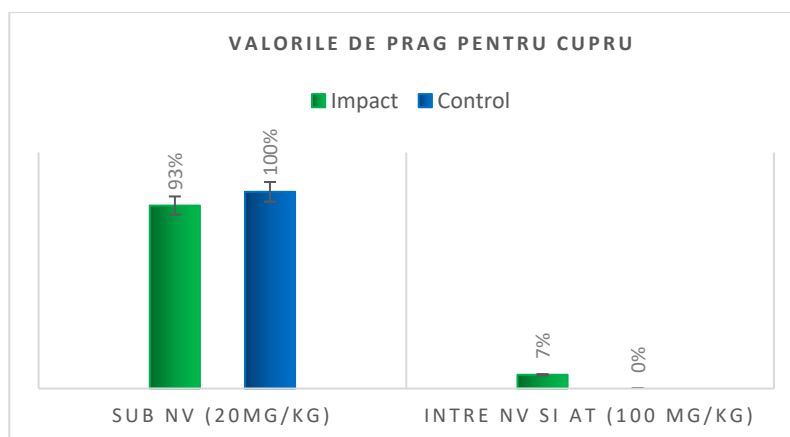


Fig. 20. Distribuția procentuală a datelor experimentale obținute în funcție de valorile de referință stabilite prin OM 756 / 1997

La probele de ace analizate nu s-au înregistrat valori care să depășească limita maximă admisă (Tab. 16). În zona de impact, la acele din anul curent și la acele din anul precedent s-a obținut câte o valoare sub limită (5 %), iar la acele din clasele A_UC și A_UC1 s-au obținut câte 8 valori (31 %). În zona de control la acele din anul curent și la acele din anul precedent s-a obținut câte o valoare sub limită (14 %).

Atât în zona de impact cât și în zona de control, nicio probă nu a depășit valoarea maximă admisă. La acele uscate aproape jumătate din probe (44 %) sunt sub nivelul minim acceptat (Tab. 16). La acele verzi procentajul probelor care au valori mai mici decât minimul admis este mult mai scăzut, de 6 % în zona de impact și 17 % în zona de control.

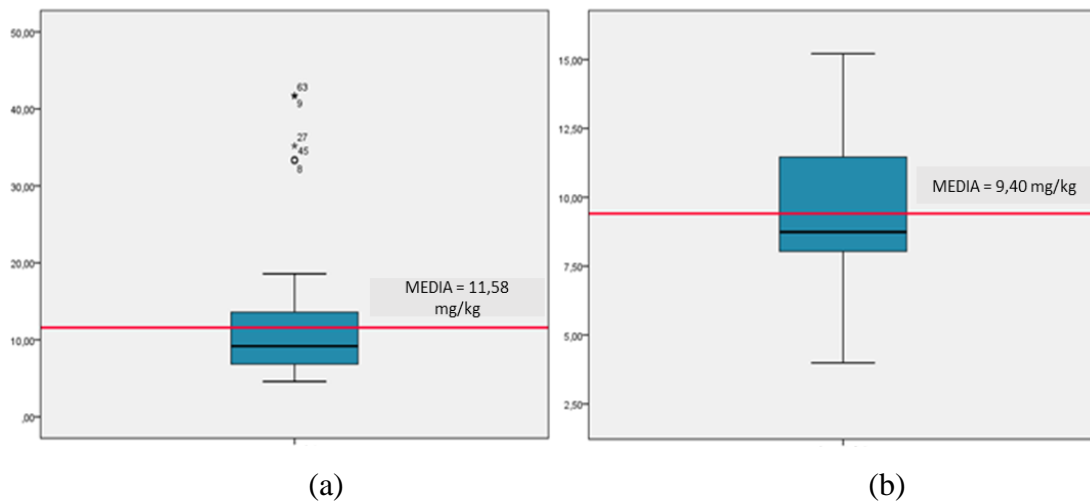


Fig. 21. Cu – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de sol din zona de impact (a) și zona de control (b), cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

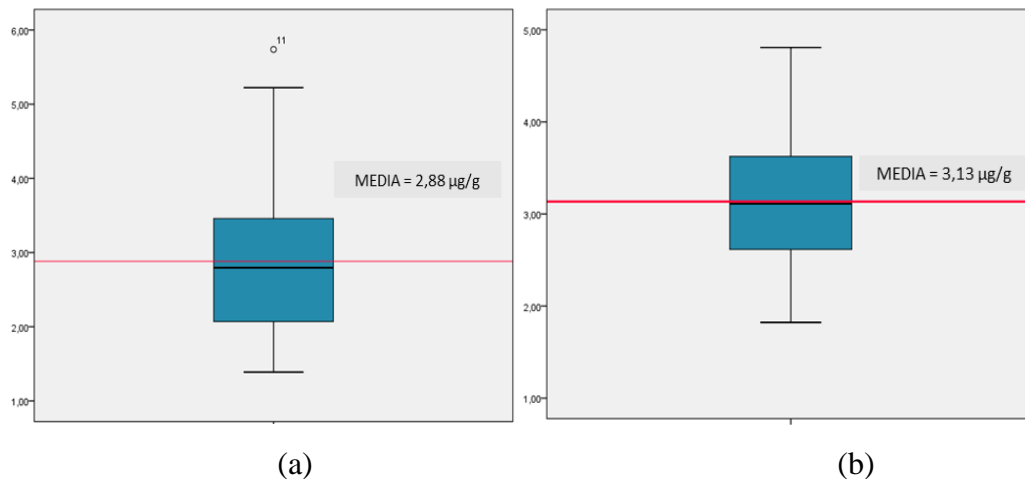


Fig. 22. Cu – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de ace din zona de impact (a) și zona de control (b), cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

Din analiza Boxplot în cazul probelor de sol reiese existența următorilor outlieri: punctele cu ID-ul 9, 27, 45 și 63 ce corespund parcelei 26 A au valori de outlier pentru următoarele probe de sol (SA_AS – 41,79 mg/kg, SS_AS – 35,2 mg/kg, SA_AA – 33,25 mg/kg, SS_AA – 41,63 mg/kg). Punctul cu ID-ul 8, ce corespunde parcelei 24 A, are o valoare de outlier pentru categoria de sol SA_AS = 33,43 mg/kg (Fig. 22). La ace s-a obținut o singură valoare de outlier în zona de impact ce corespunde parcelei 13C la proba de ace din anul curent (A_C=5,74 μg/g). De asemenea, s-a calculat indicele Person și rata mobilității (ANEXA 8 – Fig. A8.1-2).

Analiza parcelelor în funcție de gradul de uscare, arată că în sol și ace, concentrația de Cu nu influențează uscarea arboretului din aria studiată. În zona de control valorile obținute nu se diferențiază semnificativ de valorile înregistrate în zona de impact precum și nici parcelele afectate nu au valori semnificativ diferite față de cele mai puțin afectate din cadrul zonei de impact (Fig. 23).

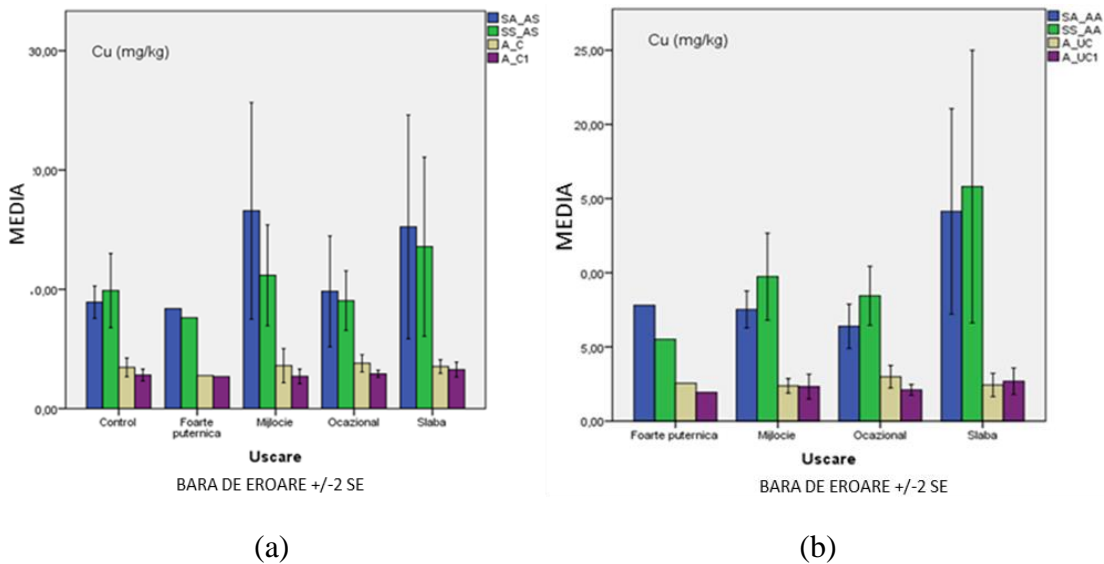


Fig. 23. Concentrația de Cu din sol și ace din zona de control (a) și zona de impact (b) raportată la gradul de uscarea al parcelelor

Hărțile de distribuție prin IDW a valorilor obținute pentru Cu arată că la solul din dreptul arborilor afectați s-au obținut valori mai mari în partea de nord a hărților în comparație cu partea de sud a acestora. La acele verzi din anul precedent distribuția prin IDW arată că în partea de sud-vest valorile sunt mai mari față de partea de nord-est a hărții. În zona de control, punctul cu ID-ul 2-83 are cele mai mari valori atât la sol cât și la ace (ANEXA 8 – Fig. A.3-6).

3.2.8. Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Cd din sol și ace

Au fost analizate câte 72 de probe din zona de impact și câte 12 probe din zona de control atât pentru sol cât și pentru ace. La sol, cea mai mare valoare obținută a fost în zona de impact la clasa SA_AS, de 1,59 mg/kg ce corespunde parcelei 13C (Fig. 24). Nu s-au observat diferențe semnificative ale concentrației de Cd în cele două zone analizate, valoarea medie fiind de 0,88 mg/kg pentru ambele zone (Fig. 25).

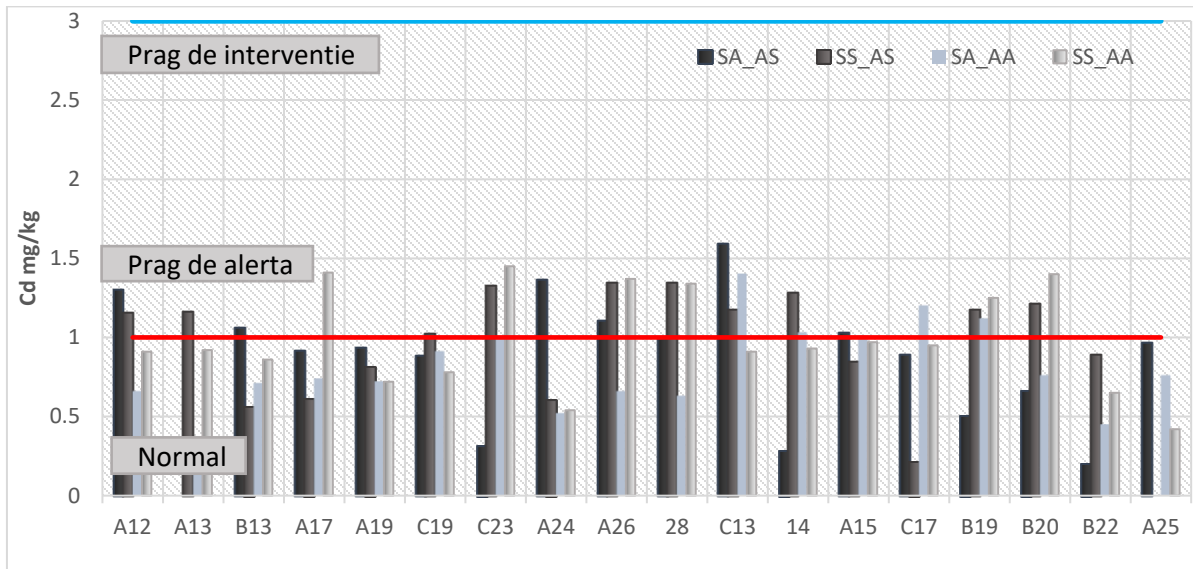


Fig. 24. Valorile concentrației de Cd pentru cele patru clase de sol analizat în zona de impact și limitele de referință stabilite prin OM 756/1997

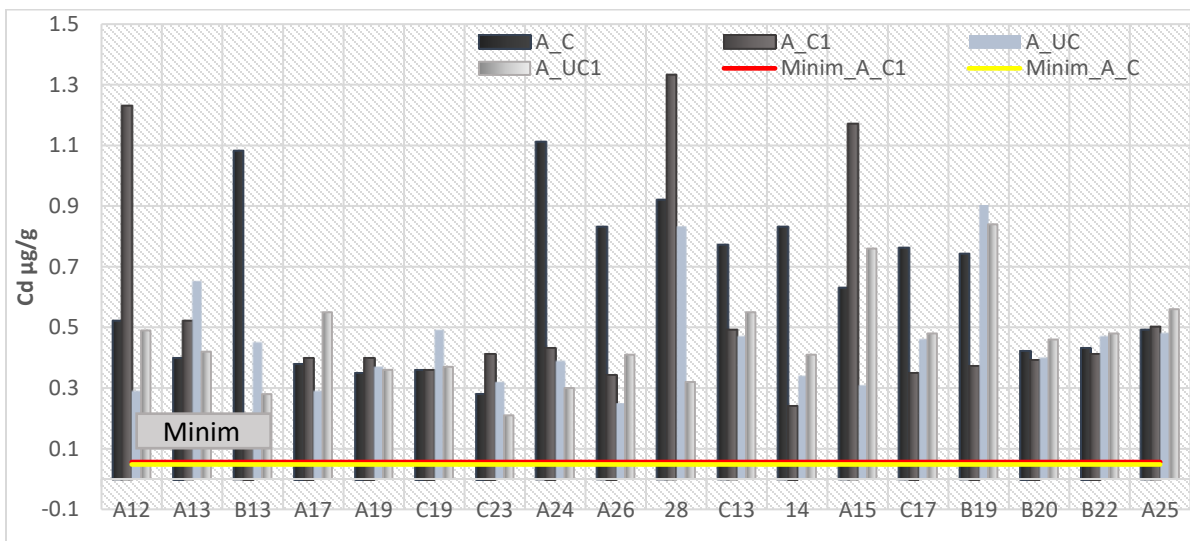


Fig. 25. Valorile concentrației de Cd pentru cele patru clase de ace analizate în zona de impact și limitele de referință stabilite prin ICP Forests/2016

La ace, cea mai mică valoare s-a obținut la clasele A_VeC1 și A_UC1, de 0,21 μg/g. Cea mai mare valoare s-a înregistrat la clasa AC aceasta fiind de 1,35 μg/g (Fig. 26). Valoarea medie în zona de impact este de 0,51 μg/g, iar în zona de control de 0,88 μg/g (Fig. 27).

Valorile medii obținute pe clase de sol sunt mai mari la solul de suprafață decât la cel de adâncime. La ace, în zona de control concentrația de Cd este mai mare decât în zona de impact. De asemenea, la acele din anul curent cadmiul are valori mai mari decât la acele din anul precedent.

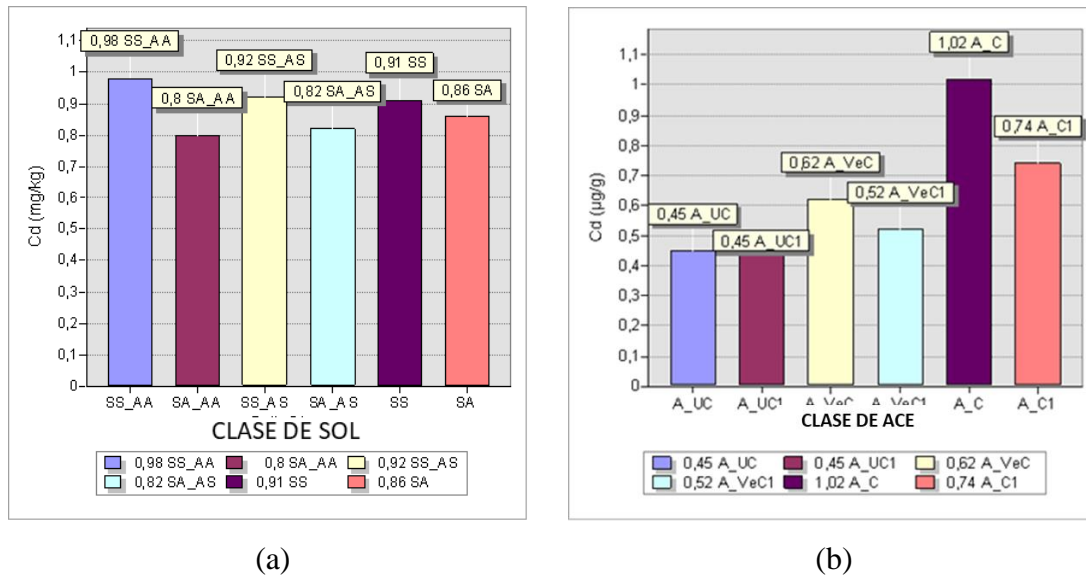


Fig. 26. Valorile medii ale concentrației de Cd obținute pentru clasele de sol (a) și ace (b) din zona de impact și zona de control

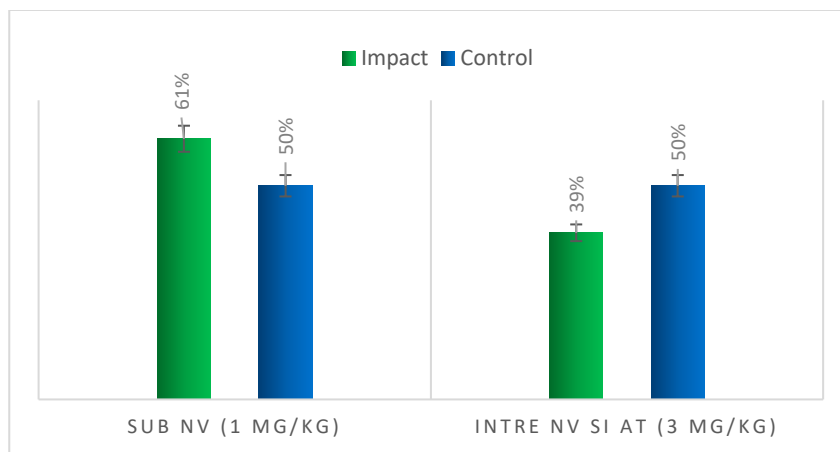


Fig. 27. Distribuția procentuală a datelor experimentale obținute în funcție de valorile de referință stabilite prin OM 756 / 1997

În zona de impact, valorile concentrației de Cd din solul analizat 61 % se încadrează în mare parte în intervalul de valori normale, iar 39 % se încadrează între intervalul de valori normale și pragul de alertă (Fig. 28 și 29). În zona de control 50 % din probe au valori normale, iar 50 % din probe se

încadrează între intervalul de valori normale și pragul de alertă. La toate probele de ace concentrațiile de Cd sunt mai mari decât limita inferioară stabilită de ICP Forest.

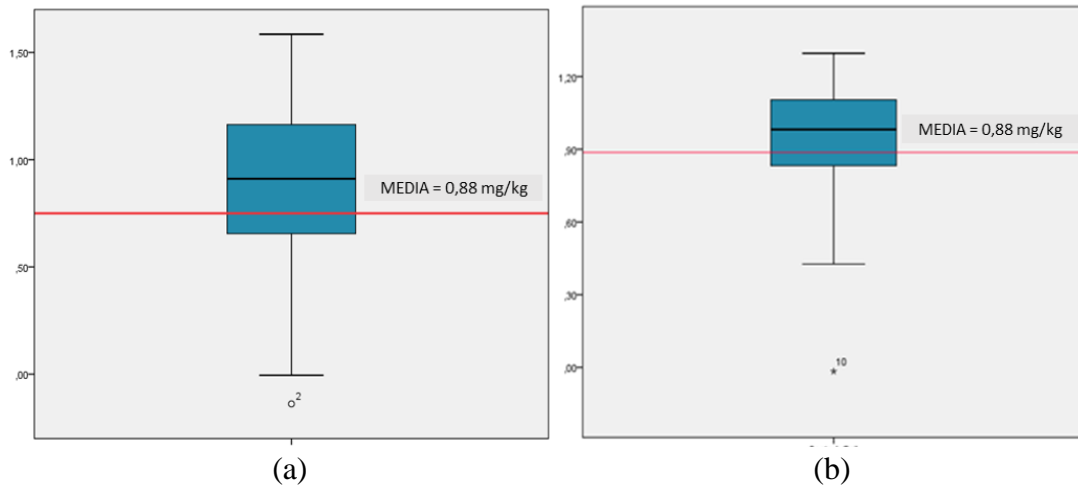


Fig. 28. Cd – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de sol din zona de impact (a) și zona de control (b), cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

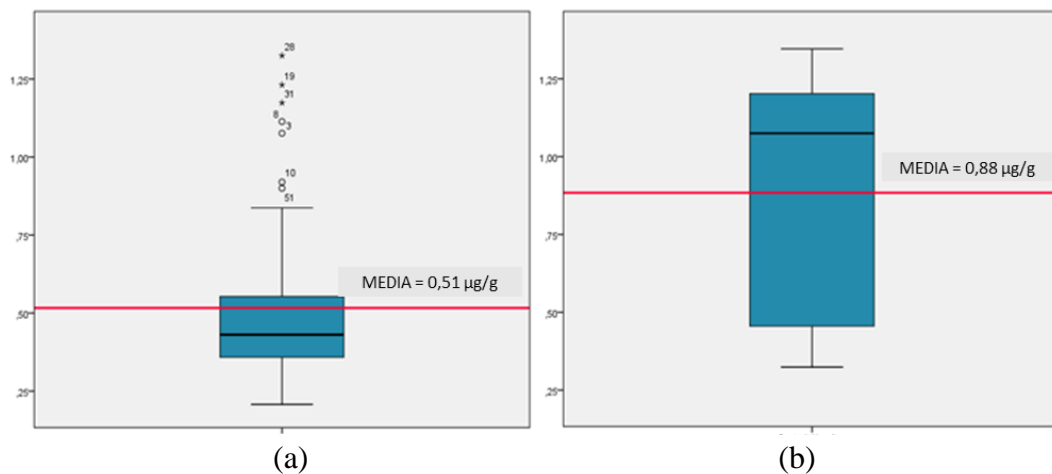


Fig. 29. Cd – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de ace din zona de impact (a) și zona de control (b), cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

Din analiza Boxplot la probele de sol reiese existența următorilor outlieri: punctul cu ID-ul 10 ce corespunde parcelei 83 are o valoare de outlier pentru proba de sol $17SS = 0 \text{ mg / kg}$ și punctul cu ID-ul 2 ce corespunde parcelei 13A care are o valoare de outlier pentru categoria de sol $SA_AS = 0 \text{ mg / kg}$ (Fig 28). Prima valoare a fost înregistrată în zona de control, iar cea de-a doua valoare în zona de impact. La ace în zona de control nu există valori de outlier. În zona de impact s-au evidențiat următorii outlieri: punctul cu ID-ul 3 ce aparține parcelei 13B are valoarea $A_C = 1,08 \text{ } \mu\text{g / g}$, punctul cu ID-ul 8 ce aparține parcelei 24A are valoarea $A_C = 1,11 \text{ } \mu\text{g / g}$, punctul cu ID-ul 10 ce aparține parcelei 28 are valoarea

A_C = 0,92 $\mu\text{g} / \text{g}$, punctul cu ID-ul 19 ce aparține parcelei 12A are valoarea A_C+1 = 1,23 $\mu\text{g} / \text{g}$, punctul cu ID-ul 28 ce aparține parcelei 28 are valoarea A_C+1 = 1,33 $\mu\text{g} / \text{g}$, punctul cu ID-ul 31 ce aparține parcelei 15A are valoarea A_C+1 = 1,17 $\mu\text{g} / \text{g}$ și punctul cu ID-ul 51 ce aparține parcelei 19B are valoarea A_UC = 0,90 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 29). De asemenea, s-a calculat indicele Person și rata mobilității (ANEXA 9 – Fig. A9.1-2).

Analiza parcelelor în funcție de gradul de uscare, ne arată că în sol și ace concentrația de Cd nu influențează uscarea arboretului din aria studiată (Fig. 30). În zona de control valorile obținute nu se diferențiază semnificativ față de valorile înregistrate în zona de impact precum și nici parcelele afectate nu au valori semnificativ diferite față de cele mai puțin afectate din cadrul zonei de impact.

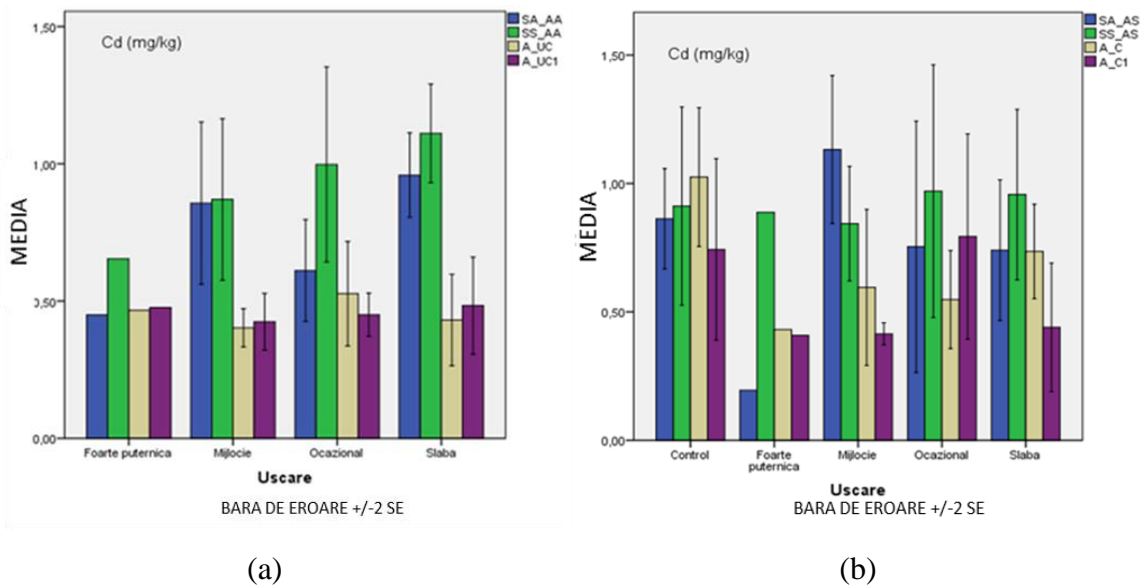


Fig. 30. Concentrația de Cd din sol și ace din zona de impact (a) și zona de control (b) raportată la gradul de uscarea al parcelelor

Hărțile de distribuție prin IDW a valorilor obținute pentru Cd arată că în zona de impact acele verzi și acele uscate prezintă concentrații mai reduse în zona de centru a ariei de studiu (parcelele 17A, 19A, 20B și 22B) și concentrații mai ridicate în partea de nord (parcela 28) și partea de sud (parcela 12A). În zona de impact, la ace, punctul cu ID-ul 6-83 are cele mai mari valori, iar punctul cu ID-ul 4 prezintă cea mai scăzută concentrație (ANEXA 9 – Fig 9.3-5.).

3.2.9. Rezultate obținute în urma analizei concentrațiilor de Pb din sol

Au fost analizate câte 72 de probe din zona de impact și câte 12 probe din zona de control atât pentru sol cât și pentru ace. Cea mai mică valoare obținută a fost în zona de impact la clasa SA_AS = 2,19 mg / kg. Tot în zona de impact s-a obținut și cea mai mare valoare, de 40,89 mg / kg, în clasa SS_AS

(Fig. 31). Nu s-au observat diferențe semnificative ale concentrației de Pb în cele două zone analizate. În zona de impact valoarea medie este de 22,67 mg / kg, iar în zona de control de 24,98 mg / kg (Fig. 32).



Fig. 31. Valorile concentrației de Pb pentru cele patru clase de sol analizat în zona de impact

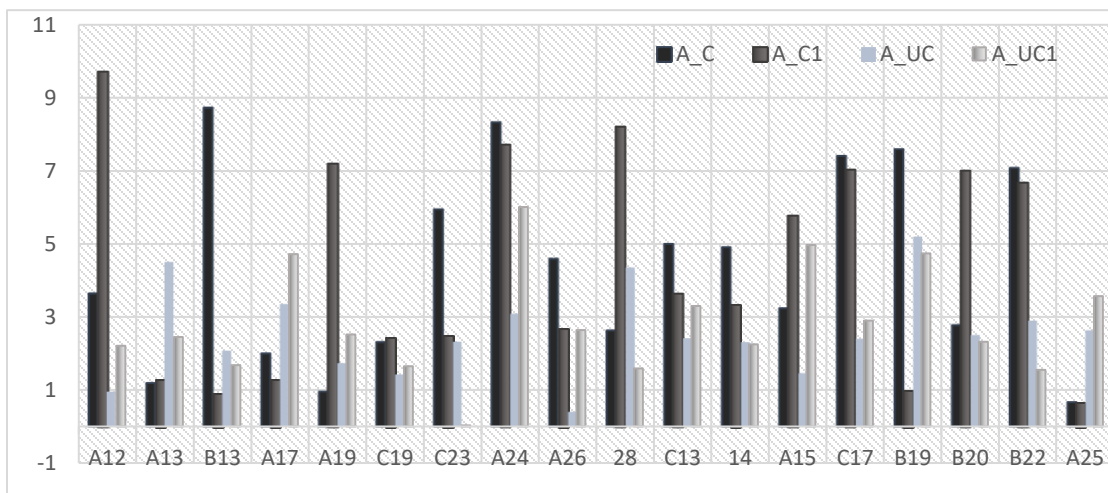
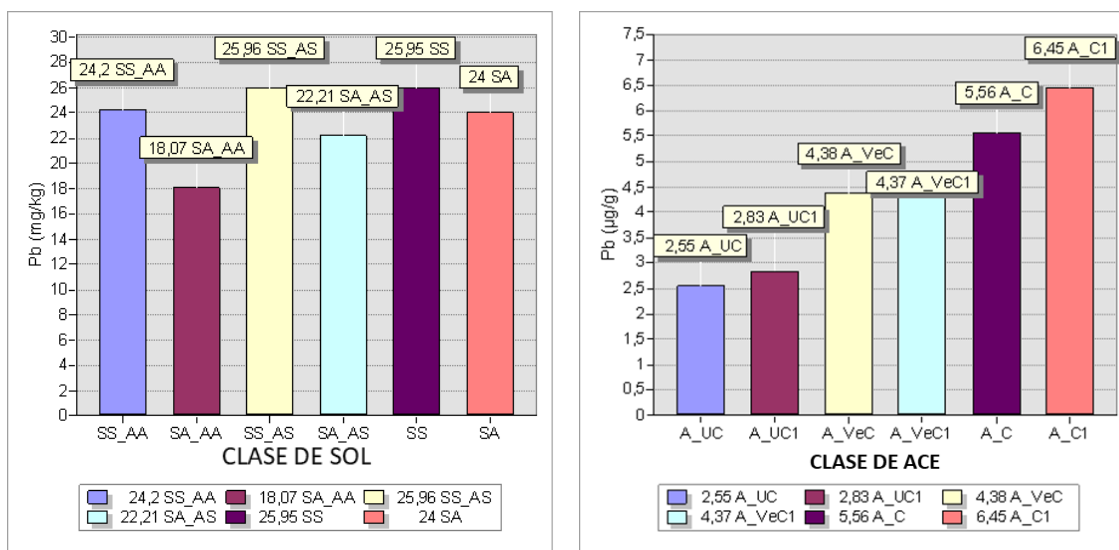


Fig. 32. Valorile medii ale concentrației de Pb pentru cele patru clase de ace în zona de impact

La ace, cea mai mică valoare s-a obținut la clasa A_UC1 = 0,03 μg/g, iar cea mai mare valoare la clasa A_VeC1 = 9,71 μg/g. În zona de impact valoarea medie este de 3,53 μg/g, iar în zona de control concentrația medie de Pb din ace este de 6,01 μg/g.

La solul de suprafață concentrația de Pb este mai mare în comparație cu solul de adâncime. Acele din anul curent au concentrații mai mici de Pb față de acele din anul precedent. Cele mai mici valori s-au obținut la acele uscate, iar cele mai mari valori la acele din zona de control (Fig. 33, 34).



(a)

(b)

Fig. 33: Valorile medii ale concentrației de Pb obținute pentru clasele de sol (a) și ace (b) din zona de impact și zona de control

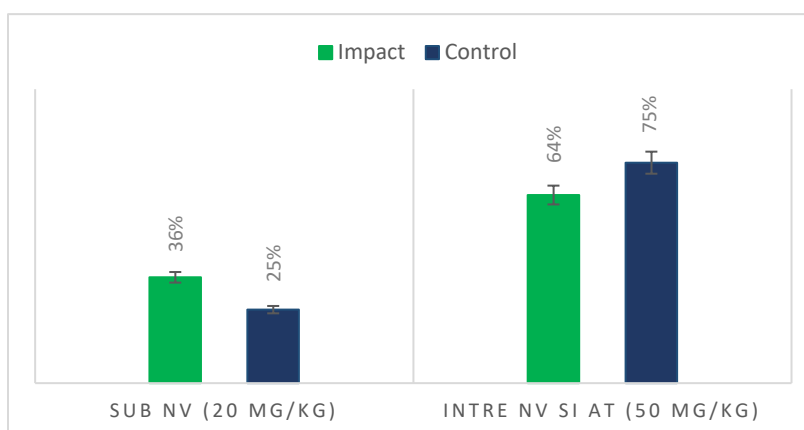


Fig. 34. Distribuția procentuală a datelor experimentale obținute în funcție de valorile de referință stabilite prin OM 756/199

În zona de impact, valorile concentrației de Pb din solul analizat se încadrează în procent de 36 % în intervalul de valori normale, iar 64 % între intervalul de valori normale și pragul de alertă. În zona de control 25 % din probe au valori normale, iar 75 % din probe se încadrează între intervalul de valori normale și pragul de alertă.

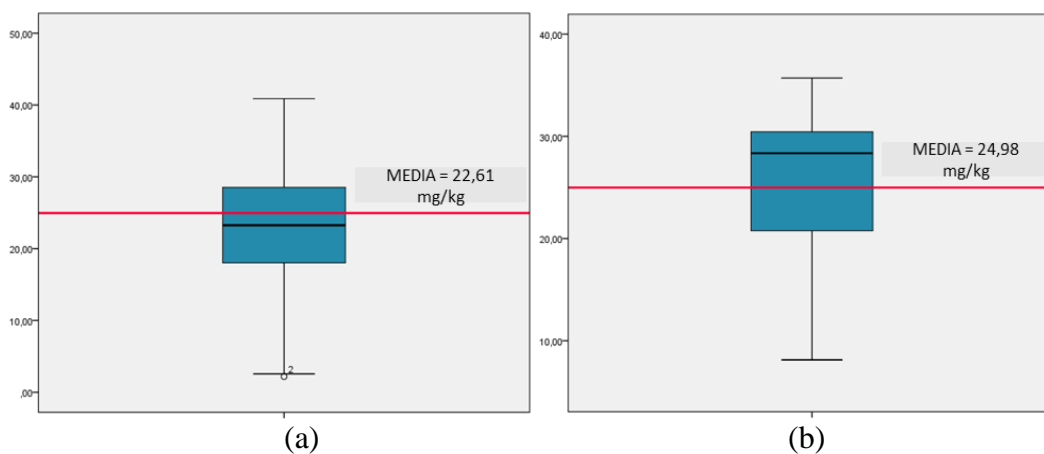


Fig. 35. Pb – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de sol din zona de impact (a) și zona de control (b) cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

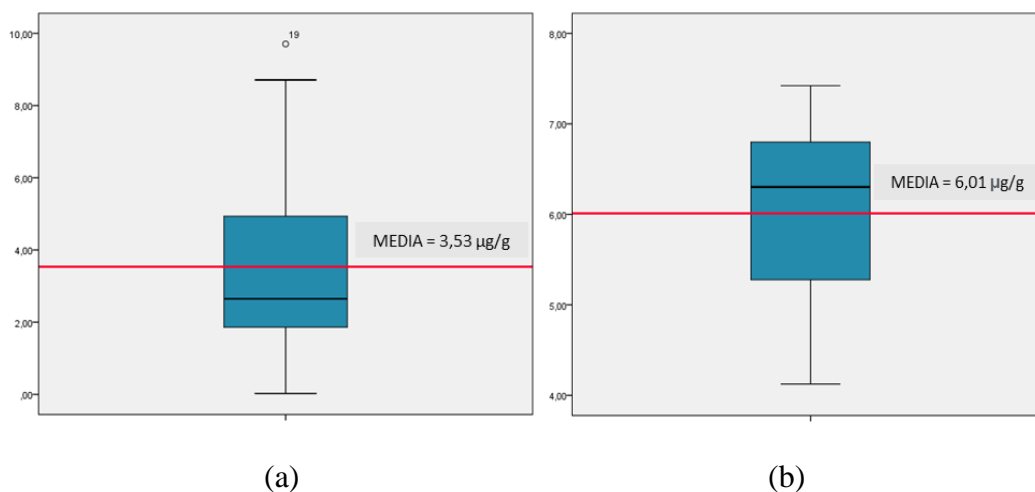


Fig. 36. Pb – Boxplot al datelor experimentale pentru probele de ace din zona de impact (a) și zona de control (b) cu evidențierea outlier-ilor și media valorilor

La probele de ace, din analiza Boxplot reiese existența unui singur outlier în zona de impact, în punctul cu ID-ul 19 ce corespunde parcelei 12A la proba A_C1 = 9,71 µg/g (Fig 36). La probele de sol s-a observat outlier-ul cu ID-ul 2, ce corespunde parcelei 13A, din clasa de sol SA_AS = 2,19 mg/kg (Fig. 35) (ANEXA 10 – Fig. A10.1-2).

Tab. 6. Raportul concentrațiilor de Cu, Cd și Pb măsurate la acele din anul curent (2015) față de acele din anul precedent (2014) în comparație cu date din literatură

	C : C+1	Diferențe semnificative (Sig<0,05)	Autor
Cu	>	-	Tausz et al., 2005
	>	-	Kuang et al., 2007
	<	Semnificativ	Pietrzykowsky et al., 2014
	>	-	Rezultate personale
Cd	>	-	Tausz et al., 2005
	<	-	Kuang et al., 2007
	<	-	Pietrzykowsky et al., 2014
	>	-	Rezultate personale
Pb	>	-	Tausz et al., 2005
	<	Semnificativ	Kuang et al., 2007
	<	Semnificativ	Pietrzykowsky et al., 2014
	<	-	Rezultate personale

Analiza parcelor raportată la gradul de uscare, arată că în sol și ace concentrația de Pb nu influențează uscarea arboretului. În zona de control valorile obținute nu se diferențiază semnificativ de valorile înregistrate în zona de impact precum și nici parcelele foarte afectate nu au valori semnificativ diferite față de cele mai puțin afectate din cadrul zonei de impact (Fig. 37) (ANEXA 12. Fig. A12.1-2).

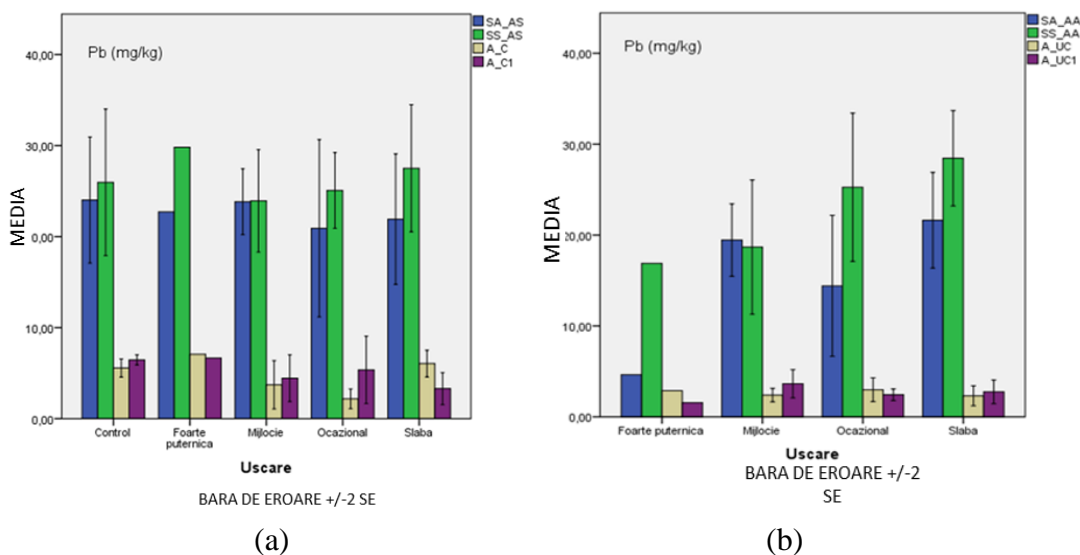


Fig. 37. Concentrația de Pb din sol și ace din zona de impact (a) și zona de control (b) raportată la gradul de uscarea al parcelor

La solul din dreptul arborilor sănătoși cele mai mari valori sunt reprezentate în punctul de prelevare din sudul hărții ce corespunde parcelei 12A și în punctul din partea de nord ce aparține parcelei cu numărul 28. La solul din dreptul arborilor afectați, harta de distribuție ne arată că valorile din partea de nord și vest a hărții sunt mai mari în comparație cu zona estică.

În zona de impact, la ace, punctul cu ID-ul 2-83 are cele mai scăzute valori, iar la sol punctul cu ID-ul 5 arată cea mai scăzută concentrație.

B. ÎMBUNĂȚIREA PROPRIETĂȚILOR NUTRITIVE A SOLURILOR ANALIZATE

CAP 4. POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE ALE SOLURILOR LUATE ÎN STUDIU (SOLUL PRELEVAT DIN ZONA LACULUI DE AGREMENT BACĂU - SOLUL 1 ȘI SOLUL PRELEVAT DIN PARCUL NATURAL “VÂNĂTORI NEAMȚ” – SOLUL 2)

4.1. Solul prelevat din zona Lacului de Agreement Bacău

Pământul rezultat în urma decolmatării a fost amestecat cu gunoi de grajd de bovine (GG), gunoi de grajd de pui (GP) și nisip argilos (N) în proporții diferite rezultând 36 de variante (Tab. 7).

Astfel, pentru fiecare dintre cele două specii de leguminoase s-au pregătit șase repetări pentru fiecare variantă, rezultând un număr total de 216 probe pentru fasole și 216 probe pentru roșii. Plantele au fost măsurate în trei fenofaze: la 6 săptămâni, la 8 săptămâni și la 10 săptămâni.

S-au făcut măsurători la numărul de frunze, înălțimea, numărul de flori și legume. Rezultatele obținute în urma măsurătorilor au fost interpretate statistic folosind software-ul Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Coeficientul de corelație a fost determinat pentru a calcula forța de asociere între cei patru parametri măsurați (număr de frunze, înălțime, flori și păstăi de fasole/roșii). Indicele Pearson verifică cât de puternică este variația și poate lua valori între -1 și 1.

Tab. 7. Cele 36 de variante cu diferite concentrații de sol, gunoi de grajd de vite, gunoi de pui și nisip

PROBE	SOL %	GG %	GP %	N %	PROBE	SOL %	GG %	GP %	N %
V1	100	-	-	-	V6131	50	15	15	20
V21	70	30	-	-	V6132	70	5	5	20
V22	85	15	-	-	V6211	60	30	-	10
V23	95	5	-	-	V6212	75	15	-	10
V31	70	-	30	-	V6213	85	5	-	10
V32	85	-	15	-	V6221	60	-	30	10
V33	95	-	5	-	V6222	75	-	15	10
V41	70	15	15	-	V6223	85	-	5	10
V42	90	5	5	-	V6231	60	15	15	10
V51	80	-	-	20	V6232	80	5	5	10
V52	90	-	-	10	V6311	65	30	-	5
V53	95	-	-	5	V6312	80	15	-	5
V6111	50	30	-	20	V6313	90	5	-	5
V6112	55	15	-	20	V6321	65	-	30	5
V6113	75	5	-	20	V6322	80	-	15	5
V6121	50	-	30	20	V6323	90	-	5	5
V6122	55	-	15	20	V6331	65	15	15	5
V6123	75	-	5	20	V6332	85	5	5	5

4.2. Solul prelevat din Parcul Natural “Vânători Neamț”

În urma interpretării datelor obținute, rezultă că putem utiliza acest sol ca probă martor pentru a estima evoluția boabelor de fasole plantate. Cantitatea de carbon organic și de N, prezența altor elemente nutritive și pH-ul ușor acid, demonstrează că solul poate fi utilizat cu succes ca și mediu de cultură, fără a avea nevoie de adăugarea de îngrășăminte (Tab. 8).

Tab 8. Caracteristicile solului

Densitatea aparentă g/cm ³	Ca mg/Kg sol	Mg mg/Kg sol	K mg/Kg sol	Na mg/Kg sol	P asimilabil mg P ₂ O ₅ /Kg sol	C organic %	Materie organică %	N total %	pH
1,19	499	425	2,98	0,15	3,9	7,99	14,03	0,28	6,4

Solul rezultat din decopertarea unor porțiuni din arealul Parcului Natural „Vânători Neamț”, se dovedește a fi un sol foarte bun care se poate utiliza ca și substrat în sere pentru cultura legumelor. În dorința de a dezvolta culturi ecologice intensive, s-a realizat un experiment materializat prin adăugarea la acest sol de mai mulți componenți, după cum urmează:

- **argile anionice** (hidrotalciți) la care s-au intercalat ioni de argint – materiale preparate în laboratoarele Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău;
- **spirulină pulbere** (*Spirulina Platensis*), procurată de la S.C. Hofigal Export - Import S.A.;

- **pulbere de salcie** (*Salix L.*).

Au fost utilizate argile anionice datorită proprietăților deosebite pe care le prezintă. Ele sunt materiale naturale, dar pot fi și sintetizate ușor în laborator. Aceste materiale, fără toxicitate au capacitatea de a înmagazina în spațiul interlamelar al structurii lor, diferiți ioni dar și molecule de apă ce pot fi apoi cedate în sol. O altă proprietate este aceea că, dacă sunt preparate în laborator, li se pot induce proprietăți de suprafață care sunt capabile să regleze pH-ul solului.

Argilele au fost preparate în laborator, utilizând metoda coprecipitării directe la pH constant 46-48 din articol, având ca precursori azotați de magneziu și aluminiu. La acest material a fost intercalat argint din sarea de azotat de argint. Prepararea a constat în punerea în contact sub agitare (400 rot/min) a unei cantități de 0,5 g argilă cu 500 mL soluție de AgNO₃, cu o concentrație de 0,05 mol/L, timp de 16 h la o temperatură de 25°C.

Pulberea de salcie a fost adăugată datorită faptului că în agricultura tradițională este des utilizată, considerându-se că prezintă proprietăți benefice privitoare la înrădăcinare. Prin adăugarea spirulinei și a pulberii de salcie s-a urmărit un efect pozitiv asupra înrădăcinării și dezvoltării plantelor pentru a le propune spre folosire ca și biostimulatori.

Pulberea de salcie a fost obținută în laborator, realizând întâi maceratul pornind de la 100 g crenguțe de salcie taiete la o lungime de 1 cm, la care au fost adăugați 1000 mL apă distilată. S-a lucrat la temperatura de 60°C, sub agitare (400 rot/min), timp de 44 de h. Extractele rezultate au fost apoi concentrate sub vid, și uscate în vederea obținerii unei pulberi.

A fost realizat un amestec din argilă intercalată cu argint, spirulină și pulbere de salcie (80 % argilă cu argint, 10 % spirulină și 10 % extract din salcie). Acest amestec a fost combinat cu sol decopertat din Parcului Natural „Vânători Neamț” în diferite proporții (3 %, 5 % și 7 %) și introdus în ghivece în care au fost plantate câte 2 boabe de fasole (*Phaseolus vulgaris L.*). S-au efectuat măsurători morfologice privitoare la dezvoltarea fasolei plantate. În urma experimentelor s-a observat că amestecul adăugat în solul rezultat în urma decopertării, a avut o influență pozitivă asupra înrădăcinării și dezvoltării plantelor. Cele mai bune rezultate morfologice s-au obținut în cazul unui adaos de 5% amestec de argilă intercalată cu argint, spirulină și pulbere de salcie.

La solul analizat, s-au adăugat și argilele anionice dopate cu argint. Caracterizarea argilelor este prezentată în figurile 38, 39 și 40.

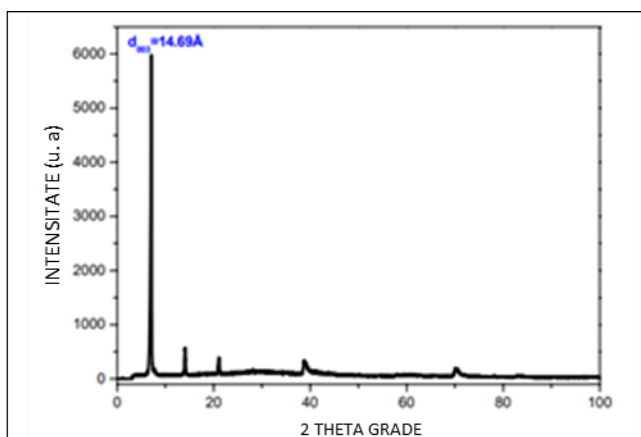


Fig. 38 Difractograma argilei anionice preparate

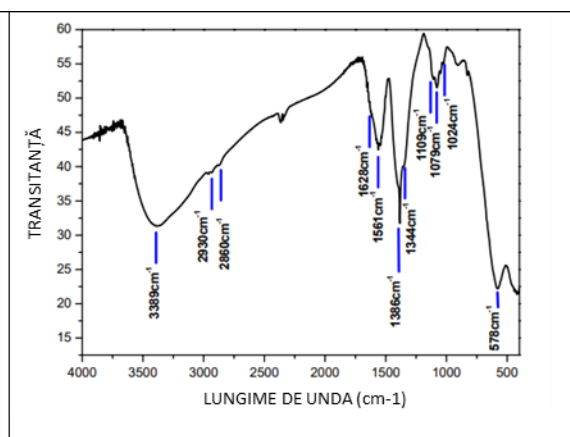


Fig. 39 Spectru FTIR al argilei anionice preparate

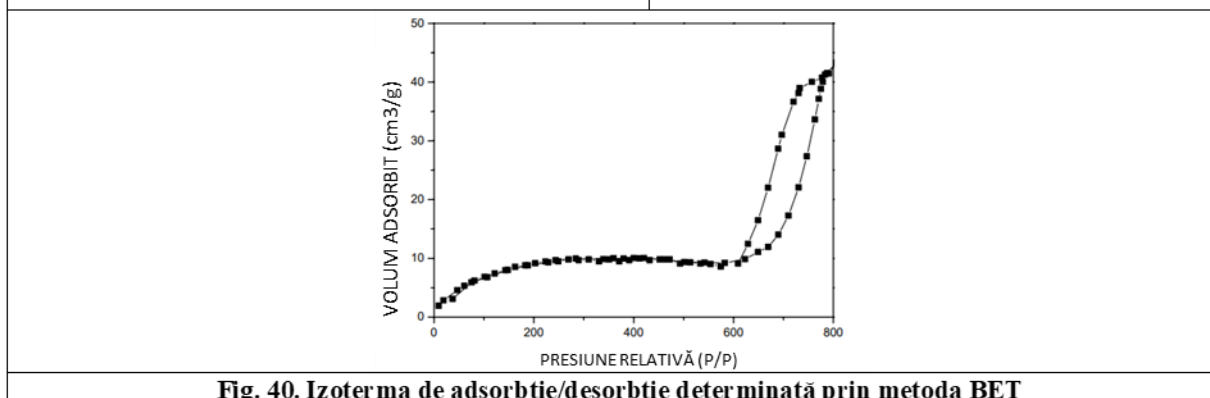


Fig. 40. Izoterma de adsorbție/desorbție determinată prin metoda BET

Difractograma din Figura 38, are o alură specifică pentru argilele anionice. Această analiză a fost efectuată la ECOIND, utilizând un difractometru Siemens D501. Ea este importantă pentru a putea vedea distanța dintre lamelele argilei anionice. În difractogramă se pot deosebi mai multe zone. Prima zonă este specifică unghiurilor mici și are reflecții foarte puternice, care ne ajută să aflăm distanța bazală și de aici distanța dintre straturi.

Această distanță constituie o proprietate importantă pentru argilele preparate. În cazul nostru, am obținut o distanță interlamelară de 14,67 Å, care este o distanță foarte bună. Ea depinde foarte mult de anionul (sarea) de la care am pornit și de gradul de gonflare, de mărire a spațiului interlamelar, datorită îmbibării cu apă. Asimetria picurilor din difractogramă este explicată de existența unui grad de dezordine în structura argilei. Nu toate lamelele sunt așezate paralel unele față de altele. Acest lucru este datorat unei deficiențe în preparare, care în cazul nostru nu are prea mare importanță, argila fiind apoi amestecată cu alți componenți, fără a exista o pretenție ca materialul să respecte o cristalinitate.

În diagrama din Figura 39, apar și benzi de adsorbție corespunzătoare anionilor de CO₃, din care s-au sintetizat argilele anionice (1561-1344 cm⁻¹). Benzile de adsorbție cu valori mai mici sunt

caracteristice vibrațiilor legăturilor Me-O și deformării legăturilor Me-O-Me. Această analiză a fost efectuată la ECOIND pe un aparat FT-IR tip Spectrum BX II Perkin Elmer, pentru identificarea grupelor moleculare care sunt prezente în argilele preparate: anioni, grupări moleculare și molecule de apă.

O altă analiză importantă, prin care putem caracteriza argilele preparate, este cea a determinării izotermelor de adsorbție/desorbție prin metoda B.E.T. Analiza s-a realizat pe aparatul Quantracrom UK Limited, seria Autosorb 1C. Am considerat ca fiind important să identificăm textura mediilor poroase preparate. Acest lucru se realizează prin măsurători de adsorbție - desorbție fizică a azotului (N₂) la temperatura sa de lichefiere (77 K) (Jung, 2021). Izoterma de adsorbție/desorbție a argilei preparate este prezentată în Figura 40.

Tab. 9. Caracteristici morfologice ale argilei

Argilă preparată	S _{BET} [m ² /g]	Volumul unui strat V _s [cm ³ /g]
	63,37	7,8

Din Figura 40, se poate observa că izotermele adsorbție/desorbție prezintă un histerezis de tip H3. Rezultă că materialul de argilă preparat în laborator, are o structură mezoporoasă cu pori intergranulari, care dezvoltă o suprafață specifică de 63,37 m²/g.

Existența argintului în argile, a fost verificată prin adsorbție atomică cu Spectrofotometrul Qatomoca, SOLAR M6 DUAL.

Prin caracterizarea argilelor preparate în laborator, am demonstrat că au o suprafață specifică foarte bună, capabilă să se îmbibe cu apă și să elimine apoi apa în mediul de cultură treptat, pentru a favoriza dezvoltarea și germinarea plantelor.

C. EVALUAREA PRODUCTIVITĂȚII LA LEGUMELE LUATE ÎN STUDIU

CAP 5. EVALUAREA POTENȚIALULUI DE CREȘTERE A PRODUCTIVITĂȚII DE TOMATE ȘI FASOLE PRIN UTILIZAREA SOLULUI DIN CELE DOUA ECOSISTEME ANALIZATE

5.1. Rezultate obținute la culturile de fasole și tomate în urma îmbunătățirii solului rezultat în urma decolmatării Lacului de Agreement Bacău (solul 1)

A fost calculat indicele Pearson pentru a demonstra dacă există corelații între valorile obținute la cei patru parametri analizați. La fasole, indicele Pearson arată o corelație semnificativă ($R_2 > 0,6$, $Sig. < 0,05$) între înălțimea și numărul de frunze pentru toate cele trei măsurători.

De asemenea, pentru măsurătorile 2 și 3 s-a obținut o corelație semnificativă între înălțime, numărul de frunze și fructe. La tomate, indicele Pearson arată o corelație semnificativă ($R_2 > 0,6$, $Sig. < 0,05$) între înălțimea și numărul de frunze pentru măsurătorile 2 și 3 (Tab. 10).

Tab. 10. Matricea de corelație a lui Pearson pentru cei patru parametri (număr de frunze, înălțime, flori și păstăi de fasole/tomate) studiați pe parcursul celor trei măsurători pentru fasole și roșii

		Fasole				Tomate				
Fasole	M ₁	Frunze	Înălțime	Flori	Păstăi	M ₁	Frunze	Înălțime	Flori	Roșii
	Frunze	1	0.682	-	-	Frunze	1	0.408	-	-
	Înălțime	0.682	1	-	-	Înălțime	0.408	1	-	-
	Flori	-	-	-	-	Flori	-	-	-	-
	Păstăi	-	-	-	-	Roșii	-	-	-	-
	M ₂	Frunze	Înălțime	Flori	Păstăi	M ₂	Frunze	Înălțime	Flori	Roșii
	Frunze	1	0.816	0.393	0.603	Frunze	1	0.719	0.218	0.084
	Înălțime	0.816	1	0.271	0.759	Înălțime	0.719	1	0.384	0.175
	Flori	0.393	0.271	1	0.226	Flori	0.218	0.384	1	0.427
	Păstăi	0.603	0.759	0.227	1	Roșii	0.084	0.145	0.427	1
M ₃	Frunze	Înălțime	Flori	Păstăi	M ₃	Frunze	Înălțime	Flori	Roșii	
Frunze s	1	0.848	0.431	0.648	Frunze	1	0.787	0.420	0.373	
Înălțime	0.848	1	0.395	0.776	Înălțime	0.787	1	0.463	0.520	
Flori	0.431	0.395	1	0.324	Flori	0.420	0.463	1	0.442	
Păstăi	0.648	0.776	0.324	1	Roșii	0.373	0.520	0.442	1	

* $R_2 > 0,6$, $Sig < 0,05$

La fasole (Fig. 41), valoarea medie a numărului de frunze, la măsurarea 1, este egală cu 13. Valoarea probei martor $V_1 = 5$, $V_{\min} = 5$ și a fost obținută în probele $V_1, V_{21}, V_{22}, V_{23}, V_{31}$ și $V_{\max} = 21$ și a fost obținut la V_{6231} . La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de frunze este 34. Valoarea probei martor $V_1 = 8$, $V_{\min} = 8$ și a fost obținută la proba V_1 și $V_{\max} = 57$ și a fost obținută la V_{6231} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de frunze este 51. Valoarea probei martor $V_1 = 11$, $V_{\min} = 9$ și a fost obținută la proba V_{22} și $V_{\max} = 87$ și a fost obținută la V_{6231} . Înălțimea medie a plantelor de fasole, la măsurarea 1, este de 25 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 15$, $V_{\min} = 13$ și a fost obținută la probele V_{41} și $V_{\max} = 42$ și a fost obținută la V_{6231} . La măsura 2, valoarea medie a înălțimii plantelor cu frunze este de 107 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 23$, $V_{\min} = 23$ și a fost obținută la probele V_1, V_{21}, V_{31} și $V_{\max} = 152$ și a fost obținută la V_{6231} . La măsurarea 3, înălțimea medie este de 187 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 31$, $V_{\min} = 30$ și a fost obținută la proba V_{22} și $V_{\max} = 291$ și a fost obținută la V_{6231} .

Numărul de flori din fasole, la măsurarea 1, este 0. La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de flori este 3. Valoarea probei martor $V_1 = 2$, $V_{\min} = 2$ și a fost obținută în probele $V_1, V_{21}, V_{23}, V_{33}, V_{51}$,

V_{53} , V_{6112} și V_{6232} și $V_{\max} = 7$ și a fost obținut la V_{6231} și V_{6122} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de flori este 7. Valoarea probei martor $V_1 = 4$, $V_{\min} = 3$ și a fost obținută la proba V_{21} , iar $V_{\max} = 15$ și a fost obținut la V_{6231} .

Numărul de legume de fasole, la măsurarea 1, este 0. La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de legume este 3. Valoarea probei martor $V_1 = 0$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută în probele V_1 , V_{21} , V_{22} , V_{23} , V_{31} , V_{32} , V_{41} , V_{42} , V_{51} , V_{53} și $V_{\max} = 6$ și a fost obținut la V_{6231} , V_{6312} , V_{6313} , V_{6222} și V_{6112} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de legume de fasole este 6. Valoarea probei martor $V_1 = 0$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută în probele V_1 , V_{21} , V_{22} , V_{23} , V_{31} , V_{32} , V_{41} , V_{42} și V_{53} și $V_{\max} = 13$ și a fost obținut la V_{6231} .

La tomate (Fig 42), valoarea medie a numărului de frunze, la măsurarea 1, este 17. Valoarea probei martor $V_1 = 10$, $V_{\min} = 10$ și a fost obținută în proba V_1 , iar $V_{\max} = 22$ și a fost obținută în V_{6331} . La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de frunze este de 70. Valoarea probei martor $V_1 = 65$, $V_{\min} = 41$ și a fost obținută la proba V_{42} , iar $V_{\max} = 94$ și a fost obținută la V_{51} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de frunze este 126. Valoarea probei martor $V_1 = 120$, $V_{\min} = 62$ și a fost obținută la proba V_{42} și $V_{\max} = 184$ și a fost obținută la V_{6231} .

Înălțimea medie a plantelor de tomate, la măsura 1, este de 25 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 15$ cm, $V_{\min} = 13$ și a fost obținută la probele V_{41} și $V_{\max} = 42$ și a fost obținută la V_{6231} . La măsuratoarea 2, valoarea medie a înălțimii plantelor de tomate este de 36 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 31$, $V_{\min} = 19$ și a fost obținută la proba V_{42} și $V_{\max} = 51$ și a fost obținută la V_{6231} . La măsuratoarea 3, înălțimea medie a tomatelor este de 63 cm. Valoarea probei de control $V_1 = 59$, $V_{\min} = 39$ și a fost obținută la proba V_{22} și $V_{\max} = 99$ și a fost obținută la V_{6231} . Numărul de flori de roșii, la măsurarea 1, este 0. La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de flori este 1. Valoarea probei martor $V_1 = 2$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută în probele V_{52} , V_{6111} , V_{6112} , V_{6122} , V_{6123} , V_{6212} , V_{6221} și $V_{\max} = 4$ și a fost obținut la V_{6231} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de flori este 2. Valoarea probei martor $V_1 = 3$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută la proba V_{6113} și V_{6123} , iar $V_{\max} = 7$ și a fost obținută la V_{6231} .

Numărul de legume roșii, la măsurarea 1, este 0. La măsurarea 2, valoarea medie a numărului de legume este 0. Valoarea probei martor $V_1 = 0$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută în probele V_1 , V_{21} , V_{22} , V_{23} , V_{31} , V_{33} , V_{41} , V_{42} , V_{51} , V_{6111} , V_{6112} , V_{6113} , V_{6121} , V_{6122} , V_{6123} , V_{6131} , V_{6132} , V_{6211} , V_{6212} , V_{6213} , V_{6323} , și $V_{\max} = 2$ și a fost obținut la V_{6231} . La măsurarea 3, valoarea medie a numărului de legume roșii este 1. Valoarea probei martor $V_1 = 0$, $V_{\min} = 0$ și a fost obținută la probele V_1 , V_{21} , V_{22} , V_{23} , V_{31} , V_{41} , V_{6113} , V_{6223} , V_{6313} și $V_{\max} = 3$ și a fost obținut la V_{6231} .

În urma interpretării datelor obținute din măsurarea celor patru parametri la fasole și roșii: numărul de frunze, înălțimea, numărul de flori și numărul de fructe, cele mai mari valori au fost înregistrate pentru varianta V₆₂₃₁ care are 60 % pământ, 15 % gunoi. carne de grajd de bovine, 15 % gunoi de grajd de pui și 10 % nisip argilos. Această variantă a obținut cele mai mari valori la următorii parametri: fasole - număr de frunze la m₁, m₂ și m₃, la înălțime, m₁, m₂ și m₃, flori m₂ și m₃, legume m₂ și m₃; roșii - număr de frunze m₃, înălțime, m₁, m₂ și m₃, flori m₂ și m₃, legume m₂ și m₃.

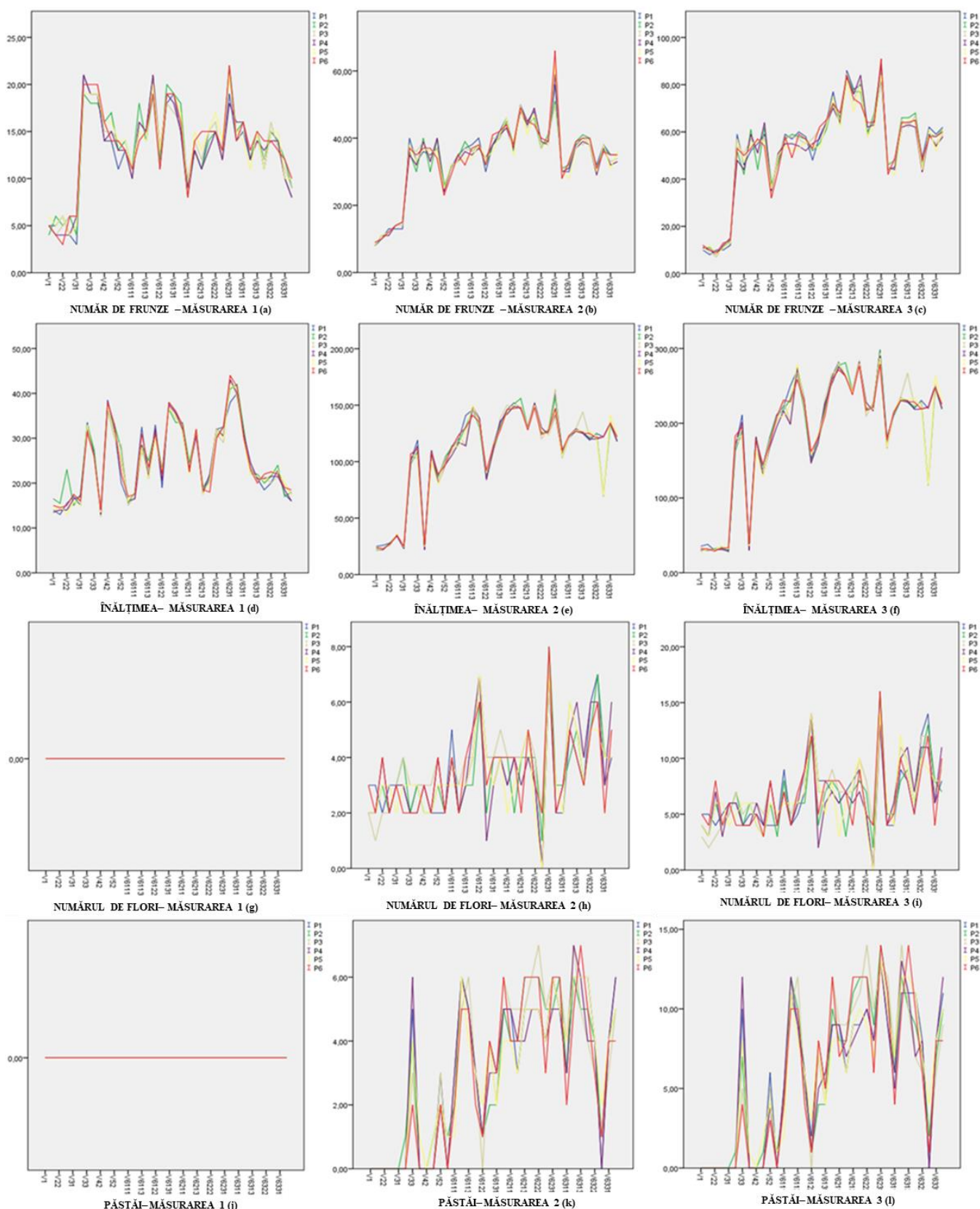


Fig. 41. Reprezentarea grafică a numărului de frunze, (a), (b), (c), a înălțimii (d), (e), (f), a numărului de flori (g), (h), (i) și păstăi la fasole (j), (k), (l) pentru cele trei faze de măsurare

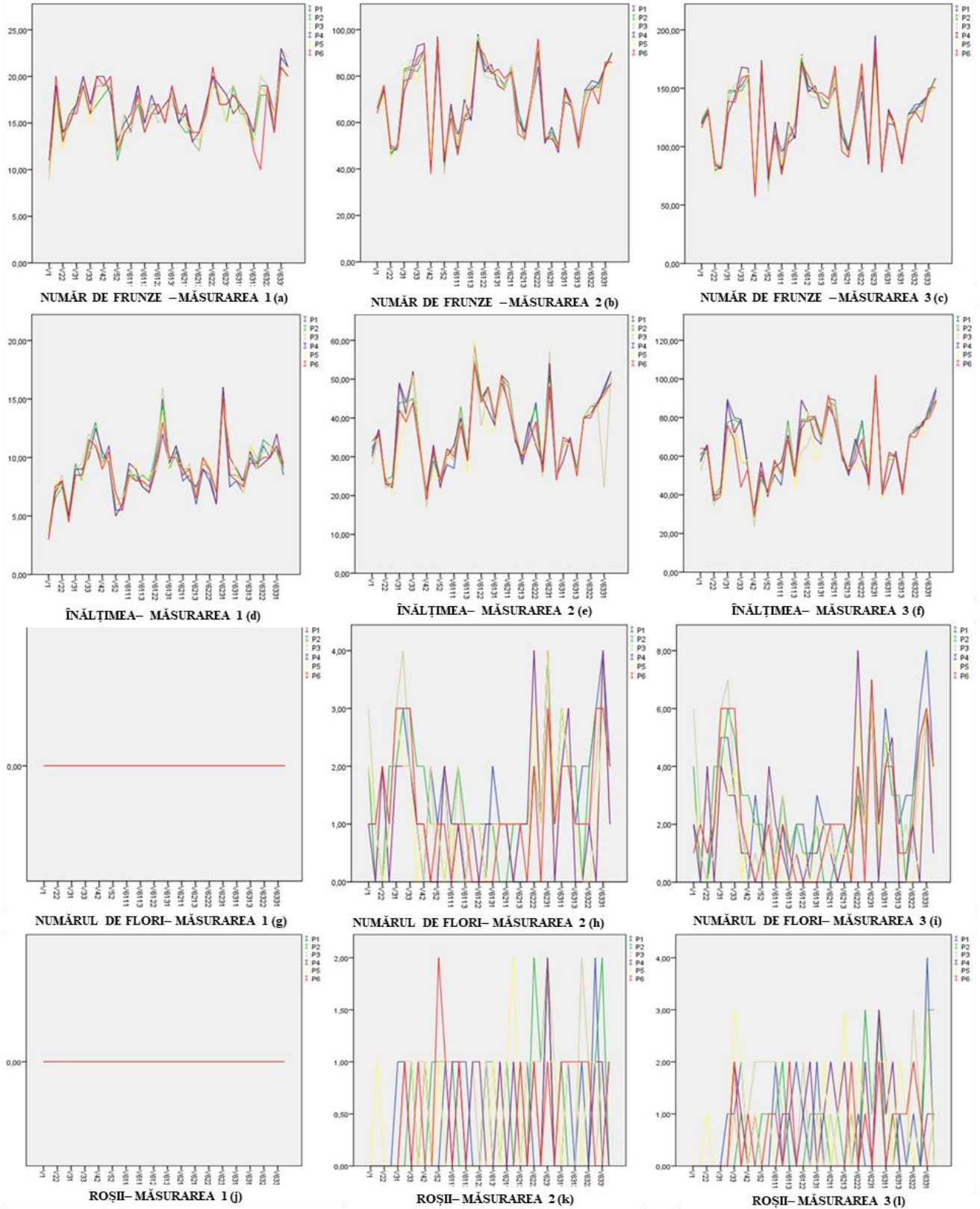


Fig. 42. Reprezentarea grafică a numărului de frunze (a), (b), (c), a înălțimii (d), (e), (f), a numărului de flori (g), (h), (i) și roșii (j) (k) (l) la tomate pentru cele trei faze de măsurare

5.2. Rezultate obținute la culturile de fasole în urma îmbunătățirii solului prelevat din cadrul Parcului Natural “Vânători Neamț” (solul 2)

După realizarea sădirii boabelor de fasole, am urmărit dezvoltarea semințelor și transformarea lor în plante. În seră a fost menținută o temperatură în jur de 20°C și s-a practicat un regim de udare corespunzător. După o perioadă de 8 zile, boabele de fasole au germinat și le-am putut observa cu ochiul liber că răsar din pământ.

În ghivecele martor (E_M), au fost sădite 6 boabe de fasole (2 boabe de fasole/ghiveci x 3 repetiții). În acestea au răsărit 5 plante, realizând o proporție de 83,3 %.

În ghivecele în care s-au realizat Experimentul nr. 1 (E_1), Experimentul nr. 2 (E_2) și Experimentul nr. 3 (E_3), au răsărit toate plantele. Deci germinarea a avut loc în proporție de 100%.

La 6 săptămâni situația dezvoltării plantelor de fasole este prezentată în Tabelul 11.

Tab. 11. Numărul frunzelor, înălțimea și numărul de flori și păstăi după 6 săptămâni

Experimentul	Nr. Frunze						Media	Înălțime plantă						Media
EM	15	15	16	15	17	15	15	32	30	31	32	32	32	31
E1	20	21	20	21	22	20	20	35	34	34	35	35	35	35
E2	24	25	26	26	27	25	25	38	39	38	39	39	39	39
E3	26	27	28	28	28	27	27	39	40	40	41	40	42	40

După o perioadă de 8 săptămâni, dezvoltarea plantelor este redată în Tabelele 12 și 13.

Tab. 12. Numărul frunzelor și înălțimea plantelor după 8 săptămâni

Experimentul	Nr. Frunze						Media	Înălțime plantă						Media
EM	38	37	37	39	38	40	38	126	125	120	129	127	124	125
E1	42	41	41	43	42	44	42	129	128	129	133	131	130	130
E2	46	47	45	48	47	49	47	133	132	129	137	136	135	134
E3	47	48	46	49	49	50	48	134	133	131	137	137	136	135

Tab. 13. Numărul florilor și numărul de păstăi după 8 săptămâni

Experimentul	Nr. flori						Media	Nr. Păstăi						Media
EM	3	4	4	3	2	4	3	2	3	2	2	2	3	2
E1	6	7	7	6	6	7	7	6	7	7	6	6	7	7
E2	10	11	12	11	10	12	11	10	11	12	11	10	12	11
E3	11	12	14	12	11	14	12	11	12	14	12	11	14	12

În Tabelele 14 și 15, este prezentată evoluția plantelor de fasole, măsurată la 10 săptămâni.

Tab. 14. Numărul frunzelor și înălțimea plantelor după 10 săptămâni

Experimentul	Nr. frunze						Media	Înălțime plantă						Media
EM	60	59	58	62	58	64	60	220	219	219	228	222	217	221
E1	64	64	63	66	66	68	65	223	222	223	231	225	230	226
E2	68	67	66	70	67	72	68	228	227	228	236	230	234	230
E3	69	68	67	71	69	73	69	229	228	229	237	231	235	231

Tab. 15. Numărul florilor și numărul de păstăi după 10 săptămâni

Experimentul	Nr. flori						Media	Nr. Păstăi						Media
EM	5	7	8	5	4	5	5	10	12	14	10	9	12	11
E1	9	10	11	8	8	9	9	13	15	17	13	13	15	14
E2	14	14	15	13	14	14	14	18	20	22	18	18	20	19
E3	15	16	16	14	15	16	15	19	21	23	19	19	21	20

După cum se poate observa din Tabelele 11-15 și din Figurile 43-46, plantele de fasole au avut o foarte bună dezvoltare și au realizat flori și păstăi.

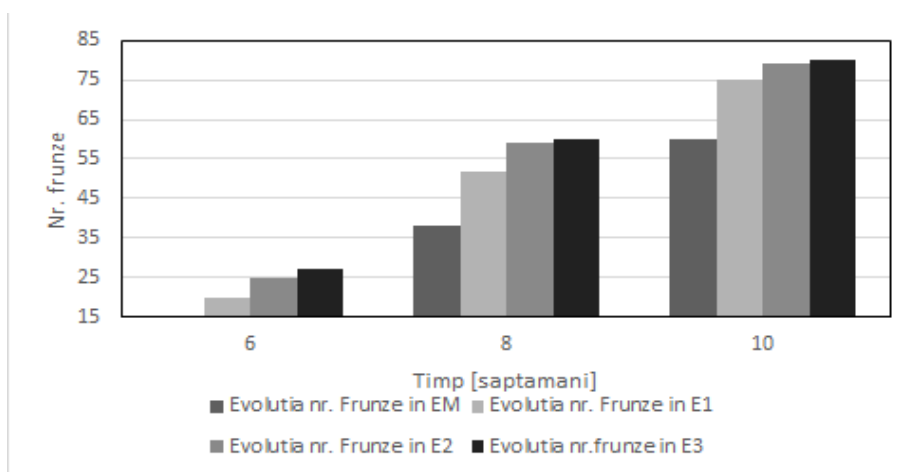


Fig. 43. Evoluția numărului de frunze în experimentele EM, E1, E2 și E3, măsurată la 6, 8 și 10 săptămâni

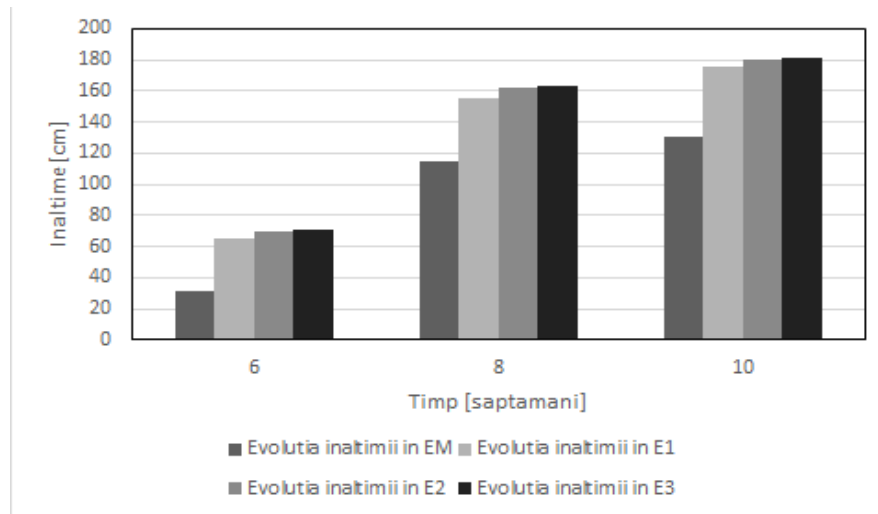


Fig. 44. Evolutia înălțimii plantei în experimentele EM, E1, E2 și E3, măsurată la 6, 8 și 10 săptămâni

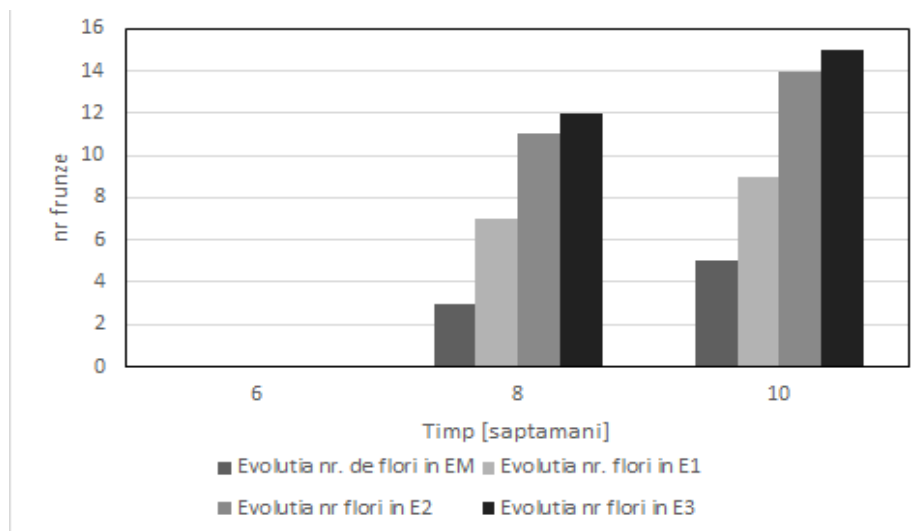


Fig. 45. Evolutia numărului de flori ale plantei, în experimentele EM, E1, E2 și E3, măsurată la 6, 8 și 10 săptămâni

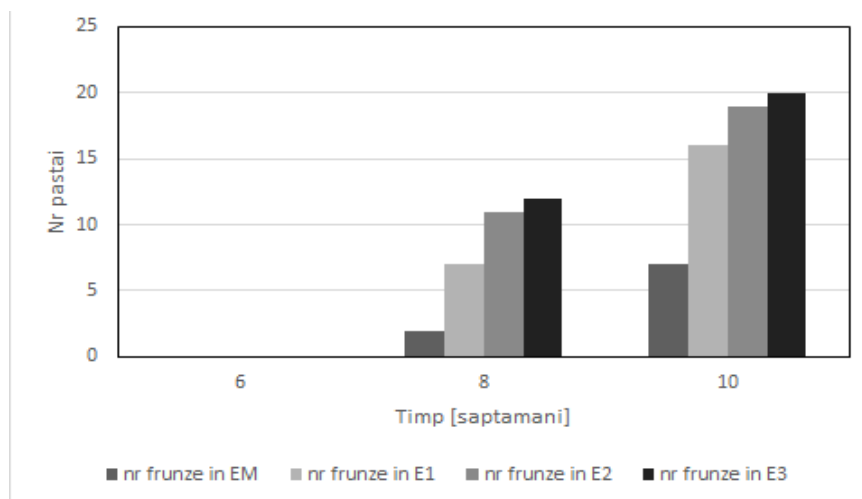


Fig. 46. Evolutia numărului de păstăi ale plantei, în experimentele EM, E1, E2 și E3, măsurată la 6, 8 și 10 săptămâni

5.3. Concluzii

Utilizarea în agricultură a solului rezultat în urma decolmatării este o activitate cu dublu impact pozitiv asupra economiei. Pe lângă efectuarea procedurii de management al ecosistemului și impactul pozitiv asupra mediului, culturile agricole pot deveni mai productive prin utilizarea acestui tip de sol.

Datele prezentate justifică recomandarea ca solul rezultat în urma decolmatării Lacului de Agreement Bacău să fie utilizat pentru acoperirea unor zone cu potențial agricol limitat. Dintre cazurile investigate, cele mai performante materiale lianți sunt cele ale profilului 3, care are o adâncime de lucru de circa 60 cm și un conținut de humus mai mare ca la celelalte profiluri.

În urma interpretării statistice a valorilor obținute la culturile de fasole și tomate, rezultă că cea mai bună productivitate în culturile legumicole apare după combinarea solului rezultat din decolmatăre cu gunoi de grajd de bovine, gunoi de grajd de pui și nisip spălat. Cea mai bună variantă a fost V₆₂₃₁ care conține 60 % pământ, 15 % gunoi de grajd de bovine, 15 % gunoi de grajd de pui și 10 % nisip spălat.

Se recomandă o frecvență de administrare la fiecare trei ani. Acoperirea unui teren care are un volum edafic insuficient cu sedimente din Lacul de Agreement Bacău, va contribui la îmbunătățirea potențialului agricol pe suprafața acoperită.

Din experimentele realizate cu solul prelevat din Parcul Natural “Vânători Neamț”, putem spune că s-au înregistrat efecte pozitive în urma introducerii de adaosuri în pământul din seră. Am sesizat creșteri la nivelul numărului de frunze, o creștere în înălțime a plantelor și în special o creștere a numărului de flori și de păstăi.

Adăugarea de argilă a facilitat menținerea un timp mai îndelungat a umidității în plante și eliberarea treptată a acesteia (Chavez-Esquivel, 2021). Dar argila a fost dopată cu argint, ceea ce i-a crescut mult proprietățile (Mejía, 2021). În experimentele noastre, Ag s-a comportat ca un agent antibacterian, ceea ce a indus în plante o stare de sănătate pe tot parcursul dezvoltării, de la germinare până la apariția păstăilor de fasole. Spirulina și extractul de salcie au avut un comportament ca și al auxinelor, dar fără să fie auxine, ci substanțe naturale (Muklada, 2021). Adăugarea amestecului format din spirulină, extract de salcie, alături de argilele dopate cu argint, au avut un efect benefic asupra dezvoltării fasolei (Desrochers, 2020, Wisea, 2020, Yuan, 2020).

În prezentul studiu, am fost interesați de efectul acestui amestec adăugat la pământul recoltat din Parcul Natural “Vânători Neamț”, asupra dezvoltării boabelor de fasole. După cum se observă din Figurile 43-46, boabele de fasole s-au dezvoltat foarte bine chiar în proba martor (E_M), deoarece pământul în care s-au plantat boabele de fasole, a fost un pământ bun (Tabelul 1), care a permis o dezvoltare normală a plantelor. Dar prin experimentele E_1 , E_2 și E_3 , am dorit să aflăm, dacă intervenind cu un procent mic de amestec de substanțe naturale (de la 3 la 7 %), putem să obținem o mai bună producție de păstăi de fasole.

Rezultatele obținute au fost încurajatoare. Cele mai bune rezultate considerăm că le-am obținut în cadrul experimentului E_2 , unde s-a folosit un adaos de 5 % la solul inițial. Între experimentele E_2 și E_3 , s-a obținut o mică diferență de creștere și considerăm că ea nu justifică o mărire a dozajului de la 5 la 7 %. Amestecul format din cele trei componente, argilă, spirulină și pulberea de salcie, considerăm că a avut un rol protector împotriva eventualelor dăunători, a ajutat la înrădăcinarea și dezvoltarea plantelor (Zumpf, 2021).

Studiul nostru a dorit să demonstreze și că putem să obținem o producție bună de păstăi de fasole fără să utilizăm îngrășăminte, pesticide și hormoni de creștere.

CAP 6. CONCLUZII

6.1. Concluzii finale

Scopul acestei teze a fost acela de a analiza posibilitățile de valorificare în agricultură a două soluri rezultate din decolmatări de albie și din decopertări. Cercetările prezentate în cadrul acestei teze și-au dorit să evidențieze cele mai eficiente metode de creștere a productivității la culturile de fasole (*Phaseolus vulgaris L.*) și tomate (*Solanum lycopersicum L.*) realizate în sistem ecologic. Pentru aceasta, s-a studiat influența îngrășămintelor naturale și a biostimulatorilor. Rolul acestora a fost de a îmbogăți valorile nutritive ale celor două soluri. Înainte de a evalua potențialul lor agricol, s-a evaluat potențialul de poluare cu metale grele.

Cercetarea s-a desfășurat pe parcursul a trei etape și a condus la obținerea concluziilor prezentate în cele ce urmează:

A. Analiza poluanților și a proprietăților fizico-chimice a solurilor analizate

I. SOLUL I (Lacul de Agreement Bacău)

- Concentrația cu metale grele este în parametrii normali pentru toate probele analizate pentru Cd, Pb și Zn.
- Pentru Cu, valorile analitice sunt peste limitele normale pentru toate profilele fără a atinge pragul de alertă, din cauza tratamentelor bolilor plantelor (Ordin 756/1997).
- Concentrația de insecticid organoclorurat (HCH total) este fie mai mică decât valorile normale, fie ușor depășită (C1.1). Încărcătura de erbicide triazinice (DDT total) în toate probele analizate este mai mică decât limita maximă a valorilor normale.
- Produsele petroliere totale (THP) au valori ce depășesc pragul normal (100 ppm), care afectează potențialul productiv al solului, însă îmbunătățirea a fost posibilă prin fertilizare organică, care a activat bacteriile consumatoare de hidrocarburi.
- Dintre profilele de sol analizate, cele mai performante materiale lianți sunt cele ale profilului 3, care are o adâncime de lucru de circa 60 cm și un conținut de humus mai mare ca la celelalte profile.

- Datele prezentate justifică recomandarea ca solul rezultat în urma decolmatării Lacului de Agreement Bacău să fie utilizat pentru acoperirea unor zone cu potențial agricol limitat.
- Utilizarea în agricultură a solului rezultat în urma decolmatării este o activitate cu dublu impact pozitiv asupra economiei. Pe lângă efectuarea procedurii de management al ecosistemului și impactul pozitiv asupra mediului, culturile agricole pot deveni mai productive prin utilizarea acestui tip de sol.
- Se recomandă o frecvență de administrare la fiecare trei ani. Acoperirea unui teren care are un volum edafic insuficient cu sedimente din Lacul de Agreement Bacău, va contribui la îmbunătățirea potențialului agricol pe suprafața acoperită.

II. SOLUL 2 (Parcul Natural “Vânători Neamț”)

- În mare parte, solul se încadrează în clasa solurilor slab acide, valorile pH-ului fiind optime pentru o pădure de brad. La altitudini mai joase, valorile pH-ului sunt mai ridicate comparativ cu altitudinile înalte. Astfel, decopertarea solului este recomandat a se realiza în zonele joase, unde pH-ul are valori mai potrivite pentru culturile de legume.
- La solul de suprafață s-au obținut valori mai mari ale conținutului de substanță organică în comparație cu solul de adâncime. Din acest motiv, este recomandat a nu se decoperta un strat foarte adanc de sol.
- Pentru concentrația de Cu, rezultatele arată că majoritatea probelor de sol se încadrează în valori normale și nicio probă nu atinge pragul de alertă. La probele de ace analizate nu s-au înregistrat valori care să depășească limita maximă admisă.
- Valorile medii obținute pentru Cd, pe clase de sol, sunt mai mari la solul de suprafață decât la cel de adâncime. La acele din anul curent Cd are valori mai mari decât la acele din anul precedent. Majoritatea probelor se încadrează între intervalul valorilor normale și pragul de alertă, dar nicio probă nu atinge pragul de intervenție.
- La solul de suprafață, concentrația de Pb este mai mare în comparație cu solul de adâncime. Acele din anul curent au concentrații mai mici de Pb față de acele din anul precedent. Majoritatea probelor de sol se încadrează între intervalul valorilor normale și pragul de alertă, dar nicio probă nu atinge pragul de intervenție.

B. Îmbunătățirea proprietăților nutritive a solurilor analizate

I. SOLUL I (Lacul de Agreement Bacău)

- O metodă alternativă cu privire la utilizarea azotului în agricultură o reprezintă utilizarea gunoiului de grajd care menține culturile agricole la un nivel ridicat de productivitate și, totodată, se evită emisiile de poluanți în atmosferă, sol și apă.
- Importanța utilizării gunoiului de grajd este dată și de faptul că gradul de reciclare al acestuia nu este suficient de mare, astfel găsierea unei utilități în agricultură are un impact dublu pozitiv pentru mediul înconjurător (Zhuang, 2019).
- În afară de fosfor, azot, potasiu și calciu, care sunt principalele substanțe chimice folosite drept îngrășăminte, gunoiul de grajd mai cuprinde și o cantitate importantă de materii organice, care nu sunt întâlnite în îngrășămintele de sinteză. Din acest motiv, gunoiul de grajd are o importanță deosebit de crescută cu privire la refacerea humusului, o componentă foarte importantă creșterii plantelor.
- Rezultatele obținute în urma analizei proprietăților solului rezultat în urma decolmatării ne arată necesitatea îmbunătățirii valorilor nutritive și structurale ale acestuia.
- S-au realizat 36 de variante de amestec de pământ cu gunoi de grajd de bovine, gunoi de pui și nisip argilos, rezultând un număr final de 216 probe pentru fasole și 216 probe pentru tomate.

II. SOLUL 2 (Parcul Natural “Vânători Neamț”)

- Prin caracterizarea argilelor preparate în laborator, am demonstrat că au o suprafață specifică foarte bună, capabilă să se îmbibe cu apă și să elimine apoi apa în mediul de cultură treptat, pentru a favoriza dezvoltarea și germinarea plantelor.
- Pulberea de salcie și spirulina au un rol foarte important privind procesul de înrădăcinare și creștere la fasole.
- Adăugarea de argilă a facilitat menținerea un timp mai îndelungat a umidității în plante și eliberarea treptată a acesteia (Chavez-Esquivel, 2021). Dar argila a fost dopată cu argint, ceea ce i-a crescut mult proprietățile (Mejía, 2021).

- În experimentele noastre, Ag s-a comportat ca un agent antibacterian, ceea ce a indus în plante o stare de sănătate pe tot parcursul dezvoltării, de la germinare până la apariția păstăilor de fasole.
- Spirulina și extractul de salcie au avut un comportament ca și al auxinelor, dar fără să fie auxine ci substanțe naturale (Muklada, 2021).
- Adăugarea amestecului format din spirulină, extract de salcie, alături de argilele dopate cu argint, au avut un efect benefic asupra dezvoltării fasolei.

C. Evaluarea productivității la legumele luate în studiu

I. SOLUL I (Lacul de Agreement Bacău)

- În urma interpretării statistice a valorilor obținute la culturile de fasole și tomate, rezultă că cea mai bună productivitate în culturile legumicole apare după combinarea solului rezultat din decolmatare cu gunoi de grajd de bovine, gunoi de grajd de pui și nisip argilos.
- Cea mai bună variantă a fost V_{6231} care conține 60 % pământ, 15 % gunoi de grajd de bovine, 15 % gunoi de grajd de pui și 10 % nisip spălat.
- Utilizarea gunoiului de grajd împreună cu nisip are efecte pozitive asupra productivității la fasole și tomate ceea ce îl recomandă pentru a fi utilizat în agricultura ecologică.

II. SOLUL 2 (Parcul Natural “Vânători Neamț”)

- Din experimentele realizate cu solul prelevat din Parcul Natural “Vânători Neamț”, putem spune că s-au înregistrat efecte pozitive în urma introducerii de adaosuri în pământul analizat.
- S-au sesizat creșteri la nivelul numărului de frunze, o creștere în înălțime a plantelor și în special o creștere a numărului de flori și de păstăi.
- Rezultatele obținute au fost încurajatoare. Cele mai bune rezultate considerăm că le-am obținut în cadrul experimentului E_2 , unde am folosit un adaos de 5 % la solul inițial. Între experimentele E_2 și E_3 , s-a obținut o mică diferență de creștere și considerăm că ea nu justifică o mărire a dozajului de la 5 la 7 %.

D. Propunere privind componenta solurilor studiate

- În urma studiilor realizate în teza de doctorat, referitoare la valorificarea solurilor provenite din decolmatări de albie și decopertări, se propun unele posibilități de îmbunătățire a proprietăților acestora în scopul obținerii de culturi ecologice și intensive.
- Pentru solul rezultat în urma decolmatărilor de albie (denumit Solul 1), cele mai bune rezultate s-au înregistrat pentru o componentă a solului de 60 % pământ din aluviuni, 15 % gunoi de grajd de bovine, 15 % gunoi de grajd de pui și 10 % nisip argilos. Cu această compoziție s-a obținut cele mai bune rezultate pentru cultura celor două legume: fasole și tomate.
- Bazat pe experimentele realizate în această lucrare, se propune aplicarea la solurilor provenite din decolmatări de albie un adaos de 40 % compus din gunoi de grajd, gunoi de pui și nisip argilos pentru a asigura o fertilitate ridicată și prin adaosul de nisip argilos o posibilă corecție de pH.
- Pentru solul rezultat din decopertări (denumit Solul 2), provenit din arealul Parcului Natural „Vânători Neamț”, cele mai bune rezultate s-au obținut în cazul unui adaos de 5 % a unui amestec de argila, spirulina și pulbere din macerat de salcie. Experimentele au fost realizate pe cultura fasolei și se poate considera că adăugarea celor trei substanțe a avut un rol protector împotriva eventualelor dăunători, a ajutat înrădăcinarea și dezvoltarea plantelor.
- Pentru realizarea unor culturi ecologice și intensive se propune ca pentru solurile rezultate din decopertări în proximitatea pădurilor, un adaos de 5 % amestec argilă intercalată cu argint, spirulină și pulbere de salcie.

6.2. Recomandări pentru studii viitoare - perspective

În urma rezultatelor încurajatoare care au fost obținute, prezenta lucrare deschide căi spre numeroase posibile direcții de cercetare. Principala cale de continuare a studiilor este în domeniul agricol, acolo unde multe alte specii de legume pot fi studiate. De asemenea, de o importanță economică foarte mare sunt și cerealele care pot fi atent analizate în urma îmbunătățirii solului conform necesităților (Wortmann, 2006).

Ca urmare a rezultatelor obținute în urma analizei solului din Parcul Natural “Vânători Neamț”, se observă potențialul agricol al zonei unde s-ar putea amplasa zone întinse cu sere în vederea cultivării de legume.

Totodată, în urma analizei arboretului din cadrul parcului, pe lângă exploatarea masei lemnoase sănătoase, propunem analiza posibilității de utilizare a lemnului căzut pentru confecționarea de brichete sau cărbune medicinal care poate fi utilizat în laboratoare pentru analize chimice ca și suport adsorbant. Atragem atenția asupra arboretului doborât și posibilității de utilizare a acestuia, deoarece în cadrul parcului s-a observat existența gândacului de scoarță care provoacă uscarea arborelui pe picior.

În ceea ce privește utilizarea solului rezultat în urma decolmatării albiilor, este necesar să se efectueze studii și în alte zone pentru a putea analiza calitatea solului, deoarece utilizarea lui în special în agricultură aduce beneficii substanțiale mediului înconjurător. Acest sol poate fi îmbunătățit cu îngrășăminte naturale, iar pentru anumite culturi poate fi adăugat nisip spălat sau nisip argilos. De asemenea, pentru îndepărtarea poluanților și pentru îmbunătățirea proprietăților nutritive, aceste tipuri de sol pot fi îmbunătățite cu argile, spirulină sau argint.

Numeroase studii pot fi realizate în vederea îmbunătățirii solului în scop agricol, iar necesitatea acestor studii vine odată cu creșterea necesarului de hrană pe fondul exploziei demografice fără precedent în istorie.

6.3. Valorificarea cercetarilor realizate

I. PARTICIPARE CONFERINȚE

1. **Simona Andrei**, Bran Elena Petronela, Ioan-Viorel Rați, Gabriel Lazăr, Dumitra Răducanu, Nicoleta Bădăluță: Ecology and protection of ecosystems EPE, the 11th edition: “DETERMINATION OF NUTRITIONAL ACTIONS OF ASFAC BCO-4 STIMULATOR IN FRUIT TREES CULTURE IN ECOLOGICAL SYSTEM”, (poster), 5th – 7th of November, 2015 Bacău, ROMÂNIA.
2. Bran Elena Petronela, Marius Nădejde, **Simona Andrei**, Ioana Stefanescu, Marius Stamate: International Conference on “Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management” ELSEDIMIA, the 11th edition: “BIOSORBENTS OBTAINED BASED ON TITANIUM OXIDE. A SHORT REVIEW” (poster), 26-28 May, 2016 Cluj-Napoca, ROMÂNIA.

3. **Simona Andrei**: International Conference of Applied Sciences CISA, the 10th edition: "THE INTRINSIC VULNERABILITY STUDY OF DISCONTINUOUS AQUIFERS IN WEST AFRICA: THE CASE OF LAKES REGION (IVORY COAST) BY THE METHOD DRASTIC " (oral presentation), 02nd-04th of June, 2016 Bacău, ROMÂNIA.
4. Moussa Biay, **Simona Andrei**: International Conference of Applied Sciences CISA, the 10th edition: "INTELLIGENT GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS - I) FOR INFRASTRUCTURE MONITORING AND DISTRIBUTED EQUIPMENT" SIMONA ANDREI (oral presentation), 02nd-04th of June, 2016 Bacău, ROMÂNIA.
5. **Simona Andrei**, Elena-Petronela Bran, Gabriel-Octavian Lazăr: 9 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT: "Circular Economy and Environmental Sustainability", "IPS INFESTATION – A GLOBAL PROBLEM FOR CONIFEROUS" (author, poster), 6 - 9 September 2017, Bologna, ITALY, www.iceem.ro.
6. **Simona Andrei**, Gabriel Buftia, Razvan Deju, Sebastian Cătănoiu, Gabriel-Octavian Lazăr: International Conference on "Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management" ELSEDDIMA, the 12th edition: "A COMPARISON OF HEAVY METALS CONCENTRATION IN SOIL AND VEGETATION BETWEEN TWO PROTECTED AREAS" (poster), 17-19 May 2018, CLUJ-NAPOCA, ROMÂNIA.
7. **Simona Andrei**, Denisa Ileana Nistor, Ioan-Viorel Rați: International Conference of Applied Sciences CISA, the 11th edition: „THE ANALYSIS OF BISTRITA RIVER SEDIMENTS FOR THE USE OF ITS NUTRITIONAL VALUES IN AGRICULTURE”, (oral presentation), May 22-24, 2019 Bacău, ROMÂNIA.
8. **Simona Andrei**, Ioan-Viorel Rați, Răducanu Dumitra, Dorel Ureche, Ileana Denisa Nistor: The 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building - OPROTEH 2021: „EVALUATION OF THE POTENTIAL FOR USE IN AGRICULTURE OF SEDIMENTS FROM BISTRITA RIVER BY PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS”, (oral presentation), May 25-27, 2021 Bacău, ROMÂNIA.
9. **Simona Andrei**, Ioan-Viorel Rați, Dorel Ureche, Ileana Denisa Nistor: The 17 th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field, STUDIES ON CLIMATE ASPECTS IN THE AREA OF TWO ECOSYSTEMS WITH AGRICULTURAL POTENTIAL (oral presentation), MAY 25-27, 2022, BACĂU, ROMÂNIA.
10. **Simona Andrei**, Gabriela Grigoraș, Gabriela Muntianu, Lăcrămioara Rusu, Ileana-Denisa Nistor: The 17 th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in

Machine Building Field, POSSIBILITIES OF USING NATURAL MATERIALS FOR WATER DEPOLLUTION (oral presentation) MAY 25-27, 2022, BACĂU, ROMÂNIA.

II. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE ISI

1. **Simona Andrei 1***, Irina-Loredana Ifrim, 2021 - IPS INFESTATION – A GLOBAL PROBLEM FOR CONIFEROUS IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE, „Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry”, 2021, REVIEW, ISSN 1582-540X, Issue: SCSCC6, Volume XXII, No. 222 (2), pp. 245 – 261, Indexed in: WEB OF SCIENCE CORE COLLECTION – ESC, CHEMICAL ABSTRACTS, CSA, DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS, INDEX COPERNICUS, PROQUEST, VINIT <https://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=csc6&num=202102&vol=2&aid=5278>.
2. **Simona Andrei 1***, Irina-Loredana Ifrim, 2021 - STRUCTURAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES ANALYSIS OF SOIL AND NEEDLES FOR TWO FOREST AREAS COVERED WITH FIR: ONE AFFECTED AND ONE UNAFFECTED BY TREE DRYING, Fresenius Environmental Bulletin, Volume 30– No. 11A/2021 pages 12123-12133, Printed in Germany-ISSN 1018-4619, ORIGINAL RESEARCH PAPER, Indexed in: Biology & Environmental Sciences, C.A.B. International, Cambridge Scientific Abstracts, Chemical Abstracts, Current Awareness, Current Contents/ Agriculture, IBIDS database, Information Ventures, Research Alert, Science Citation Index (SCI), SciSearch, Selected Water Resources Abstracts https://www.prt-parlar.de/download_feb_2021/.
3. **Simona Andrei**, Ioan V. Rați, Ana M. Rosu, Valentin Zichil, Denisa I. Nistor, 2021 - ECOLOGICAL CONTRIBUTIONS TO SOME SOILS IN GREENHOUSES FOR VEGETABLE PRODUCTION, “Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry”, ISSN 1582-540X, Vol. 22, Iss. 4, pp. 509 – 520, Received: July, 09, 2021, Accepted: December, 03, 2021, ORIGINAL RESEARCH PAPER, Indexed in: WEB OF SCIENCE CORE COLLECTION – ESC, CHEMICAL ABSTRACTS, CSA, DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS, INDEX COPERNICUS, PROQUEST, VINIT, <https://www.proquest.com/docview/2618171477?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>.
4. **Simona Andrei 1**, Ioan-Viorel Rați, Dumitra Raducanu, Dorel Ureche, Denisa Ileana Nistor, 2021 - EVALUATION OF THE POTENTIAL FOR USE IN AGRICULTURE OF THE SOIL

RESULTING FROM UNCLOGGING PROCESS FOR TWO VEGETABLES WITH GREAT ECONOMIC IMPORTANCE: BEANS AND TOMATOS, Fresenius Environmental Bulletin, ORIGINAL RESEARCH PAPER, Indexed in: Biology & Environmental Sciences, C.A.B. International, Cambridge Scientific Abstracts, Chemical Abstracts, Current Awareness, Current Contents/ Agriculture, IBIDS database, Information Ventures, Research Alert, Science Citation Index (SCI), SciSearch, Selected Water Resources Abstracts, Accepted: November, 24, 2021, published in April issue 2022, volume 31 No 04/2022 pages 4132-4142. https://www.prt-parlar.de/download_feb_2022/.

III. ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE INDEXATE ÎN BAZE DE DATE INTERNAȚIONALE

1. **Simona Andrei**, Ioan-Viorel Rati, Dumitra Raducanu, Nicoleta Badaluta, 2016 - DETERMINATION OF NUTRITIONAL ACTIONS OF ASFAC-BC 0-4 STIMULATOR IN FRUIT TREES CULTURE IN ECOLOGICAL SYSTEM, Studies and Scientific Research of "Vasile Alecsandri" University of Bacau, March, BDI INDEX, ORIGINAL RESEARCH PAPER, Seria Biologie Vegetală, ISSN 1224 - 919 X; Vol 25/1, pag 32-38.

ADNOTARE

Simona Andrei: Studii și cercetări privind posibilitățile de valorificare a unor soluri rezultate din decolmatări de albie și decopertări, Bacău, 2022.

Cuvinte cheie: decolmatare, decopertare, agricultură ecologică, sol, biostimulatori, îngrășăminte naturale, fasole, tomate.

Cuprinsul lucrării: Teza de doctorat cuprinde șapte capitole, un număr de 211 pagini care includ și anexele, un număr total de 157 de figuri și 26 de tabele.

Scopul lucrării: Scopul acestei lucrări este acela de a analiza potențialul de utilizare în agricultură a solului rezultat în urma decolmatării Lacului de Agreement Bacău și a solului decopertat dintr-un areal din zona Parcului Natural “Vânători Neamț”.

Obiectivele cercetării: stabilirea potențialului de utilizare în agricultură a solului din Parcul Natural “Vânători Neamț” în urma îmbunătățirii acestuia cu argile, argint și spirulină; stabilirea potențialului de utilizare în agricultură a sedimentelor rezultate în urma procesului de decolmatare a Lacului de Agreement Bacău în urma îmbunătățirii acestuia cu gunoi de grajd, gunoi de pui și nisip argilos; propunerea unui plan de utilizare a sedimentelor și a solurilor îmbogățite cu biostimulatori în agricultură pentru creșterea producției agricole.

Noutatea și originalitatea științifică: constă în analiza posibilităților de valorificare în agricultura ecologică a unor soluri rezultate în urma procesului de decolmatare și din decopertări. Pentru aceasta, mai multe variante de amestecuri cu gunoi de bovine, gunoi de pui și nisip argilos au fost analizate pentru solul rezultat din decolmatarea Lacului de Agreement Bacău (solul 1). De asemenea, s-a analizat influența unor biostimulatori de creștere (argile dopate cu argine, spirulină și pulbere de salcie) asupra productivității la fasolele crescute în solul rezultat din decopertarea unei zone din Parcul Natural “Vânători Neamț” (solul 2).

Rezultatele principale: În urma interpretării statistice a valorilor obținute la culturile de fasole și tomate, rezultă că cea mai bună productivitate apare după combinarea solului rezultat din decolmatare cu gunoi de grajd de bovine, gunoi de grajd de pui și nisip spălat. Cea mai bună variantă a fost V₆₂₃₁ care conține 60 % pământ, 15 % gunoi de grajd de bovine, 15 % gunoi de grajd de pui și 10 % nisip spălat. În urma interpretării experimentelor realizate pe solul din Parcului Natural „Vânători Neamț”, s-a observat că amestecul format din argilă intercalată cu argint, spirulină și pulbere de salcie (80 % argilă cu argint, 10 % spirulină și 10 % extract din salcie) a avut o influență pozitivă asupra înrădăcinării și dezvoltării plantelor. Cele mai bune rezultate morfologice s-au obținut în cazul unui adaos de 5%.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. A. Virzo De Santo, A. Fierro, B. Berg, F. A. Rutigliano and A. De Marco, 2002, “Heavy metals and litter decomposition in coniferous forests”, *Developments in Soil Science*, pp. 63-78.
2. Abu Seif, Y., M.El-Miniawy, S., El-Azm, N., Hegazi, A.: “Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract, *Annals of Agricultural Sciences*”, 2016, 61(2) 187-199.
3. Adamczyk, J., Osberger A.: Red-edge vegetation indices for detecting and assessing disturbances in Norway spruce dominated mountain forests, “*International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*”, 2015, pp. 90–99.
4. Ahmad Alahabadi, Mohammad Hassan Ehrampoush, Mohammad Miri, Hamideh Ebrahimi Aval, Samira Yousefzadeh, Hamid Reza Ghaffari, Ehsan Ahmadi, Parvaneh Talebi, Zeynab Abaszadeh Fathabadi, Fatemeh Babai, Ali Nikoonahad, Kiomars Sharafi, Ahmad Hosseini-Bandegharai, 2017, “A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air”, *Chemosphere*, pp. 459-467.
5. Amer, H., Marrez, D., Salama, A., Wahba, H., Khalid, K.: “Growth and chemical constituents of cardoon plant in response to foliar application of various algal extracts, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*”, 2019, Volume 21, 101336.
6. Anna Kowalska, Aleksander Astel, Andrzej Boczon, Zaneta Polkowska, 2016, “Atmospheric deposition in coniferous and deciduous tree stands in Poland”, *Atmospheric Environment*, pp. 145-155.
7. Anna Kowalska, Andrzej Boczon, Robert Hildebrand, Zaneta Polkowska, 2016, “Spatial variability of throughfall in a stand of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with deciduous admixture as influenced by canopy cover and stem distance”, *Journal of Hydrology*, pp. 231–242.
8. Aparecid, J., Bento, C., Riceli, P., Ribeiro, V., Alexandre e Silva, L. M., Godoy, E., Filho, A., Zaczuk, P., Brito, E. S., Caliar, M., Júnior, M.: “Chemical profile of colorful bean (*Phaseolus vulgaris* L) flours, Changes influenced by the cooking method”, *Food Chemistry*, 2021, Volume 356, 129718.
9. Aschi, A., Aubert, M., Wassil R., Nélieu, S., Dubois, C., Akpa-Vinceslas, M., Trinsoutrot-Gattin, I. (2017) Introduction of Faba bean in crop rotation: Impacts on soil chemical and biological characteristics. *Applied Soil Ecology*. 120, 219-228.

10. Awad, M., Galindo, A., Medarević, D., SvetlanaIbrić, M. M., El-Rahmany, M., ViserasIborra, C.: “Enhanced antimicrobial activity and physicochemical stability of rapid pyro-fabricated silver-kaolinite nanocomposite”, *International Journal of Pharmaceutics*, 2021, 598, 120372.
11. Bace, R., Svoboda, M., Pouska, V., Janda, P., Cervenka, J.: Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment. *Forest Ecology and Management*, 2012, 266, 254–262.
12. Balsamo, N., Mendieta, S., Olivab, M., Eimer, G., Crivello, M.: Synthesis and Characterization of Metal Mixed Oxides from Layered Double Hydroxides, *Procedia Materials Science*, Volume 1, 2012, 506-513.
13. Bluden G.: Agricultural uses for seaweeds extracts. In: *Seaweed resource in Europe: uses and potential*, Wiley Chicester, New-York, 2021.
14. Bonachela, S., Fernández, M. D., Cabrera, F. J., Granados, M. R. (2018) Soil spatio-temporal distribution of water, salts and nutrients in greenhouse, drip-irrigated tomato crops using lysimetry and dielectric methods. *Agricultural Water Management*. 203, 151-161.
15. Bonello, P., Gordon, T., Herms, D., Wood, D., Erbilgin, N.: “Nature and ecological implications of pathogen-induced systemic resistance in conifers: A novel hypothesis”. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 68, 2006, 95–104.
16. Bonnail, E., Riba, I., Aloise de Seabra, A., DelValls, A. (2019) “Sediment quality assessment in the Guadalquivir River (SW, Spain) using caged Asian clams: A biomarkerfield approach”. *Science of the Total Environment*. 650, 1996-2003.
17. Bouchenak, M., & Lamri-Senhadj, M.: Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review, *Journal of medicinal food*, 2013, 16(3), 185-198;
18. Bradford, K. J.: “Water relations in seed germination”, *Seed Development and Germination*, 1995, 1(13), 351-396.
19. Bruna, J., Wild, J., Svoboda, M., Heurich, M., Müllerová, J.: Impacts and underlying factors of landscape-scale, historical disturbance of mountain forest identified using archival documents, *Forest Ecology and Management*, 2013, 294–306.
20. Camelia Dinu, 2015, “Evoluția unor indicatori agroclimatici și impactul potențial al schimbărilor climatice asupra terenurilor agricole din Câmpia Transilvaniei”, *Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca*.
21. Camelia Popescu, 2010, “Poluarea cu metale grele – factor major in deteriorarea ecosistemelor”, *Revista de Ecologie ECOS*, pp. 30-34.

22. Campbell, J., Hanula, J., Outcalt, K.: Effects of prescribed fire and other plant community restoration treatments on tree mortality, bark beetles, and other saproxylic Coleoptera of longleaf pine, *Pinus palustris* Mill., on the Coastal Plain of Alabama, *Forest Ecology and Management*, 2008, pp.134–144.
23. Carmen Iacoban, 2005, “Frecvența precipitațiilor acide în ecosisteme forestiere din România în perioada 1998-2004”, *Bucovina Forestieră XIII*, pp. 15-22.
24. Chavez-Esquivel, G., Cervantes-Cuevas, G., Ybieta-Olvera, L. F., “Castañeda Briones, M. T., Acosta, D., Cabello, B.: Antimicrobial activity of graphite oxide doped with silver against *Bacillus subtilis*, *Candida albicans*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus* by agar well diffusion test: Synthesis and characterization”, *Materials Science and Engineering*: 2021, 123, 111934.
25. Chen, Y., Liu, Y., Li, Y., Wu, Y., Chen, Y., Zeng, G., Zhang, J., Li, H. (2017) Influence of biochar on heavy metals and microbial community during composting of river sediment with agricultural wastes. *Bioresource Technology*. 243, 347–355.
26. Cheng, A., Raai, M. N., Zain, N. A. M., Massawe, F., Singh, A., & Wan, W. A. A. Q. I.: “In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes”, *Food Security*, 2019, 1-11.
27. Chittora, D., Meena, M., Barupal, T., Swapnil, P., Sharma, K., “Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture”, *Biochemistry and Biophysics Reports*, 2020, 22, 100737.
28. Chubara, N., Gerda, V., Megantari, O., Mičušík, M., Omastova, M., Heister, K., Man, P., Fraissard, J.: Applications versus properties of Mg–Al layered double hydroxides provided by their syntheses methods: Alkoxide and alkoxide-free sol–gel syntheses and hydrothermal precipitation, *Chemical Engineering Journal*, 2013, 234, 284-299.
29. Christoua, A., Maratheftis, G., Eliadoub, E., Michael, C., Hapeshi, E., Fatta-Kassinou, D. (2014) “Impact assessment of the reuse of two discrete treated wastewaters for the irrigation of tomato crop on the soil geochemical properties, fruit safety and crop productivity”. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 192, 105-114.
30. Daia, Z., b, Meia, X., Darbyd, S., Loua, Y., Lia, W. (2018) Fluvial sediment transfer in the Changjiang (Yangtze) river-estuary depositional system. *Journal of Hydrology*. 566, 719-734.
31. Dahiya, P. K., Linnemann, A. R., Van Boekel, M. A. J. S., Khetarpaul, N., Grewal, R. B., & Nout, M. J. R.: Mung bean: Technological and nutritional potential, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, 55, 670–688.

32. Daraban Mihaela, 2008, Contributions to the study of vegetation from the natural park Vanatori Neamt, *J. Plant Develop.* 15 (2008): 89–98.
33. Daraban Mihaela, 2006, The analysis of the vascular flora from the natural park Vânatiori – Neamt, *Journal of Plant Development*, ISSN: 2065-3158.
34. Deb, S. C., Cooney, J., Brewster, D., Clerens, S., Knowles, S., M.Farouk, M., Grosvenor, A., M. Dyer, J.: The effects of blanching on composition and modification of proteins in navy beans (*Phaseolus vulgaris*), *Food Chemistry*, 2021, Volume 346, 128950.
35. DeRose, J., Long, J., Ramsey, D.: Combining dendrochronological data and the disturbance index to assess Engelmann spruce mortality caused by a spruce beetle outbreak in southern Utah, USA. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 2342–2349.
36. Desrochers, V., Frenette-Dussault, C., Nissim, W. G., Brisson, J., Labrecque, M.: “Using willow microcuttings for ecological restoration: An alternative method for establishing dense plantations”, *Ecological Engineering*, 2020, 151, 105859.
37. Donato Sollitto, Marija Romic, Annamaria Castrignanò, Davor Romic, Helena Bakic, 2010, “Assessing heavy metal contamination in soils of the Zagreb region (Northwest Croatia) using multivariate geostatistics”, pp. 182–194.
38. G.V.Motuzova, T.M.Minkina, E.A.Karpova, N.U.Barsova, S.S.Mandzhieva, 2014, “Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment”, *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 144, Part B, September 2014, Pages 241-246.
39. Ganio, L. & Progar, R.: Mortality predictions of fire-injured large Douglas-fir and ponderosa pine in Oregon and Washington, USA, *Forest Ecology and Management*, 2017, pp. 47–67.
40. Gattaa, G., Libutti, A., Gagliardi, A., Beneducea, L., Brusetti, L., Borruso, L., Disciglio, G., Tarantino, E. (2015) “Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil”. *Agricultural Water Management*. 149, 33-43.
41. Girase, B., Depan, D., Shah, J. S., Xu, W., Misra, R. D. K.: Silver–clay nanohybrid structure for effective and diffusion-controlled antimicrobial activity, *Materials Science and Engineering*: 2011, 31(8) 1759-1766.
42. Greenwood, D., Weisberg, P.: Density-dependent tree mortality in pinyon-juniper woodlands, *Forest Ecology and Management*, 2008, pp. 2129–2137.

43. Griffin, J., Simard, M., Turner, M.: “Salvage harvest effects on advance tree regeneration, soil nitrogen, and fuels following mountain pine beetle outbreak in lodgepole pine”, *Forest Ecology and Management* 291, 2013, 228–239.
44. Guo, L., Sun, X., Fub, P., Shi, T., Dang, L., Chen, Y., Linderman, M., Zhangf, G., Zhangg, Y., Jiangh, Q., Zhang, H., Zeng, C.: “Mapping soil organic carbon stock by hyperspectral and time-series multispectral remote sensing images in low-relief agricultural areas”, *Geoderma*, 2021, 398, 115118.
45. Guo, L., Fu, P., Shi, T., Chen, Y., Zeng, C., Zhang, H., Wang, S.: “Exploring influence factors in mapping soil organic carbon on low-relief agricultural lands using time series of remote sensing data”, *Soil and Tillage Research*, 2021, 210, 104982.
46. H.P. Borgaonkar, A.B. Sikder, Somaru Ram, 2011, “High altitude forest sensitivity to the recent warming: A tree-ring analysis of conifers from Western Himalaya, India”, *Quaternary International*, pp. 158–166.
47. Henn Parn, Malle Mandre, 2011, “Dendrochronological analysis of the growth and growth–climate relationships of conifers in the region of alkaline dust deposition”, *Forest Ecology and Management*, pp. 88-94.
48. Hessburg, P., Spies, T., Perry, D., Skinner, C., Taylor, A., Brown, P., Stephens, S., Larson, A., Churchill, D., Povak, N., Singleton, P., McComb, B., Zielinski, W., Collins, B., Salter, B., Keanem, J., Franklin, J., Riegel, G.: Tamm Review: Management of mixed-severity fire regime forests in Oregon, Washington, and Northern California. *Forest Ecology and Management*, 2016, 366, 221–250.
49. Huang, S., Chen, C., Jaffé, P. (2018) Seasonal distribution of nitrifiers and denitrifiers in urban river sediments affected by agricultural activities. *Science of the Total Environment*. 642, 1282-1291.
50. Huang, H., Yang, Y.: Preparation of silver nanoparticles in inorganic clay suspensions, *Composites Science and Technology*, 2008, 68(14), 2948-2953.
51. Hung, P. V., Maeda, T., & Morita, N.: Improvement of nutritional composition and antioxidant capacity of high-amylose wheat during germination, *Journal of Food Science & Technology*, 2015, 52(10), 6756–6762.
52. Hui Liua, Ziqian Xiong, Xiaoliang Jiang, Guihua Liu, Wenzhi Liu, 2016, Heavy metal concentrations in riparian soils along the Han River, China: The importance of soil properties, topography and upland landuse, *Ecological Engineering*, pp. 545–552.

53. “International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests” (ICP Forests), 2016, Sampling and Analysis of Needles and Leaves.
54. “International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests” (ICP Forests), 2016, Sampling and Analysis of Soil.
55. ISO 10390. 2005. Soil Quality Determination of pH. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5 p.
56. Jan C. Thielea, Robert S. Nuskea, Bernd Ahrends, Oleg Panferov, Matthias Albert, Kai Staupendahl, Udo Junghans, Martin Jansenc, Joachim Saborowski, 2017, “Climate change impact assessment—A simulation experiment with Norway spruce for a forest district in Central Europe”, *Ecological Modelling*, pp. 30–47.
57. Jlassi, K., Sliem, M., Benslimane, F., Eltai, N., Abdullah, A.: “Design of hybrid clay/ polypyrrole decorated with silver and zinc oxide nanoparticles for anticorrosive and antibacterial applications”, *Progress in Organic Coatings*, 2020, 149, 105918.
58. John J. Kelly, Max M. H_ggblom, Robert L. Tate, 2003, “Effects of heavy metal contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a zinc smelter as indicated by analysis of microbial community phospholipid fatty acid profiles”, *Biol Fertil Soils*, pp. 65–71.
59. Jonathan J. Maynard, Mark G. Johnson, 2016, “Uncoupling the complexity of forest soil variation: Influence of terrain indices, spectral indices, and spatial variability”, *Forest Ecology and Management*, pp. 89–101.
60. Kakon, S. S, Bhuiya, M. S. U., Hossain, S. M. A., Naher, Q., & Bhuiyan, M. D.: “Effect of nitrogen and phosphorus on growth and seed yield of French bean”, *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 2016, 41(4), 759-772.
61. Kathke, S., & Bruelheide, H.: Gap dynamics in a near-natural spruce forest at Mt. Brocken, Germany. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259, 624–632.
62. Kepekçi, R. A., Polat, S., Çelik, A., Bayat, N., Saygideger, S.: “Protective effect of *Spirulina platensis* enriched in phenolic compounds against hepatotoxicity induced by CCl₄”, *Food Chemistry*, 2013, 141(3), 2013, 1972-1979.
63. Khan, W., Usha, P.R., Sowmyalashmi, S., Mundaya, N.J., Prasanth, R.D., Hodges, M., Alan, T.C., James, S.C., Jeff, N., Balakrishnan, P.: “Seaweed extracts as biostimulants of plants growth and development”, *Journal of Plant Growth Regulators*, 2009, 28, 386-399.

64. Kisetu, E., Baijukyab, F., Ndakidemi, P. (2020) Productivity of intercropping with maize and common bean over five cropping seasons on smallholder farms of Tanzania. *European Journal of Agronomy*.113(2), 125-135.
65. Kouris-Blazos, A., & Belski, R.: “Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins”, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 2016, 25(1), 1.
66. L. Dinisa, M.M. Savardb, P. Gammonc, C. Béginb, J. Vaivec, 2016, “Influence of climatic conditions and industrial emissions on spruce tree-ring Pb isotopes analyzed at ppb concentrations in the Athabasca oil sands region”, *Dendrochronologia*, pp. 96–106.
67. Lan Fang, Rong Hu, Hui Mao, Shaojian Chen, 2021, How crop insurance influences agricultural green total factor productivity:Evidence from Chinese farmers, *Journal of Cleaner Production* 321 (2021) 128977.
68. Lestari, P. R., Takei, T., Yanagida, S., Kumada, N.: “Facile and controllable synthesis of Zn-Al layered double hydroxide/silver hybrid by exfoliation process and its plasmonic photocatalytic activity of phenol degradation”, *Materials Chemistry and Physics*, 2020, 250, 122988.
69. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M., Marchetti, M.: “Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of Europeanforest ecosystems”, *Forest Ecology and Management*, 2010, 259, 698–709.
70. LIU Yong, WANG Huifeng, LI Xiaoting, LI Jinchang, 2015, “Heavy Metal Contamination of Agricultural Soils in Taiyuan, China”, *Pedosphere*, pp. 901–909.
71. Lorentz, I. F., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Alves, W. S., Pereira, O. G., “Microalgal biomass as a biofertilizer for pasture cultivation: Plant productivity and chemical composition”, *Journal of Cleaner Production*, 2020, 276, 124130.
72. Luigi Morra, Maurizio Bilotto, Daniela Baldantoni, Anna Alfani, Salvatore Baiano, 2021, A seven-year experiment in a vegetable crops sequence: Effects of replacing mineral fertilizers with Biowaste compost on crop productivity, soil organic carbon and nitrates concentrations, *Scientia Horticulturae* 290 (2021) 110534.
73. Lundin, O., Raderschall, C. (2021) Landscape complexity benefits bumble bee visitation in faba bean (*Vicia faba minor* L.) but crop productivity is not pollinator-dependent, *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 314, 107417.

74. M. García-Carmona, A. Romero-Freire, M. Sierra Aragon, F.J. Martínez Garzon, 2017, “Evaluation of remediation techniques in soils affected by residual contamination with heavy metals and arsenic”, *Journal of Environmental Management*, pp. 228-236.
75. M.D. Mingorance, B. Valdés, S. Rossini Oliva, 2007, “Strategies of heavy metal uptake by plants growing under industrial emissions”, *Environment International*, pp. 514–520.
76. Mahapatra, D. M., Satapathy, K. C., Panda, P. B., “Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: Phycoprosects and challenges”, *Science of The Total Environment*, 2022, 803, 149990.
77. Main-Knorn, M., Hostert, P., Kozak, J., Kuemmerle, T.: How pollution legacies and land use histories shape post-communist forest cover trends in the Western Carpathians, *Forest Ecology and Management*, 2009, 60–70.
78. Main-Knorn, M., Cohen, W., Kennedy, R., Grodzki, W., Pflugmacher, D., Griffiths, P., Hostert, P.: Monitoring coniferous forest biomass change using a Landsat trajectory-based approach. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 277–290.
79. Mallakpour, S., Hatami, M., Hussain, C. M.: “Recent innovations in functionalized layered double hydroxides: Fabrication, characterization, and industrial applications”, *Advances in Colloid and Interface Science*, 2020, Volume 283, 102216.
80. Maphosa, Y., & Jideani, V. A.: The role of legumes in human nutrition, *Functional Food-Improve Health through Adequate Food*, 2017, 1, 13.
81. Martins, E. N., Portes, M. F., Fialho e Moraes, H. M., Furtado, M. R., Rosas, J. T., Orlando W. A. (2021) Influence of tillage systems on soil physical properties, spectral response and yield of the bean crop. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 22,100517.
82. Martin, P., Stephens, W.: Willow water uptake and shoot extension growth in response to nutrient and moisture on a clay landfill cap soil, *Bioresource Technology*, 2008, 99(13), 5839-5850.
83. Mejía, H. J., Seitz, K. H., Valdés, M., Uheidad, A., Procaccini, R., Pellice, S.: Antibacterial performance of hybrid nanocomposite coatings containing clay and silver nanoparticles, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2021, 628, 127354.
84. Minghao Zhuang, Shu Kee Lam, Jing Zhang, Hu Lib, Nan Shan, Yuling Yuan, Ligang Wang, 2019, Effect of full substituting compound fertilizer with different organic manure on reactive nitrogen losses and crop productivity in intensive vegetable production system of China, *Journal of Environmental Management* 243 (2019) 381–384.

85. Mirela Nedeleescu, Daniela Baconi, Aurora Neagoe, Virgil Iordache, Miriana Stan, Paula Constantinescu, Anne-Marie Ciobanu, Alexander I. Vardavas, Marco Vinceti, Aristidis M. Tsatsakis, 2017, “Environmental metal contamination and health impact assessment in two industrial regions of Romania”, *Science of the Total Environment*, pp. 984–995.
86. Moning, C., Werth, S., Dziock, F., Bassler, C., Bradtka, J., Hothorn, T., Muller, J.: Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate, *Forest Ecology and Management*, 2009, 258 745–751.
87. Moning, C., Muller, J.: Environmental key factors and their thresholds for the avifauna of temperate montane forests, *Forest Ecology and Management*, 2008, 256 1198–1208.
88. Monteiro, G. I., Feliciano dos Santos, O., Cruz de Souza, M. L., Guimarães, J., Kühna, I. E., Broettob, F. (2019) Biostimulants action in common bean crop submitted to water deficit. *Agricultural Water Management*. 225, 105-116.
89. Morais Junior, W., Gorgicha, M., Corrêa, P., Martins, A., Mata, T., Caetano, N.: “Microalgae for biotechnological applications: Cultivation, harvesting and biomass processing”, *Aquaculture*, 2021, 528, 735562.
90. Marinao, S., Aria, M., Basso, B., Leonec, A. P., Alvino, A. (2014) “Use of soil and vegetation spectroradiometry to investigate crop water use efficiency of a drip irrigated tomato”. *European Journal of Agronomy*. 59, 67-77.
91. Muklada, H., Davidovich-Rikanati, R., Zwi, S. A., Weinberg, G., Hen, Y., Klein, T. D., Voet, H., Lewinsohn, E., YanLandau, S.: “Ensiling willow (*Salix acmophylla*) fodder modifies the contents of plant specialized metabolites, but not nutritional attributes”, *Animal Feed Science and Technology*, 2021, 278, 115019.
92. Mukthar S.P., Luis C. G., David BeB. A.: “Some physicochemical and functional properties of the rich fibrous fraction of hardened beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its addition in the formulation of beverages”, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2021, p. 100440.
93. N.V. Torlopova, E.A. Robakidze, 2012, “Chemical Composition of Pine Needles under the Influence of Aerial Technogenic Pollution from the Syktyvkar Timber Industry Complex”, *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*, No. 3, pp. 415–422.
94. Norvez, O., Hebert, C., Belanger, L.: Impact of salvage logging on stand structure and beetle diversity in boreal balsam fir forest, 20 years after a spruce budworm outbreak. *Forest Ecology and Management*, 2013, 302, 122–132.

95. Overby, S. & Gottfried, G.: Microbial and nitrogen pool response to fuel treatments in Pinyon-Juniper woodlands of the southwestern USA. *Forest Ecology and Management*, 406, 2017, 138–146.
96. Paradikovic, N., Vinkovic, T., Vinkovic, V. I., Zuntar, I., Bojic, M., Medic-Saric, M.: “Effect of natural biostimulants on yield in nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.)”, *Journal of Science and Food and Agriculture*, 2011, 91(12), 2146-2152.
97. Phillips, R. D.: “Starchy legumes in human nutrition, health and culture”, *Plant Foods for Human Nutrition*, 1993, 44(3), 195-211.
98. Qiaoa, K., Zhanga, H., Wang, H., Ji, X., Wang, K. (2011) Efficacy of aluminium phosphide as a soil fumigant against nematode and weed in tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 130(3), 570-574.
99. R. Bou Kheir, B. Shomar, M.B. Greve, M.H. Greve, 2014, “On the quantitative relationships between environmental parameters and heavy metals pollution in Mediterranean soils using GIS regression-trees: The case study of Lebanon”, *Journal of Geochemical Exploration*, pp. 250–259.
100. Rügner, H., Schwientek, M., Milačić, R., Zuliani, T., Vidmar, J., Paunović, M. (2019) Particle bound pollutants in rivers: Results from suspended sediment sampling in Globaqua River Basins. *Science of the Total Environment*. 647, 645-652.
101. Ryszard Mazurek, Joanna Kowalska, Michał Gasiorek, Paweł Zadrozny, Agnieszka Jozefowska, Tomasz Zaleski, Wojciech Kepka, Maryla Tymczuk, Kalina Orłowska, 2017, “Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution”, *Chemosphere*, pp. 839-850.
102. S. Kulizhskiya, A. Rodikovaa, N. Evseevaa, Z. Kvasnikovaa, M. Kashiroa, 2014, “The components of critical zone (soil and vegetation) as indicators of atmospheric pollution with heavy metals of the Tomsk district (Western Siberia) in the natural ecosystems”, *Procedia Earth and Planetary Science*, pp. 399 – 404.
103. Schmidt, A., Sosa Gonzalez, V., Bierman, P., Neilson, T. (2018) Agricultural land use doubled sediment loads in western China’s rivers. 21, 95-106.
104. Siringi, J. O., Turoop, L., Njonge, F.: “Growth and biochemical response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to spirulina (*Arthrospira platensis*) enhanced aquaponic system”, *Aquaculture*, 2021, 544, 737134.
105. Sirkku Manninen, Vitali Zverev, Igor Bergmanc, Mikhail V. Kozlov, 2015, “Consequences of long-term severe industrial pollution for aboveground carbon and nitrogen pools in northern taiga forests at local and regional scales”, *Science of the Total Environment*, pp. 616–624.

106. Shahab Ahmadi Doabi, Majid Afyuni, Mahin Karami, 2017, “Multivariate statistical analysis of heavy metals contamination in atmospheric dust of Kermanshah province, western Iran, during the spring and summer 2013”, *Journal of Geochemical Exploration*, pp. 61–70.
107. Sharma, V., Chauhan, R., Kumar, R.: “Spectral characteristics of organic soil matter: A comprehensive review”, *Microchemical Journal*, 2021, 171, 106836.
108. Stephen Lofts, Edward Tipping, Alan J. Lawlor, Laura Shotbolt, 2013, “An intermediate complexity dynamic model for predicting accumulation of atmospherically-deposited metals (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) in catchment soils: 1400 to present”, *Environmental Pollution*, pp. 236-245.
109. Sudhir K. Rajpoot, D.S. Rana, Anil K. Choudhary, 2021, Crop and water productivity, energy auditing, carbon footprints and soil health indicators of Bt-cotton transplanting led system intensification, *Journal of Environmental Management* 300 (2021) 113732.
110. Tang, D., Dong, Y., Ren, H., Li, L., & He, C.: “A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*)”, *Chemistry Central Journal*, 2014, 8(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-4>.
111. Tian, S., Xu, M., Jiang, E., Wang, G., Hu, H., Liu, X. (2019) Temporal variations of runoff and sediment load in the upper Yellow River, China. *Journal of Hydrology*. 568(2), 46–56.
112. Tunçay, T., Kılıçb, S., Dedeoğlu, M., Dengiz, O., Başkaneli, O., Bayramin, I.: “Assessing soil fertility index based on remote sensing and gis techniques with field validation in a semiarid agricultural ecosystem”, *Journal of Arid Environments*, 2021, 190, 104525.
113. Ullah, M., Ali, S., Khalid, S., Mehmood, N., Aatif, H., Sajjad, A., Saeed, M., Hanif, M., Muqaddas, H., Ahmad, M., Zahid, S., Arshad, M., Abdullah, A., Altaf N., Afza, M. (2021) Risk assessment of heavy metal induced toxicity in hadda beetle, *epilachna vigintioctopunctata* (coccinellidae; coleoptera), *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(01), 103-111.
114. WTW GmbH, WTW pHotoFlex/ pHotoFlex Turb Operating manual. 2009, Weilheim, Germany.
115. Wang, S., Liu, C. H., Wang, M. K., Chuang, Y. H., Chiang, P. N.: Arsenate adsorption by Mg/Al-NO₃ layered double hydroxides with varying the Mg/Al ratio, *Applied Clay Science*, 2009, 43(1), January 2009, 79-85.
116. Wisea, K., Gill, H., Selby-Pham, J.: Willow bark extract and the biostimulant complex Root Nectar® increase propagation efficiency in chrysanthemum and lavender cuttings, *Scientia Horticulturae*, 2020, 263, 109108.
117. Wortmann, C. S.: “*Phaseolus vulgaris* L. (common bean): Prota 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs”.

[http://database.prota.org/PROTAhtml/Phaseolus%20vulgaris%20\(common%20bean\)_En.htm](http://database.prota.org/PROTAhtml/Phaseolus%20vulgaris%20(common%20bean)_En.htm),
2006.

118. Wuang, S. C., Khin, M. C., Qiang, P., Yanpei, D. C., Luo, D., “Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers”, *Algal Research*, 2016, Pages 59-64.
119. Yan, S., Gao, Y., Tian, M., Tian, Y., Li, J., (2021) Comprehensive evaluation of effects of various carbon-rich amendments on tomato production under continuous saline water irrigation: Overall soil quality, plant nutrient uptake, crop yields and fruit quality. *Agricultural Water Management*, 255, 106995.
120. Yuan, Q., Golden, T.: “A novel method for synthesis of clay/polymer stabilized silver nanoparticles, *Surfaces and Interfaces*”, 2020, 20, 100620.
121. Zhao, G., Yea, S., Yuan, H., Ding, X., Wang, J., Laws, E. (2018). Surface sediment properties and heavy metal contamination assessment in river sediments of the Pearl River Delta, China. *Marine Pollution Bulletin*. 136, 300-308.
122. Zumpf, C., Cacho, J., Grasse, N., Quinn, J., Hampton-Marcell, J., Armstrong, A., Campbell, P., Negria, M. C., Leec, D. K.: “Influence of shrub willow buffers strategically integrated in an Illinois corn-soybean field on soil health and microbial community composition”, *Science of The Total Environment*, 2021, 772, 145674.