

Evaluarea și aplicarea nămolului orășenesc în scopul fertilizării unor site-uri distruse antropogen și a acoperirii rapide cu straturi vegetale stabile

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul Inginerie Chimică
de către

Ing. Nicoleta Luminița Jurj

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Georgeta BURTICĂ

Referenți științifici: Prof.univ.dr.Dumitru RISTOIU
Prof.univ.dr.Neculai DRAGOMIR
Conf.dr.ing.Florica MANEA

Ziua susținerii tezei: 08 MARTIE 2013

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Automatică | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie | 8. Inginerie Industrială |
| 3. Energetică | 9. Inginerie Mecanică |
| 4. Ingineria Chimică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 5. Inginerie Civilă | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 6. Inginerie Electrică | |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. tezele de doctorat susținute în universitate începând cu

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2013

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

CUVÂNT ÎNAINTE

Teza de doctorat a fost elaborata în perioada anilor 2004-2013, în cadrul Universității "Politehnica" Timișoara - Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului.

În primul rând doresc să-i mulțumesc doamnei **prof. univ. dr. ing. Georgeta Burtică** pentru încrederea și sprijinul acordat, în calitatea sa de conducător științific și pentru bogata experiența dobândită de-a lungul acestei colaborări.

Doresc să-i mulțumesc în mod deosebit doamnei **cercetător științific dr. ing. Smaranda Mășu**, pentru colaborarea fructuoasă, încrederea, prietenia și sprijinul nemăsurat pe care mi le-a acordat pe parcursul realizării acestei teze.

Mulțumesc din suflet conducerii SC AQUATIM SA pentru oportunitatea acordată, de a efectua o parte din studiile experimentale alături de o echipă de profesioniști. Sincere recunoștințe doamnei **dr. Ing. Elena Săvescu**, Șef Sistem Apă-Canal din cadrul SC AQUATIM SA, pentru sprijinul, disponibilitatea, ajutorul și prietenia cu care m-a înconjurat în perioada în care am colaborat, precum și dragilor colaboratori din cadrul Stației de epurare Timișoara, cu care de asemenea am colaborat atât de frumos.

Doresc să mulțumesc membrilor comisiei pentru amabilitatea de a accepta să facă parte din comisia de doctorat, pentru timpul alocat evaluării acestei teze și pentru sugestiile și recomandările oferite.

Mulțumesc distinșilor mei profesori, colegi, colaboratori din Arad și Timișoara, care m-au ajutat pe parcursul elaborării tezei de doctorat.

În mod deosebit doresc să mulțumesc familiei pentru răbdarea, susținerea și înțelegerea pe care au manifestat-o în toată această perioadă a elaborării tezei de doctorat, fără de care nu aș fi reușit în acest demers.

Ultimul meu cuvânt se îndreaptă către **Dumnezeu**, în fața căruia mă închin și îi mulțumesc pentru oamenii minunați cu care mă înconjoară și pentru că mă călăuzește în tot ceea ce fac.

Cu deosebită stimă,
Nicoleta Luminița JURJ

Jurj, Nicoleta Luminița

Evaluarea și aplicarea nămolului orășenesc în scopul fertilizării unor site-uri distruse antropogen și a acoperirii rapide cu straturi vegetale stabile

Teze de doctorat ale UPT, Seria..., Nr..., Editura Politehnica, 2013, 278 pagini, 80 figuri, 81 tabele

ISSN: ..

ISBN:..

Cuvinte cheie: nămol orășenesc, cenușă, tuf vulcanic, topsol, bioacumulare, biodisponibilitate, metale grele, plante selectate, parametri neconvenționali

Rezumat,

Efectele negative pe care le exercită prezența depozitelor mari de zgură și cenușă pe de o parte cât și prezența materiei organice biodegradabile, nămolurile rezultate din tehnologia de epurare a apelor reziduale orășenești, impun imperios monitorizarea și gestionarea acestora. Ca și alternativă la depozitarea acestor deșeuri s-a studiat posibilitatea vegetării haldelor inerte de zgură și cenușă cu specii de plante tolerante la condițiile pedoclimatice severe. S-a realizat monitorizarea calității straturilor vegetale instalate în relație cu conținutul de materie organică introdusă prin fertilizanți de tipul nămolului orășenesc stabilizat anaerob ca atare sau în amestec cu deșeuri vegetale sub forma de compost pentru stabilirea condițiilor optime de instalare a unor ecosisteme viabile. Procesele de vegetare avansată cu diferite specii de plante oferă relații privind calitatea procesului respectiv, acumularea componentelor metalice în diferite părți ale țesuturilor plantelor. Contribuția originală a indicat posibilitatea introducerii unor parametri neconvenționali TF - factorul de transfer al metalului din sol în plante, respectiv TC - factorul de translocare al metalului din rădăcini în partea aeriană pentru evaluarea capacității de bioacumulare de metale în diferite părți ale plantei în procesului de înierbare. Din toate studiile efectuate, introducerea plantelor graminee în topsoluri tratate cu fertilizanți organici în prezența tufului modificat a determinat dezvoltarea rădăcinilor puternic ramificate care stabilizează topsolul în straturi superioare, iar introducerea plantelor leguminoase în topsoluri tratate cu fertilizanți organici în prezența tufului modificat a determinat dezvoltarea rădăcinilor pivotante care stabilizează topsolul în straturi profunde. Utilizarea fertilizanților organici pe bază de nămol orășenesc este foarte simplă și economică și prezintă avantajul reciclării unor produse reziduale, prin introducerea elementelor nutritive necesare formării stratului vegetal de calitate foarte bună.

CUPRINS

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME.....	i
LISTA DE FIGURI.....	iii
LISTA DE TABELE.....	viii
INTRODUCERE.....	14
1. NĂMOLURI ORĂȘENEȘTI UTILIZATE CA FERTILIZATORI AGRICOLI.....	16
1.1. Apa uzată, sursele de poluare, încărcare influent.....	16
1.2. Obținerea nămolului orășenesc.....	17
1.3. Clase de calitate ale (clasificarea) nămolurilor.....	19
1.3.1. Clasificarea după proveniența nămolului.....	19
1.3.2. Clasificarea nămolurilor după stadiul de prelucrare.....	20
1.3.3. Clasificarea nămolurilor după compoziție.....	20
1.3.4. Clasificarea nămolurilor după proveniența apelor uzate.....	20
1.3.5. Clasificarea nămolurilor după filtrabilitate.....	20
1.3.6. Clasificarea nămolurilor din punct de vedere chimic.....	20
1.3.7. Clasificarea nămolurilor active cu proprietăți de sedimentare nefavorabile.....	20
1.4. Utilizarea nămolurilor ca fertilizatori pentru culturi de plante.....	21
1.5. Caracterizarea nămolurilor.....	22
1.5.1. Caracterizarea microbiologică a nămolurilor.....	22
1.5.1.1. Bacteriile.....	24
1.5.1.2. Protozoarele.....	25
1.5.1.3. Ciupercile.....	25
1.5.1.4. Metazoarele.....	25
1.6. Stabilizarea nămolurilor orășenești.....	25
1.6.1. Stabilizarea fizico-chimică.....	25
1.6.2. Stabilizarea biologică.....	26
1.6.2.1. Stabilizarea biologică aerobă.....	26
1.6.2.2. Stabilizarea biologică anaerobă.....	27
1.7. Condiționarea nămolului.....	28
1.7.1. Condiționarea chimică.....	29
1.7.2. Condiționarea termică.....	29
1.7.3. Condiționarea prin înghețare.....	30
1.7.4. Elutrierea (spălarea) nămolului.....	30
1.8. Utilizarea nămolurilor în agricultură.....	30
1.8.1. Riscurile prezentate de nămolurile de epurare prin aplicarea pe sol.....	32
1.8.2. Legislația specifică pentru aplicarea nămolurilor de epurare pe sol.....	33
1.8.3. Recomandări pentru dezvoltarea durabilă.....	37
2. COMPOSTAREA NĂMOLURILOR.....	38
2.1. Definierea compostării și a compostului.....	38
2.2. Metode de compostare.....	40
2.3. Zonificarea unei stații de compostare.....	40
2.4. Elemente specifice de protecția mediului într-o stație de compostare.....	41
2.5. Fazele procesului de compostare.....	43
2.5.1. Faza biooxidativă.....	43
2.5.2. Faza de maturare.....	44
2.6. Aplicare compost.....	45

3. CULTURI AGRICOLE ȘI PAJIȘTI.....	46
3.1. Îmbunătățirea caracteristicilor solurilor distruse.....	48
3.1.1. Cauzele degradării solurilor.....	48
4. HALDE DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ.....	50
4.1. Formarea și amplasarea haldelor de zgură și cenușă.....	50
4.2. Date generale despre CET ARAD.....	52
4.3. Parametri caracteristici ai cenușii.....	54
4.3.1. Proprietăți fizico-chimice ale cenușii.....	54
4.3.2. Impactul haldelor de zgură și cenușă asupra mediului înconjurător.....	57
4.3.2.1. Impactul ecologic.....	57
4.3.2.2. Alterarea estetică a peisajului.....	60
4.4. Vegetarea haldelor de zgură și cenușă.....	60
4.4.1. Fertilizarea straturilor superioare cu nămoluri orășenești.....	60
4.4.2. Toleranța plantelor.....	61
4.4.3. Plante reprezentative pentru vegetarea haldelor de zgură și cenușă.....	63
4.4.3.1. Sparceta (Onobrychis viciifolia).....	63
4.4.3.2. Orz (Holdeum vulgare).....	64
4.4.3.3. Ovăzul (Avena Sativa).....	66
4.4.3.4. Trifoiul roșu (Trifolium pratense).....	67
4.4.3.5. Raigrasul peren (Lolium perenne).....	68
4.5. Limite în creșterea plantelor.....	69
4.5.1. Stabilirea gradului de acumulare de metale grele în țesutul plantei.....	69
4.5.2. Factor de transfer.....	70
4.5.3. Factorul de translocare.....	71
4.5.4. Factor de acumulare.....	71
4.5.5. Mecanisme de acumulare a metalelor grele.....	71
4.6.6. Determinarea cantității de metal disponibil în sol.....	72
4.6. Alte întrebunțări ale cenușii de termocentrală.....	72
5. UTILIZAREA ZEOLIȚILOR ÎN AGRICULTURĂ.....	74
5.1. Definirea și clasificarea zeoliților.....	74
5.2. Amendarea cu tuf vulcanic pentru asigurarea în timp a rezervei apei în sol.....	76
6. MOTIVATIA SCOPUL ȘI OBIECTIVELE MODUL DE LUCRU, MATERIALE ȘI METODE.....	77
6.1. Motivația, scopul și principalele obiective ale tezei.....	77
6.2. Materiale și metode utilizate în cercetările experimentale.....	80
6.2.1. Tipuri de materiale utilizate.....	80
6.2.1.1. Nămol orășenesc stabilizat anaerob.....	80
6.2.1.2. Nămol orășenesc compostat.....	83
6.2.1.3. Depozite de zgură și cenușă CET.....	84
6.2.1.4. Tuf vulcanic indigen.....	85
6.2.1.5. Tuf vulcanic indigen modificat Tuf-Aln.....	85
6.2.1.6. Specii de plante selectate.....	85
6.3. Metode de analiză și calcul.....	86
6.3.1. Metode de analiză.....	86
6.3.2. Metode de calcul.....	91
6.3.2.1. Prelucrarea datelor experimentale.....	91
6.3.2.2. Prelucrarea statistică a datelor experimentale.....	92

6.4. Modul de lucru.....	92
6.4.1. Pregătirea tosolului din vase de vegetație în scopul înierbării	92
6.4.2. Stabilirea cantității optime de agent de fertilizare.....	93
6.4.2.1. Stabilirea dozei optime de nămol orășenesc.....	94
6.4.2.2. Stabilirea dozei optime de compost.....	95
6.4.2.3. Stabilirea dozei optime de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat.....	96
6.4.2.4. Stabilirea dozei optime de compost în amestec cu. tuf vulcanic nemodificat/modificat.....	96
6.4.3. Graficul de lucrări agrotehnice.....	97
6.4.3.1. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate pentru culturi din specia <i>Trifolium pratense</i>	97
6.4.3.2. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitivul experimental <i>Hordeum</i>	98
6.4.3.3. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitivul experimental <i>Avena C</i> și <i>CT</i>	99
6.4.3.4. Graficul de lucrări agrotehnice specifice efectuate pentru speciile <i>Lolium perene</i> și <i>Onobrychis viciifolia</i>	99
6.4.4. Dispozitivele experimentale pentru realizarea culturilor de plante	100
6.4.4.1. Dispozitiv experimental <i>Trifolium</i> pentru realizarea culturii de plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	100
6.4.4.2. Dispozitiv experimental <i>Onobrychis</i> pentru realizarea culturii de plante specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	101
6.4.4.3. Dispozitiv experimental <i>Hordeum</i> pentru realizarea culturii de plante din specia <i>Hordeum vulgare</i>	101
6.4.4.4. Dispozitiv experimental <i>Avena</i> pentru realizarea culturii de plante din specia <i>Avena sativa</i>	102
6.4.4.5. Dispozitiv experimental <i>Lolium</i> pentru realizarea culturii de plante din specia <i>Lolium perenne</i>	102
7. CARACTERIZAREA STRATURILOR DE TOPSOL UTILIZATE.....	103
7.1. Caracterizarea straturilor de tosol din Dipozitivul experimental <i>Onobrychis</i>	103
7.2. Caracterizarea straturilor de tosol din Dipozitivul experimental <i>Trifolium</i>	103
7.3. Caracterizarea straturilor de tosol pentru culturi de <i>Lolium perenne</i>	104
7.4. Caracterizarea straturilor de tosol pentru culturi de <i>Hordeum</i> <i>vulgare</i>	105
7.5. Caracterizarea straturilor de tosol pentru culturi de <i>Avena sativa</i>	105
7.6. Influența tratamentului aplicat asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă.....	106
7.6.1. Influența adaosului de nămol asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă.....	106
7.6.2. Influența adaosului de compost asupra caracteristicilor tosolurilor	107
7.6.3. Influența adaosului de tuf vulcanic asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă.....	107
8. STUDII COMPARATIVE PRIVIND APLICAREA ȘI EVALUAREA COMPARATIVĂ A PERFORMANTELOR NĂMOLULUI ORĂȘENESC ÎN	

PROCESUL DE ÎNIERBARE A HALDELOR DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ.....	108
8.1. Studii comparative privind procesul de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu specii de plante leguminoase.....	108
8.1.1. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășenesc pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă.....	108
8.1.1.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	108
8.1.1.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	108
8.1.1.1.2. Influența de fertilizare cu nămol orășenesc asupra cantității de biomasă obținută la cultura speciei <i>Onobrychis viciifolia</i>	110
8.1.1.1.2.1. Aplicarea Testului F privind determinarea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant	111
8.1.1.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc în cultura de plante <i>Onobrychis viciifolia</i>	111
8.1.1.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant.....	112
8.1.1.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante leguminoase, <i>Onobrychis viciifolia</i>	115
8.1.1.1.4. Concluzii parțiale.....	120
8.1.1.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	121
8.1.1.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	121
8.1.1.2.2. Evaluarea gradului de bioacumulare de metale grele în țesutul plantelor din specia <i>Trifolium pratense</i>	122
8.1.1.2.3. Concluzii parțiale.....	127
8.1.2. Studii comparative privind eficiența nămolului orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen.....	128
8.1.2.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante leguminoase <i>Onobrychis viciifolia</i>	128
8.1.2.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	128
8.1.2.1.2. Influența de fertilizare cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen asupra cantității de biomasă rezultată din cultura <i>Onobrychis viciifolia</i>	130
8.1.2.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratament cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/ modificat	130
8.1.2.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime în cazul tratamentelor cu fertilizant pe bază de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat.....	130

8.1.2.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime tratament cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat.....	131
8.1.2.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	133
8.1.2.1.4. Concluzii parțiale.....	137
8.1.2.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	139
8.1.2.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	139
8.1.2.2.2. Influența de fertilizare cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută din specia <i>Trifolium pratense</i>	141
8.1.2.2.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare pentru cultura de plante <i>Trifolium pratense</i>	141
8.1.2.2.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de tratare în cultura de plante leguminoase <i>Trifolium pratense</i>	141
8.1.2.2.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime cazul fertilizărilor cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat.....	142
8.1.2.2.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia <i>Trifolium pratense</i>	144
8.1.2.2.4. Concluzii parțiale.....	149
8.1.3. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe bază de nămol orășenesc.....	150
8.1.3.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	150
8.1.3.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	150
8.1.3.1.2. Influența gradului de fertilizare cu compost asupra cantității de biomasă obținute la culturi leguminoase, <i>Onobrychis viciifolia</i>	152
8.1.3.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost pentru topsol cultivat cu specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	152
8.1.3.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea dozei optime de compost utilizat pentru fertilizarea topsolului în cultura de plante <i>Onobrychis viciifolia</i>	152
8.1.3.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost pentru cultura de plante <i>Onobrychis viciifolia</i>	153
8.1.3.2. Concluzii parțiale.....	157

8.1.4. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului în amestec cu tuf vulcanic indigen.....	157
8.1.4.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	157
8.1.4.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	157
8.1.4.1.2. Influența variantei de fertilizare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat, asupra cantității de biomasă pentru culturi de leguminoase <i>Onobrychis viciifolia</i>	159
8.1.4.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat pentru o cultură de plante <i>Onobrychis viciifolia</i>	159
8.1.4.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan pentru stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat pentru cultura de plante <i>Onobrychis viciifolia</i>	160
8.1.4.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat, asupra cantității de biomasă vs. cantitatea de biomasă obținută pe proba martor.....	160
8.1.4.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia <i>Onobrychis viciifolia</i>	162
8.1.4.1.4. Concluzii parțiale.....	166
8.2. STUDII COMPARATIVE PRIVIND PROCESUL DE ÎNIERBARE A HALDELOR DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ CU SPECII DE GRAMINEE.....	167
8.2.1. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășenesc pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă.....	167
8.2.1.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Lolium perenne</i>	167
8.2.1.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Lolium perenne</i>	167
8.2.1.1.2. Influența aplicării unor tratamente de fertilizare asupra cantității de biomasă obținută din cultura <i>Lolium perenne</i>	168
8.2.1.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de topsul tratat cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat la cultura <i>Lolium perenne</i>	168
8.2.1.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de cultură <i>Lolium perenne</i> prin tratare cu nămol orășenesc sau compost în absența/prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat.....	169

8.2.1.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime pentru tratarea topsolului cu nămol orășenesc sau compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat.....	170
8.2.1.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante graminee <i>Lolium perenne</i>	172
8.2.1.1.4. Concluzii parțiale.....	176
8.2.2. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen.....	177
8.2.2.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Lolium perenne</i>	177
8.2.2.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu graminee, specia <i>Lolium perenne</i>	177
8.2.2.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante graminee <i>Lolium perenne</i>	179
8.2.2.1.3. Concluzii parțiale.....	183
8.2.3. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă	184
8.2.3.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia <i>Lolium perenne</i>	184
8.2.3.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia <i>Lolium perenne</i>	184
8.2.3.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante <i>Lolium perenne</i>	185
8.2.3.2. Concluzii parțiale.....	186
8.2.4. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe halde de zgură și cenușă însămânțate cu cereale.....	188
8.2.4.1. Înierbarea cu cereale a haldelor de zgură și cenușă fertilizate cu compost.....	188
8.2.4.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor fertilizate cu compost cultivate cu cereale din specia <i>Hordeum vulgare</i> și <i>Avena sativa</i>	188
8.2.4.1.2. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare asupra cantității de biomasă rezultată.....	190
8.2.4.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în cereale.....	191
8.2.4.2. Concluzii parțiale.....	198
8.2.5. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe bază de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen.....	199
8.2.5.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu <i>Lolium perenne</i>	199
8.2.5.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante <i>Lolium perenne</i>	199
8.2.5.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în specia <i>Lolium perenne</i>	200
8.2.5.1.3. Concluzii parțiale.....	201
8.2.5.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu cereale din specia <i>Hordeum vulgare</i> și <i>Avena sativa</i>	202
8.2.5.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante cereale.....	202

8.2.5.2.2. Influența aplicării tratamentelor cu tuf vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută la specia <i>Avena sativa</i>	204
8.2.5.2.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante <i>Avena sativa</i>	204
8.2.5.2.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante <i>Avena sativa</i>	205
8.2.5.2.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante <i>Avena sativa</i>	205
8.2.5.2.3. Influența aplicării tratamentelor cu compost în amestec cu tuf vulcanic asupra recoltelor de boabe de ovăz	207
8.2.5.2.3.1. Aplicarea Testului F privind influența variantelor de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în recolta de boabe rezultate din specia <i>Avena sativa</i>	207
8.2.5.2.3.2. Aplicarea Testului Duncan privind influența variantelor de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultate din specia <i>Avena sativa</i>	208
8.2.5.2.3.3. Aplicarea Testului Student pentru stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în recolta de boabe din cultura <i>Avena sativa</i>	209
8.2.5.2.4. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare asupra cantității de biomasă obținută din cultura de <i>Hordeum vulgare</i>	210
8.2.5.2.4.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/ modificat asupra cantității de biomasă rezultată în cultura de plante din specia <i>Hordeum vulgare</i>	210
8.2.5.2.4.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultate din cultura de cereale <i>Hordeum vulgare</i>	211
8.2.5.2.4.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea prin calcul statistic a variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultate din cultura de cereale <i>Hordeum vulgare</i> ..	212

8.2.5.2.5. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare cu compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale <i>Hordeum vulgare</i>	214
8.2.5.2.5.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale <i>Hordeum vulgare</i>	214
8.2.5.2.5.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale <i>Hordeum vulgare</i>	215
8.2.5.2.5.3. Aplicarea Testului Student pentru stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultată în cultura de cereale <i>Hordeum vulgare</i>	216
8.2.5.2.6. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în cereale.....	218
8.2.5.3. Concluzii parțiale.....	225
9. STUDII COMPARATIVE PRIVIND CARACTERISTICILE BIOMASEI OBȚINUTE	228
.....	
9.1. Coeficientul de preluare a metalelor din sol.....	228
9.2. Factorul de transfer metal sol în plante.....	231
9.2.1. Factorul de transfer pentru plante leguminoase <i>Trifolium spp</i>	232
9.2.2. Factorul de transfer pentru graminee <i>Lolium spp</i>	233
9.2.3. Factorul de transfer pentru cereale.....	235
9.3. Factorul de translocare.....	235
9.3.1. Factorul de translocare pentru plante leguminoase <i>Trifolium spp</i>	236
9.3.2. Factorul de translocare pentru plante graminee <i>Lolium spp</i>	237
9.3.3. Factorul de translocare pentru cereale.....	238
9.4. Concluzii parțiale.....	244
10. CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	247
BIBLIOGRAFIA.....	266

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

- Variante experimentale în Dispozitivul *Trifolium*, utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Trifolium pratense*:

- **C** - martor, zgură și cenușă netratată;
- **CN** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha;
- **CNT1** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha și tuf vulcanic indigen 5 t/ha;
- **CNT11** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen 2,5 t/ha;
- **CNT2** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- **CNT22** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat 2,5 t/ha;

- Variante experimentale în Dispozitivele *Onobrychis* și *Lolium* utilizate pentru realizarea culturii de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și *Lolium perene*:

- **C** - martor, zgură și cenușă netratată;
- **CT1** - zgură și cenușă tratată cu tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CT2** - zgură și cenușă tratată cu tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- **CN** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 15 t/ha;
- **CN** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 15 t/ha;
- **CN1** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha;
- **CN11** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 40 t/ha;
- **CN2** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 50 t/ha.
- **CNT1** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CNT2** - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha
- **CC-25** zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 25 t/ha;
- **CC** zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha;
- **CC-50** zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha;
- **CC1** - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 100 t/ha;
- **CC-100** - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 100 t/ha;
- **CC2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 150 t/ha.
- **CC-150** - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 150 t/ha.
- **CC-150** - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 150 t/ha.
- **CCT1**- zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CCT2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha

- Variante experimentale în Dispozitivele *Hordeum* și *Avena* utilizate pentru realizarea culturilor de plante din specia *Hordeum vulgare* și *Avena Sativa*:

ii Listă de abrevieri

- **C** - martor, zgură și cenușă netratată;
- **CC** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha;
- **CC1** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 100 t/ha;
- **CC2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha s.u.
- **CCT1** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CCT2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- **CC1T1** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 100 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CC1T2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 100 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- **CC2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha;
- **CC2T1** - zgură și cenușă fertilizată cu compst 150 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- **CC2T2** - zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- **Tuf-Aln** - Tuf vulcanic indigen modificat;
- **D** - coeficient de determinare;
- **R** - coeficient de corelație multiplă;
- **a₁ și a₂** - coeficienți de regresie;
- **a₀** - termen liber;
- **b** - coeficient de regresie;
- **x, y** - variabile;
- **r** - coeficient de corelație liniară;
- **F₁** fenofaza de dezvoltare a plantei (la înălțimea plantei de 3-4 cm);
- **F₂** fenofaza de dezvoltare a plantei (la înălțimea plantei de 7-9 cm);
- **F₃** fenofaza de dezvoltare a plantei (la faza de maturitate);
- **Q_p** - concentrația metalului acumulat în țesuturile plantelor crescute pe soluri poluate, mg/kg s.u;
- **Q_m** - concentrația metalului acumulat în țesuturi ale aceluiași plante crescute pe terenuri martor, nepoluate, mg/kg s.u;
- **U_c** - coeficientul de preluare din sol a metalelor de către plantă;
- **TC** - factor de translocare de metal din rădăcină în partea aeriană a plantei;
- **TF** - factor de transfer de metal din sol în rădăcina plantei;
- **sld** - sub limita de detecție.

LISTA DE FIGURI

- Figura 1.1.** Schema procesului tehnologic de epurare a apelor uzate și tipurile de nămol.
- Figura 1.2.** Principalele microorganisme determinate din nămolul activ, caracteristice pentru tratarea biologică a apelor uzate.
- Figura 1.3.** Bacterii filamentoase.
- Figura 1.4.** Schema unui fermentator anaerob.
- Figura 5.1.** Structura moleculară a zeoliților.
- Figura 6.1.** Scara de abundență-dominanță (după Braun-Blanquet).
- Figura 8.1.** Influența tratamentului aplicat topsolului, asupra cantității de biomasă, la variantele experimentale studiate în Dispozitivul experimental *Onobrychis* N.
- Figura 8.2.** Corelația dintre cantitatea de nămol utilizat pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă și cantitatea de biomasă, de sparceta, rezultată din variantele experimentale.
- Figura 8.3.** Cantitățile de crom bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența agentului fertilizant.
- Figura 8.4.** Cantitățile de cupru bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizantului.
- Figura 8.5.** Cantitățile de fier bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului.
- Figura 8.6.** Cantitățile de nichel bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale în absența/prezența fertilizatorului.
- Figura 8.7.** Cantitățile de plumb bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului.
- Figura 8.8.** Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului.
- Figura 8.9.** Eficiențe de reducere a cantităților de metale acumulate în rădăcinile plantelor *Trifolium spp.* cultivate pe variante fertilizate cu nămol orășenesc vs. cantitatea de metale acumulate în rădăcini.
- Figura 8.10.** Cantități de metale grele bioacumulate în partea aeriană *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de crom. b) conținutul de cupru.
- Figura 8.11.** Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei de plantă *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de fier, b) conținutul de mangan, la plantelor cultivate pe varianta nefertilizată.
- Figura 8.12.** Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei de plantă *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de plumb, b) conținutul de zinc.

Figura 8.13. Variația cantității de biomasă obținute din variante experimentate tratate în cultura leguminoasei *Onobrychis viciifolia*.

Figura 8.14. Cantitățile de crom bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale tratate/netratate cu tuf vulcanic indigen, în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.15. Cantitățile de cupru bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.16. Cantitățile de fier bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale tratate cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.17. Cantitățile de nichel bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.18. Cantitățile de plumb bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.19. Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

Figura 8.20. Dispozitivul experimental Trifolium.

Figura 8.21. Majorarea cantității de biomasă, obținută în Dispozitivul experimental Trifolium, în funcție tipul de tratament aplicat culturii de plante *Trifolium pratense* vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta netratată.

Figura 8.22. Eficiențe de reducere a cantităților de metale acumulate în partea de rădăcini de leguminoase, *Trifolium pratense*, crescute pe variante tratate vs cantității acumulate în rădăcini din plante crescute pe varianta netratată.

Figura 8.23. Cantități bioacumulate de metale în partea aeriană a plantei *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de crom; b) conținutul de cupru.

Figura 8.24. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de fier; b) conținutul de mangan.

Figura 8.25. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană de țesut a speciei de plantă *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de plumb; b) conținutul de zinc.

Figura 8.26. Majorarea cantității de biomasă rezultată de pe variantele din Dispozitivul experimental *Onobrychis C* vs. cantitatea rezultată de pe varianta fertilizată cu o doză de compost de 25 t/ha.

Figura 8.27. Corelația lineară dintre cantitatea de compost utilizat pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă în scopul instalării culturii de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă.

Figura 8.28. Influența cantității de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținute vs. cantitatea rezultată de pe varianta netratată din Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*.

Figura 8.29. Cantitățile de crom bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*

- Figura 8.30.** Cantitățile de cupru bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*
- Figura 8.31.** Cantitățile de fier bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*
- Figura 8.32.** Cantitățile de nichel bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*
- Figura 8.33.** Cantitățile de plumb bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*
- Figura 8.34.** Cantitățile de zinc bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*
- Figura 8.35.** Eficiența tratamentului cu agenți de fertilizare asupra cantității de biomasă recoltată de pe cele 12 variante urmărite în variantele experimentale pentru graminee *Lolium perenne* vs. cantitatea de biomasă recoltată de pe varianta netratată.
- Figura 8.36.** Cantitățile de Cr bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.37.** Cantitățile de cupru bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.38.** Cantitățile de fier bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.39.** Cantitățile de nichel bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.40.** Cantitățile de Pb bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.41.** Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcină a plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.42.** Cantitățile de crom bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.43.** Cantități de cupru, bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*
- Figura 8.44.** Cantități de fier bioacumulate în diferite părți ale plantei *Lolium perenne*
- Figura 8.45.** Cantități de nichel bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.46.** Cantități de Pb bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.47.** Cantitățile de zinc bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*.
- Figura 8.48.** Cantitățile de metale toxice Cr, Cu, Ni și Pb bioacumulate în partea de rădăcini a plantelor *Lolium perenne*.
- Figura 8.49.** Cantități de boabe de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variante experimentale netratate/tratate cu compost.
- Figura 8.50.** Cantitatea de paie de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variante experimentale netratate/tratate cu compost.
- Figura 8.51.** Cantități de crom bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.
- Figura 8.52.** Cantitățile de cupru bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) din boabe.
- Figura 8.53.** Cantități de fier bioacumulate în țesuturi aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* a) paie, b) boabe.
- Figura 8.54.** Cantități de mangan bioacumulate în țesutul aerian al plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* a) paie, b) boabe

Figura 8.55. Cantități de zinc bioacumulate în țesutul aerian al cerealelor *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.

Figura 8.56. Eficiența de reducere a bioacumulării metalelor în părțile aeriene ale plantelor *Lolium perenne* cultivate pe variante topsol tratate cu 5 t/ha tuf modificat/nemodificat în prezența/absența a 50 t/ha compost vs. cantitatea de metale acumulate în plante crescute pe varianta netratată: a) crom, b) cupru, c) fier, d) plumb.

Figura 8.57. Influența tipului de tratament efectuat cu compost în prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultată vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta netratată.

Figura 8.58. Influența tipului de tratament cu compost în prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de ovăz recoltate vs. cantitatea de boabe recoltată de pe varianta netratată.

Figura 8.59. Influența tipului de tratament cu compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat pentru fertilizarea topsolului, asupra cantității de biomasă, vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta nefertilizată.

Figura 8.60. Determinarea grafică a ecuațiilor de gradul 2, $Y = f(x^2)$ privind variația parametrului Y, cantitatea de biomasă, vs. parametrul x, cantitatea de compost, în prezența tufului vulcanic modificat /nemodificat.

Figura 8.61. Determinarea grafică a ecuațiilor de gradul 2, $Y = f(x^2)$, privind variația parametrului Y, cantitatea de boabe rezultate din cultura de *Hordeum vulgare*, vs. parametrul x, cantitatea de compost aplicată pentru fertilizare, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat.

Figura 8.62. Cantitățile de crom bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.

Figura 8.63. Cantitățile de cupru bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* : a) paie, b) boabe.

Figura 8.64. Cantitățile de fier bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.

Figura 8.65. Cantitățile de mangan bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.

Figura 8.66. Cantitățile de zinc bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie, b) boabe.

Figura 9.1. Factorul de transfer din sol în rădăcini pentru Cr, Cu, Fe, Mn, Ni și Zn la plante leguminoase din specia *Trifolium spp.*, cultivate pe topsol fertilizat cu nămol în absența prezența tufului vulcanic indigen modificat.

Figura 9.2. Factorul de transfer sol – rădăcini, pentru Pb la plante leguminoase din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsol fertilizat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Figura 9.3. Factorul de transfer din sol poluat nefertilizat/fertilizat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat în rădăcini, la plante graminee din specia *Lolium spp.*: a) pentru Cr și Cu; b) pentru Ni, Fe și Zn; c) pentru Pb.

Figura 9.4. Factorul de transfer TF, pentru metalele Cr, Cu, Ni, Pb, Fe, și Zn pentru cereale din specia *Hordeum spp.* și *Avena spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf modificat.

Figura 9.5. Factorul de translocare pentru Cr la cereale pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Figura 9.6. Factorul de translocare pentru Cu pentru cereale cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Figura 9.7. Factorul de translocare pentru Fe la cereale, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Figura 9.8. Factorul de translocare pentru Zn la cereale, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

LISTA DE TABELE

- Tabelul 1.1.** Proprietățile agronomice ale nămolului primar și ale nămolului activ
- Tabelul 4.1.** Compoziția chimică a cenușii utilizate la CET Arad
- Tabelul 6.1.** Conținutul maxim admisibil în metale grele în nămoluri și soluri
- Tabelul 6.2.** Conținutul maxim admisibil în metale grele în nămoluri prin Directiva EU 86/278
- Tabelul 6.3.** Conținut de metale grele din nămolul orășenesc fermentat anaerob
- Tabelul 6.4.** Conținut de metale din compostul pe bază de nămol orășenesc și paie
- Tabelul 6.5.** Parametri indicatori pentru caracterizarea materialului din depozitele de zgură și cenușă utilizate în studiile experimentale
- Tabelul 6.6.** Gradul de ocupare cu vegetație a fiecărui "ochi" în parte din interiorul ramie
- Tabelul 6.7.** Parametri indicatori analizați pentru: nămol orășenesc stabilizat anaerob și compost pe bază de nămol orășenesc, zgură și cenușă, variante de topsol experimentale, metodele de analiză și aparatura utilizată.
- Tabelul 6.8.** Parametri indicatori analizați din țesutului plantelor cultivate, metodele de analiză și aparatura utilizată
- Tabelul 6.9.** Cantitatea maximă de plumb și cadmiu admisă în produsele utilizate pentru hrana animalelor.
- Tabelul 6.10.** Limitele maxime admise pentru zinc, în plantele utilizate ca hrană pentru animale în spațiu UE.
- Tabelul 6.11.** Limita maximă admisă pentru metale cupru și nichel în plantele utilizate pentru hrana animalelor.
- Tabelul 6.12.** Conținutul de metale în diferite variante de biomasă utilizată pentru hrana animalelor.
- Tabelul 6.13.** Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru cultura de *Trifolium spp.*
- Tabelul 6.14.** Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru cultura de *Hordeum spp* fertilizată cu compost în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat / modificat .
- Tabelul 6.15.** Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru culturi de cereale *Avena sativa* Dispozitiv experimental Avena C și CT.
- Tabelul 6.16.** Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitiv experimental *Lolium* cu variante N.NT.C.CT și Dispozitiv *Onobrychis* cu variante N, NT, C, CT.
- Tabelul 7.1.** Caracteristicile straturilor de topsol utilizate pentru variantele de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 7.2. Caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia *Trifolium pratense*.

Tabelul 7.3. Caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele experimentale de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia *Lolium perenne*.

Tabelul 7.4. Concentrația de metale din straturile de topsoil utilizate pentru variantele experimentale cu culturi de graminee din specia *Hordeum spp.* efectuate în Dipozitivul experimental.

Tabelul 7.5. Concentrația de metale din straturile de topsoil utilizate pentru variante experimentale din Dipozitivul experimental Avena.

Tabelul 8.1. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate la specia *Onobrychis viciifolia*, cultivată pe zgură și cenușă în absența/prezența agentului de fertilizare.

Tabelul 8.2. Analiza varianței privind fertilizarea cu nămol orășenesc asupra cantității de biomasă obținută la culturile din Dipozitivul experimental Onobrychis N.

Tabelul 8.3. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant a stratului superior de zgură și cenușă, din Dipozitivul experimental Onobrychis N

Tabelul 8.4. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținută pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată.

Tabelul 8.5. Variantele pentru examinarea regresiei pătratice.

Tabelul 8.6. Examinarea semnificației coeficienților de regresie a_1 și a_2

Tabelul 8.7. Valorile indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Trifolium spp.* cultivată pe straturi de zgură și cenușă în absența/prezența nămolului orășenesc, Dipozitiv experimental Trifolium N.

Tabelul 8.8. Cantitățile de metale acumulate în partea de rădăcină a plantei de trifoi.

Tabelul 8.9. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică, indicele de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia*, Dipozitiv experimental Onobrychis NT.

Tabelul 8.10. Analiza statistică a variantelor de tratare cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă recoltată de pe variantele experimentale cultivate cu specia *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 8.11. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5 %, privind stabilirea variantei optime de tratare cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat.

Tabelul 8.12. Semnificația diferențelor cantității de biomasă obținută din diferite variante experimentale tratate cu tuf vulcanic în absența/prezența fertilizantului organic, față de cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală nefertilizată.

Tabelul 8.13. Prezentare comparativă a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru plante din specia *Trifolium spp.* instalate pe variante fertilizate cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat.

Tabelul 8.14. Analiza variantelor experimentale de fertilizare cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută pentru cultura *Trifolium pratense*.

Tabelul 8.15. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de tratare în cultura *Trifolium pratense*, la nivel de 5 %.

Tabelul. 8.16. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă de trifoi rezultată pe variante tratate cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat vs. cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată.

Tabelul 8.17. Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini a plantei *Trifolium pratense* recoltate din Dispozitivul experimental.

Tabelul 8.18. Prezentare comparativă a gradului de răsărire a plantelor. a indicelui de abundență ecologică, a indicelui de vitalitate pentru plante leguminoase, *Onobrychis viciifolia*, din Dispozitivul experimental Onobrychis C.

Tabelul 8.19. Analiza cantității de biomasă obținută din cultura speciei de leguminoase în cazul fertilizării cu compost a stratului de zgură și cenușă, din Dispozitivul experimental Onobrychis C.

Tabelul 8.20. Testul Duncan la nivel de 5 %, privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul. 8.21. Semnificația diferențelor cantității de biomasă recoltată de pe variantele experimentale fertilizate cu compost vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată: Dispozitivul experimental Onobrychis C.

Tabelul 8.22. Analiza regresiei privind interdependența dintre cantitatea de compost și cantitatea de biomasă.

Tabelul 8.23. Examinarea semnificației coeficientului de regresie b și a termenului liber a din Ecuația de regresie $Y = 24,46215 + 0,23482 x$; unde $r = 0,89^{***}$; $r^2 = 0,79$.

Tabelul 8.24. Analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 8.25. Analiza variantelor de tratament a topsolului cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat asupra cantității de biomasă obținută pentru specia de plante *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 8.26. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental Onobrychis CT cu plante *Onobrychis viciifolia*, tratat cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat.

Tabelul 8.27. Semnificația diferențelor cantității de biomasă recoltată de pe variante experimentale tratate cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta netratată.

Tabelul 8.28. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet.

Tabelul 8.29. Analiza cantității de biomasă rezultată la cultura *Lolium perenne* în cazul fertilizării cu nămol orășenesc sau compost, cu /fără amendament, tuf vulcanic nemodificat/modificat .

Tabelul 8.30. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare a topsolului cu nămol orășenesc sau compost, în absența/prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat.

Tabelul 8.31. Semnificația diferențelor cantității de biomasă obținută din culturi de graminee *Lolium perenne*, recoltate de pe variante experimentale de zgură și cenușă tratate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată, prin prelucrarea statistică, *Test Student*.

Tabelul 8.32. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet din Dispozitiv experimental Lolium NT.

Tabelul 8.33. Cantități de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn, bioacumulate în părțile aeriene ale plantei graminee *Lolium perenne*.

Tabelul 8.34. Analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet.

Tabelul 8.35. Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea aeriană a plantelor din specia *Lolium perenne*.

Tabelul 8.36. Analiza gradului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru speciile de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, după scara Braun-Blanquet.

Tabelul 8.37. Cantitățile de metale Ni și Pb bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*.

Tabelul 8.38. Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor *Lolium perenne*.

Tabelul 8.39. Analiza gradului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru speciile de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, după scara Braun-Blanquet.

Tabelul 8.40. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*.

Tabelul 8.41. Aplicarea testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*.

Tabelul 8.42. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținută din Dispozitivul experimental cereale CT Avena de pe variantele experimentale fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată

Tabelul 8.43. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în funcție de cantitatea de boabe recoltată, din cultura de cereale *Avena sativa*.

Tabelul 8.44. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra recoltei de boabe, din culturile de cereale *Avena sativa*.

Tabelul 8.45. Tabelul 8.45. Semnificația diferențelor dintre cantitățile de boabe obținute de pe variantele experimentale fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta experimentală martor din Dispozitivul experimental cereale CT Avena

Tabelul 8.46. Analiza variantei optime de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat vs. cantitatea de biomasă rezultată din cultura de cereale din specia *Hordeum vulgare*.

Tabelul 8.47. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat, asupra cantității de biomasă rezultate din cultura de cereale *Hordeum vulgare*.

Tabelul 8.48. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținute de pe variantele experimentale fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată din Dispozitivul experimental CT Hordeum

Tabelul 8.49. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale *Hordeum vulgare*.

Tabelul 8.50. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultate în cultura de cereale *Hordeum vulgare*.

Tabelul 8.51. Semnificația diferențelor cantităților de boabe rezultate din cultura de cereale *Hordeum vulgare*, obținută de pe variantele fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta nefertilizată.

Tabelul 8.52. Cantități de metale Ni și Pb bioacumulate în partea aeriană, paie și boabe de plante din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*.

Tabelul 9.1. Coeficientul de preluare a metalelor grele în paie de ovăz și de orz din straturile de topsoil nefertilizate și fertilizate cu compost.

Tabelul 9.2. Coeficienți de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil nefertilizate/fertilizate cu compost.

Tabelul 9.3. Coeficientul de preluare a metalelor grele în paie de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat.

Tabelul 9.4. Coeficientul de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat.

Tabelul 9.5. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase tinere *Trifolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat.

Tabelul 9.6. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase mature *Trifolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat.

Tabelul 9.7. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante graminee *Lolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen.

Tabelul 9.8. Factorul de translocare pentru metalele Ni și Pb în cereale din specia *Hordeum spp.* și *Avena spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf modificat.

INTRODUCERE

Ecologia (din cuvintele grecești: ecos - casă și logos - știință, adică "știința studierii habitatului") este o știință biologică de sinteză ce studiază interacțiunea dintre organisme, plante și mediul în care ele trăiesc. Cu timpul, în a doua jumătate a sec. XX prin conștientizarea importanței condițiilor de mediu, semnificația termenului ecologie s-a lărgit peste sensul restrâns din domeniul biologiei, devenind și un sinonim pentru ideea de protecție a mediului înconjurător. Totodată, se leagă strâns de ecologie domeniul promovării unei economii ecologizate, unde principiile ecologice devin și principii fundamentale în dezvoltare [1].

Ecologia nu este numai o știință, ea reprezintă un izvor de formare a dreptului în România. Dreptul mediului în forma sa actuală își găsește izvorul într-o multitudine de texte din cele mai vechi timpuri axate exclusiv pe preocupări de ocrotire a unor elemente naturale, dar și pentru păstrarea și menținerea igienei în paralel cu dezvoltarea industriei.

România are o valoroasă tradiție în organizarea și legiferarea protecției mediului. Una dintre primele încercări de reglementare a raporturilor omului cu natura se regăsesc în Moldova, pe vremea lui Ștefan cel Mare (1457-1504), când a fost emisă *Legea braniștei (a locurilor oprite)*, pentru protejarea vânatului și a altor resurse naturale. După câștigarea independenței de stat în 1877 s-au promulgat o serie de legi, care se constituiau într-un adevărat „portofoliu de legi ecologice”. Se menționează Codul silvic al României independente (1881), în care se pune problema combaterii eroziunilor și reglarea regimului apelor, *Legea sanitară* (1885) și *Regulamentul pentru industriile insalubre* (1896). Regulamentul din 1896 reprezintă o lege modernă și complexă pentru protecția mediului.

La sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea apare o adevărată mișcare de ocrotire a naturii la care participa cele mai mari personalități ale epocii: D.Grecescu, C.Hogaș, N.Grigorescu, G.A.E.Racoviță, I. Borcea, I.Prodan și alții [2].

Cu toate că au existat legi de protecție a mediului înconjurător, goana oamenilor pentru un trai mai bun și pentru condiții de viață cât mai ușoare a determinat dezvoltarea fără precedent a industriilor, apariția autovehiculelor mari consumatoare de carburanți a determinat apariția primele semne clare de îmbolnăvire a planetei, (subțierea stratului de ozon, încălzirea globală, apariția ploilor acide, poluarea apelor, a aerului și a solului), în jurul anului 1970. Prin acțiunile sale, omul a reușit să modifice într-un mod îngrijorător caracteristicile mediului, iar unele din resursele naturale de energie dau semne de epuizare. Totodată, omul a început să conștientizeze necesitatea protejării mediului înconjurător, necesitatea adoptării unui comportament responsabil față de natură, importanța găsirii unor noi surse de energie care să încetinească procesul de epuizare a resurselor naturale. Aceste aspecte au dus la apariția conceptului de dezvoltare durabilă [3].

Conform raportului „Viitorul nostru comun”, al Comisiei Mondiale pentru Mediu și Dezvoltare, „dezvoltarea durabilă este dezvoltarea care urmărește satisfacerea nevoile prezentului, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi” [1].

Raportul vizează probleme precum: încălzirea globală, poluarea aerului, gaura din stratul de ozon, degradarea pământurilor, diminuarea surselor de apă potabilă, exploatarea masivă a ecosistemului acvatic, ritmul alert de dispariție a unor specii de plante și animale [3].

Poluarea aerului, una din problemele grave ale omenirii a fost conștientizată odată cu unele incidente cu acțiune devastatoare asupra mediului și asupra sănătății populației. În anul 1952 în Londra, datorită poluării cu pulberi și dioxid de sulf s-au înregistrat peste 4.000 de decese. Un alt caz grav de poluare a avut loc la Cernobîl, în Ucraina, în data de 26 aprilie 1986, când reactorul centralei nucleare a explodat. În urma acestei explozii au fost eliberate în mediul înconjurător cantități mari de gaze rare și de materiale radioactive. Ca urmare a exploziei apa va rămâne infestată încă 300 de ani, iar norii radioactivi vor mai traversa Ucraina încă 50 de ani.

Atmosfera, cuvânt de origine greacă (athmos = aer și spherein = sferă, înveliș), denumeste învelișul gazos, de aer, al Pământului. Atmosfera planetei noastre este practic gazoasă, conținând azot (sau nitrogen) bimolecular - N₂ (în proporție de cca. 78,2 % volume), oxigen bimolecular - O₂ (20,5 % volume), bioxid de carbon - CO₂ (0,03 % volume) și alte gaze, praf, fum, particule în suspensie, etc.

Fumul și particulele fine de praf prezente în compoziția aerului au efecte iritative, traumatice ale mucoasei tractului respirator, putând oficia în același timp și rolul de vehiculant al diversilor germeni patogeni. Omul poate supraviețui câteva săptămâni fără hrană, câteva zile fără apă, însă numai câteva minute fără aer.

Poluarea de către om a atmosferei a început de când oamenii au folosit pentru prima oară focul în activități casnice, la prepararea mâncării, pentru încălzit, la confecționarea uneltelor, etc. În timpul Revoluției Industriale din secolele al 18-lea și al 19-lea, poluarea **aerului** a devenit o problemă.

Poluarea urbană a **aerului** produce în timp una din cele mai mari probleme ale omenirii, încălzirea globală, cu efecte devastatoare asupra lumii.

Una din sursele importante de poluare a atmosferei o reprezintă depozitele de zgură și cenușă aferente marilor centrale termice ale orașelor. Aceste depozite sunt lipsite de vegetație, au aspect de zonă deșertică, prezintă un potențial mare de răspândire a materiei sub formă de particule fine în atmosferă și pe solurile învecinate. Cenușa antrenată de vânt produce poluări ale atmosferei, ale solului și subsolului și dezagremente însemnate locuitorilor din zonele învecinate acestor depozite.

Strategia Națională pentru Protecția Atmosferei, aprobată prin H.G. nr.731/2004, prezintă obiectivele de urmărit în vederea îmbunătățirii protecției atmosferei și a calității aerului ambiental.

Obiectivele principale ale strategiei sunt următoarele:

1. menținerea calității aerului înconjurător în zonele și aglomerările în care se încadrează în limitele prevăzute de normele în vigoare pentru indicatorii de calitate;
2. îmbunătățirea calității aerului înconjurător în zonele și aglomerările în care nu se încadrează în limitele prevăzute de normele în vigoare pentru indicatorii de calitate;
3. adoptarea măsurilor necesare în scopul limitării până la eliminare a efectelor negative asupra mediului, inclusiv în context transfrontalier [4]

CAPITOLUL I

NĂMOLURI ORĂȘENEȘTI UTILIZATE CA FERTILIZATORI AGRICOLI

1.1. Apa uzată, sursele de poluare, încărcare influent

Apa este un factor important în echilibrele ecologice, iar poluarea acesteia este o problemă actuală cu grave consecințe asupra populației și mediului înconjurător.

Prin poluarea apei, se înțelege alterarea caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale apei, produsă direct sau indirect de activitățile umane și care face ca apele să devină improprie utilizării normale în scopurile în care această utilizare era posibilă înainte de a interveni alterarea.

Sursele de poluarea a apei se clasifică în principal în surse organizate și neorganizate. Cele **organizate (colectate de sisteme centralizate)** sunt în principal: apele reziduale municipale (fecaloid-menajere), apele reziduale industriale și apele reziduale agrozootehnice.

Sursele **neorganizate** sunt în principal: surse individuale fără sistem de canalizare și sunt formate din ape uzate produse datorită reziduurilor solide depozitate în locuri sau moduri neadecvate, pesticide, îngrășăminte chimice spălate de apele meteorice sau de irigații. O importantă sursă neorganizată de poluare o reprezintă sărurile folosite iarna pe șosele, contra zăpezii și poleiului. Multe țări dezvoltate au interzis sau limitat sever împrăștierea de sare, dar la noi aceasta continuă, fiind o sursă de poluare importantă.

În sursele neorganizate se includ însă și sursele **ocasionale** (spălarea de animale, utilaje, deversări diverse, etc) și **accidentale** (produse datorită inundațiilor și altor calamități, deversări în urma unor accidente industriale, rutiere etc.), care sunt greu de monitorizat și rămân adesea surse necunoscute [5,6].

Încărcarea specifică cu poluanți a influentului unei stații de epurare orășenești, este diferită față de încărcarea influentului unei stații de capacitate mică. Într-o stație de epurare orășenească influentul stației provine prin amestecarea apelor fecaloid-menajere provenite de la populație, ape uzate industriale și în cele mai multe cazuri și a apelor pluviale. În România sistemele existente de canalizare funcționează în cea mai mare parte pe un sistem unitar, care asigură colectarea atât a apelor uzate menajere cât și a celor pluviale, acest lucru ducând la încărcări variabile ale efluentului stației de epurare, atât în funcție de apele uzate colectate, de precipitațiile atmosferice cât și de anotimp [7,8].

Un sistem unitar de colectare a apelor uzate generează probleme specifice pentru epurarea acestor ape. Variația calității efluentului este cu atât mai mare pentru anumiți poluanți specifici în perioadele cu ploi abundente când acestea spală depunerile de material de pe conductele de canalizare și când sunt antrenate particule de praf nisip, resturi vegetale și carburanți de pe carosabil. Pentru a asigura o epurare corespunzătoare a influentului unei stații de epurare municipale, este necesară a fi

verificată de cel puțin două ori pe zi calitatea acestuia prin analize de laborator și a se interveni în stație pentru o bună epurare [7,9].

Caracterizarea biologică și fizico-chimică a apelor uzate este folosită pentru controlul și optimizarea procesului tehnologic de epurare, precum și pentru dezvoltarea și punerea în aplicare a noilor procese [7]. Un parametru important pentru caracterizarea instalației de tratare influent este indicatorul CCOCr (consumul chimic de oxigen), considerat ca echivalent al substratului carbonic al materiei organice. O parte din acest substrat este reprezentat de materia solubilă, care difuzează rapid prin intermediul membranelor celulare și este imediat folosit de populația bacteriană, în procesele metabolice de descompunere heterotrofe. Raportul CBO₅/CCOCr este un indicator al biodegradabilității materiei organice din apa uzată, respectiv al capacității nămolului activ de a degrada substanțele organice și anume:

- o valoare mai mare de 0,4 indică o apă uzată biodegradabilă;
- o valoare cuprinsă între 0,2-0,4 indică o apă uzată biodegradabilă, dar cu biodegradabilitate relativ redusă;
- o valoare cuprinsă între 0,1-0,2 indică o apă cu un nivel ridicat de toxicitate.

[9].

Pentru a mări performanțele de tratare biologică a apelor uzate orășenești într-o stație de epurare, în cazul determinării unui raport CBO₅/CCOCr mai mic de 0,4, este indicat a se interveni în sistem printr-un aport de carbon organic. Unul din materialele eficiente pentru un astfel de tratament este melasa, un material ieftin și ușor de procurat, deoarece reprezintă un deșeu de la fabricile de obținere a zahărului rafinat din sfeclă de zahăr. Lucrările experimentale deja transmise spre publicare, au determinat o creștere cu 60-80% a eficienței de reducere a încărcării organice din apa uzată datorită aportului de carbon din melasă și respectiv îmbunătățirea procesului tehnologic de epurare [10,11,12].

1.2. Obținerea nămolului orășenesc

Procesul de epurare a apei uzate produce: **apă tratată** care poate fi evacuată în cursurile de apă și **nămol**. Nămolul provenit din stațiile de epurare orășenești este un subprodus al tratării apei uzate.

Nămolurile orășenești pot fi definite ca fiind sisteme coloidale complexe cu aspect gelatinos, cu compoziție eterogenă care conțin: particule coloidale ($d < 1 \mu\text{m}$), particule dispersate ($d < 1-100 \mu\text{m}$), materii în suspensie, polimeri organici de origine biologică și apă.

În conformitate cu O.M. 344/2004 nămolurile orășenești sunt definite ca nămoluri provenite de la stațiile de epurare a apelor uzate din localități, de la alte stații de epurare cu o compoziție asemănătoare apelor uzate orășenești și de la fosele septice [13].

În conformitate cu O.M. 1215/2003 nămolurile municipale reprezintă nămolurile rezultate din tratarea apelor uzate municipale și industriale similare, ele sunt considerate produse secundare „reziduuri”, care concentrează poluanții eliminați din apele uzate și pot reprezenta un pericol pentru mediul înconjurător [14].

18 Nămoluri orașenești utilizate ca fertilizatori agricoli - 1

Termenul de nămol este o noțiune foarte largă care desemnează diferite soluții apoase, cu compoziție eterogenă, în care se găsesc materii în suspensie, dizolvate, particule coloidale de natură minerală sau organică, cu aspect gelatinos la concentrații mai mari și culoare negru-brun. Ele pot avea compoziții și concentrații diferite funcție de proveniență.

Nămolurile sunt amestecuri polifazate alcătuite dintr-un fluid de bază, apa, și diferiți constituenți de natura minerală sau organică, dispersați în mediul apos.

Nămolul activ este un grup de populații eterogene predominant aerobe, întâlnit în apele uzate, care prezintă proprietatea de a se conglomera în structuri denumite flocoane, în condiții favorabile de mediu, și de a consuma materia organică prezentă în apele respective. Condițiile favorabile de mediu sunt: prezența unei cantități suficiente de materie organică biodegradabilă dizolvată și în suspensie, temperaturi între 35 și 40°C și concentrație ridicată de oxigen dizolvat [15].

Din procesul de epurare al apei uzate rezultă diferite tipuri de nămoluri, funcție de treapta de epurare din care provin. Schema de flux pentru epurarea apelor uzate, cu tipurile de nămol rezultat din diferitele faze este prezentată în figura 1.1.

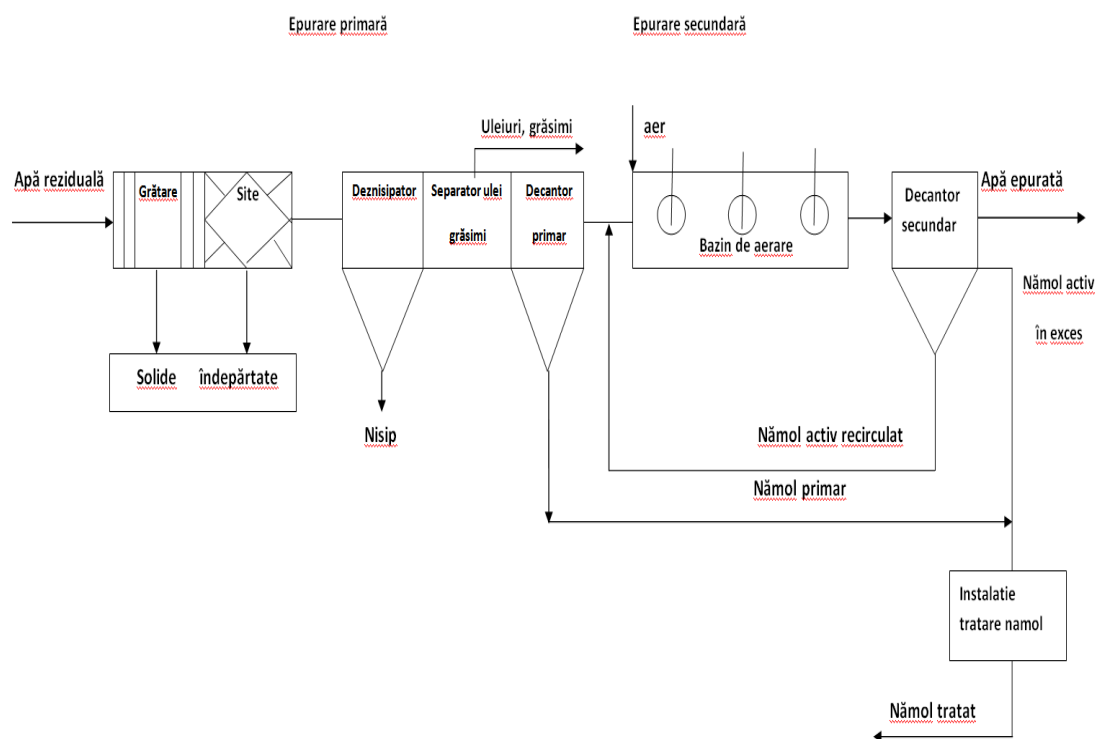


Figura 1.1. Schema procesului tehnologic de epurare a apelor uzate și tipurile de nămol

1.3. Clase de calitate ale (clasificarea) nămolurilor

1.3.1. Clasificarea după proveniența nămolului:

- **Nămol neprelucrat** - reprezintă nămol netratat și nestabilizat, care produce miros și tinde să fermenteze acid;

- **Nămol primar** - este rezultat prin procedeul de tratare mecanică, care include grătarele și deznisipatoarele și conține contaminanții apei uzate ca atare. Nămolul care este colectat la partea inferioară a bazinului de sedimentare primară este de asemenea numit nămol primar. Compoziția acestui nămol depinde de caracteristicile suprafeței de captare. Acest nămol conține un procent ridicat de substanțe organice (vegetale, fructe, textile, hârtie) și are consistența unui fluid dens cu un conținut de apă între 93 și 97 %; Nămolurile din decantoarele primare au o culoare cenușiu deschis, un miros slab, un conținut sub 50% de materii organice, fermentează repede și după 15 zile pe paturile de uscare, devine lopătabile [16].

- **Nămol activ** - rezultat din treapta de epurare biologică a apelor uzate. Această treaptă de epurare se caracterizează prin interacțiunea dintre diferite tipuri de bacterii și microorganisme, care consumă oxigen pentru a trăi, cresc și se înmulțesc prin consumul de substanță organică. Nămolul rezultat din acest proces este numit nămolul activ. Acest nămol care se prezintă în mod normal sub formă de flocoane, conține pe lângă biomasa moartă și vie, constituenți minerali și organici, care pot fi adsorbiți la suprafața biomasei sau înglobați în interiorul acesteia. Comportarea la sedimentare a flocoanelor de nămol activ este de importanță foarte mare pentru buna funcționarea a treptei de epurare biologică. Flocoanele trebuie să fie ușor de îndepărtat, astfel încât biomasa să poată fi separată de apa tratată fără probleme, iar volumul necesar de nămol activ să fie recirculat în faza de aerare. Caracteristicile nămolului activ depind de caracteristicile apei uzate supuse epurării [5].

- **Nămol activ de recirculare** - Nămolul activ de recirculare rezultă din bazinul de decantare secundară sau finală și este recirculat în bazinul de aerare pentru a reactiva procesul de epurare biologică. Flocoanele de nămol activ se decantează la partea inferioară a bazinului de decantare și pot fi separate de apa tratată. Partea principală de nămol separat, care este transportat înapoi în bazinul de aerare reprezintă de fapt, nămol activ de recirculare.

- **Nămol în exces, nămol secundar** - biomasa nefolosită trebuie să fie îndepărtată din sistemele de epurare biologică ca și nămol în exces. Nămolul în exces conține materiale particulare și biomasa rezultată din procesele metabolice.

- **Nămol terțiar** - este produsul treptelor avansate ale procesului tehnologic de epurare. Acest nămol a fost numit și terțiar deoarece provine din treapta chimică de epurare terțiară (de ex. îndepărtarea fosforului) [17].

- **Nămol fermentat** - provine din procesul de fermentare anaerobă. Are culoare neagră și miros pământiu. În funcție de gradul de stabilizare, acest nămol are un conținut de substanțe solide organice cuprins între 45 și 60 %.

1.3.2. Clasificarea nămolurilor după stadiul de prelucrare:

- nămol brut (neprelucrat)
- nămol stabilizat (aerob sau anaerob)
- nămol deshidratat (natural sau artificial)
- nămol igienizat (pasteurizat, tratat chimic sau compostat)
- nămol fixat (prin solidificare în scopul imobilizării compușilor toxici)
- nămol incinerat (supus operației de incinerare) [17].

1.3.3. Clasificarea nămolurilor după compoziție:

- nămoluri organice care conțin peste 50% substanțe organice (exprimate în substanță uscată), acestea provin din epurarea biologică
- nămoluri minerale cu un conținut de peste 50% substanță anorganică (exprimată în substanță uscată) care provin din epurarea mecano-chimică.

1.3.4. Clasificarea nămolurilor după proveniența apelor uzate :

- nămoluri de la epurarea apelor uzate menajere
 - nămoluri de la epurarea apelor uzate orășenești
 - nămoluri de la epurarea apelor industriale
- În acest caz raportul mineral/organic se modifică după proveniența nămolului.

1.3.5. Clasificarea nămolurilor după filtrabilitate:

- nămoluri greu filtrabile cu rezistența la filtrare, cu r cuprinsă între 10^{12} - 10^{13} cm/g (cuprind nămolurile urbane brute și fermentate)
- nămoluri cu filtrabilitate medie, cu r cuprinsă între 10^{10} - 10^{12} cm/g (cuprind nămolurile industriale)
- nămoluri ușor filtrabile, cu $r \leq 10^{10}$ cm/g (cuprind nămolurile urbane condiționate chimic precum și unele nămoluri minerale).

1.3.6. Clasificarea nămolurilor din punct de vedere chimic:

- a) nămoluri minerale la care materiile solide minerale sunt preponderente, depășesc 50%;
- b) nămoluri organice la care cantitatea de substanță organică este superioară valorii de 50% din totalul materiilor solide reținute.

1.3.7. Clasificarea nămolurilor active cu proprietăți de sedimentare nefavorabile

- Nămolurilor active cu proprietăți de sedimentare nefavorabile se clasifică astfel:
- **nămolul plutitor**, apărut în decantoarele secundare, care decantează și compactează bine, dar care apoi se ridică (parțial sau total) la suprafața apei limpezite, uneori chiar

înainte de trecerea a 30 minute. Ridicarea nămolului se datorează fenomenului de denitrificare și de înglobare sau aderență a bulelor de azot gazos în masa nămolului decantat. Fenomenul se întâlnește mai ales la apele cu concentrații mari de nitriți sau nitrați;

- **nămolul septic** ce apare în decantoarele secundare în spațiile "moarte", în care nămolul sedimentat stagnează mai mult de 18 ore. În nămolul depus în aceste zone, se dezvoltă germeni anaerobi care produc gaze (H_2S , CO_2 , CO , CH_4 și H_2) care desprind nămolul și îl ridică la suprafață;

- **nămolul supraerat**, rezultă ca urmare a unei agitări violente în bazinul de aerare ce duce la formarea unor bule de aer de care se atașează flocoanelor de nămol activ;

- **nămolul defloculat**, se formează prin fărâmițarea flocoanelor în particule foarte mici (grupe de bacterii sau bacterii libere) care sedimentează greu sau deloc. Apariția defloculării se traduce printr-o turbiditate ridicată a supernatantului deasupra stratului de nămol decantat;

- **nămol umflat**, se produce în cazul umflării, înmulțirii unor microorganisme filamentoase sau zoogleele care modifică structura microscopică a flocoanelor de nămol. Aceste nămoluri sunt nedorite în procesele de epurare, dar existența lor ne dă anumite semnale cu privire la deficiențele proceselor de epurare. Datorită semnalelor primite se poate acționa într-o stație de epurare pentru înlăturarea deficiențelor semnalate [17]. Acest tip de nămol se deshidratează foarte greu și este recomandat pentru compostare. Conținutul mare de compuși cu azot se poate valorifica prin selectarea unui material ligniocelulozic care să permită formarea raportului C:N adecvat obținerii unui îngrășământ valoros [18,19].

1.4. Utilizarea nămolurilor ca fertilizatori pentru culturi de plante

Încă din anul 1960 în Elveția au început cercetările pentru valorificarea nămolului în agricultură. Cercetările efectuate au pus în evidență faptul că solurile au fost contaminate cu *Salmonelae* după aplicare. Ca urmare a acestor concluzii Guvernul Federal a adoptat în anul 1981 o lege ce impunea utilizarea nămolului fermentat în agricultură. Condiția impusă de guvern la folosirea nămolului fermentat în agricultură era ca numărul de enterobacterii/gram de nămol să nu depășească cifra 100. Această condiție nu se putea atinge doar în cazul pasteurizării nămolului la cca. $60^{\circ}C$ [17].

Deoarece volumul de apă uzată și respectiv cantitatea de nămol de epurare sunt în creștere în întreaga lume prin sporirea gradului de confort al populației și respectiv a civilizației mondiale, municipalitățile, agențiile guvernamentale din întreaga lume sunt puse în situația obligatorie de a găsi metode durabile pentru eliminarea acestora în mediul înconjurător [21]. În prezent doar 25% din cantitatea de nămol generată de stațiile de epurare din lume este folosit ca fertilizant pentru sol [22].

Conform EPA, în SUA aproximativ 36% din nămolul orășenesc este aplicat pe terenuri pentru diferite scopuri (agricultură sau valorificarea terenurilor miniere de suprafață), 38 % este depozitat, iar restului i se aplică alte metode (EPA, 1993). Cu promulgarea Ghidului pentru nămol Part 503, EPA a încurajat utilizarea agricolă a nămolului orășenesc [23].

Nămolurile din stațiile de epurare generează pe lângă gaze de fermentare și substanțe hrănitoare care pot fi utilizate ca fertilizanți în agricultură [17].

Nămolul de epurare este o sursă de materie organică pentru soluri și nutrienți pentru plante. Ca și gunoiul de grajd, nămolurile de epurare constituie o sursă complexă de elemente nutritive pentru plante și contribuie la îmbunătățirea proprietăților fizice și chimice ale solurilor. În general nămolurile de epurare se pot administra pe sol în mod asemănător gunoiului de grajd [26-33].

Calitatea fertilizatoare a nămolurilor variază în funcție de tipul acestora. De exemplu conform lui *M Dima* proporțiile între N:K:P sunt de 1:0,5:0,11 pentru nămolul proaspăt și de 1:0,67:0,22 pentru nămolurile fermentate. Azotul total conținut în nămolul proaspăt este de cca 4,5%, iar în nămolul fermentat de cca 1,13%. Fosforul sub formă de P_2O_5 este de 2,25% în nămolul proaspăt și de 0,75% în nămolul fermentat. Analizând cele de mai sus rezultă că valorile substanțelor fertilizante sunt cu cca 50% mai reduse în nămolul fermentat decât în cel proaspăt [17].

Conform Directivei 86/278/CEE, pentru a putea fi împrăștiat pe terenurile agricole este necesar ca acesta să fie supus unor tratamente de predeshidratare, condiționare și fermentare aerobă sau anaerobă și stocare cca 60 zile. Perioada de stocare este necesară pentru definitivarea procesului de stabilizare și dezinfectie, cunoscut fiind faptul că fermentarea anaerobă nu distruge în totalitate agenții patogeni și paraziții. Prin stocare, germenii patogeni dispar treptat în cursul depozitării sub acțiunea factorilor fizici și chimici din mediu. De asemenea, ouăle de paraziți intestinali care pot supraviețui procesului de fermentare, își reduc viabilitatea pe măsura creșterii duratei de stocare a nămolurilor orășenești [34-36].

1.5. Caracterizarea nămolurilor

Pentru caracterizarea nămolurilor se apelează la indicatori generali și anume: umiditate, greutate specifică, pH, raport mineral volatil, putere calorică etc. și indicatori specifici (substanțe fertilizante, detergenți, metale, uleiuri și grăsimi etc.), în funcție de proveniența apei uzate. Acești indicatori se completează cu alți parametri ce caracterizează modul de comportare a lor la anumite procese de prelucrare (fermentabilitate, filtrabilitate, compresibilitate, flotabilitate), etc. [37].

1.5.1. Caracterizarea microbiologică a nămolurilor

Componența organică a apelor uzate industriale variază în funcție de specificul industriei și a materiilor prime prelucrate. Unele substanțe organice existente în aceste ape sunt degradate cu ușurință de către microorganisme, altele solicită o floră selecționată adaptată, în timp ce alte substanțe sunt rezistente la „atacul” microorganismelor sau sunt degradate în timp îndelungat. Această substanță organică din apele uzate reprezintă **substratul** dezvoltării microorganismelor. În momentul în care apa uzată întâlnește o suprafață de contact, la interferența dintre apa uzată și suprafața de contact se dezvoltă colonii de bacterii, protozoare și metazoare care poartă numele de **biomasă**.

După începerea procesului tehnologic de epurare, după perioada de amorsare a stației care poate fi diferită ca timp, în funcție de temperatura mediului, precipitații, capacitatea stației și încărcarea cu poluanți, debitul de ape uzate, etc, se poate considera că o stație de epurare intră în parametri [38].

Procesul de epurare biologică se desfășoară astfel: substanțele organice din apele uzate sunt adsorbite și concentrate la suprafața biomasei, unde, prin activitatea exoenzimelor eliberate de celulă sunt descompuse în molecule care pătrund în celula microorganismelor, pe principiul presiunii osmotice, fiind metabolizate. O parte a reacțiilor de oxidare care au loc aici furnizează energia reacțiilor prin care se formează masa celulară nouă, iar produșii finali ai descompunerilor (H_2S , CO_2 , azotați, sulfati) sunt eliberați în mediu. Astfel, prin epurarea biologică a apelor uzate, concomitent cu eliminarea substanței organice impurificatoare, se obține pe de o parte creșterea biomasei sub forma materialului celular insolubil, sedimentabil, iar pe de altă parte, rezultă produși reziduali (de metabolism sau din distrugerea celulelor), unii ușor de îndepărtat, alții care rămân dispersați în mediu.

În compoziția biomasei se regăsesc substanțe organice vii, enzime, săruri minerale, amoniac, substanțe organice bio și nebiodegradabile, precum și substanțe organice aflate în diferite stadii de biodegradare.

O altă modalitate de caracterizare a nămolurilor se poate realiza după încărcarea microbiologică a nămolului. Prezența, sau absența unor organisme indică mersul epurării biologice dintr-o stație de epurare [39].

Microorganismele ce participă la procesul de epurare biologică aparțin regnului Protista, fiind alcătuite din: bacterii, protozoare, ciuperci, metazoare și alge. Principalii agenți ai epurării biologice sunt reprezentați de bacterii.

În figura 1.2. sunt prezentate organismele predominante, prezente în flocoanele de nămol activ, caracteristice pentru tratarea biologică a apelor uzate.

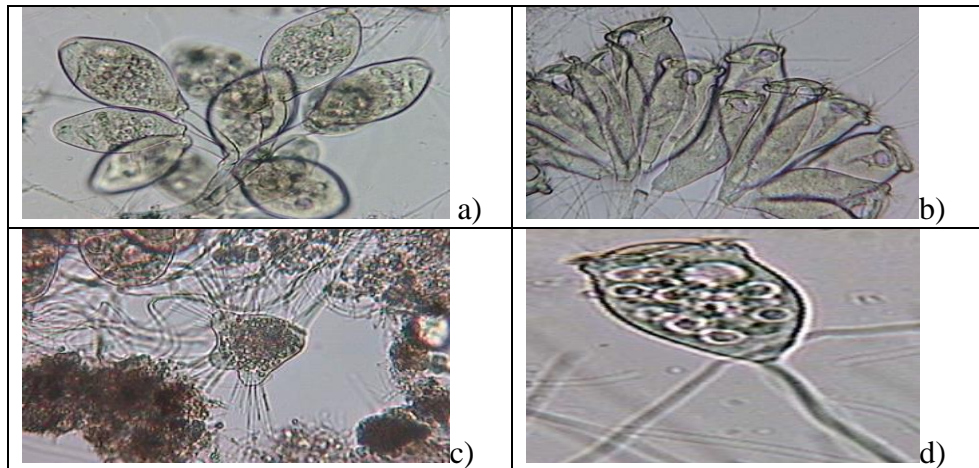


Figura 1.2. Principalele microorganisme determinate din nămolul activ, caracteristice pentru tratarea biologică a apelor uzate: a) *Opercularia spp.*, b) *Epistylis spp.*, c) *Acineta spp.*, d) *Vorticella spp.*

Influența stațiilor de epurare orășenești are o compoziție chimică ce variază de la o zi la alta și chiar de la o oră la alta, aceste variații pot provoca șocuri de încărcări, care provoacă destabilizarea procesului de epurare biologică în special. Efectul unor astfel de șocuri se observă prin umflarea nămolului datorită apariției bacteriilor filamentoase și reducerii capacității bacteriilor de a descompune materiile organice [32,40]. Cea mai utilizată tehnică de intervenție într-o astfel de situație este aerarea excesivă a nămolului și introducerea unui aport de substanță organică, pentru stimularea activității microorganismelor [41].

1.5.1.1. Bacteriile

Bacteriile sunt organisme monocelulare care utilizează hrană solubilă, fiecare celulă fiind capabilă să execute toate funcțiile necesare vieții. Majoritatea bacteriilor prezente în nămolul activ sunt heterotrofe (folosesc substanțe organice ca sursă de carbon și de energie), putând exista și bacterii autotrofe care sunt capabile să-și formeze structurile celulare din substanțe anorganice, sursa de carbon fiind asigurată de CO₂ (sulfobacterii, bacterii nitrificatoare sau denitrificatoare). Pentru a exemplifica cele descrise mai sus, prezentăm câteva tipuri de bacterii foarte cunoscute din compoziția nămolului și impactul pe care acestea îl determină asupra procesului de epurare și implicit asupra nămolului produs:

-Bacteriile filamentoase reprezintă o componentă frecventă a flocoanelor de nămol activ (*g. Sphaerotilus*, *g. Beggiatoa*). Dezvoltarea excesivă a acestor bacterii formează o rețea densă în interiorul căreia apa și aerul circulă cu mare greutate, ajungându-se la o carență de hrană și oxigen care dăunează celorlalte microorganisme. În situația în care domină aceste bacterii filamentoase, eficiența de epurare este scăzută, iar biomasa nu decantează în decantoarele secundare, manifestând tendința de plutire. Apariția bacteriilor filamentoase (*g. Sphaerotilus*) sau a ciupercilor filamentoase duce la umflarea nămolului, rezultând nămolul ușor plutitor. În cazul în care predomină bacteriile din *g. Zoogloea*, se produce umflarea nefilamentoasă a nămolului. În ambele cazuri, se impun a fi luate măsuri care să conducă la eliminarea cauzelor apariției acestor bacterii în compoziția apelor uzate: eventuale substanțe toxice, pH modificat, O₂ dizolvat sub 1 mg/l.

În figura nr.1.3. sunt prezentate imagini ale bacteriilor filamentoase

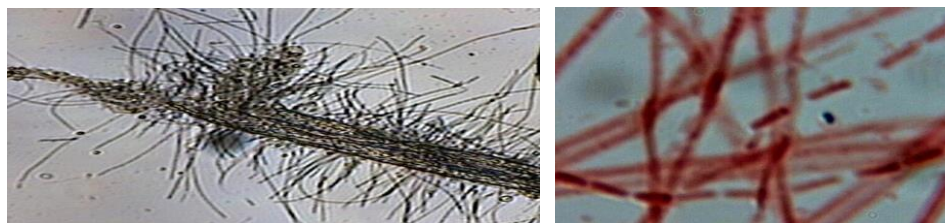


Figura 1.3. Bacterii filamentoase

-Bacteriile zooflagelate (*g. Bodo*) indică vârsta nămolului, acestea regăsindu-se în special în nămolul proaspăt. Prezența Ciliatelor (*g. Vorticella*, *g. Epistylis*, *g. Opercularia*, *g. Acineta*, *g. Trachelophyllum*) indică o apă cu un conținut ridicat de

oxigen. Rotiferele sunt indicatoare ale unei aerări prelungite (Rotaria neptunia). Speciile aparținând genului Nematoda în schimb, caracterizează nămolul îmbătrânit, pe cale de mineralizare. Nematodele sunt mult mai rezistente decât rotiferele, ele indicând limitele vieții aerobe [22,42].

1.5.1.2. Protozoarele

Protozoarele constituie componente nelipsite al biomasei, ele menținând echilibrul în dezvoltarea bacteriilor. Cele mai importante protozoare sunt ciliatele și flagelatele, un singur ciliat putând ingera între 20.000 și 40.000 bacterii/oră (Scherb. 1958). Protozoarele sunt strict aerobe și majoritatea ingerează hrana sub forma particulelor solide, dar se pot hrăni și prin difuzia în celulă a substanțelor organice dizolvate, dacă acestea se găsesc în concentrație mare (5 – 10 g/dm³); excepție fac flagelatele care pot metaboliza și substanțe organice în concentrații reduse [42].

1.5.1.3 Ciupercile

Ciupercile sunt alte organisme prezente atât în apa uzată cât și în nămolul activ, de tip nefotosintetic care absorb hrana în stare dizolvată. Acestea au un rol secundar în procesul de epurare, dar totodată important, deoarece au capacitatea de a degrada substanțe organice de naturi diferite: fenoli, hidrocarburi, celuloză, etc. S-a observat că ciupercile apar în apă când concentrația în oxigen a apei este scăzută, când PH-ul este mic și cantitatea de azot este scăzută. Excesul de ciuperci în apă provoacă umflarea nămolului și deprecierea epurării [39].

1.5.1.4. Metazoarele

Metazoarele sunt reprezentate de câteva grupe: rotiferi, nematode. Aceste organisme au ca principală hrană bacteriile și diferite particule organice. Microrganismele care alcătuiesc biomasa instalațiilor de epurare biologică relaționează unele cu altele, cele mai cunoscute relații fiind cele trofice. În aceste relații bacteriile sunt producătorii primari, consumatorii primari sunt protozoarele bacterivore, iar aceștia servesc ca hrană consumatorilor secundari (rotiferi, nematode).

1.6. Stabilizarea nămolurilor orășenești

1.6.1. Stabilizarea fizico-chimică

Stabilizarea nămolurilor are scopul de a reduce cât mai mult complicațiile ulterioare datorită biodegradării compușilor organici. Ea urmărește inhibarea, reducerea sau eliminarea potențialului de putrefacție, eliminarea mirosurilor neplăcute și reducerea potențialului patogen.

Aducerea nămolurilor primare, secundare, brute sau stabilizate în categoria nămolurilor ușor filtrabile (cu o rezistență specifică de 10-10¹⁰ cm/g) se realizează printr-o tratare preliminară chimică, tratare termică, elutrierea, etc) [39].

Stabilizarea nămolului se realizează prin procedee:

-fizico-chimice (oxidare chimică a materiilor volatile, tratare cu reactivi chimici, tratare termică)

-procedee biologice (fermentare anaerobă și stabilizare aerobă).

Stabilizarea chimică se realizează prin pretratarea nămolului cu substanțe chimice în scopul obținerii unui nămol stabilizat. Cel mai obișnuit procedeu de stabilizare chimică este procedeul de creștere a pH-ului utilizând fie var, fie alt material alcalin. Acesta este indicat înaintea procesului de deshidratare (pretratare) sau după deshidratare (post tratare). La pretratarea nămolului cu var, căldura rezultată din exotermicitatea reacției varului cu apa este folosită la distrugerea germeilor patogeni și la evaporarea apei. Procedeul post tratării cu var a nămolului deshidratat duce la creșterea temperaturii amestecului tratat și este eficient în eliminarea bacteriilor patogene, sporilor și chiștilor (eliminarea acestora este însă incompletă) [5].

Unul din procedeele cele mai utilizate este tratarea cu var în cantități care să asigure un PH =12. Această metodă este una relativ ieftină și accesibilă. Pentru această metodă se poate utiliza varul nestins care provoacă o reacție exotermă cu apa din nămol, determinând eliminarea unei părți din apă și formarea unui nămol de consistența unor bulgări. Prin această metodă se poate reduce umiditatea nămolului la 50%. De asemenea varul este utilizat cu succes pentru a se asigura dezinfectia totală a nămolului, pe lângă alte tehnici de dezinfecție dintre care amintim: pasteurizarea, iradierea, compostarea, etc. [39].

În prezent metodele folosite pentru gestionarea nămolurilor se referă în special la aplicarea lor pe terenurile agricole. Compostarea și utilizarea composturilor bazate pe nămoluri de epurare ca material fertilizant pentru culturile horticole sau ca sursă de materie organică și nutrienți pentru terenurile agricole, sunt variante alternative, lipsite de potențial infecțios. Compostarea asigură mineralizarea materiei organice din nămol, rezultând un material inofensiv pentru sol. Un avantaj al acestei metode este și că rezultă un material ușor, cu un volum mic, deci ușor transportabil.

1.6.2. Stabilizarea biologică

În procesele de stabilizarea biologică conținutul organic din nămoluri este redus prin degradarea biologică într-un sistem controlat. În mod obișnuit, nămolul provenit din apele uzate menajere este stabilizat biologic în tancuri de fermentare anaerobe, cu degajare de gaz metan, acesta în cea mai mare parte fiind captat. Nămolul lichid poate fi stabilizat de asemenea în tancuri de fermentare aerobe, când trebuie adăugat oxigen (aer). Compostarea este de asemenea un proces care stabilizează aerob nămolul deshidratat.

1.6.2.1. Stabilizarea biologică aerobă

Fermentarea aerobă este un proces de tratare a nămolurilor care are la bază procesele biochimice cunoscute de la epurarea biologică a apelor uzate cu nămol activat. Procesul de stabilizare aerobă a nămolurilor presupune oxidarea materiilor organice biodegradabile precum și autooxidarea materialului celular.

Fermentarea aerobă a nămolului este un proces de degradare biochimică a compușilor organici ușor degradabili. În practică acest procedeu se realizează prin aerarea nămolului în bazine deschise și se aplică mai ales pentru prelucrarea nămolului activ în exces, când nu există treaptă de decantare primară, sau când nămolul primar nu se pretează la fermentarea anaerobă. Un nămol se consideră fermentat aerob când componenta organică s-a redus cu 20-25%, cantitatea de grăsime a ajuns la maximum 6,5 % față de substanța uscată, activitatea enzimatică este practic nulă, iar testul de fermentare este negativ.

Deși procedeu are unele avantaje față de cel anaerob (investiție mică, exploatare simplă, lipsa mirosului neplăcut și a pericolului de explozie, etc), el nu are largă utilizare necesitând costuri mari cu energia electrică pentru asigurarea oxigenării și se folosește mai mult la ape uzate municipale și nu industriale [5].

Alt avantaj al fermentării aere este dat de energia conținută în substanțele organice care va fi transformată cu ajutorul microorganismelor în căldură, precum și în energie necesară înmulțirii microorganismelor, rezultând un exces de biomasă de cca 50% [39,43-45].

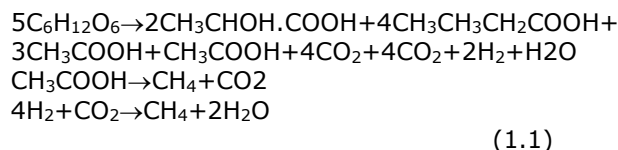
1.6.2.2. Stabilizarea biologică anaerobă

Fermentarea anaerobă reprezintă procesul de degradare biologică a substanțelor organice cu ajutorul unor populații de bacterii care în anumite condiții date aerobe descompun materiile organice din nămol în molecule simple de gaze (CH_4 , CO , CO_2 și H_2) [46]. Amestecul de fermentație format se numește gaz de fermentație și are o putere calorică de cca. 5000 kcal/Nm³ [39].

Fermentarea anaerobă se desfășoară sub influența a două grupe principale de enzime și anume: enzimele extracelulare și enzimele intracelulare. Fermentația anaerobă are loc la 35 °C și produce pe lângă gazul de fermentație și o biomasă bogată în nutrienți sub formă hibridă. Microorganismele întâlnite sunt acidogene și metanogene.

Substanțele organice complexe (hidrații de carbon, proteinele, grăsimile) sunt transformate în substanțe organice mai simple (acizi organici, alcoolii, cetone, etc) cu ajutorul enzimelor extracelulare. Modificarea structurii nămolului are un efect favorabil asupra filtrabilității. [39,46].

Reacțiile ce stau la baza procesului de fermentare anaerobă sunt prezentate în formula (1.1):



(1.1)

Formula simplificată a transformării glucozei în metan și apă este redată în formula (1.2)



Un fermentator anaerob este prezentat în figura nr. 1.4.

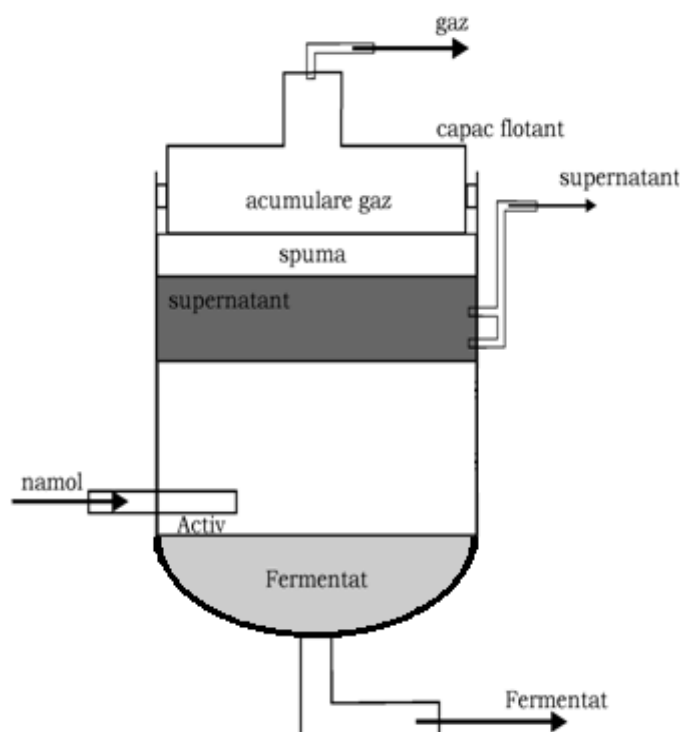


Figura 1.4. Schema unui fermentator anaerob

1.7. Condiționarea nămolului

Condiționarea nămolului este procedeul de aducere a nămolurilor în starea de nămoluri ușor filtrabile, deci cu rezistență la filtrare de cca. 10×10^{10} cm/g. Chiar și după aplicarea procedurii de îngroșare, nămolul conține multă apă. Procentul de apă deținut de nămol este de 97-98% dacă substanța uscată este puternic organică și respectiv proteinică și de 70-80% dacă substanța uscată este grea și minerală.

Condiționarea este un procedeu esențial utilizat în special pentru a putea fi utilizate diferite echipamente de transport sau aplicare nămol. Pentru ca nămolul să poată fi transportat auto sau lopătat trebuie deshidratat mai puternic.

Condiționarea este o metodă folosită pentru a face nămolul drenabil, filtrabil sau centrifugabil. Tipurile de condiționare a nămolurilor sunt: condiționare chimică sau termică, sau o combinație între cele două [40]. Condiționarea adecvată a nămolului este baza operării eficiente a unei instalații de deshidratare.

Adeseori se întâmpină dificultăți în procesele folosite pentru reducerea volumului nămolului lichid. Aceste dificultăți sunt strâns legate de masa coloidală hidrofiliă (sau uneori hidrofobă) din care sunt în principal formate suspensiile nămolului, care nu permit aglomerarea.

1.7.1. Condiționarea chimică

Condiționarea chimică (coagularea cu reactivi chimici) este o metodă de modificare a structurii nămolului. Acest procedeu constă în aplicarea proceselor de coagulare și floculare. Se produce o aglomerare de particule sub forma unui sistem tridimensional sau flocular. Ca și agenți de condiționare chimică sunt folosiți agenți organici sau anorganici de floculare, fiecare dintre agenți având proprietăți specifice [40]. Ca urmare alegerea coagulantului și a dozei optime se fac pe baza încercărilor experimentale de laborator, deoarece alegerea depinde de caracteristicile nămolului, proveniența lui, compoziția chimică, gradul de dispersie și tehnologia de deshidratare ce urmează a fi aplicată.

Agenții de condiționare chimică cei mai utilizați sunt: minerali (sulfat de aluminiu, clorhidrat de aluminiu, clorură ferică, sulfat feros clorinat, oxid de calciu, etc.), organici (polimeri sintetici, produși de policondensare sau polimeri naturali), micști (amestec de polimeri sintetici cu săruri minerale sau amestec de coagulanți minerali).

Doza optimă de coagulant este definită ca fiind doza cea mai mică, respectiv acea doză ce în condiții de laborator produce un nămol cu rezistența specifică la filtrare de $10 \cdot 10^{10}$ cm/g [39].

1.7.2. Condiționarea termică

Legătura dintre apă și masa coloidală din nămol poate fi ruptă de asemenea prin procese termice, prin creșterea temperaturii sau scăderea acesteia.

După *Degremont* procesul de încălzire a nămolului datează de la începutul Secolului 20, respectiv din anul 1935 când a fost aplicată de inginerul britanic Porteous.

Prin încălzire la o temperatură suficient de înaltă este transformată ireversibil structura fizică a nămolului. Încălzirea are loc la o temperatură variind între 160-210 °C, menținută 30-60 minute, în funcție de tipul de nămol și de metoda de uscare subsecventă. În timpul încălzirii flocoanele coloidale sunt distruse [40]. Conform lui *M.Dima, 1998* se recomandă a fi asigurată și o presiune de 1-2,5 bari [39].

Instalația de condiționare termică este formată din: reactorul (în care se realizează tratarea nămolului), schimbătorul de căldură (unde nămolul proaspăt este încălzit de nămolul tratat) și boilerul de preparare a aburului (pentru creșterea temperaturii nămolului în decantor și reactor).

În timpul încălzirii se produc două procese simultan:

- solubilizarea solidelor în suspensie;
- precipitarea materiei în soluție.

Avantajele condiționării termice sunt:

- este aplicabilă universal la toate nămolurile predominant organice;

- este ușor de controlat;
- dezinfectează nămolul;
- nămolul produs poate fi rapid îngroșat într-un îngroșător static;
- nu sunt necesari agenți chimici [40].

1.7.3. Condiționarea prin înghețare

Cantitatea de apă asociată cu materia uscată în nămol poate fi redusă prin înghețare, la un timp potrivit, când are loc și gruparea suspensiilor din nămol. Gruparea formează o pojghiță subțire care rămâne relativ stabilă după ce gheața s-a topit.

Înghețarea nămolului se recomandă a se face timp de 1-4 h la o temperatură de -10-20°C.

Tehnica de condiționare prin îngheț este una relativ scumpă [40].

1.7.4. Elutrierea (spălarea) nămolului

Este un proces fizic de condiționare, care asigură scăderea rezistenței specifice la filtrare a nămolului fermentat sau brut. Pe de altă parte acest procedeu reduce și alcalinitatea nămolului necesară în special când se prevede folosirea de reactivi pentru condiționarea nămolului [39].

Pentru procesul de elutriere se poate utiliza apă de rețea, apă industrială, apă de ploaie sau efluent de epurare după treapta de epurare biologică. De obicei procedeu de elutriere are loc în contracurent cu nămolul, procesul fiind conținuu.

1.8. Utilizarea nămolurilor în agricultură

Utilizarea în agricultură a nămolurilor de epurare reprezintă una dintre metodele de eliminare a acestora și o formă de punere în valoare a conținutului lor în materie organică și elemente nutritive.

Rezultatele cercetărilor efectuate atât pe plan internațional cât și la noi în țară, pe teme ce au vizat posibilitatea de a valorifica nămolurile de epurare ca materiale fertilizante pentru solurile agricole au permis elaborarea unor recomandări și stabilirea unor criterii de pretabilitate a terenurilor agricole.

Pentru a diminua efectul poluant al nămolului de epurare care se va folosi în agricultură și a putea valorifica elementele nutritive pe care le conține, este necesar ca nămolul să fie tratat în mod corespunzător, să se aplice numai pe soluri pretabile, în dozele și perioadele optime, la un anumit tip de culturi recomandate și să se asigure un control adecvat al calității factorilor de mediu.

Cantitățile sau dozele de nămol de epurare ce pot fi aplicate pe terenurile agricole nu pot fi neapărat recomandate, ele trebuind să se calculeze în funcție de conținutul în metale grele al nămolului de epurare și conținutul în metale grele al solului, calcule ce urmează a fi realizate pe baza unor studii efectuate de instituții specializate (OSPA). Un alt factor care se ia în considerare la stabilirea dozelor este necesarul de elemente nutritive al speciei cultivate, dar acest factor este relativ

deoarece creșterea excesivă a dozelor de nămol poate conduce la creșterea conținutului solului și plantelor în metale grele.

La alegerea terenurilor pretabile pentru administrarea nămolului de epurare se vor avea în vedere următorii factori:

- **Topografia locului** – influențează mișcarea apelor de suprafață și a celor freatice;
- **Panta terenului** – afectează viteza și cantitatea scurgerilor la suprafață. Pentru aplicarea nămolurilor, sunt acceptabile pante mai mici de 5%, iar pantele cele mai mici de 2% sunt considerate corespunzătoare.
- **Textura solului** – influențează viteza de infiltrație și capacitatea de adsorbție a solului. Se exclud solurile cu textură grosieră, solurile argiloase, rocile compacte, pietrișurile, depozitele organice.
- **Permeabilitatea solului** – influențează distribuția apei pe profilul de sol; în circuitul ei, apa antrenează și particulele de nămol precum și compușii rezultați din descompunerea acestuia. O permeabilitate foarte mare sau una foarte scăzută nu sunt corespunzătoare pentru solurile destinate reciclării nămolurilor de epurare.
- **Drenajul solului** – influențează direct toate procesele fizice, chimice și biologice ce se petrec în sol. În solurile slab drenate are loc o descompunere anaerobă a reziduurilor, în urma căreia rezultă compuși primari și intermediari neoxidați, mulți dintre ei toxici pentru plante. În solurile cu permeabilitate pentru apă și aer slabă, și implicit, cu drenaj slab, viteza de descompunere a materiei organice este mai redusă. Terenurile foarte slab drenate ca și cele excesiv de drenate vor fi excluse de la aplicarea nămolului de epurare.
- **Scurgerile la suprafață și eroziunea.** Vor fi excluse de la aplicarea nămolurilor de epurare lichide terenurile afectate de astfel de procese.
- **Inundabilitatea.** Nu vor fi destinate aplicării nămolurilor terenurile inundabile.
- **Capacitatea de apă utilă** – pe adâncimea 0-100 cm ori până la stratul limitativ, trebuie să fie mai mare de 1400 m³/ha. Vor fi eliminate de la aplicarea nămolurilor terenurile cu o capacitate de apă utilă mică.
- **Adâncimea apei freatice.** Se exclud de la aplicarea nămolului terenurile unde adâncimea apei freatice este mică.
- **Volumul edafic.** Se elimină de la aplicarea nămolului de epurare, solurile cu un volum edafic mic.
- **pH-ul solului** – influențează foarte mult gradul de mobilitate al metalelor grele, măbind sau reducând astfel, absorbția acestora de către plante. Solurile cu pH sub 5,5 vor fi excluse de la aplicarea nămolului de epurare necompostat sau netratat cu var, iar cele cu pH-ul între 5,5-6,5 vor fi obligatoriu amendate pentru creșterea pH-ului peste 6,5.
- **Capacitatea de schimb cationic** – are influență asupra mobilității metalelor grele. Se vor elimina de la aplicarea nămolului solurile cu capacitate de schimb cationic foarte mică sau foarte mare.
- **Gleizarea și pseudogleizarea** – nămolul orășenesc nu va fi aplicat pe solurile cu astfel de procese.
- **Gradul de încărcare a solului cu metale grele** – având în vedere multitudinea surselor de încărcare a solului cu metale grele (emisii industriale, îngrășăminte chimice, ape de irigații, gunoi de grajd etc) și faptul că unele surse nu pot fi înlăturate, fiind verigi importante în procesul de producție, se impune să se limiteze cantitatea acestora.

Acolo unde se vor aplica nămoluri de epurare se vor evita terenurile care au atins un nivel de 80 % din limitele maxime admisibile de încărcare cu metale grele a solului [13].

• **Protecția surselor de aprovizionare cu apă a localităților** – reprezintă una din condițiile aplicării nămolului de epurare pe sol [47].

1.8.1. Riscurile prezentate de nămolurile de epurare prin aplicarea pe sol

Reciclarea nămolului de epurare pe terenurile agricole este în general considerată ca fiind cea mai bună opțiune practică pentru mediul înconjurător. Totuși, nămolul de epurare conține metale grele care se acumulează în stratul de sol arabil pentru că nu sunt levigate repede, iar ceea ce acumulează plantele este foarte puțin comparativ cu aportul realizat. Creșterea concentrațiilor de metale grele în soluri poate afecta pe termen lung fertilitatea acestora și productivitatea agricolă [48-50]. Concentrațiile maxime permise în solurile care primesc nămol de epurare sunt prevăzute de Directiva Comisiei Europene, 86/278/CEE (CEC, 1986) [34].

Unele metale grele sunt recunoscute ca microelemente sau oligoelemente necesare pentru nutriția plantelor. Acestea manifestă toxicitate numai când sunt în cantități excesive. Altele (cadmiul, plumbul, mercurul), în toate cazurile manifestă acțiune toxică. Deși se găsesc în cantități mici în sol, când ajung în hrană, chiar în cantități mici, metalele grele se acumulează treptat în organismele animalelor sau oamenilor și uneori după câțiva ani, după depășirea concentrațiilor limită, pot să conducă la apariția unor maladii incurabile.

Pe plan mondial există preocupări pentru stabilirea conținuturilor limită în metale grele pentru nămoluri, însă acestea încă nu sunt ferm stabilite. Conținutul în metale grele din nămolurile de epurare se datorează în principal apelor uzate industriale evacuate în canalizarea orășenească. Pentru diminuarea acestor elemente toxice este necesară preepurarea corectă a acestor efluenți în cadrul întreprinderilor industriale, însoțită de reținerea nămolurilor anorganice rezultate.

Pericolele datorate bacteriilor care ajung în sol prin aplicarea nămolurilor nu trebuie supraestimate deoarece acțiunea microbiană este importantă. Restricțiile utilizării provin de la riscul eliberării de mirosuri de la nămolul stabilizat insuficient sau de la o concentrație prea mare de metale grele (Cu, Zn, Pb, Hg, Cr6+) [40].

O altă problemă legată de utilizarea nămolurilor de epurare în agricultură este cea a potențialului patogen. Aceste nămoluri pot conține bacterii (*Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Yersinia* sp., *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* etc.), (Virusuri enterice, Virusul hepatitei A, Rotaviruși, Enteroviruși), paraziți protozoare (*Cryptosporidium* sp., *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolitica*), paraziți helminți (*Ascaris lumbricoïdes*, *Trichus trichiura*, *Toxocara* sp., *Taenia* sp., etc.). Există temeri că unele dintre aceste microorganisme s-ar putea reactiva chiar și după un anumit timp de prelucrarea nămolurilor prin compostare. Pentru a preveni aceste inconveniente pentru sol se recurge la îndepărtarea bacteriilor patogene din nămolurile utilizate în prezent pe plan mondial apelând la agenți fizici (căldură, radiații ionizante), chimici (crearea de condiții oxidative sau de un anumit pH) sau biologici (prin fermentare termofilă sau compostare). Unele procedee au ca scop igienizarea nămolului

(pasteurizarea, iradierea), altele stabilizarea lui (tratarea la temperaturi și presiuni ridicate), igienizarea fiind obținută ca efect secundar [51].

1.8.2. Legislația specifică pentru aplicarea nămolurilor de epurare pe sol

Utilizarea nămolurilor de la stațiile de epurare în agricultură și în special a solurilor a fost reglementată prin **Directiva 86/278/CCE** privind protecția mediului. Directiva a fost transpusă în legislația românească prin O.M. nr. 49/2004 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură, modificat în luna octombrie 2004 prin Ordinul nr. 334/2004 privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămoluri de la stațiile de epurare în agricultură [13,34].

Directiva 86/278/CEE încurajează folosirea nămolului de epurare în agricultură și reglementează aceasta astfel încât să se prevină daunele asupra vegetației, animalelor și omului. Pentru aceasta se interzice folosirea nămolurilor netratate pe terenurile agricole. Nămolurile netratate se acceptă doar dacă după aplicare sunt imediat încorporate în sol.

Directiva se aplică și nămolurilor de epurare care conțin sau sunt contaminate cu substanțe sau materiale enumerate în anexa la directiva menționată, care sunt de asemenea natură sau sunt prezente în asemenea cantități sau concentrații încât reprezintă un risc pentru sănătatea omului sau pentru mediu.

Din conținutul directivei rezultă:

- stabilirea anumitor măsuri comunitare inițiale privind protecția solurilor;
- încurajarea valorificării nămolurilor în agricultură, cu condiția ca acestea să fie utilizate în mod corect;
- stabilirea valorilor limită ale metalelor grele în sol, deoarece acestea pot fi toxice pentru plante și de asemenea, pentru om, prin prezența lor în recolte;
- nămolurile să fie tratate înainte de a fi utilizate în agricultură [34].

Normele tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămolurile de epurare în agricultură **au fost aprobate prin Ordinul nr. 344/2004, al Ministerului Mediului**. Ordinul transpune Directiva 86/278/CCE.

Stabilirea normelor tehnice are drept scop următoarele:

- valorificarea potențialului agrochimic al nămolurilor de epurare;
- reducerea efectelor nocive ale nămolului asupra solurilor, apelor, vegetației, animalelor și omului, astfel încât să se asigure utilizarea corectă a acestora în agricultură;
- stabilirea valorilor maxime admisibile pentru concentrațiile de metale grele în solurile pe care se aplică nămoluri;
- stabilirea concentrațiilor maxime admisibile de metale grele din nămolurile destinate pentru utilizarea în agricultură;
- stabilirea valorilor limită pentru cantitățile anuale de metale grele care pot fi introduse în terenurile agricole pe baza unei medii de 10 ani;
- impunerea ca împrăștierea nămolului să se facă numai în perioadele în care sunt posibile accesul normal pe teren și încorporarea nămolului în sol imediat după aplicare.

Ordinul impune ca la aplicarea nămolurilor pe sol trebuie să se țină cont de următoarele reguli:

- a) trebuie să fie avute în vedere necesitățile nutriționale ale plantelor;
- b) să nu se compromită calitatea solurilor și a apelor de suprafață;
- c) valoarea pH-ului din solurile pe care urmează a fi aplicate nămoluri de epurare trebuie să fie menținută la valori peste 6,5.

Condițiile care se cer îndeplinite la împrăștierea nămolurilor de la stațiile de epurare, sunt în funcție de următorii factori: panta terenului, permeabilitatea solului, drenajul solului, pericolul de eroziune la suprafață, inundabilitatea, capacitatea de apă utilă, adâncimea apei freatice, volumul edafic, PH, capacitatea de schimb cationic și încărcarea cu metale grele.

Pot fi utilizate în agricultură numai nămolurile tratate, pentru care s-a emis permisul de aplicare de către agenția locală de protecție a mediului pe baza studiului de agrochimie special elaborat de Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice (OSPA) și aprobat de direcția pentru agricultură și dezvoltare rurală. În studiu trebuie să se prevadă condițiile pe care trebuie să le respecte producătorul și utilizatorul nămolului pentru a se asigura protecția mediului. Dat fiindcă depozitele de zgură și cenușă sunt depozite de deșeuri antropogene unde este interzis accesul animalelor, fertilizarea cu nămoluri orășenești nu pune în pericol sănătatea acestora.

Prin ordin sunt stabilite de asemenea atribuțiile și răspunderile autorităților competente pentru împrăștierea nămolului de epurare pe terenurile agricole și anume: Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, Agenția Națională pentru Protecția Mediului, Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale, Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, Oficiul de Studii Pedologice și Agrochimice, Autoritatea teritorială de protecție a mediului (agenția locală/regională de protecție, Autoritatea teritorială agricolă și Agențiile de consultanță agricolă [13].

Reglementarea privind evaluarea poluării mediului a fost aprobată prin **Ordinul nr. 756/1997 al Ministerului Mediului și Pădurilor.**

Prezenta reglementare stabilește procedurile și normele tehnice privind identificarea prejudiciilor aduse mediului, în scopul determinării responsabilităților pentru remedierea acestora.

Prezenta reglementare definește de asemenea semnificația și stabilește dispozițiile referitoare la pragurile de alertă și la pragurile de intervenție pentru poluanții din: aer, apă și sol.

Relevanța pragurilor de alertă și de intervenție va determina următoarele măsuri:

- a) în situațiile în care concentrațiile de poluanți în sol se situează sub valorile de alertă pentru folosința sensibilă a terenurilor, autoritățile competente nu vor stabili măsuri speciale;
- b) când concentrațiile unuia sau mai multor poluanți din soluri depășesc pragurile de alertă, dar se situează sub pragurile de intervenție pentru folosința corespunzătoare a terenului, se consideră ca există impact potențial asupra solului. În aceste situații, autoritățile competente vor dispune măsuri de prevenire a poluării în continuare a solului și de monitorizare suplimentară a surselor potențiale de poluare;

- c) când concentrațiile unuia sau mai multor poluanți din soluri depășesc pragurile de intervenție pentru folosința existentă a terenului, se consideră că există impact asupra solului;
- d) pentru situația în care este necesar pentru o anumită utilizare ca un teren de folosință mai puțin sensibilă să treacă în categoria de folosință sensibilă, trebuie satisfăcute cerințe speciale;
- e) când pragurile de intervenție sunt depășite la unul sau mai mulți poluanți din sol pentru terenuri cu folosință sensibilă sau mai puțin sensibilă, autoritățile competente vor dispune executarea unui studiu de evaluare a riscului. Obligația executării studiului de evaluare a riscului va fi a titularilor de activități desfășurate pe zona de teren afectată, cu excepția cazurilor în care s-au identificat alți responsabili pentru poluarea înregistrată [52,53].

Aprobarea Codului de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole s-a făcut prin **Ordinul Nr. 1182/ 1270 / 2005, emis de MMGA și MAPDR.**

Prezentul cod are scopul de a recomanda cele mai utile practici, măsuri și metode posibil de aplicat de către fiecare fermier, producător agricol, pentru protecția apelor împotriva poluării cu fertilizanți (în special nitrați) proveniți din activități agricole.

Ordinul reglementează impactul îngrășămintelor organice și a celor chimice asupra mediului. Raportat la îngrășămintele organice ordinul prezintă influența gunoiului de grajd, a dejecțiilor de animale și păsări, precum și a compostului asupra calității solului. Ordinul nu reglementează și aplicarea nămolului de epurare pe sol, în scopul îmbunătățirii calității acestuia [53].

1.8.3. Recomandări pentru dezvoltarea durabilă

Solurile care au fost cultivate o perioadă lungă de timp sunt deseori deficiente în anumite microelemente, de exemplu zinc și cupru. Anumite soluri calcaroase sunt deficiente în fier, astfel că aplicarea pe terenurile agricole a nămolurilor orășenești poate remedia deficiențele de microelemente. Pe lângă aplicarea pe terenurile agricole nămolul de epurare se poate aplica și în silvicultură, aplicarea în parcuri, terenuri de golf și terenuri publice. De asemenea nămolul se poate utiliza și la ameliorarea solurilor distruse sau de calitate redusă, ca și capac pentru deponeul de deșeuri nepericuloase sau material de umplere al deponeului, precum și la acoperirea depozitelor de zgură și cenușă ce aparțin centralelor termice.

Pentru o reușită utilizare a nămolurilor de epurare în contextul dezvoltării durabile sunt necesare:

- un control eficient al calității nămolului produs de stațiile de epurare;
- o foarte bună informare a fermierilor cu privire la procesele de tratare, la eventualele riscuri și la demersurile ce se pot lua în vederea preîntâmpinării lor;
- stabilirea la nivel teritorial a locațiilor în care se pot aplica nămoluri de epurare;
- un control calitativ efectuat cu regularitate al nămolului ce se împrăștie precum și al solului, pentru a garanta o reușită în vederea fertilizării solului receptor;
- respectarea codului de bune practici de aplicare a nămolurilor de epurare pentru ca fiecare intervențent să fie un succes;

- un organism independent va valida datele furnizate de producătorul de nămoluri.

Pe ansamblul filierei de aplicare a nămolurilor de epurare, în plus față de autocontrolul efectuat de responsabilul cu aplicarea și de controlul oficial al respectării reglementărilor, se recomandă existența unei validări externe ce se va efectua de către un organism independent (Obținerea permisului de aplicare nămol de la autoritatea competentă de mediu) [13].

-asigurarea unei informări corespunzătoare la nivel național pentru a sensibiliza cetățenii.

Utilizările avantajoase ale aplicării nămolului provenit din epurarea apelor uzate orășenești pe sol se referă la domeniile: agricultură, horticultură, pajiști, livezi, etc.

Utilizarea agricolă a nămolurilor presupune studii privind teste de compatibilitate sol/nămol/cultură, analiza gradului de mineralizare a azotului organic, monitorizarea nivelului fosforului, analiza încărcării cu poluanți chimici rezultați din aplicarea biosolidelor. Când nămolul este aplicat pe câmp, se produc următoarele procese: inactivarea organismelor și virușilor patogeni, stabilizarea biologică a materialului organic rezidual, precum și transformări chimice abiotice și mediate biologic. Biomasa microbiană din sol este un indicator sensibil la efectul metalelor grele prezente în nămoluri.

După *Degremont* [40], nămolul de la stațiile de epurare municipale și anumite tipuri de efluenți industriali poate fi folosit în scopul îmbunătățirii calității solului. Proprietățile agronomice ale nămolului primar și ale nămolului activ sunt prezentate în tabelul nr. 1.1., în care concentrațiile nutrienților sunt reprezentate procentual.

Tabel nr.1.1. Proprietățile agronomice ale nămolului primar și ale nămolului activ

Nr.crt.	Tipul de nămol	Conținutul de elemente nutritive și materie organică %			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Materie organică
1.	Nămol crud	3-5/4-5	2/3	0-5/1	60/80
2.	Nămol fermentat	2/2-5	1/2	0-2/0-5	40/65

Împortanța nămolului asupra solului este în primul rând dată de aportul hidric pe care îl aduce și de capacitatea de a reține apa, mai mult decât aportul în nutrienți [40].

Nămolul primar și secundar este folositor pentru cultivarea de flori, iarbă de gazon, copaci. Aportului de nămol primar sau stabilizat, fermentat asupra solului poate ajuta la promovarea creșterii florei microbiene autotrofe acționând direct asupra nutriției minerale a plantelor.

Împrăștierea nămolului se poate face astfel în următoarele moduri:

- în formă lichidă (după îngroșare preliminară);
- într-o formă ce se poate împrăștia cu lopata (deshidratat la umiditatea de cel puțin 90% în cazul nămolului biologic, iar mai puțin de 50% în cazul nămolului anorganic foarte dens);
- sub formă de pudră (deshidratat parțial la 10-35% umiditate) [40].

Cantitățile optime anuale de nămol pe hectar pot fi determinate în fiecare caz de un studiu agronomic adecvat. La întocmirea studiului este importantă luarea în considerare a agenților de coagulare (agenți organici sau anorganici de floclare) adăugați nămolului înainte de dehidratare [40].

CAPITOLUL II. COMPOSTAREA NĂMOLURILOR

2.1. Definirea compostării și a compostului

A composta înseamnă a recicla materia organică și a reînnoa ciclurile naturale care au fost întrerupte prin abandonarea practicilor corespunzătoare.

Conform *Ghidului de compostare* întocmit de MMDD **compostul** reprezintă un proces de descompunere și transformare a substanțelor organice solide cu ajutorul microorganismelor (în principal bacterii și fungi), într-un material stabil, care poate fi valorificat în agricultură. Procesul se poate aplica deșeurilor verzi cât și deșeurilor solide municipale și se desfășoară în două faze:

- a) tratarea mecanică;
- b) descompunerea (fermentarea) [54].

Compostul poate fi considerat un produs organic igienic, liber de caracteristici nedorite, cu o largă aplicabilitate în agricultură și în horticultură, precum și o ușurare în ceea ce privește numeroase probleme legate de mediul înconjurător [55,56].

În ceea ce privește **compostul**, constituentul care intervine în procesul de degradare biologică și de conversie în timpul compostării este comunitatea de microorganisme rezistente. Astfel, optimizarea calității compostului este direct legată de compoziția și succesiunea comunității microbiene în timpul procesului de compostare.

Compostarea este un proces care se petrece spontan în natură, prin degradarea frunzelor, a tăieturile de crengi și gard viu, paie, cozi de flori, etc. Modalitățile de compostare naturală sunt lungi și heterogene și ca urmare utilizarea industrială este foarte rară.

Compostarea poate fi definită ca un procedeu biologic controlat de conversie și de valorificare a materialelor organice reziduale (subproduse ale biomasei, deșeuri organice de origine biologică) într-un produs stabilizat, igienic, asemănător pământului, bogat în compuși humici.

După *Valdrighi și Vallini* **compostarea** controlată (artificială) este procesul de conversie biologică a materialului organic solid într-un produs utilizabil ca fertilizant, substrat pentru producția de ciuperci sau biogaz.

După *Garido Hoyos* **compostarea** aerobă este o biotehnologie alternativă, adecvată managementului durabil al nămolului de epurare. Această biotehnologie este simplă, economică și permite exploatarea conținutului în materie organică și în nutrienți al nămolului de epurare ca fertilizant sau amendament pentru sol [57].

După *Mustin* **compostarea** este, o ecotehnologie pentru că ea permite întoarcerea materiei organice în sol și deci reintegrarea în cicluri ecologice vitale ale planetei noastre [58].

Compostarea este o tehnică de stabilizare și de tratare aerobă a deșeurilor organice biodegradabile în care:

- se pot utiliza deșeurilor organice dar în special deșeurilor solide și semi-solide;
- este un mod de a distruge germeii și paraziții prin intermediul căldurii și al diferiților factori interni;

-este o tehnică biologică de reciclare a materiei organice care conduce la obținerea humusului, factor de stabilitate și de fertilitate pentru soluri;

-este rezultatul unei activități microbiologice complexe, survenind în condiții specifice.

În procesul de compostare se pot utiliza numeroase materii prime: nămol de epurare, resturi vegetale, deșeuri municipale precum și alte materiale. În funcție de disponibilitatea acestor materiale utilizate ca agenți de volum ca și de tipul nămolului de epurare, de-a lungul timpului au fost folosite diferite metode de compostare.

Ca și agenți de volum pot fi utilizați următorii: rumeguș, talaj de lemn, zeoliți naturali, etc, capabili să crească porozitatea substratului, să crească biodegradabilitatea substanțelor organice și să îmbunătățească procesul de compostare.

Rumegușul de lemn previne aglomerarea de material, ceea ce permite ameliorarea porozității și a circulației aerului în grămada de compost. De asemenea, rumegușul contribuie cu numeroși macro și micro nutrienți la mixtura de compost. Aspectele negative ale aportului de rumeguș sunt legate de o conductivitate electrică ridicată, de prezența dioxinei și de raportul C:N. Toate acestea necesită urmărirea atentă în timpul procesului de compostare și luarea măsurilor corespunzătoare [59].

Rumegușul și talașii de lemn oferă condiții ideale ca agenți de volum. Cercetările recente sugerează folosirea unor agenți de volum bogați în lignină, precum rumegușul de lemn sau chiar talașii și tocătura de lemn provenind de la tăierea arborilor. Această procedură permite sechestrarea carbonului în sol pentru a-l transforma în suport nutritiv pentru microorganisme și suport organic pentru diferiți compuși care se pot combina cu materia organică, iar în felul acesta se diminuează riscurile de levigare.

Cercetări efectuate în țara noastră au pus în evidență valoarea rumegușului ca agent de volum pentru compostarea nămolului de epurare, care capătă o mult mai bună omogenitate și capacitate de aerare pe durata compostării. Pe de altă parte, compostul din nămol de epurare și rumeguș ameliorează proprietățile fizico-chimice ale solului [51].

Compostul poate fi produs plecând de la nămol de epurare deshidratat și deșeuri verzi și lemnoase, sau de la un amestec de rumeguș de lemn (17 %), nămol de epurare (21%) și deșeuri municipale (62 %) [60].

Materiile vegetale reziduale bogate în substanțe celulozice (paie, frunze uscate, vreji și alte resturi vegetale), folosite ca agenți de volum pentru compostarea nămolului de epurare, sunt foarte ușor descompuse și mineralizate de microorganismele din sol, iar solul rămâne sărac în carbon organic.

Alte materiale, precum *zeoliții* naturali, sunt folosite ca agenți de volum deoarece sunt capabile să crească porozitatea substratului și să amelioreze procesul de compostare și biodegradarea materiei organice. Compostarea poate concentra (Cr, Mn, Ni, Pb,Zn) sau dilua (Cu, Fe) metale grele prezente în nămolul de epurare. Zeolitul natural are capacitatea de a schimba sodiul și potasiul din sol. Crescând conținutul în zeolit, concentrația tuturor metalelor grele din compost scade și concentrația în sodiu și în potasiu crește [61, 62]. Pentru o compostare eficientă, sunt necesari nutrienți incluzând azot și fosfor, precum și nivele corespunzătoare de umiditate și aerare, care facilitează, după amestecarea cu un coprodus, menținerea populației de microorganisme. Pentru dezvoltarea corespunzătoare a microorganismelor este necesar un echilibru între conținutul de azot și carbon. Intensa activitate biologică aerobă și

degajarea de căldură în timpul compostării nămolurilor poate avea ca efect atenuarea poluării organice prin degradare biologică și chimică și prin volatilizare.

2.2. Metode de compostare

Metodele cele mai des folosite în procesul de compostare sunt:

-compostarea în grămadă neîntoarsă
-grămadă aerată prin întoarcerea manuală sau mecanică a compostului sau grămadă cu aerare forțată [57,63,64].

Compostare pe platforme deschise. Este cel mai comun proces și necesită 12-20 săptămâni pentru a obține un compost bun. Materialul este amestecat și reamestecat cu utilaje speciale. Platforma conține circa 1 m grosime material dens și 3,5 m grosime un alt material mai puțin dens precum frunze, tulpini tocate etc. Procesul de compostare depinde de sursa de oxigen, de cantitate, de material și de panta depozitului. De asemenea depinde de porizitatea materialului și de conținutul de apă.

2.3. Zonificarea unei stații de compostare

O stație de compostare cuprinde următoarele zone:

- zona de pretratare;
- zona de tratare (compostare);
- zona de posttratate (finisare);
- zona-tampon.

Zona de pretratate este zona de predare, stocare, manevrare și transfer spre zona de compostare. Elementele de proiectare privind zona de pretratate sunt specifice normelor stabilite pentru compostarea deșeurilor solide urbane, completate cu norme specifice pentru compostare. Deșeurile trebuie să fie depozitate în hale acoperite, cu pardoseala rezistentă ca să preia eforturile induse de mijloacele de transport, manevrare și încărcare. De asemenea vor exista zone pentru umezirea deșeurilor compostabile și zone pentru încărcare și manipulare înainte transferului spre zona de tratare - compostare.

Zona de tratare (compostare) este reprezentată de zona de compostare și zona de finisare.

Zona de compostare pentru **deșeurile verzi** trebuie să fie impermeabilizată pentru a nu se eroda sau acumula apa pluvială și să aibă o pantă de scurgere. Între zonele în care are loc compostarea în spații deschise trebuie să fie construite sisteme de colectare și drenare a apei pluviale și a compostului.

Levigatul trebuie colectat și evacuat din incintă într-un sistem de canalizare centralizat sau într-un emisar, numai după o preepurare corespunzătoare

Datorită degajării de mirosuri neplăcute, bioaerosoli, pulberi, mirosuri neplăcute și umiditate în exces, în spațiile de compostare închise, este necesară asigurarea unei ventilații proprii cu biofiltre.

Zona de finisare a compostului (zona de staționare în care se asigură stabilizarea compostului) trebuie dimensionată în funcție de perioada de staționare [54].

Zona de posttratere (finisare) este folosită pentru tratarea mecanică finală a compostului (mărunțire, sitare), depozitarea sau depozitarea/ambalarea compostului pregătit pentru expediere la beneficiari. Dacă compostul nu se ambalează în saci de plastic și se depozitează în grămezi, grămezile trebuie acoperite cu folii de plastic pentru a nu se degrada. Dacă compostul se ambalează în saci de plastic, trebuie prevazute spații închise de depozitare.

Zona-tampon reprezintă zona dintre stația de compostare și cea mai apropiată zonă de locuit. În proiectarea stației de compostare se va evalua direcția și viteza predominant a vântului în respective zonă. Pentru a se asigura minimizarea transportului bioaerosolilor și mirosurilor neplăcute spre zonele locuite. Distanța de la stația de compostare până la zona locuită trebuie să fie de minim 1.000 m [54]. Cladirile stației de compostare trebuie să fie racordate la apă curentă, electricitate, căldură.

2.4. Elemente specifice de protecția mediului într-o stație de compostare

În situația în care nu este controlat, procesul de compostare poate crea numeroase probleme de mediu, cum sunt :

- poluarea apei, solului și subsolului;
- poluarea atmosferei prin generarea de bioaerosoli, pulberi;
- disconfort în zonele locuite datorat zgomotului, vibrațiilor și mirosurilor neplăcute, incendii, etc.

Poluare apei în zona stațiilor de compostare se poate datora levigatului și apelor pluviale scurse de pe platformele betonate.

Levigatul rezultat din stațiile de compostare a deșeurilor verzi poate avea o încărcare mare în substanțe organice (exprimată în CCO-Cr), fenoli și azotați, încărcare rezultată din chiar procesul de fermentare. Producerea de levigat poate fi redusă sau prevenită prin monitorizarea și corectarea nivelului de umiditate în compost și prin folosirea de spații de compostare acoperite. În cazul spațiilor de compostare descoperite se pot amenaja canale de colectare a levigatului, stocare și recircularea în compost în funcție de necesități (asigurarea nivelului de umiditate optim al compostului).

Excesul de levigat poate fi introdus în sistemul de canalizare, stocat și pompat în rețeaua de canalizare orășenescă sau în bazinul vidanjabil, după o preepurare corespunzătoare, confirmată de analize de laborator care să ateste încadrarea în limitele legale.

Pentru reducerea pericolului de poluare a apelor subterane sunt necesare următoarele măsuri:

- proiectarea unei rețele speciale de colectare a levigatului;
- colectarea levigatului din zonele de tratare și posttratere și evacuarea controlată din incintă;

42. Compostarea nămolurilor - 2

- folosirea de sisteme de impermeabilizare a suprafețelor posibil a fi contaminate (argila, materiale sintetice).

Sursele de poluare și discomfort produse de stațiile de compostare:

1. Apele evacuate din incintă

Apele evacuate din incintă sunt definite ca :

- a) ape pluviale poluate cu substanțe colectate din incinta stației;
- b) ape folosite în procesele de producție și care sunt poluate cu substanțe poluante specifice proceselor de producție (apele care sunt folosite la spălarea mijloacelor de transport, a halelor de producție, etc).

Apele evacuate din incintă care au intrat în contact cu deșeurile primite, deșeurile parțial tratate, compostul nematurat, apele de spălare și apele pluviale colectate de pe anumite suprafețe nu pot fi evacuate din incintă fără a fi preepurate. Sistemul folosit este de colectare, preepurare și evacuare în rețeaua de canalizare orășenească sau într-un bazin vidanjabil.

Evacuarea în rețeaua de canalizare orășenească (direct sau cu autovidanța) sau într-un emisar natural trebuie să se facă doar pe baza unor analize de laborator care să ateste conformitatea cu cerințele legale [65,66].

2. Mirosul

Mirosurile neplăcute pot apărea pe perioada colectării, transportului, depozitării și compostării în special dacă apar fenomene de compostare anaerobă. Compostarea anaerobă poate duce la generarea de compuși urât mirositori cum sunt: acizii organici, mercaptanii, hidrogenul sulfurat, amoniacul, etc.

3. Zgomotul

Zgomotul este generat de mașinile care intră și ies din stație și echipamentele de lucru (mori, concasoare, site tambur, etc).

Măsurile pentru reducerea nivelului de zgomot la nivelul zonelor locuite învecinate sunt :

- construirea și exploatarea corespunzătoare a zonei-tampon;
- includerea de specificații tehnice pentru echipamentele de producție (prevederea cu sisteme de reducere a zgomotului);
- întreținerea corespunzătoare a echipamentelor de lucru;
- stabilirea unui program de limitare a traficului în incintă și în exterior (pe ore și zile).

4. Purtătorii de germeni infecțioși

Șobolani, șoareci, muște, țânțari, etc sunt „potențiali” vizitatori ai unei stații de compostare. Măsurile necesare a fi luate pentru eliminarea lor de pe amplasament sunt: păstrarea curată a incintei și halelor, menținerea de procese aerobe și temperaturi corespunzătoare proceselor în zonele de compostare și maturare, etc.

5. Incendii

În perioada foarte caldă a anului, dacă compostul se usucă și devine prea cald, apare pericolul de ardere spontană (autoaprindere). Substanțele organice din compost pot lua foc instantaneu chiar și la o umiditate de 25-45%.

Se impun a fi luate o serie de măsuri :

- asigurarea unei înălțimi de maxim 3 m a grămezilor de material compostabil pe durata compostării;
- menținerea unei temperaturi în compost de maxim 60°C;

- dotarea incintei cu un rezervor de apă pentru incendiu și cu instalații de intervenție în cazul apariției unui focar de incendiu;
- interzicerea depozitării în incinta stației de compostare de materiale inflamabile: uleiuri, benzină, motorină, etc).

6. Reziduuri antrenate de vânt

Reziduurile antrenate de vânt, din cadrul unei stații de compostare, pot deveni o sursă de poluare și disconfort pentru zonele locuite învecinate. Acestea sunt, în principal, materiale plastice și hârtie în care au fost ambalate deșeurile și din care mici părți se regăsesc după pretratare în materialul compostabil. Aceste reziduuri pot fi controlate prin:

- transportul deșeurilor în mijloace de transport acoperite;
- primirea, procesarea și ambalarea materialelor reciclabile în spații închise;
- adunarea lor din incintă, după fiecare operație care are loc în spații deschise.

7. Compuși organici volatili (COV)

Compușii organici volatili (ex. benzene, chloroform, tricloretilena) prezintă un potențial risc pentru stațiile de compostare. Aceste substanțe pot apărea în cazul acceptării în stațiile de compostare a anumitor deșeuri de lemn care conțin solvenți și vopseluri. Există riscul generării de emisii de COV de-a lungul procesului de compostare, când se emană cantități importante de căldură. Combinarea procesului de aerare forțată, amestecarea deșeurilor și temperatura ridicată poate elibera COV în spațiile de lucru sau/și în atmosferă.

Tehnicile de eliminare a COV-urilor sunt foarte costisitoare și este de preferat neacceptarea deșeurilor care pot genera, prin tratare, apariția de COV.

2.5. Fazele procesului de compostare

- faza biooxidativă și
- faza de maturare.

2.5.1. Faza biooxidativă

Faza biooxidativă cuprinde 3 etape:

- *faza mezofilă are loc* în timpul primelor 25 de zile ale ciclului de compostare. În timpul acestei faze, microorganismele *psichrofile* și *mezofile* tind să se dezvolte, iar temperatura crește până la 40-50 °C ca o consecință a biodegradării constituenților organici. Faza se caracterizează prin faptul că bacteriile mezofile și diferite categorii de fungi inițiază procesul de compostare și degradează compușii organici cu molecule cu greutate moleculară medie din masa de compostat, proteine, lipide hidrați de carbon în compușii simpli precum zaharuri, aminoacizi, alcoolii grași, etc.

- *faza termofilă* se petrece între a 30-a și a 110-a zi a procesului de compostare. În timpul acestei faze, temperatura depășește limitele de toleranță ale micro-organismelor mezofile și permite dezvoltarea microorganismelor termogene.

Controlul temperaturii și menținerea ei la 65 °C în interiorul grămezii de compost este asigurat prin ventilare și stropire cu apă.

Căldura generată din procesele metabolice ale fazei termofile a procesului de compostare este eficientă în distrugerea agenților patogeni aflați în număr crescut în nămoluri și produsul poate fi folosit cu succes la tratarea solurilor. Microorganismele termofile degradează molecule mari de polimeri organici naturali prezenți în cantități mari în dejecții de animale: grăsimi, celuloză, hemiceluloză, lignină, etc. Faza termofilă este faza de degradare maximă a materiei organice din dejecții împreună cu distrugerea maximă a agenților patogeni și a semințelor de buruieni.

- *faza de răcire* este faza în care în masa compostului temperatura descrește, se reduce activitatea bacteriană, iar masa de compost este recolonizată cu microorganisme mezofile, care degradează fracțiunile de molecule rezultate din faza termofilă, adică resturi de celuloză, hemiceluloză, etc.

2.5.2. Faza de maturare

Transformările materiei din faza de maturare conduc la compostul final, care conservă substanțele humice în scopul utilizării lor ca sursă de nutrienți adecvați pentru creșterea plantelor.

Compușii organici rezultați prin descompunere metabolică biooxidativă se stabilizează și se maturează sub forma materiei humice mai greu biodegradabilă.

Principala calitate a compostului privind siguranța utilizării lui în fertilizarea solurilor agricole este gradul de maturare a materiei organice și absența compușilor fitotoxici, a materialului patogen pentru plante și animale.

Parametrii fizici controlați în timpul procesului de compostare sunt densitatea, porozitatea, dimensiunea particulelor, temperatura, umiditatea, factorii chimici controlați sunt: conținutul de nutrienți, raportul C/N, pH-ul, conținutul de oxigen, etc. iar factorii biologici sunt: biocenoza, activitatea enzimatică etc. Cu ajutorul parametrilor controlați se pot determina condițiile optime pentru dezvoltarea biocenozei specifice și a degradării materiei organice la compuși chimici biodisponibili pentru plante.

Microorganismele implicate în procesul de compostare necesită o sursă de energie bazată pe carbon organic biodegradabil și o sursă de nutrienți pe bază de azot și fosfor pentru metabolismul propriu. Raportul carbon:azot este important pentru că determină viteza de descompunere a materiei organice. Raportul C/N indicat în procesul de compostare trebuie riguros ales, deoarece se consideră că microorganismele necesită trei părți greutate carbon pentru o parte greutate azot. Un raport C/N scăzut poate încetini procesul de compostare, în acest caz există un exces de substanțe cu conținut de azot față de compușii ce conțin carbon biodegradabil. Ca urmare se produce azot amoniacal în exces și au loc pierderi de amoniac, prin volatilizare sau prin spălarea masei de compost. În acest caz se poate corecta raportul C/N prin adaos de substanțe cu conținut de carbon biodegradabil sau cu conținut de azot, după cum este cazul [67-72].

2.6. Aplicare compost

Întrucât substanțele organice și nutritive prezintă interes pentru fermieri, compostul bogat în materii organice este considerat un mijloc valoros de ameliorare a solului.

În cazul composturilor cu folosință finală în agricultură, produsul final trebuie să fie echilibrat, din punct de vedere nutrițional, cerințelor solului și să corespundă cantitativ potențialului de aplicare. PH-ul substratului este un criteriu important în desemnarea tipului de vegetație.

Un alt aspect care trebuie luat în considerare în cazul folosirii compostului în agricultură este prezența metalelor grele în nămolul orășenesc. Se impun a fi făcute teste de sol și teste privind calitatea compostului pentru a se stabili dacă acesta se poate împrăști pe sol.

Altă problemă de mediu pentru aplicarea compostului pe sol este cea de protecție sanitară:

- se aplică pe terenuri aflate la cel puțin 1500 m față de punctele de captare a apei potabile pentru localitate;
- se aplică la distanțe de peste 500 m față de zone locuite;
- se va asigura o distanță de cel puțin 100 m față de râuri, lacuri și bălți și se vor lua măsuri împotriva scurgerilor înspre aceste ape;
- se vor aplica la cca 1000 m față de perimetre turistice și de agrement.

La aplicarea repetată a compostului pe bază de nămol trebuie respectate reguli privind structura culturilor agricole [72-76].

CAPITOLUL III. CULTURI AGRICOLE ȘI PAJIȘTI

Prin pajiște înțelegem acea suprafață de teren acoperită de ierburi perene care poate fi pășunată sau cosită pentru fân. În zona mai înaltă și unde predomină pășunatul acestea se numesc pășuni, iar zonele mai joase, unde de regulă cosim le numim fânețe.

În România a fost promulgată Legea nr. 214/2011 numită Legea pajiștilor. Potrivit legii, vor fi supuse regimului de organizare, administrare și exploatare toate categoriile de pajiști, din toate zonele, cu excepția pajiștilor care urmează să fie împădurite, dacă împădurirea se realizează cu respectarea condițiilor locale de mediu. Toate pajiștile vor fi exploatate pe baza unor amenajamente pastorale obligatorii, elaborate de Ministerul Agriculturii și plătită de cei care folosesc pajiștile.

Legea definește pajiștile, plantele furajere erbacee și fânețele astfel:

a) **pajiște** – suprafață agricolă de pășuni, fânețe și islazuri comunale consacrată producției de iarbă și de alte plante furajere erbacee, însămânțate sau naturale, care nu fac parte din sistemul de rotație al culturilor din exploatații de cel puțin 5 ani și care sunt administrate de către agricultori pentru pășunatul animalelor și producerea de furaje, cu respectarea bunelor condiții agricole și de mediu;

b) **iarbă și alte plante furajere erbacee** - toate plantele erbacee care se găsesc în mod natural pe pășuni, fânețe și islazuri comunale sau sunt incluse în amestecurile specifice pentru însămânțări și supraînsămânțări, din familiile de graminee și de leguminoase utilizate ca furaje în hrana animalelor erbivore, pe baza cărora se calculează producția, valoarea nutrițională a pajiștei și capacitatea de pășunat;

Pentru perioada de vară, necesarul de furaje de volum este iarba, asigurată de pășunile naturale. Iarba este unul dintre cele mai ieftine și mai complexe furaje, are o digestibilitate ridicată de 70-90%. Iarba conține aproximativ de 10 ori mai multe vitamine B, C, D decât fânul, iar clorofila din iarbă mărește conținutul de hemoglobină, eritrocite și leucocite din sânge. Întreținerea animalelor la pășune este mai economică și mai sănătoasă.

Pentru obținerea de cantități de furaje, necesare (masă verde) aceste culturi trebuie întreținute (cele cultivate trebuiesc înființate), cele existente trebuie curățate de spini, mușuroaie și fertilizate. Dintre toate culturile de furaj, pajiștile răspund cel mai bine, cel mai economic la aplicarea îngrășămintelor, în mod direct efectul se observă în sporuri considerabile de lapte, carne. Rezultatele din cercetare estimează că 1 kg de azot s.a. realizează 10-15 litri de lapte sau 1-3 kg carne spor de creștere în greutate.

Pajiștile naturale au o structură floristică și o valoare economică foarte variabilă la nivel de țară, regiune, județ, deoarece sunt determinate de un complex de factori cum ar fi altitudinea, nivelul precipitațiilor, natura solului și modul de exploatare. Vegetația pajiștilor este o rezultată a acestor factori și în funcție de aceasta apare o explozie de masă verde în lunile mai-iunie, urmată de una de regres (iulie-august) și din nou un mic progres (septembrie-octombrie).

O pajiște bogată este aceea care are în compoziția floristică graminee (specii de Festuca, Dactylis, Lolium, Phleum, Poa), plus leguminoase (trifoi alb, roșu, ghizdei, mazăricea, etc).

Pentru creșterea producției de furaje la hectar și creșterea calității acestora sunt necesare o serie de măsuri tehnologice de suprafață prin aplicarea unor lucrări la nivelul solului, fără o mobilizare profundă a acestuia, cu scopul creerii unor condiții optime de viață pentru plantele valoroase din covorul ierbos.

Azotul este considerat elementul mobil principal care trebuie asigurat în mod regulat, an de an, dacă ponderea plantelor leguminoase este scăzută. Azotul stimulează dezvoltarea părților vegetative, stimulează înfrățirea și refacerea plantelor după pășunat sau cosit și contribuie la sinteza proteinelor. De regulă doza de azot, ce se administrează pe pajiști, crește de la zona de câmpie spre cea de deal. Doza recomandată este de 50 – 150 kg azot s.a./ ha, 30 - 50 kg fosfor s.a./ ha.

Fosforul este prezent în toate organele plantelor, participă la sinteza proteinelor. Carența în fosfor din furaje se consideră a fi o cauză principală a sterilității animalelor. Un nutreț bun trebuie să conțină 0,65-0,70% P₂O₅. La fertilizare se folosesc îngrășăminte chimice și îngrășăminte organice. Efectul îngrășămintelor asupra producției depinde în mare măsură de: condițiile naturale, doza de îngrășămintele folosite, raportul NPK, epoca de aplicare, tipul de pajiște pe care se aplică.

Dintre factorii climatici, precipitațiile și repartiția lor pe perioada de vegetație, împreună cu temperatura, au un rol deosebit asupra gradului de valorificare a îngrășămintelor.

Pentru întreținerea pajiștilor se pot folosi toate tipurile de îngrășămintele organice. Fertilizarea prin târlire este un sistem foarte simplu, ieftin și eficient. Se recomandă a se aplica 30-40 tone/ha gunoi de grajd de regulă toamna sau primăvara foarte timpuriu. Are efect 4-5 ani.

Combaterea buruienilor prezintă importanță în funcție de modul prin care acestea dăunează. Astfel sunt: plante care dăunează vegetației pe pajiște (*Rumex sp.*, *Urtica dioica*, *Carlina acualis*, *Rinanthus minor*), plante care schimbă gustul și culoarea laptelui (*Alliaria officinalis*, *Alium ursinum*, *Artemisa austriaca*, *Matricaria chamomilla*), plante care dăunează calitatea cărnii (*Alium ursinum*, *Chelidonium majus*, *Lapidium ruderale*), plante care depreciază calitatea lânii (*Artium lappa*, *Xanthium spinosum*, *Xanthium strumarium*) și plante toxice (*Adonis vernalis*, *Cicuta virosa*, *Colchicum autumnale*, *Euphorbia cyparisis*, *Gratiola officinalis*, *Ranunculus sce-leratus*, *Veratrum album*, etc).

O altă grupă de combatere este prin metodele directe de acțiune asupra îndepărtării buruienilor, combaterea prin cosiri repetate înainte ca buruienile să producă semințe, stopând modalitatea lor de viață; combaterea pe cale chimică cu ajutorul erbicidelor.

În România, pajiștile ocupă o suprafață de 3,4 milioane ha, iar fânețele - 1,5 milioane ha, reprezentând 34% din suprafața agricolă a țării, ceea ce situează țara noastră, după această dimensiune, pe locul cinci în Europa. 97% din suprafețele cu pășuni și fânețe din România sunt în domeniul privat și doar 3% în domeniul public. Circa două treimi din această suprafață este utilizată prin pășunat cu animalele, iar restul, de o treime, se folosește prin cosit, pentru obținerea fânului.

Sub aspectul producției și calității, pajiștile din țara noastră se caracterizează printr-o mare diversitate. Dacă în unele zone există pajiști valoroase, cu producție ridicată și de calitate bună, pe suprafețe mult mai mari se întâlnesc pajiști degradate, slab productive, a cărui rol în baza furajeră este mai mult simbolic. [78-81].

3.1. Îmbunătățirea caracteristicilor solurilor distruse

3.1.1. Cauzele degradării solurilor

Solul este partea superficială a scoarței terestre care permite dezvoltarea plantelor și animalelor. El s-a format de-a lungul timpului prin acțiunea îndelungată și interdependentă a factorilor climatici și biotici asupra rocilor parentale. Spre deosebire de celelalte resurse naturale, solul este limitat ca întindere și are caracter de fixitate. Odată distrus, el nu se va mai putea reface așa cum a fost, pentru că nu se pot reproduce condițiile formării lui [82].

Degradarea solului prin pierderea fertilității, se produce din diferite cauze și anume: prin exportul de elemente nutritive din sol odată cu recolta, prin asanarea mlaștinilor, prin eroziunea cauzată de despăduririle masive sau pășunatul excesiv, prin acidifiere, salinizare, precum și prin poluarea cu produse chimice [83].

Poluarea solului constă în schimbarea compoziției calitative și cantitative, schimbare care afectează evoluția normală a biocenozelor aferente lui [84].

O altă cauză a degradării terenurilor agricole o reprezintă depozitele de cenușă rezultată din arderea lignitului în centrale termice. Aceste depozite prezintă un potențial de risc datorat unor fenomene naturale de eroziune produsă de vânt și apă. Spălările datorate precipitațiilor, în special a torenților, antrenează cantități mari de cenușă pe care o transportă pe terenuri situate la distanțe mari. În aceste condiții are loc transportul unor săruri solubile, metale toxice cu apele care le împrăștie în toate direcțiile. Scurgerile rezultate din spălarea depozitelor de cenuși ajung în apele de adâncime din zonele limitrofe. Astfel se constată o creștere a cantităților de Cd, Pb, Fe, Cr, etc. în pânza freatică din zone limitrofe

În funcție de agentul provocator, fenomenele de eroziune se clasifică în: eroziunea prin apă, eroziunea prin vânt, eroziunea chimică, eroziunea mecanică, eroziunea biologică, eroziunea prin sărătură, eroziunea provocată sub acțiunea ghețarilor, eroziunea provocată sub acțiunea valurilor.

O altă clasificare a fenomenului de eroziune, după perioada de timp în care are loc, este descrisă ca: eroziune normală (geologică), eroziune accelerată (antropică).

Eroziunea normală - reprezintă procesul de desprindere, spălare, transport, ce are loc în condițiile în care, procesele de solificare, de acumulare a materiei organice și procesele de desprindere și transport (de dislocare a particulelor de sol) include și o discordanță, în sensul că, procesul de acumulare, de formare a solului, este predominant față de procesul distructiv al solului. Acest fenomen are loc în condițiile în care, factorii de mediu, de vegetație, nu sunt modificați de intervenția omului.

Eroziunea accelerată - reprezintă procesul prin care, între rata de desprindere, de transport și rata de formare, de acumulare a materiei organice, se formează un dezechilibru. De aceea, fenomenul de eroziune ce acționează asupra terenurilor (a solurilor) reprezintă un proces distructiv, de degradare a mediului, deoarece în situația în care, nu se iau măsurile corespunzătoare de atenuare a fenomenelor, poate conduce la dispariția stratului de sol, la apariția rocilor și fundamentării procesului de deșertificare biologică.

Protecția solului se poate realiza prin dezvoltarea unei agriculturi ecologice, care să nu afecteze componentele mediului și să dea, în același timp, produse de calitate. Se

impune reducerea treptată a combaterii chimice a dăunătorilor cu cea biologică, trebuie evitată practica monoculturilor și trebuie luate toate măsurile ce se impun pentru ameliorarea solurilor degradate [86-96].

CAPITOLUL IV. HALDE DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ

4.1. Formarea și amplasarea haldelor de zgură și cenușă



Imaginea unei halde de zgură și cenușă

Centralele termice care funcționează pe bază de cărbune sunt principalele surse de energie, peste tot în lume. În centralele pe bază de cărbune se ard materiale bituminoase, subbituminoase, antracit, lignit sau alte tipuri de combustibili fosili caracteristici zonelor, pentru a genera energie termică și electrică.

Cărbunele este un amestec de material organic combustibil cu material anorganic necombustibil. Combustia cărbunelui produce reziduuri solide (zgură și cenușă) care rezultă din fracția necombustibilă. Caracteristicile fizice și chimice ale reziduurilor sunt controlate de natura cărbunilor utilizați la combustie, de condițiile de operare și condițiile de post combustie. Peste 90% din procedeele de combustie utilizează combustia clasică a cărbunelui, tehnologie care cere uscarea cărbunelui și pulverizarea în camera de ardere la 1300 – 1700°C.

În anul 1920 apare pentru prima dată sesizarea privind cantitățile mari de cenușă care rezultă în lume și care se ridică la milioane de tone anual. Arderea cărbunelui conduce la formarea în timp a unor depozite deschise, uriașe, de cenușă. Aceste deșeuri solide includ cenușa zburătoare, cenușa grea și zgurătoare.

Zgura și cenușa reprezintă o parte din subprodușii rezultați din arderea combustibililor în centrale termo-electrice, 70 – 75 % este reprezentată de cenușa zburătoare. Depozitarea lor este principala metodă de eliminare a deșeurilor. În prezent utilizarea cenușii este în proporție de mai puțin de 30%.

Țările care generează cantitățile cele mai mari de cenușă din lume sunt SUA, China, India și Rusia, de peste 100 milioane de tone/an fiecare. Cantitatea anuală de cenuși zburătoare produsă în lume este estimată la 500 milioane tone, din care 55,5 milioane tone se produc în Europa, în țările UE [97].

Cenușa se depozitează fie pe halde special amenajate, fie în depresiuni naturale sau create, când varianta utilizată de combustie este metoda uscată. În cazul când se

utilizează metoda umedă, cenușa este preluată cu jet de apă și transportată prin conducte sub forma unei suspensii care se depozitează în lagune, bazine de sedimentare artificiale sau eleștee, de unde apa separată poate fi colectată și reutilizată pentru un nou transport.

După 1980 câmpurile de depozitare au fost înlocuite cu bazine de depozitare și aproximativ 80% din producția totală de cenușă zburătoare este depozitată în acest mod (date USEPA 1988). Aceasta nu este însă o soluție bună datorită spațiului limitat disponibil depozitării, însoțit de valori mari ale prețului de cost și a faptului că particulele ușoare ocupă mult spațiu și pun totodată serioase probleme pentru mediul înconjurător [97].

În țările puternic industrializate și dezvoltate sub presiunea reglementărilor guvernamentale, a grupările ce conduc acțiuni de protecția mediului dar și a prețului de cost tot mai ridicat privind depozitarea acestora, problema managementului acestor produse devine tot mai stringent [98-100].

În România ca și în celelalte țări ale lumii, ponderea cea mai mare a centralelor termice este ocupată de cele pe combustibil solid, ca urmare problema depozitării zgurii și cenușii este de mare actualitate. Odată cu intrarea României în Uniunea Europeană există obligația conformării la Directivele Europene, respectiv la Directiva nr.1999/31/EC, care prevede închiderea tuturor depozitelor neconforme de zgură și cenușă până în anul 2013 [101,102]. Agențiile Pentru Protecția Mediului au emis autorizații de mediu cu Planuri de acțiune pentru Centralele Electrice pe combustibil solid care se supun din punct de vedere al capacității Directivei IPPC, în care au impus pe lângă măsuri de reducere a poluanților din emisiile de gaze de ardere (montarea de instalații de desulfurare, electrofiltre, etc) și măsuri de închidere a depozitelor (haldelor de zgură și cenușă) neconforme și respectiv de construire a unor depozite conforme. Costul acestor depozite conforme care să respecte prevederile BAT (Best AvailableTechnics) sunt însă foarte mari și de aceea Uniunea Europeană vine în sprijinul țărilor membre cu fonduri nerambursabile pentru a le putea realiza.

Depozitele de cenușă sunt în general lipsite de vegetație, au aspect de zonă deșertică, prezintă un potențial mare de răspândire a materiei sub formă de particule fine în atmosferă și/sau pe sol. Cenușa produce poluări ale atmosferei, ale solului și subsolului și dezagremente însemnate locuitorilor din zonele învecinate acestor depozite. Alt inconvenient al acestor halde sau depozite se datorează spălării acestora de apele din precipitații, antrenarea particulelor de cenușă și poluarea solului și a subsolului cu poluanți specifici, cum ar fi metalele grele [103-106].

Modificările naturale ale straturilor superioare de cenușă ca de exemplu îmbogățirea lor în materii humice rezultate din alternarea ciclurilor vegetative, chiar și a unei vegetații foarte sărace poate modifica caracteristicile cenușii, dar acest fenomen este de foarte mare durată [107-110]. Pentru a adopta metoda cea mai eficientă de vegetare a zonei este necesar un studiu preliminar efectuat pe variante experimentale.

Foarte multe depozite de cenuși (zgură) abandonate sunt în atenția specialiștilor pentru vegetare, pentru a preveni eroziunile [107-109].

4.2. Date generale despre CET ARAD

Centrala electrică de termoficare pe lignit Arad desfășoară o activitate cuprinsă în Anexa I a O.U.G. nr. 152/2005 aprobată prin Legea 84/2006: „1.1. *Instalații de ardere cu o putere termică nominală mai mare de 50 MW*”. Centrala are în funcțiune 2 instalații mari de ardere care asigură un necesar de energie termică de 253 Gcal/h apă fierbinte, 26 t/h abur industrial și 50 MW energie electrică.

Instalațiile mari de ardere din dotarea CET lignit Arad, în funcțiune sunt următoarele:

- 1 cazan de abur energetic de 420 t/h (Pt = 403MW) 137 MPa, 540°C;
- 2 cazane de abur industrial de 100 t/h (Pt = 2 x 80 MW) 1,5 MPa, 250°C

Societatea produce și livrează :

- energie termică sub forma de apă fierbinte pentru consumatorii racordați la rețeaua de termoficare urbană ;
- energie electrică – livrată în Sistemul Energetic Național.

Cazanele energetice aflate în exploatarea S.C. C.E.T. ARAD S.A. permit arderea lignitului și a gazelor naturale (suport de flacără pentru susținere și pornire):

Cărbunile tip lignit utilizat are o putere calorifică medie și provine din țară, din minele Companiei Naționale a Lignitului Târgu Jiu.

Caracteristicile fizico-chimice ale tipului de cărbune utilizat sunt următoarele:

-umiditate totală	41%
-cenușă	24,5 %
-putere calorifică inferioară	1550 Kcal/kg
-componente volatile în masa brută	19,6 %
-conținutul de carbon inițial	20,2 %
-conținutul de hidrogen	1,9 %
-conținutul de sulf combustibil	0,8 %
-substanțe xiloide	10 %

Cenușa rezultată din ardere se prezintă sub formă de pulbere foarte fină, iar zgura la ieșirea din cazan are dimensiuni de 3-4 mm. Cele două componente au compoziție chimică asemănătoare.

Centrala evacuează hidraulic zgura și cenușa rezultate din arderea lignitului, la depozitul de zgură și cenușă amplasat la cca 2 Km de centrală, raportul de apă cenușă la evacuare fiind de aproximativ 10:1. Depozitul de zgură și cenușă se află la cota de 117 m față de nivelul Mării Baltice, ocupă o suprafață de 65 ha, este împărțit în 3 compartimente având o capacitate disponibilă de stocare de 1,8 mil. tone la bază și în jur de 4 mil tone prin supraînălțare;

Umplerea depozitului cu zgură și cenușă în compartimente se face astfel încât să se mențină în permanență o gardă pentru volumul necesar antrenării viiturilor. Garda de 0,5 m asigurată la fiecare supraînălțare este acoperitoare. Depunerea zgurii și cenușii are loc în trepte, constând din supraînălțări executate succesiv în compartimentele depozitului.

Prin funcționare la capacitate nominală a întregului profil al centralei, se poate evacua o cantitate de cca. 500.000 tone zgură și cenușă pe an. Apa provenită din hidrotransportul zgurii și cenușii se recirculă la centrală prin pompare, fiind preluată din

14 foraje de interceptie. Apa poluată exfiltrată din haldă este captată și împreună cu apa decantată captată prin puțurile deversoare se recirculă și se reutilizează.

Halda de zgură și cenușă este prevăzută cu drenaje și canal de gardă. De asemenea, pe teritoriul haldei, există 8 foraje de control pentru urmărirea calității apelor subterane. Pentru evitarea spulberărilor de cenușă de pe compartimentele de depozitare, se folosește o rețea de stropire a depozitului, alimentată cu apă de la o stație de pompare. Pe rețeaua de stropire sunt prevăzuți hidranți la care se racordează aripile mobile de stropire prin aspersiune. Pluvialul captat prin sistemul de drenuri decantat în cele 3 bazine de retenție este reutilizat la stropitul depozitului de zgură și cenușă.

Cenușa rezultată din arderea lignitului la CET Arad are în medie o compoziție chimică prezentată în Tabelul nr. 4.1. [110,111].

Tabel nr.4.1. Compoziția chimică a cenușii utilizate la CET Arad

Nr. crt.	Indicator	Simbol probă/ determinate UM: mg/kg s.u.	Metoda de analiză
1.	Cupru	58,3	SR ISO 11047/99
2.	Cadmium	<0,2	SR ISO 11047/99
3.	Crom total	43,5	SR ISO 11047/99
4.	Nichel	47,9	SR ISO 11047/99
5.	Plumb	<1	SR ISO 11047/99
6.	Zinc	46,1	SR ISO 11047/99
7.	Mercur	<0,05	SR EN 1483/08
8.	Seleniu	<0,13	SR EN ISO11885/09 SR ISO 11466/99
9.	Arsen	24,5	SR EN ISO 11885/09 SR ISO 11466/99
10.	Vanadiu	52,3	SR EN ISO 11885/09 SR ISO 11466/99

Deoarece CET ARAD a fost cuprins în H.G. nr. 349/2005 privind depozitarea deșeurilor care transpune Directiva nr.1999/31/EC privind depozitarea deșeurilor, cu perioadă de închidere a depozitului în anul 2013, unitatea a întocmit un proiect de închidere a hălzii de zgură și cenușă, proiect ce constă în acoperirea acestuia cu două straturi de sol, din care cel superior va avea 15 cm înălțime și va fi înierbat [101,102]. Închiderea urmând a se face etapizat, pe compartimente astfel încât activitatea de depozitare să continue o perioadă mai lungă pe amplasament.

Datorită faptului că solul vegetal este foarte scump, din discuțiile purtate cu responsabilii de mediu din cadrul unității a rezultat un interes al acestora pentru utilizarea nămolului de la stația de epurare a municipiului Arad, la închiderea depozitului și respectiv înierbarea acestuia, pentru a putea fi redat circuitului natural al zonei și a corecta aspectul estetic grav afectat de depozitarea de zeci de ani a zgurii și cenușii.

Studiile efectuate în cadrul lucrării de doctorat vin în sprijinul titularilor depozitelor de zgură și cenușă, implicit a celui de la Arad pentru a realiza închiderea depozitului într-un mod cât mai benefic pentru mediu și populația învecinată depozitului, poluată ani de-a rândul cu pulberi, mai ales în perioadele cu vânt puternic.

4.3. Parametri caracteristici ai cenușii

4.3.1. Proprietăți fizico-chimice ale cenușii

Depozitele de zgură și cenușă ajung să conțină milioane de tone de materie anorganică lipsită de nutrienți, de vegetație care să restricționeze eroziunea, datorată deflației, precipitațiilor și variațiilor de regim termic în zonele agricole limitrofe. În particular depozitele deschise de zguri și cenuși pot elibera treptat timp de zeci de ani din constituenții prezenți : produse toxice de exemplu metale grele: Cd, Cr, Cu, Zn etc. produși cancerigeni ca de exemplu HAP-uri.

Condițiile fizico-chimice și biologice pot influența puternic instalarea și creșterea plantelor pe depozitele de cenușă.

Limitele chimice sunt date de valorile inițiale prea mari pentru pH, săruri și alte elemente, precum și lipsa nutrienților N, P, etc.

Impedimentele fizice includ restricții privind creșterea rădăcinilor în straturile compactate natural de particulele fine și formarea unui strat cimentat datorită naturii cenușii.

Factorii microbieni pot include în general lipsa activității microbiene din topsol (lipsa de microorganisme simbiotice așa precum *Rhizobium* și micoreze).

Deoarece, cenușa conține 60-63% particule fine, aceasta este ușor preluată de curenții de aer și purtată la distanțe mari acoperind apoi suprafețe întinse de culturi. Eroziunea cauzată de vânt este cel mai adesea, cauza poluării celei mai frecvente provenită de la haldele de cenușă. Suprafața haldelor de cenușă poate fi stabilizată cu o emulsie bituminoasă de motorină diesel sau alți reactivi chimici cu caracteristici de stabilizator. Acoperirea haldelor de cenușă cu sol sau încorporarea de sol sau de îngrășăminte organice în straturile superioare ale haldei pot preveni pierderile de cenușă zburătoare. Doar acoperirea haldei de cenușă cu vegetație poate înlătura riscul semnificativ de eroziune cauzată de vânt.

Textura fină a cenușii determină pierderea rapidă a apei, conductibilitatea apei din zonele laterale depozitului de cenușă poate fi mai mare decât a apei care percolează vertical straturile. Permeabilitatea apei în depozit mărește eroziunea cauzată de ploi care se vor scurge mai ușor în lateral și în acest fel apa de percolare (care ajunge în pânza freatică) va fi mai săracă în elemente toxice decât permeatul care ajunge în apele de suprafață sau pe soluri adiacente.

Incorporarea materiei organice în stratul de suprafață poate mări stabilitatea structurală și infiltrarea.

Proprietățile pozolanice ale cenușii zburătoare pot pune de asemenea probleme în cazul în care cenușa se amestecă cu apa. În majoritatea cazurilor cenușa formează straturi cimentate, compacte care reduc aerarea, infiltrarea apei și penetrarea rădăcinilor. Cimentarea pe de altă parte, reduce spălarea sărurilor și a metalelor, dar poate conduce la formarea de canale și în acest fel se reduce volumul de cenușă expus la percolări. Când stratul cimentat formează cruste, acestea trebuie sparte și trebuie încorporat în stratul superficial amendamente organice sau sol care să prevină reformarea crustei.

O situație complicată se crează în lagune unde se depozitează cenuși. Straturile de cenușă cimentează în prezența apei împiedicând rădăcinile să penetreze prin straturile solidificate.

Cantitatea de sol mixat cu stratul de cenușă poate ajunge la 50%. Rezultatele experimentale arată că, un amestec de sol cu cenușă tinde să aibă o densitate mai mică, o capacitate de reținere a apei mai mare, o conductivitate hidraulică mărită.

Capacitatea mărită de reținere a apei în sol va determina o mai mare disponibilitate a apei pentru plante. Particulele mici de cenușă sunt adesea poroase și pot reține apa.

În cazul unui sol nisipos se poate mări capacitatea de reținere a apei prin adsorbție de cenușă cu particule poroase. Unii autori consideră că, amendarea unor soluri cu cenușă cu particule poroase poate contribui la obținerea de caracteristici convenabile creșterii plantelor. Dacă cenușa adăugată are caracteristici pozolanice atunci trebuie evitat un amestec mai mare de 10-20% cenușă în sol.

Cantități mai mari de cenușă pot determina efecte de cimentare în special la soluri nisipoase și pot astfel perturba dezvoltarea rădăcinilor.

PH-ul cenușii este cuprins între valorile: 4,5–12. Uneori poate fi mai mare de 12 fapt ce limitează creșterea plantelor. Un pH ridicat poate induce o deficiență de preluare a nutrienților esențiali ca de exemplu fosforul și a unor microelemente esențiale în metabolism: Fe, Mn, Zn, Cu. Un pH ridicat determină precipitarea acestor elemente în compuși insolubili neaccesibili pentru plante.

Cenușa alcalină poate determina însă o acumulare excesivă a unor elemente în plante așa precum As, Se, V, etc, deoarece solubilitatea acestora crește la creșterea de pH și aceste elemente devin biodisponibile.

Reducerea creșterii plantelor și simptome de deficiențe de fosfor și zinc sunt adesea observate la plantele care cresc pe haldele de cenușă.

Creșterea de pH și creșterea valorii parametrului de schimb ionic pentru Ca, Mn se înregistrează când o cenușă alcalină se adaugă ca amendament la soluri acide.

Capacitatea de neutralizare a pH-ului unor straturi de cenușă foarte alcalină, depinde de sursa cenușii și de vechimea depozitului. S-a stabilit că capacitatea de neutralizare naturală este corelată invers proporțional cu conținutul de Si și Fe și corelată direct proporțional cu conținutul de Ca și Mg. Neutralizarea este mai greu de realizat la o cenușă din clasa C, cu conținut $\text{CaO} > 15\%$ decât una din clasa F unde $\text{CaO} < 10\%$. Studiile de laborator au arătat că pH-ul cenușii poate fi neutralizat și prin adaosul unui sol care să conțină peste 20-30% CaCO_3 sau un alt echivalent de neutralizare.

Din studiile efectuate s-a observat că pH-ul unui sol acid crește de la 5,4 la 9,9 prin adaos de cenușă alcalină ca amendament în doză de 8%.

În cazul vegetării depozitului de cenușă, atunci când se are ca scop formarea unui amestec fertil (amestec cenușă + sol fertil sau cenușă + fertilizator organic) la suprafața acestuia, cenușa care are o capacitate ridicată de neutralizare, va crește considerabil pH-ul solului sau fertilizatorului organic adăugat. Mai mult, cenușa amestecată cu ingredientele de mai sus are în continuare rolul de a tampona reacțiile de acidificare (ca de exemplu nitrificarea).

Cantitatea de săruri solubile poate ajunge la valori foarte mari în depozitele de cenușă. Astfel conductivitatea electrică poate depăși $> 13 \text{ dS/m}$. Se știe că majoritatea

plantelor prezintă reacții adverse la valori $\geq 4,5$ dS/m. Ca urmare salinitatea reprezintă un factor important pentru vegetarea depozitului de cenușă.

Salinitatea solului crește considerabil când solurile normale sunt amestecate cu cenușă proaspătă. Aceasta este însă însoțită de o creștere semnificativă a concentrației de Ca solubil în apă și un grad mai redus de solubilizare a Mg.

Depozitele vechi de cenușă prezintă o reducere substanțială a concentrației sărurilor solubile, datorită spălării depozitului, în timp. Depozitarea în lagune va reduce considerabil concentrația de săruri solubile din depozit.

Se apreciază că este necesară o perioadă de 2-4 ani ca un anumit strat de cenușă din depozit (de exemplu pe o adâncime de 1 m) să piardă cantități însemnate de săruri pentru a putea fi utilizat ca amendament pentru soluri sau pentru ca suprafața respectivă să poată fi acoperită de vegetație.

Aplicarea cenușii pe soluri determină creșterea concentrației de ioni extractibili prin schimb ionic și anume: Ca, Ba, Pb, Mo, Se, S, B și Sr și alte elemente. Gradul de îmbogățire a solului cu poluanți depinde de cantitatea adăugată și de ritmicitatea adăugării. Pe de altă parte cenușă poate fi un adaos esențial în ceea ce privește compactarea solurilor sărăcite cu microelemente esențiale pentru plante ca de exemplu Mg, Mo, S, Zn.

Se constată însă, în plantele cultivate pe haldele de cenușă ca atare sau pe soluri amestecate cu cenușă, o acumulare semnificativă de B, Se, As, Mo, Sr, S. Dimpotrivă, concentrația unor elemente precum Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, P poate să scadă considerabil în țesutul plantelor, crescute pe astfel de soluri. Aceste aspecte sunt atribuite caracterului alcalin care determină precipitarea acestor metale ca hidroxizi insolubili în soluția solului și astfel aceste elemente devin greu accesibile sau chiar inaccesibile pentru plante.

Se cunoaște că plantele crescute pe cenuși vor acumula mult As și Mo, dar concentrația acestora în plante nu aduce prejudicii acestora. Acumularea în țesutul plantei nu este toxică pentru plante, dar este toxică pentru viețuitoarele care ingerează această iarbă.

Numeroși cercetători au observat o concentrație crescută de metale toxice în țesutul plantelor crescute pe cenuși, de ex. concentrația de Se este de 4-5 mg/kg, care reprezintă toxicitatea limită pentru consumatori.

Multe studii au fost efectuate privind cantitatea, activitatea și natura comunităților microbiene din depozitele de cenușă.

Depozitele recente de cenușă prezintă un mediu steril. Toți factorii discutați anterior: pH-ul, cantitatea de săruri solubile, elemente toxice, condiții fizice pot limita colonizarea stratului superficial de cenușă și cu atât mai mult straturile inferioare.

Lipsa substratului microbial se datorează lipsei substratului de carbon care oferă condiții dezvoltării activității heterotrofe, precum și lipsa unei surse adecvate de azot. Studii recente arată că, numărul de microorganisme crește odată cu colonizarea cu plante a haldei. În mod particular creșterea plantelor și moartea lor poate forma acumulări de materie organică și nutrienți, atât în stratul mai profund cât și la suprafață și în acest mod favorizează activitatea microbială.

În lipsa substratului organic și a unei surse adecvate de N, trebuie un adaos de materie organică cu raport mic C:N, care este foarte important în refacerea peisajului depozitului de cenușă. Relativa sterilitate a depozitului de cenușă trebuie distrusă prin

însămânțarea de plante specifice, prin inocularea de fungi care sunt asociați cu activitatea rizosferei pentru multe plante, cu bacteria *Rhizobium*, bacterie care este asociată cu activitatea rădăcinilor la speciile leguminoase. Când plantele sunt însămânțate sau plantate direct în cenușă ele au nevoie de inocul bacterian pentru a se dezvolta.

Pentru a depăși aceste neajunsuri este necesar a se dispersa pe suprafața haldei de cenușă fertilizatori organici care să fie ulterior amestecați cu stratul superior de cenușă. Se aduc astfel în topsoil nutrienții necesari și o cultură densă de microorganisme. [112,113].

4.3.2. Impactul haldelor de zgură și cenușă asupra mediului înconjurător

4.3.2.1. Impactul ecologic

Deoarece, cenușa conține 70-75% particule fine, aceasta este ușor preluată de curenții de aer și purtată la distanțe mari acoperind apoi suprafețe întinse de culturi și poluarea așezărilor umane aflate în apropiere.

Textura fină a cenușii determină pierderea rapidă a apei, conductibilitatea apei din zonele laterale depozitului de cenușă poate fi mai mare decât a apei care percolează vertical straturile. Permeabilitatea apei în depozit mărește eroziunea cauzată de ploii care se vor scurge mai ușor în lateral și în acest fel apa de percolare (care ajunge în pânza freatică) va fi mai săracă în elemente toxice decât permeatul care ajunge în apele de suprafață sau pe soluri adiacente.

Datorita antrenărilor eoliene în cazul depozitelor de zgura sau alte pulberi apar spulberări de cenușă (un număr de 20-30 /an), efectele resimțindu-se în perimetrul și zonele limitrofe haldelor: acidifierea, precipitațiile (depunerile) acide, efectul de seră, distrugerea stratului de ozon. De asemenea este afectată vizibilitatea în zonele respective, aerul devine irespirabil, se distrug clădiri, duce la uzura prematură a sistemelor electrice (contornare izolatori și stâlpi de înalta tensiune), favorizează creșterea sensibilității la diferite boli ale aparatului respirator, diminuează sau distruge recoltele etc.

Potențialul de risc al acestor depozite se datorează unor fenomene naturale de eroziune produsă de vânt și apă. Spălările datorate precipitațiilor în special a torenților antrenează cantități mari de cenușă și o transportă pe terenuri la distanțe mari. În aceste condiții are loc transportul unor săruri solubile, metale toxice cu apele care le împrăștie în toate direcțiile. Scurgerile rezultate din spălarea depozitelor de cenușă ajung în apele de adâncime din zonele limitrofe. Astfel se constată o creștere a cantităților de Cd, Pb, Fe, Sb, etc, în pânza freatică. Pe de altă parte cantități importante de particule solide fine dislocate din straturile de cenușă vor fi transportate pe terenurile agricole înconjurătoare

Ațiunea termocentralelor se mai poate clasifica și din punctul de vedere al impactului produs de poluanți asupra diferitelor compartimente ale mediului înconjurător. Din acest punct de vedere, impactul pe care-l au termocentralele pe cărbune poate fi:

- Impact estetic;

- Impact climatic;
- Impact asupra apelor subterane și a celor de suprafață;
- Impact asupra solului;
- Impact asupra vegetației;
- Impact asupra sănătății oamenilor.

Poluarea cu cenușă. Cenușa de termocentrală are o textură grosieră și reacția slab alcalină. În cazul acumulării cenușii pe sol în cantități mari, de-a lungul timpului are loc modificarea caracteristicilor chimice și fizice ale învelișului edafic, constând în creșterea reacției, comparativ cu solurile nepoluate și modificarea compoziției granulometrice prin aportul acestui material cu textură grosieră.

Metalele grele (mercur, plumb, cadmiu) sunt compuși care nu pot fi degradați pe cale naturală, având un timp îndelungat de remanentă în mediu, iar pe termen lung sunt periculoși deoarece se pot acumula în lanțul trofic. Metalele grele pot proveni de la surse staționare și mobile: procese de ardere a combustibililor și deșeurilor, procese tehnologice din metalurgia metalelor neferoase grele și trafic rutier. Metalele grele pot provoca afecțiuni musculare, nervoase, digestive, stări generale de apatie, pot afecta procesul de dezvoltare a plantelor, împiedicând desfășurarea normală a fotosintezei, respirației sau transpirației.

În particular, cenușa antrenată de curenții de aer poate produce o serie de neajunsuri atunci când este transportată spre zonele locuite. Apar diferite afecțiuni ca de exemplu inflamarea ochilor, a mucoaselor, a pielii și chiar a aparatului respirator la om sau animale. Constituenții toxici și/sau mutageni ai acestor particule sunt considerate metalele, hidrocarburile aromatice policiclice, etc. Pe de altă parte o serie de metale grele toxice precum Cd, Se, Cu, Zn, As, etc, sunt preluate de plantele care cresc în zonele contaminate și care pot ajunge în hrana omului și a animalelor.

Eroziunea cauzată de vânt produce cel mai adesea poluarea cu pulberi de la haldele de cenușă. Suprafața haldelor de cenușă poate fi stabilizată cu o emulsie bituminoasă de motorină diesel sau alți reactivi chimici cu caracteristici de stabilizator. Folosirea acestor substanțe nu sunt benefice pentru mediu deoarece produc și ele o poluare locală pe un amplasament deja poluat.

Spălările datorate precipitațiilor în special a torenților antrenează cantități mari de cenușă și o transportă pe terenuri la distanțe mari. În aceste condiții are loc transportul unor săruri solubile, metale toxice cu apele care le împrăștie în toate direcțiile. Scurgerile rezultate din spălarea depozitelor de cenuși ajung în apele de adâncime din zonele limitrofe. Astfel se constată o creștere a cantităților de Cd, Pb, Fe, Sb, etc. în pânza freatică. Pe de altă parte cantități importante de particule solide fine dislocate din straturile de cenușă vor fi transportate pe terenurile agricole înconjurătoare.

În particular, cenușa antrenată de curenții de aer poate produce o serie de neajunsuri atunci când este transportată spre zonele locuite. Apar diferite afecțiuni ca de exemplu inflamarea ochilor, a mucoaselor, a pielii și chiar a aparatului respirator la om sau animale. Constituenții toxici și/sau mutageni ai acestor particule sunt considerate metalele, hidrocarburile aromatice policiclice, etc. Pe de altă parte o serie de metale grele toxice precum Cd, Se, Cu, Zn, As, etc, sunt preluate de plantele care cresc în zonele contaminate și care pot ajunge în hrana omului și a animalelor [114-118].

Metoda cea mai ecologică o reprezintă acoperirea haldelor de cenușă cu sol sau încorporarea de sol sau de îngrășăminte organice în straturile superioare ale haldei pentru a forma un strat de pământ fertil. Doar acoperirea haldei de cenușă cu vegetație poate înlătura riscul semnificativ de eroziune cauzată de vânt [113].

Pentru a veni în sprijinul metodei de înierbare a haldelor de zgură și cenușă a fost necesar a se iniția strategii de acoperire cu vegetație a acestor halde din mai multe considerente:

- stabilizarea suprafețelor împotriva deflației și a eroziunii apelor;
- reducerea cantității de apă care rezultă din spălarea acestor depozite și respectiv poluarea pânzei freatice;
- aspecte estetice.

Cercetările actuale din întreaga lume includ și încorporarea unei anumite cantități de materie organică în straturile superioare ale haldei de cenușă, inocularea unui strat microbial și inițierea unei vegetații rezistente la condițiile biogeochimice și climatice care să aibă în vedere adaptarea unor specii de plante care pot contribui ulterior la fixarea azotului în sol.

În vederea reducerii depozitelor de cenușă s-au efectuat numeroase studii privind valorificarea cenușilor și anume:

- ca și component pentru diferite materiale de construcții - betoane, cărămizi;
- ca material de substituie a unor construcții de lemn;
- pentru stabilizarea unor terenuri, ca material de bază pentru drumuri, pentru consolidări și reabilitare a unor zone distruse;
- ca amendament pentru solurile agricole.

De exemplu în Germania se valorifică 83% din cantitatea totală de cenușă, în Danemarca 73%, în Franța 60%, în Anglia 60%, în Polonia 50%, în SUA 32%, în China 25%, în India 15%. Cea mai mare utilizare a cenușii este încorporarea în diverse materiale pentru construcții și ca material de bază la construcția de drumuri.

Este deci evident că restul țărilor care nu reciclează cenușa de centrală au depozite imense cu acest material. O astfel de situație este prezentă în țări precum China, India, SUA unde se reciclează doar o cotă parte foarte redusă din aceste reziduuri. Se estimează că în prezent cca 70% din totalul de cenușă care rezultă anual rămâne depozitată sub diferite forme, iar cantitatea de cenușă crește de la an la an.

Depozitele de cenușă pot fi de mai multe feluri:

- închise și abandonate de zeci de ani;
- închise recent;
- active, depunerile conținând periodic.

Pentru managementul acestora pe termen lung trebuie efectuate studii cu privire la caracteristicile geografice, pedoclimatice a acestor zone, respectiv la caracteristicile materialului care a fost depus și la efectele momentane și pe termen lung.

Pentru a adopta metoda cea mai eficientă de vegetare a zonei este necesar un studiu preliminar efectuat pe loturi experimentale situate pe suprafața depozitului de cenușă studiat. Foarte multe depozite de cenuși (zgură) abandonate sunt în atenția specialiștilor pentru vegetare, pentru a preveni eroziunile [120-123].

4.3.2.2. Alterarea estetică a peisajului

Pe lângă poluarea pe care o produc haldele de zgură și cenușă datorită antrenării de către vânt a pulberii și împrăștierea acestora pe vegetație, terenurile agricole, locuințe, etc precum și asupra solului prin poluarea acestuia și a apelor freatice cu metale grele prezente în zgură și cenușă, un impact important este și cel estetic. Peisajul oferit de haldele de zgură și cenușă este unul selenar, arid, asemănător cu un peisaj deșertic, lipsit de vegetație.

Termocentralele pe cărbune sunt poluatori importanți, deosebit de complecși. Coșurile de evacuare ale gazelor de ardere reprezintă *sursele înalte* de poluare a mediului în timp ce haldele de cenușă *sursele joase*.

Sursele înalte evacuează în atmosferă cantități mari de poluanți gazoși, pulberi metalice și cenuși zburătoare. Poluanții de acest gen sunt dispersați pe distanțe mari, funcție de:

- înălțimea coșului;
- viteza gazelor la ieșirea de pe coș;
- direcția și intensitatea curenților de aer.

În prezent, când din ce în ce mai mult se folosește combustibilul solid pentru producerea energiei electrice, centralele electrice au devenit o sursă importantă de poluare a mediului înconjurător. Cantitatea și felul poluanților sunt dependente de calitatea combustibililor fosili folosiți și de tehnologia fiecărei centrale termoelectrice. În general emisiile termocentralelor constau în: CO₂, CO, SO₂.NO, NO₂, vapori de apă, hidrocarburi, săruri volatile (cloruri, fluoruri, sulfați etc.) [124].

Un coș de termocentrală de mare capacitate împrăște zilnic în atmosferă 3-5 vagoane praf de cărbune ners și cenușă și 500 tone compuși ai sulfului (în principal SO₂), suspensii pe care vântul le antrenează în jurul termocentralei pe o rază de 25 km [125].

4.4. Vegetarea haldelor de zgură și cenușă

În cazul vegetării depozitului de cenușă, atunci când se are ca scop formarea unui amestec fertil (amestec cenușă + sol fertil sau cenușă + fertilizator organic) la suprafața acestuia, cenușa care are o capacitate ridicată de neutralizare, va crește considerabil pH-ul solului sau fertilizatorului organic adăugat. Mai mult, cenușa amestecată cu ingredientele de mai sus are în conținut rolul de a tampona reacțiile de acidificare (ca de exemplu nitrificarea).

4.4.1. Fertilizarea straturilor superioare cu nămoluri orășenesti

În condițiile pericolului de epuizare a resurselor de materii prime în întreaga lume își face tot mai mult loc ideea necesității creerii unor tehnici și elaborării unor tehnologii care să determine schimbări radicale în metodele de producție industrială, utilizarea cât mai completă a resurselor secundare, creșterea gradului de recirculare și folosire succesivă a resurselor, prin adoptarea așa-numitelor tehnologii fără deșeuri. Se

va putea astfel preîntâmpina criza determinată de epuizarea resurselor de materii prime, prin asigurarea unui înalt grad de reciclare a materiilor prime și reducerea substanțială a volumului de deșeuri [126].

Cercetările actuale din întreaga lume includ și încorporarea unei anumite cantități de materie organică în straturile superioare ale haldelor de cenușă, inocularea unui strat microbial și inițierea unei vegetații rezistente la condițiile biogeochimice și climatice care să aibă în vedere adaptarea unor specii de plante care pot contribui ulterior la fixarea azotului în sol.

Modificările naturale ale straturilor superioare, ca de exemplu îmbogățirea lor în materii humice rezultate din alternarea ciclurilor vegetative, chiar și a unei vegetații foarte sărace poate modifica caracteristicile *solului*. Pentru a adopta metoda cea mai eficientă de vegetare a zonei este necesar un studiu preliminar efectuat pe loturi experimentale situate pe suprafața depozitului de cenușă studiat.

Etapetele unei strategii de vegetare a depozitelor de cenușă sunt:

- stabilirea speciilor de plante rezistente la condițiile pedoclimatice ale zonei [127].
- încorporarea în stratul de suprafață a unor amendamente organice
- adaosuri de amendamente biotehnologice cu specii adecvate [128].

În unele cazuri strategia de vegetare are drept scop alegerea speciilor de arbori și arbuști pentru a transforma depozitul într-un spațiu agreabil atât ca peisaj cât și ca viitor habitat pentru diferite specii de animale, păsări sălbatice.

4.4.2. Toleranța plantelor

Plantele au anumite toleranțe la tipurile de sol pe care se aplică. Selecția speciilor de plante este un factor important în determinarea succesului reabilitării unor soluri degradate [118,129-130]. Speciile alese trebuie să reziste la un nivel ridicat de elemente toxice și adesea la un pH-alcalin al mediului.

Limitele cu privire la instalarea și creșterea plantelor pe depozitele de cenuși se referă la: un pH prea ridicat, deficiențe de microelemente nutritive precum Fe, Mn, P, Cu, Zn, Ca, etc, o mare cantitate de săruri solubile, potențialul toxic al unor elemente așa precum metalele grele, B, As, etc, proprietăți de cimentare excesivă ale topsolului care sunt induse prin procesul tehnologic de stabilizare a straturilor de cenușă, lipsa activității microbiene și altele. Pe aceste loturi trebuie să se însămânțeze specii recomandate de specialiști. Evaluarea în timp a gradului de germinare, dezvoltarea plantelor și perpetuarea plantelor introduse va sta la baza unui program strategic general de vegetare a zonei [131-133].

În ciuda potențialului limitat de creștere a plantelor pe aceste depozite de cenuși/zguri, materialul ca atare are un potențial agronomic ridicat. El poate fi utilizat cu succes ca amendament agricol, pentru a determina productivitatea recoltelor datorită: capacității de reținere a apei, prezenței micro și macroelementelor (în limitele prescrise de normele în vigoare), capacității de tamponare a pH-ului solului, etc.

Metodele tradiționale de fertilizare a depozitelor de cenușă utilizează un strat de sol agricol de 5-10 cm. Acest strat oferă condiții favorabile dezvoltării plantelor. Când solul nu este disponibil se pot utiliza biosolide uscate, diferite composturi, gunoi de pasăre, compost verde și altele. Aceste materiale se amestecă cu stratul superficial de cenușă 5-10 cm pentru a forma un strat de sol fertil, artificial [134-136].

Stratul de cenușă este lipsit de materia organică necesară pentru creșterea plantelor și adaosul de substanțe organice inițiază ciclul nutrienților. Mulți cercetători arată că aceste substanțe organice folosite promovează un ecosistem în stratul format și susține comunități microbiene necesare în formarea condițiilor de creștere a plantelor.

Pentru vegetare depozitelor de zgură și cenușă, depozite ce conțin cantități importante de metale toxice, se selectează acele specii de plante care să acumuleze cantități cât mai reduse de metale, deoarece odată cu instalarea unui strat vegetal zona este vizitată de fauna specifică zonei geografice, care ar putea fi pusă în pericol la consumul biomasei potențial periculoasă. Pentru a realiza instalarea rapidă a unui strat vegetal se utilizează fertilizatori organici și amendamente [60,128]. Speciile de plante ce vor fi utilizate pentru vegetarea depozitelor trebuie să fie recomandate de specialiști [137-139].

Evaluarea în timp a gradului de germinare, dezvoltarea plantelor și perpetuarea plantelor introduse va sta la baza unui program strategic general de vegetare a zonei.

Condițiile fizico-chimice și biologice pot influența puternic instalarea și creșterea plantelor pe depozitele de cenușă.

Pentru a crea condiții de vegetare este necesar a se dispersa pe suprafața haldei de cenușă fertilizatori organici care să fie ulterior amestecați cu stratul superior de cenușă. Se aduc astfel în topsoil nutrienții necesari și o cultură densă de microorganisme [140].

Selecția speciilor de plante este un factor important în determinarea succesului reabilitării depozitului. Speciile alese trebuie să reziste la un nivel ridicat de elemente toxice, la capacitatea redusă de retenție a apei, etc. Dintre speciile de plante unele sunt tolerante iar altele sunt sensibile la componentele cenușii, de exemplu:

- leguminoase tolerante: *Melilotus*, *Medicago Sativa*
- leguminoase sensibile: *Vulgaris*, *Vicia sativa*, etc.

Din experiența cercetărilor britanici, se observă că cele mai tolerante plante sunt leguminoasele, gramineele, etc [72]. Cercetările se divid în studiul comportării unor specii tolerante: secara și grâul și specii sensibile precum ovăzul și orzul. Dintre ierburi cele mai tolerante sunt *Lolium perene* și *Festuca rubra*.

În studiile raportate [141], s-a urmărit gradul de instalare a unei culturi de plante *Onobrochis vicifolia* pe parcele experimentale din cadrul unui bloc de culturi. Parcelele experimentale de cenușă sunt fertilizate cu compost, amendate cu tuf vulcanic indigen ce permit fixarea azotului în porii materialului, respectiv cu compost cu adaos de tuf vulcanic indigen. Totodată s-a urmărit fitotoxicitatea metalelor Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn prezente în cenușă asupra culturii *Onobrochis vicifolia* și gradul de acumulare a acestor metale în partea aeriană a plantei. Studiile au evidențiat necesitatea utilizării unui fertilizator organic în amestec cu materiale anorganice de tipul tufului vulcanic și selectarea unei specii de plante compatibile cu mediul de cultură. Utilizarea unei variante de tratare a straturilor de cenușă cu compost și tuf vulcanic modificat au evidențiat că specia de leguminoase selectată *Onobrochis vicifolia* se instalează repede la nivelul 3 pe scara Braun-Blanquet. Reducerea bioacumulărilor de metale toxice din țesutul aerian al plantei ca de exemplu plumb și nichel de 72-79%, cupru și zinc 50-68%, permite obținere unei biomase cu grad de pericol redus pentru fauna care vizitează zona [141].

Specia *Onobrychis viciifolia* a fost selectată pentru vegetarea parcelelor de cenușă din următoarele motive:

- poate fi cultivată în zone erodabile, unde alte culturi nu rezistă și unde previne eroziunea datorată precipitațiilor și vântului;
- poate fi cultivată în zone foarte secetoase, fără irigare, în cultură ca atare;
- permite fixarea azotului în sol;
- odată instalată cultura produce cantități mari de sămânță,
- specia preferă terenuri ce conțin calciu, acesta fiind furnizat pe de o parte de cenușă, care conține între 6,7-10,2%CaO și de tuful vulcanic indigen [141].

4.4.3. Plante reprezentative pentru vegetarea haldelor de zgură și cenușă

Din plantele recomandate pentru vegetarea haldelor de zgură și cenușă amintim câteva, utilizate în studiile de față și anume:

4.4.3.1. Sparceta (*Onobrychis viciifolia*)



Imagine reprezentând plante de sparceta

Sparceta (*Onobrychis viciifolia*) este o plantă erbacee leguminoasă cu flori roșii trandafirii și cu fructul în formă de păstaie. Este o plantă furajeră valoroasă, folosită în hrana animalelor sub diferite forme: masă verde la grajd, pășune sau fân.

Nutrețul de sparceta are un conținut ridicat de proteine și săruri minerale, precum și un grad mare de palabilitate și digestibilitate.

Sparceta este o foarte bună plantă meliferă, datorită conținutului ridicat de nectar și a perioadei lungi de înflorire (25 de zile).

Sparceta reușește atât în cultura pură cât și în amestec cu alte plante. Valorifică bine solurile sărace, erodate, fiind superioară lucernei din acest punct de vedere și este mai puțin pretențioasă și mai rezistentă la secetă.

Din punct de vedere agrotehnic, acumulează în sol cantități mari de azot, iar datorită sistemului radicular, care posedă însușirea de a solubiliza o serie de compuși greu solubili, lasă în sol cantități însemnate de săruri de fosfor, calciu și potasiu, în

forme ușor accesibile pentru alte plante. Totodată după sparceta rămân în sol cantități însemnate de rădăcini și resturi organice, care îmbogățesc calitatea nutrițională a solului în aceeași măsură ca și aplicarea de 20-30 tone gunoi de grajd la hectar. Datorită însușirilor menționate, sparceta este o bună plantă premergătoare pentru majoritatea culturilor [142]. La noi în țară sparceta se cultivă cu precădere în Podișul Transilvaniei și în zonele sud-estice ale țării. Soiul cel mai valoros este Splendid, omologat în anul 1992 [143]. Sparceta este o plantă puțin pretențioasă față de climă și sol, rezistă mai bine la ger și secetă și valorifică superior solurile sărace, erodate, pietroase, uscate.

Sparceta are capacitatea de a produce cu ajutorul bacteriilor de nodozități cantități importante de azot. În același timp datorită rădăcinilor profunde și robuste explorează un volum mare de sol, solubilizează cantități mari de fosfor, potasiu și calciu din forme mai puțin accesibile pentru alte culturi [143].

Sparceta se seamănă primăvara timpuriu, în cultura pură sau amestec, fără plantă protectoare, la 12-13 cm între rânduri și la adâncimea de 2-4 cm, folosind 70-80 sămânță kg/ha.

Intervalul optim de recoltare este cuprins între mijlocul fazei de îmbobocire și mijlocul fazei de înflorire.

Sparceta este mai puțin productivă decât lucerna și trifoiul, produce în medie 5-6 tone/ha fân, respectiv 25-30 t/ha masă verde.

4.4.3.2. Orz (*Hordeum vulgare*)



Imagine reprezentând spice de orz

Regiunea de origine a orzului este Orientul Apropiat, ca și zona balcanică de est. Mărturiile istorice cele mai vechi despre orz datează din anii 10 500 î.e.n. Începând cu anii 8.000 î.Hr. în Egiptul Antic orzul apare ca orz sălbatic (*Hordeum vulgare*), iar de prin anii 7.000 î.e.n. se face o cultivare selectivă a orzului. De prin anii 5.000 (î.e.n.) se cultivă orzul și în Europa centrală. Deoarece, prin varietățile sale, se poate cultiva în condiții climatice extreme, orzul a asigurat și asigură hrana locuitorilor unor regiuni unde puține culturi reușesc (Tibet, Siberia, Maroc, etc).

Hordeum vulgare L. (Orzul) este o specie de plante cerealiere aparținând genului *Hordeum* care face parte din familia Poaceae. Planta atinge înălțimea de 0,7 - 1,2 m. Fructul este un spic cu mustăți lungi. Spicul copt atârână pe tulpina plantei. Există diferite variante de spic de orz cu numărul de grăunțe pe spic variind, de la varianta orzului de vară la cea de iarnă.

Recolte bune de orz se obțin pe solurile cu textură mijlocie, permeabile, cu pH de 6,5-7,5 și fertile [144].

Dintre toate cerealele cultivate pentru boabe în climatul temperat, orzul prezintă cea mai scurtă perioadă de vegetație. Coacerea boabelor de orz este rapidă, recoltarea acestora nesuferind întârziere (supracoacerea conduce la pierderi însemnate de recoltă).

Orzul se dezvoltă bine în special pe terenuri joase umede, dar se adaptează și la condiții mai vitrege. Rădăcina orzului este mai redusă cu 8,7% din masa totală a plantei decât a grâului. La înfrățire fiecare frate formează rădăcini proprii ca și la grâu, secară și ovăz.

Orzul este mai rezistent la temperaturi ridicate decât grâul, secara și ovazul. Orzul are puterea de străbateră mai redusă decât alte cereale. Semănat prea adânc (6-7 cm) dacă solul formează crustă puternică, deseori colțul nu poate răsări. Perioada optimă de semănat a orzului de toamnă, după *G.Sin*, este între 20 septembrie - 5 octombrie. Semănarea în afara perioadei optime are consecințe negative asupra producției [145]. Densitatea de semănat a orzului de toamnă este de 450-500 boabe germinabile/mp. Adâncimile de semănat nu trebuie să depășească limitele indicate, deoarece plantele răsar greu, mai ales dacă se formează crustă, orzul având o putere mai slabă de străbateră. Adâncimea de semănat influențează atât intervalul semănat-răsărire, cât și dezvoltarea ulterioară a plantelor. Cantitatea de sămânță la hectar, la densitatea amintită, pentru orz este între 160-200 kg/ha, în funcție de MMB, puritate și germinație.

Pentru asigurarea unei recolte optime de orz se recomandă a se face două udări cu norma de 400-500 mc/ha la începutul alungirii paiului și în faza de burduf. Se recomandă udarea prin aspersiune [145].

Recoltarea spicelor de orz se face când acestea ajung să se coloreze în galben intens. Recolta per hectar a orzului de vară atinge 40-60 dt, iar cea a orzului de iarnă între 50 - 90 dt, (recoltă de grăunțe).

Orzul este o cultură cerealiară cu utilizări multiple: ca furaj, la fabricarea berii, în alimentație s.a. Timp îndelungat a fost una din culturile principale împreună cu grâul și meiul. În ultimele decenii importanța orzului s-a redus, iar suprafața cultivată s-a restrâns de 3-4 ori. Grăunțele de orz reprezintă un furaj concentrat valoros pentru animale (păsări, vaci, porci, cai). În furajare, se mai folosesc tăratele și paie. Înainte de coacere, sub formă de masă verde, fân, siloz sau borceag, orzul reprezintă de asemenea un bun furaj [144].

Importanța orzului în hrana oamenilor este legată în mod deosebit de cafea, malt și producerea berii. În alimentația omului, orzul, deși prezintă slabe capacități panificabile prin conținutul foarte mic de gluten, rămâne o cereală importantă și sănătoasă. Boabele măcinate de orz intră în compoziția aluaturilor din care se fabrică pâinea multicerealieră, iar boabele întregi sau măcinate se folosesc sub formă de crupe (griș, arpacaș, pufarine). Cel mai mare producător mondial de orz este China.

4.4.3.3. Ovăzul (*Avena Sativa*)



Imagine reprezentând plante de ovăz

În comparație cu grâul și orzul, ovăzul este mai puțin pretențios față de sol, dând rezultate bune chiar și pe soluri cu fertilitate mai redusă. Datorită sistemului radicular bine dezvoltat, ovăzul are o capacitate mare de valorificare a elementelor nutritive din compușii grei solubili ai solului.

Cultivarea acestuia este recomandată și pe solurile mai sărace, din zonele cu climat mai umed, cu frecvență scăzută a verilor secetoase [144].

Ovăzul valorifică foarte bine substanțele nutritive rămase în sol de la plantele premergătoare fertilizate puternic cu îngrășăminte organice și chimice. De aceea cele mai bune premergătoare sunt: porumbul, floarea soarelui, leguminoasele pentru boabe.

Aparatul vegetativ este format din tulpini cu înălțime de 80-120 cm, formate din 5-8 internoduri, cu ligula bine dezvoltată și fără urechiușe. Inflorescența este de tip panicul, cu 3-9 etaje de ramificații. Spiculețele sunt formate din 2-3 flori, acoperite cu glume mari, din care a treia, de regulă, este sterilă. Fructul este o cariopsă, care, la maturitate, rămâne îmbrăcat în palee, fără a fi concreșcută cu bobul ca în cazul orzului.

Perioada recomandată de semănat pentru ovăz este primăvara cât mai devreme, imediat ce condițiile climatice și starea terenului o permit. Când temperatura solului este de 2-3 °C. Distanța de semănat este de 12,5 cm între rânduri, iar adâncimea de semănat de 3-4 cm. Norma de semănat: 140-160 kg/ha. Doza optimă de semănat este de 400-450 boabe germinabile/m². /SIN/.

Producțiile de ovăz variază mult, în funcție de condițiile de cultivare, între 1500-2500 kg/ha boabe. Raportul boabe: paie este de 1:2 [146].

Valoarea economică și furajeră a ovăzului este dată de următoarele însușiri:

- sub formă de boabe, ovăzul este un furaj concentrat foarte important în hrana animalelor, mai ales în alimentația cabinelor;
- boabele de ovăz au un conținut relativ ridicat în proteine (10-17%), în extractive neazotate (54-62%), în grăsimi (4,3-6,9%);
- pentru producția de masă verde sau fân se cultivă în amestec cu mazărea sau mazăricea de primăvară, formând borceagurile de primăvară;
- palele și pleava de ovăz au valoare furajeră mai mare decât a celor de grâu și secară

- în hrana oamenilor, ovăzul se utilizează sub formă de grișuri, fulgi de ovăz, făină, mai ales în alimentația copiilor și a celor cu regim dietetic;
- în regiunile colinare ovăzul se folosește ca plantă protectoare pentru trifoiul roșu.

În țara noastră în ultimii ani ovăzul este cereala păioasă de primăvară cea mai cultivată, suprafața fiind în jur de 100 000 ha [146].

4.4.3.4. Trifoiul roșu (*Trifolium pratense*)



Imagine reprezentând plante de trifoi roșu

Trifoiul roșu (*Trifolium pratense*) este o plantă ierboasă care se regăsește din plin pe teritoriul României, în zona de deal și de munte. Soiurile autohtone sunt mai bine adaptate condițiilor ecologice specifice țării noastre (ex. Olimp, Ovidiu, Intensiv, etc [143]).

Trifoiul aparține familiei Leguminoase și face parte din flora spontană din Europa, Asia și unele regiuni din Africa. În România este foarte des întâlnit în flora spontană prin fânețe, pășuni, rășiști de pădure, livezi, buruienișuri de coastă, mai frecvent în regiuni de deal și munte, dar este și cultivat pe arii extinse.

Trifoiul roșu are rădăcina puternică, pivotantă, bine dezvoltată, lungă de până la 100 cm, cu numeroase ramificații. Rădăcina principală formează un rizom multicapitat, situat practic la suprafața solului, care se adâncește în sol pe măsura înaintării în vârstă a plantelor. Tulpina sa este dreaptă, înaltă de 30-70 cm și crește în grupuri de câte 2-5 bucăți la un loc. Frunzele sunt trifoliolate, cu codițe lungi, cele de la baza plantei sunt ușor păroase, celelalte au pe suprafață o pată mai deschisă la culoare. Florile au formă globuloasă, sunt de culoare violacee spre roz, mai deschise la bază, iar inflorescența ajunge până la 2-3 cm diametru. Infloresțe din luna mai până în septembrie.

Norma recomandată de SIN pentru semănarea Trifoiului roșu este de 18-20 Kg/ha. Perioada de semănare optimă este în perioada 1-15 martie în zonele de câmpie și 1-30 martie în zonele colinare. Adâncimea optimă de încorporare a semințelor este de 1,5-2 cm primăvara [145].

Trifoiul roșu are o productivitate ridicată cca 6-10 t/ha S.U., este o plantă bogată în proteină brută, conține caroten și vitamine precum vitamina C și E. Datorită rezistenței relativ bună la temperaturi scăzute, mai ales la formele tardive și intermediare și a rezistenței scăzută la secete trifoiul roșu se cultivă în zonele colinare, unde cantitatea de precipitații > 600 mm.

Trifoiul este o plantă amelioratoare a solului, datorită azotului biologic pe care îl fixează prin simbioză [143].

Pe teritoriul țării noastre, trifoiul roșu a fost principala cultură furajeră în Transilvania și Bucovina iar sămânța de trifoi roșu, principala marfă de export încă din anul 1880. Trifoiul roșu „de Transilvania” era foarte apreciat în Austria și Germania, datorită rezistenței sale la iernare, potențialului productiv și calității furajului. Pe piața internațională el era identificat după micile granule de „pământ negru” (cernoziom) care se găseau printre semințe, dovadă că provenea din Transilvania.

Trifoiul este o plantă utilizată în agricultură și în creșterea animalelor, dar are și proprietăți curative.

4.4.3.5. Raigrasul peren (*Lolium perenne*)



Imagine reprezentând plante de raigras englezesc

Denumirea comună a plantei *Lolium perenne* este de raigras englezesc. Această graminee perenă își are originea în Algeria și Maroc, dar datorită calităților sale dovedite de-a lungul timpului, în prezent se cultivă la scară largă și naturalizat în întreaga lume.

Frunzele sunt de culoare verde închis, netedă și lucioasă pe suprafața inferioară, cu laturi paralele și vene proeminente paralele pe suprafața superioară. Inflorescența este un spic compus, alcătuit din spiculețe dispuse cu partea îngustă pe rachis. Este răspândit pe pajiștile revene (umede), din regiunea de șes până la munte. Este o plantă valoroasă de nutreț.

Raigrasul se dezvoltă normal pe toate tipurile de sol, inclusive pe cele grele, cu condiția ca planta să fie asigurată cu apă pe toată perioada de vegetație. Plantele sunt mai puțin pretențioase față de PH-ul solului, producând eficient în intervalul 5,5-8,5 [143].

Raigrasul nu se numără printre culturile exigente față de lucrările solului, dar este necesară o mărunțire a patului germinativ înainte de însămânțare, pentru favorizarea unei răsări normale.

Perioada optimă de semănare este între 1-15 septembrie în zonele de câmpie și 20 august-5 septembrie în zonele colinare. Norma utilă de sămânță este de 20-22 kg/ha, iar adâncimea optimă de încorporare a seminței este de 2-2,5 cm [145].

Lolium perenne este o graminee foarte rezistentă la atacul dăunătorilor, ca urmare nu necesită tratamente fitosanitare. De asemenea planta are o mare capacitate de a combate buruienile, ca urmare nu sunt necesare lucrări de erbicidare.

Cultivarea pe suprafețe din ce în ce mai mari a raigrasului aristat se datorează mai multor însușiri ale acestei plante furajere. Raigrasul aristat are un potențial mare de producție de peste 80 t /ha. masă verde, sau 15-20 t/ha fân în cultură neirigată. Raigrasul aristat are un grad ridicat de consumabilitate și digestibilitate și o valoare nutritivă ridicată.

Recoltarea coasei I se face pentru furajarea la iese și are loc într-o perioadă de 26-28 zile, din momentele în care plantele ajung la o înălțime de 35-40 cm. recoltarea celei de a II-a coase și a coaselor următoare se face la interval de 28-30 de zile, când plantele se află la mijlocul fazei de înspicare, [143].

Lolium perenne este o graminee utilizată atât la prepararea furajelor pentru animale, la pășunatul direct, dar și în scop decorativ pentru amenajarea grădinilor, oferind un gazon rezistent și colorat într-un verde închis. Se pot utiliza semințe singure de *Lolium perenne* pentru amenajarea unui gazon decorativ, cât și în amestec cu alte semințe de graminee (*Festuca rubra*, *Phleum*, *Trifolium*, etc).

4.5. Limite în creșterea plantelor

Limitele cu privire la instalarea și creșterea plantelor pe depozitele de cenuși se referă la: un pH prea ridicat, deficiențe de microelemente nutritive precum Fe, Mn, P, Cu, Zn, Ca, etc, o mare cantitate de săruri solubile, potențialul toxic al unor elemente precum metalele grele, B, As, etc, proprietăți de cimentare excesivă ale topsoilului care sunt induse prin procesul tehnologic de stabilizare a straturilor de cenușă, lipsa activității microbiene și altele [147-149].

4.5.1. Stabilirea gradului de acumulare de metale grele în țesutul plantei

Este o caracteristică comună tuturor formelor de viață că anumite elemente chimice existente în mediu sunt acumulate, iar altele sunt respinse. Bioacumularea are semnificații diferite în literatura de specialitate. Se definește drept „capacitatea organismelor vii de a acumula elemente în concentrații mai mari decât concentrația medie pentru specii, în mediul nepoluat "asimilarea directă prin intermediul bioconcentrării la suprafață". Conform acestor definiții toate plantele verzi ar putea fi bioconcentratori, biomagnificatori, sau chiar hiperacumulatori [151-153].

Bioacumularea reprezintă rezultatul legăturilor chimice și fizice locale care trec de nivelul de dispersie al poluantului [154]. Ratele de acumulare sunt guvernate primordial de necesitățile fiziologice, deși pentru anumite elemente (ex. Cu, Zn) apar dileme în necesitatea procesului de preluare [151,155-157]. Speciile și varietățile de plante cultivate se deosebesc funcție de sensibilitatea lor la carența sau toxicitatea acumulării de micronutrienți, concentrația excesivă în metale esențiale sau neesențiale fiind cea care dă măsura fitotoxicității diferitelor metale.

Poluanții minerali (plumb, cadmiu, cupru, zinc, etc) din sol sunt absorbiți ușor de plante acumulându-se în rădăcini și frunze de unde sunt preluați de către animalele ce pasc. Aceste animale constituie o legătură între plante și om, întrucât contaminarea plantelor poate fi evidențiată în țesuturile și organele animalelor, dar și în produsele destinate consumului uman. Combinarea metalelor grele cu minerale și oligominerale le transformă în blocanți, frustrând organismele de aceste elemente indispensabile vieții [158-161].

Pe lângă genotipul plantei, acumularea metalelor grele este direct legată și de condițiile pedologice, care împreună cu microorganismele asociate joacă rolul unui absorbant, purificator și neutralizator biologic față de agenții poluanți [162-166]. Principalele caracteristici ale solurilor care le permit să-și asigure acest rol sunt:

- grosimea stratului de sol;
- capacitatea de schimb cationic și anionic;
- activitatea biologică a solului, cu rol important în mineralizarea rapidă a materiei organice din sol;
- precipitarea diferiților ioni din sol.

Datorită acestor caracteristici și proprietăți, solul poate constitui un mijloc și mediu eficace de preluare, neutralizare, reciclare și transformare a diverselor deșeuri și reziduuri anorganice și organice cu caracter poluant. Cu toate acestea, trebuie avut în vedere faptul că solul are o capacitate limitată de încărcare cu poluanți.

Deși îngrășămintele naturale constituie o sursă esențială de materie organică pentru soluri, în funcție de proveniență, acestea pot constitui și o sursă de poluare sau chiar protectoare a unor poluanți, ca urmare a procesului de chelatizare [165-167].

Concentrarea unor microelemente în țesuturile vegetale este condiționată și de unele caracteristici ale plantelor, cum ar fi: specia plantei, dezvoltarea organului vegetativ cu cea mai mare capacitate de acumulare a compușilor metalelor grele, vârsta, prezența în soluția solului a unor poluanți a căror compoziție poate crește, etc [168-170].

4.5.2. Factor de transfer

Controlul acumulării de către organisme a metalelor este imperfect iar lipsa specificității în procesul de preluare determină acumularea unor elemente chimice care nu sunt necesare organismelor [150,172-175].

Transferul metalelor din sol către plante este influențat de o varietate de parametri ai solului [176,177].

Principalii parametri ai solului ce guvernează procesele de absorbție și desorbție sunt: valorile pH-ului și Eh-ului, fracția fină granulometrică (<0.02 mm), materia organică, oxizi și hidroxizi - în special de Fe, Mn, Al, microorganismele. Absorbția prin intermediul rădăcinilor este principala cale de transfer a metalelor către plantă.

Capacitatea plantelor de a prelua metale din mediul de creștere este evaluată prin raportul între concentrația elementului în plantă și concentrația elementului în sol denumit coeficientul de absorbție biologic (BAC), index de bioacumulare (IBA) sau factor de transfer (TF).

Potențialul de acumulare a substanțelor chimice care pot determina efecte negative și transferul acestora de-a lungul lanțului trofic reprezintă una dintre provocările și preocupările actuale din domeniul ecotoxicologiei [178].

Datorită acumulării metalelor în sol, riscul de contaminare apare la organismele vegetale și animale care preiau metale pe cale directă sau indirectă și ulterior la organismele care intră în contact cu acestea, prin intermediul relațiilor trofice, pe calea transferului prin lanțul trofic. Convețional, în funcție de valoarea factorului de tranfer poluanții pot fi transferați în rețea trofică prin acumulare (factor < 1 prin descreșterea concentrației Zuhang, 2009 vezi jos), cu păstrarea concentrației, sau prin concentrare (factor > 10) [179]. Acumularea de metale grele s-a identificat la mai multe grupe de organisme importante în transferul între plante și carnivore. La vertebrate și nevertebrate pot fi găsite unele reguli generale în cazul unora dintre metale [154].

Procesul de biocentrare nu este specific tuturor ecosistemelor, cauzele fiind reprezentate prin diferențele ce apar între comportamentul chimic al metalelor, metodologia experimentală, tipurile de specii, lanțul trofic [176-179].

4.5.3. Factorul de translocare

Factorul de translocare (TF) al metalelor grele dinspre rădăcini spre frunzele plantelor reprezintă un indicator esențial care permite aprecierea mobilității metalelor grele în plante și a pericolului translocării metalelor spre părțile comestibile ale acestora. /

4.5.4. Factor de acumulare

După pătrunderea în sol, poluanții suferă fenomene de transport, de transformare, de transfer sau de acumulare și fixare. Aceste fenomene contribuie la răspândirea și distribuția lor în elementele solului și la modificarea structurii chimice a solului.

Transportul poluanților constă în deplasarea poluanților în sol, subsol la o distanță de sursă.

Deplasarea poluanților se realizează prin dispersia acestora în sol, formațiuni geologice, ape subterane prin:

- difuzie moleculară, deplasarea moleculelor de poluant în toate direcțiile, favorizată de gradientul de concentrație, de temperatură sau de presiune;
- convecție, deplasarea pe orizontală a poluantului odată cu fluidul purtător, aer sau apă, pe direcția de deplasare a fluidului [182-184].

4.5.5. Mecanisme de acumulare a metalelor grele

După pătrunderea în sol, poluanții suferă fenomene de transport, de transformare, de transfer sau de acumulare și fixare. Aceste fenomene contribuie la răspândirea și distribuția lor în elementele solului și la modificarea structurii chimice a solului [185-195].

Transportul poluanților constă în deplasarea poluanților în sol sau subsol la o distanță de sursă. Deplasarea poluanților se realizează prin dispersia acestora în sol, formațiuni geologice, ape subterane prin:

- difuzie moleculară, deplasarea moleculelor de poluant în toate direcțiile, fiind determinată de temperatură sau de presiune;
- convecție, deplasarea pe orizontală a poluantului odată cu fluidul purtător, aer sau apă, pe direcția de deplasare a fluidului [183,184].

4.5.6. Determinarea cantității de metal disponibil în sol

Disponibilitatea pentru mobilitate a metalului în sol este un indicator mai important decât concentrația totală de metal, întrucât concentrația disponibilă este un indicator al cantității de metal ce poate fi asimilată de către plante [195-197].

Determinarea fracției de metal (bio)disponibil este importantă din două puncte de vedere:

- pentru analiza comportării metalelor grele în sol și evaluarea riscului pentru mediu și sănătate generat de prezența acestora, în componentele solului;
- pentru selectarea metodelor de eliminare a metalelor din soluri și remedierea acestora.

Determinarea cantității de metal disponibil în sol presupune aplicarea unor metode specifice cum sunt: extracția, analiza fracției biodisponibile folosind râmele, fitodisponibilitatea etc. [183,195].

4.6. Alte întrebuințări ale cenușii de termocentrală

Pe lângă vegetarea haldelor de zgură și cenușă, pe plan mondial se caută metode de valorificare a cenușii, aceasta aflându-se în cantități foarte mari în întreaga lume [198,199].

În țările dezvoltate valorificarea cenușii reprezintă o prioritate și ca urmare se fac cercetări continue pentru găsirea de întrebuințări cât mai diverse pentru cenușă. De exemplu în Germania se valorifică 83% din cantitatea totală de cenușă, în Danemarca 73%, în Franța 60%, în Anglia 60%, în Polonia 50%, în SUA 32%, în China 25%, în India 15%.

Depozitele de cenușă pot fi de mai multe feluri: închise și abandonate de zeci de ani, închise recent, active în care depunerile conțin periodic. Toate aceste depozite conțin cantități foarte mari de cenușă și constituie un factor permanent de poluare a mediului.

În vederea reducerii cantităților de cenușă deja acumulate și în continuare acumulare, cercetătorii au efectuat numeroase studii privind valorificarea cenușilor în industrie și anume:

- ca și component pentru prepararea diferitelor materiale de construcții - betoane, cărămizi, țigle
- ca material de substituie a unor construcții de lemn,
- pentru stabilizarea unor terenuri,
- ca material de bază pentru drumuri, pentru consolidări și reabilitare a unor zone distruse.

Recent se utilizează în agricultură [178-200].

În general cea mai utilizată metodă de valorificare a cenușii zburătoare este folosirea ei ca și component al materialelor de construcție sau ca parte componentă în industria de construcție a drumurilor. De exemplu utilizarea cenușii de termocentrală în rețeta de fabricație a țiglelor conduce concomitent cu îmbunătățirea calității produsului și la o reducere a prețului de cost. Acest aspect este unul important, în condițiile în care prețul nisipurilor este într-o conținută creștere. Conform studiilor efectuate de *Neamțu, Rujenescu, Lazău, Becherescu*, înlocuirea nisipului cu cenușă de termocentrală sau înlocuirea cimentului cu cenușă în proporție de 5% are efect pozitiv asupra rezistenței mecanice a țiglelor, iar ca aspect țigla este mult mai netedă [201].

Altă întrebuințare a cenușii a fost supusă studiului de către M.Bărbuță și se referă la obținerea betoanelor polimerice cu cenușă de termocentrală. Materialul polimeric obținut experimental are în compoziție pe lângă cenușă de termocentrală, rășini epoxidice și agregate fine și grosiere. Proprietățile betonului polimeric obținut sunt deosebite și ca urmare oferă perspective științifice și tehnologice viabile, atât datorită structurii și proprietăților zonelor de contact ale granulelor de cenușă [202].

CAPITOLUL V.

UTILIZAREA ZEOLIȚILOR ÎN AGRICULTURĂ

5.1. Definirea și clasificarea zeoliților

Tufurile vulcanice, numite și cinerite sunt roci magmatice, prin natura lor mineralogică și sedimentare prin modul de formare. Aceste roci s-au format prin depunerea cenușii rezultate de la erupțiile vulcanice, transportate eolian. Depunerea cenușii vulcanice și respectiv formarea tufurilor vulcanice au avut loc în diverse medii de sedimentare de exemplu: subaerene, lacustre, marine [203].

Tuful vulcanic se prezintă sub forma unor depozite stratificate, lenticulare sau acumulări masive cu structură psamitică sau psamitic-psefitică și textură compactă, compact-poroasă. Sunt materiale relativ ușoare 1500-2100 kg/m³, au porozitatea și permeabilitatea mare, iar capacitatea de adsorbție a apei este de până la 15%. Nu sunt atacate de acizi, nu sunt rezistente la intemperii iar rezistența de rupere la compresiune este de 350-850 da N/cm².

Din punct de vedere chimic, zeoliții sunt aluminosilicați naturali hidratați și cristalini care se obțin din roci vulcanice numite tufuri vulcanice sau cinerite.

Cuvântul „zeolit” provine din limba greacă, însemnând „piatră fierbinte”, din cauza observației timpurii că zeoliții eliberează apă dacă sunt încălziți. Este de remarcat că apa eliminată în felul acesta poate fi din nou absorbită ajungându-se până la cantitatea inițială sau poate fi înlocuită cu molecule de hidrogen sulfurat, alcool etilic, amoniac etc. Zeoliții pot avea o utilizare pe scară largă ca agenți de schimb ionic, catalizatori și site moleculare într-o multitudine de procese industriale [204].

Cel care a descoperit zeoliții este minerologul suedez Baron Alex F. Cronstedt în anul 1756, care a observat faptul că anumite minerale încălzite destul încep să clocotească ca și cum ar fierbe. Minerologul a numit aceste minerale zeoliți după grecescul zeo (a fierbe) și lithos (piatră). Până în prezent s-au găsit peste 40 astfel de minerale naturale. Aceste minerale sunt răspândite în toate regiunile lumii afectate de activității paleo și neovulcanice. Cei mai cunoscuți zeoliți naturali sunt: mordenitul, clinoptilolitul, ferrieritul, chabazitul, erionitul, filipsitul și analcitul se găsesc în cantități mari, având o puritate suficientă pentru a constitui resurse minerale industriale.

Încă din 1950, se știe că zeoliții reprezintă mai mult de 90 % din rocile sedimentare stratificate de origine vulcanică din întreaga lume [205].

Zeoliții sunt aluminosilicați cristalini a căror structură este construită dintr-o rețea tridimensională de tetraedre [TO₄] (unități primare), unite prin intermediul atomilor de oxigen. Elementul T, aflat în centrul tetraedrelor, este în principal Si⁴⁺ și Al³⁺.

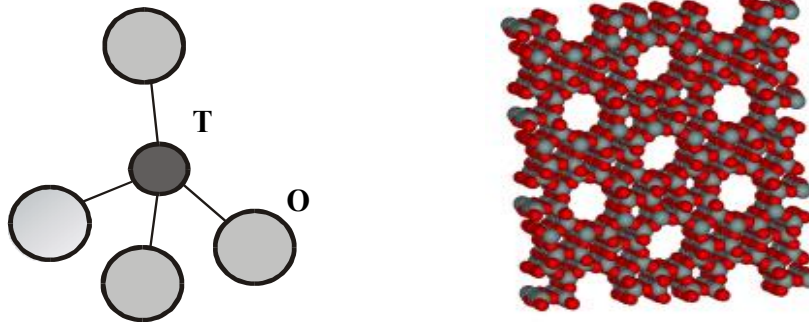


Figura nr. 5.1 Structura moleculară a zeoliților

Zeoliții au structură reticulară și capacitatea de a pierde și câștiga reversibil apa, de a-și schimba cationii constituenți, fapt ce le conferă proprietăți specifice de absorbție, desorbție și schimb ionic. Structura internă a rețelei zeolitice prezintă afinitate puternică pentru moleculele de apă, datorită proprietăților poroase [203].

Țara noastră dispune de importante zăcăminte de zeoliți în județele: Cluj, Sălaj, Maramureș, Bistrița-Năsăud, Bihor, Vrancea, Brașov, Prahova. Clinoptilolitul este zeolitul cel mai frecvent prezent [203].

În prezent zeoliții sunt utilizați într-o serie de domenii dintre care agricultura ocupă un loc important:

- Adaos furajer;
- Supliment furajer în piscicultură;
- Curățirea lacurilor în piscicultură;
- Eliminarea mirosului din grajduri;
- Reglarea umidității solului;
- Prelungirea acțiunii îngrășămintelor minerale;
- Ocrotirea microbiologică a plantelor;
- Producerea compostului pentru sere;
- Material de adaos pentru ierbicide și alți aerosoli otrăvitori;
- Mijloc de creștere a ierbii pentru terenuri sportive;
- Mijloc de conservare a rădăcinoaselor;
- Mijloc de ridicare al fertilității solului în regiunile secetoase (aride);
- Neutralizarea acidității solului [206].

5.2. Amendarea cu tuf vulcanic pentru asigurarea în timp a rezervei apei în sol

După *A.Bărbat și A.Marton* începuturile utilizării tufurilor vulcanice în agricultură trebuie căutat în Japonia, țară cu o activitate vulcanică foarte mare. Este cunoscută din vechime dezvoltarea luxuriantă a vegetației pe versantele foștilor vulcani activi [203].

Minato a afirmat încă din anul 1968 că principala utilizare a zeoliților în Japonia este de împrăștiere a lor pe sol pentru neutralizarea acidității solurilor. Prin caracterul lor bazic, aceștia neutralizează aciditatea excesivă a unor soluri.

Din cercetările efectuate de cercetători din întreaga lume și din toate continentele cu privire la zeoliții naturali a rezultat că aceștia au o mare capacitate de amendare a solurilor. Aceștia au rolul de agenți aglutinanți, de suport pentru condiționarea pesticidelor, absorbantii ai metalelor grele și de retenție a apei pe care apoi o eliberează rădăcinilor plantei treptat. Datorită caracterului hidrofil, rețin cu ușurință apa în perioadele umede și o eliberează treptat în perioada secetoasă. Tufurile zeolitice corect granulate acționează de asemenea ca aeratori ai solului și ca neutralizatori ai acidității solurilor [203]. Datorită proprietăților de schimb ionic, adsorbție și de hidratare, zeoliții naturali sunt folosiți în agricultură, ca și componenți ai fertilizatorilor chimici. Selectivitatea pronunțată a clinoptilolitului pentru un număr mare de cationi, a fost exploatată pentru prepararea fertilizatorilor chimici care asigură o eliminare treptată a acestor elemente în sol, asigurând astfel o eficiență mai bună de asimilare a acestora de către plante.

Prin proprietățile de adsorbție, zeoliții stochează diverși compuși activi (insecticide, pesticide, etc.) pe care-i eliberează controlat [207].

În anul 1983 *Calancea și colaboratorii* au studiat influența tufului vulcanic asupra dezvoltării plantei *Lolium multiflorum* pe sol cernoziomic și podzolix, precum și a viței de vie pe terenurile nisipoase din Valea lui Mihai jud. Bihor. La cultura de *Lolium* tuful vulcanic a influențat în mod semnificativ producția de substanță uscată pe ambele tipuri de soluri [203].

Altă constatare experimentală este că tufurile vulcanice au capacitatea de reținere a azotului amoniacal, recomandarea fiind de utilizare a acestuia împreună cu îngrășămintele chimice, pentru ameliorarea calității solului [203]. Tufurile vulcanice pot avea rolul de tampon, rezervor de reținere a materialelor radioactive din sol și de metale grele [208-214]. Altă constatare a cercetătorilor este aceea că tufurile vulcanice au rol de afânare a solurilor, iar aplicarea lor pe sol duce la scăderea cantităților de îngrășămintele chimice necesare îmbunătățirii calității solurilor [215-218].

Conform experimentelor efectuate de *F.Morariu, S.Măsu, D.Popescu* [141] a rezultat că adaosul de tuf vulcanic suportat a determinat bioacumulări de metale grele mai reduse în țesutul plantei vs. bioacumulările plantelor crescute pe parcela fertilizată cu compost. Adaosul de compost pe bază de nămol orășenesc și resturi de viță de vie determină creșterea plantelor pe stratul de cenușă dar acestea prezintă talie redusă, număr redus de indivizi și o concentrație mare de metale grele în plante. Biodisponibilitatea acestor metale a determinat suferințe ale plantelor *Onobrochis vicifolia* utilizate în experiment. Biodisponibilitatea scade spectaculos în cazul utilizării tufului vulcanic cu specificația că reducerile cele mai însemnate se obțin în cazul efectuării unui tratament cu tuf vulcanic modificat [141,219].

CAPITOLUL VI. MOTIVAȚIA, SCOPUL ȘI OBIECTIVELE MODUL DE LUCRU. MATERIALE ȘI METODE

6.1. Motivația, scopul și principalele obiective ale tezei

Nămolurile orășenești sunt deșeuri preponderent organice și reprezintă o componentă majoră rezultată din procesul de epurare al apelor reziduale orășenești. Ele rezultă din diferite trepte ale procesului de epurare, în cantități foarte mari. Nămolurile orășenești proaspete formează în scurt timp o masă în descompunere sub acțiunea materialului biologic, cu care sunt încărcate în mod obișnuit. Componentele organice din nămol se descompun cu viteze diferite, dând naștere pe parcursul procesului de fermentare la gaze urât mirositoare. Pe de altă parte depozitele de nămoluri orășenești care sunt organizate pe paturi de uscare au aspect foarte urât și atrag prin prezența materialului nutritiv o serie de viețuitoare: muște, păsări, animale, care devin vectori de transfer al materialului infecțios.

Un concept nou de evaluare a încărcării organice a nămolurilor orășenești se datorează conținutul în elemente nutritive, respectiv compuși cu carbon, azot și fosfor care odată ce ajung în sol devin agenți de fertilizare prin faptul că o parte se pot dizolva în soluția solului și formează substrat nutritiv pentru plante, iar o parte de compuși organici cu moleculele mari vor fi supuși în timp biodegradării cu formare de compuși solubili. Nămolul orășenesc constituie o rezervă incontestabilă de compuși bioasimilabili de către plante în zona rizosferei.

Eficiența procesului de fertilizare a solurilor sărace, sau a depozitelor inerte de produse reziduale antropice lipsite de elemente nutritive pentru viață, este variabilă și depinde de caracteristicile fizico-chimice ale suprafețelor tratate, de condițiile de operare și de natura și cantitatea fertilizantului organic, respectiv a nămolului orășenesc. Dacă nămolurile orășenești conțin o încărcătură foarte mare de poluanți pentru solurile agricole, ca de exemplu metale grele, este necesar a se stabili doza optimă de agent de fertilizare, astfel încât adaosul de metale care vine odată cu fertilizantul, să nu determine o poluare suplimentară a solurilor sau a depozitelor de deșeuri. Așadar fertilizarea cu nămoluri orășenești este guvernată de compoziția și concentrația de compuși nedorți pe care acestea le conțin.

Dintre etapele procesului tehnologic de înierbare a depozitelor de zgură și cenușă, etapa de tratare a acestora cu agenți de fertilizare este o componentă esențială a strategiei, deoarece a determinat îmbunătățirea caracteristicilor fizico-chimice ale topsolului și totodată a determinat inițierea/activarea biocenozelor acestuia prin zestrea microbiologică introdusă odată cu materialul fertilizant. Această etapă de fertilizare se realizează în zona straturilor superioare a depozitelor de zgură și cenușă, straturi ce vor susține ulterior vegetația formată.

Nămolul orășenesc nu se utilizează nemodificat. Pentru a putea fi utilizat ca fertilizant, nămolul orășenesc este supus unor tratamente de stabilizare anaerobă și/sau compostare. Materialul fertilizant obținut prezintă avantajul de a conține materia

organică parțial fracționată în molecule mai mici, solubile în soluția solului și bioasimilabile de către plante și un potențial redus de material infecțios. Potențialul infecțios este distrus în cea mai mare parte prin tratamentele specifice de stabilizare aplicate nămolului orășenesc proaspăt.

Fertilizarea cu materia organică din nămoluri orășenești prin diferite doze trebuie privită luând în considerare complexitatea micro și macro nutrienților dizolvați și a diversității speciilor prezente în biocenoza proprie care sunt similare speciilor biocenozei comune a solurilor. Aceste specii de organisme sunt specii care desăvârșesc procesele de transformare a materialului nutritiv în soluri, începute în etapa de tratare a nămolurilor, în scopul obținerii materialului nutritiv. Interacțiunea fertilizantului organic cu rădăcinile plantelor poate fi suficient de puternică pentru a produce o reconformare a rădăcinilor în sensul adaptării acestora la condițiile pedoclimatice în care se aplică strategia de vegetare a depozitelor de deșeuri precum haldele de zgură și cenușă.

Pe de altă parte, prezența unor compuși organici din seria substanțelor humice în zona rizosferei poate fi cauza faptului că la utilizarea nămolurilor orășenești, se produc interacțiuni cu metalele prezente în mod obișnuit în stratul de cenușă și zgură cu rezultat final de modificare a solubilității acestora în soluția solului. Această modificare a solubilității speciilor metalice este funcție de compoziția nămolului introdus în sol și de cantitatea acestuia, astfel încât se poate produce:

- fie o solubilizare majorată a speciilor metalice în prezența nămolurilor introduse în solul inert, respectiv intensificarea proceselor de bioacumulare în țesutul plantelor;

- fie o reducere a solubilizării speciilor metalice în prezența nămolurilor de fapt ce stă la baza reducerii bioacumulării în țesutul plantelor sau chiar a limitării accesului de metal la nivelul de țesut vegetal.

Nămolul orășenesc utilizat ca fertilizant este adeseori suplimentat cu materiale care au rol de amendament al solului. Amendamentele îmbunătățesc caracteristicile fizicochimice ale solurilor și completează necesarul de micronutrienți din sol precum calciu, magneziu, potasiu, etc.

De exemplu adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat sau modificat are rolul:

- de a aduce în soluri o serie de micronutrienți care nu se găsesc în nămolurile orășenești în cantitățile de care au nevoie plantele în ciclul lor vegetativ ca de exemplu: calciu, magneziu, potasiu, etc.

- de a permite formarea unei rezerve de apă care poate fi stocată în porii tufului, apă ce va fi ulterior eliberată treptat în conformitate cu necesitățile plantei;

- de a stoca în structura microporoasă unii compuși cu azot, care vor sta la baza proceselor de nitrificare a materiei organice cu azot, pentru ca ulterior să elibereze și azotatul format, conform cerințelor plantei;

- de reducere a gradului de solubilizare a speciilor metalice din soluția solului în cazul în care aceasta prezintă conținut de metale.

Principalul scop al acestui studiu îl reprezintă îmbunătățirea performanțelor procesului de înierbare a haldelor de cenușă și zgură cu straturi vegetale fixatoare ale particulelor ușoare ce compun în mod obișnuit aceste depozite. Studiile întreprinse sunt cu atât mai necesare cu cât:

- suprafețele ocupate de aceste deșeuri cresc îngrijorător de la an la an, acaparând noi și noi terenuri agricole;

- regimul hidroclimatic a determinat dispersia componentelor cenușilor și a zgurii pe ariile limitrofe și prin acestea împrăștierea poluanților și distrugerea în acest mod a unor noi terenuri agricole;

- există probabilitate crescută de acumulare de metale grele ajunse pe terenuri agricole limitrofe depozitelor de cenușă și zgură în recolte, de unde riscul transmiterii în verigi ale lanțurilor trofice;

- există probabilitate crescută de distrugere a unor ecosisteme și alterare gravă a altora;

- are loc o alterare avansată a peisajului, etc.

Obiectivele principale ale cercetărilor *experimentale* propuse în cadrul tezei de doctorat sunt:

1. Utilizarea unor materiale reziduale, de tipul nămolurile orășenești stabilizate prin fermentare anaerobă sau compostare cu alte materiale reziduale vegetale pentru fertilizarea unor depozite de materiale inerte de tipul haldelor de zgură și cenușă;
2. Inițierea rapidă și economică a unor straturi vegetale stabilizatoare, de plante ierboase, pe suprafața depozitelor proaspete de deșeuri cu conținut de cenușă și zgură rezultată din arderea cărbunelui fosil, lignitul, în centrale termoelectrice;
3. Menținerea straturilor vegetale ierboase formate pe depozitele de zgură și cenușă, prin tratamente cu amendamente pe bază de materiale naturale poroase de tipul tufului vulcanic indigen nemodificat și modificat, care permit reținerea apei;
4. Formarea in situ a unor nutrienți indispensabili culturilor formate, ca de exemplu azotații care ulterior participă la formarea humusului, în condiții pedoclimatice mai puțin prielnice formării acestuia;
5. Controlul transferului de poluanți, metale grele în partea aeriană a plantelor, tulpini, frunze sau boabe, pe parcursul unui ciclu vegetativ;
6. Obținerea unei biomase formate din plante ierboase care prezintă toleranță la prezența metalelor, permite recolte importante și nu acumulează metale în țesutul aerian al plantelor în funcție de destinația recoltelor obținute;
7. Posibilitatea utilizării biomasei ca aștenut pentru animale, ca adaos în procesele de compostare, sau chiar în hrana acestora, cu riscuri minime pentru sănătatea acestora;
8. Refacerea ecosistemelor distruse, prin popularea spațiilor înierbate cu fauna specifică zonei geografice, redarea zonelor limitrofe zonelor înierbate agriculturii, refacerea peisajului distrus cu posibilitatea utilizării acestuia în scopuri cultural recreative.

6.2. Materiale și metode utilizate în cercetările experimentale

6.2.1. Tipuri de materiale utilizate

6.2.1.1. Nămol orășenesc stabilizat anaerob

Nămolul orășenesc stabilizat anaerob utilizat ca fertilizant, provine de la Stația de epurare a apelor orășenești și industriale a municipiului Arad.

Suprafața depozitelor de zgură și cenușă se fertilizează cu nămol orășenesc. Acesta se poate folosi în varianta semilichidă, fermentată și stabilizată anaerob, obținută prin diferite variante de stabilizare sau fermentare nemodificată (când rezultă ca produse secundare fie din tehnologia utilizată pentru obținerea de biogaz, fie ca nămoluri parțial deshidratate pe paturi de uscare) sau în variante solide de amestecuri compostate cu paie, coceni, resturi de viță de vie, etc. Atât din punct de vedere economic cât și social este indicată utilizarea ca îngrășământ a nămolurilor fermentate și deshidratate.

Nămolurile orășenești trebuie aplicate cu atenție, cunoscând conținutul în metale grele, poluanți organici și germeni patogeni. Deși unele metale grele pot influența favorabil culturile, o concentrație mare a acestora poate determina suferințe pentru plante, care în final conduc chiar la moartea plantelor. Nămolul orășenesc se utilizează în ultimul deceniu preponderent în scopul fitostabilizării/fitoremedierii terenurilor distruse prin activități antropice. Nămolul orășenesc utilizat în acest studiu experimental este de două tipuri:

1. nămol orășenesc stabilizat sau fermentat anaerob și
2. nămol orășenesc compostat cu resturi vegetale.

Procedeul de fermentare anaerobă a nămolului orășenesc nemodificat sau în amestec cu resturi vegetale ligno-celulozice a determinat obținerea unor produse finale cu conținut ridicat de elemente nutritive pentru plante și cu potențial redus de risc infecțios pentru plante și animale.

Conținutul de nutrienți și metale grele condiționează valorificarea nămolului ca îngrășământ sau ca agent de condiționare a solului. Legislația națională impune limitele maxime admise pentru diferiți poluanți în nămolurile orășenești. În acest mod se definesc clar nămolurile cu care se poate face fertilizarea. Totodată legislația impune concentrația admisă de metale grele toxice în solurile ce se fertilizează cu acest tip de fertilizant organic.

În tabelul 6.1. este redat conținutul maxim admisibil de metale grele în nămoluri (Ordin nr.49 din 14 ianuarie 2004) și soluri (Ordin MAPPM 796 din 3 noiembrie 1997).

Tabelul 6.1. Conținutul maxim admisibil de metale grele în nămoluri și soluri

Nr.crt	Metal	Valori maxime admisibile de metale grele. [mg/kg s.u.]	
		În nămoluri destinate pentru utilizare în agricultură	În soluri pe care se aplică nămoluri. pH > 6.5
1	Zn	2000	300
3	Cu	500	100
4	Ni	100	50
5	Cd	10	3
6	Mo	20	5
7	Co	50	50
8	Cr	500	100
9	Pb	300	50
10	Hg	5	1

În general nămolurile orașenești sunt considerate îngrășăminte valoroase cu conținut de azot și fosfor și se aplică de regulă toamna sau iarna, înainte de arătură. Pentru cerealele și culturile furajere studiate, practicile agricole recomandă doze cuprinse în domeniul de 25-60 tone s.u./ha. (cu un adaos suplimentar de azot dacă e cazul).

După Lixandru, nămolurile deshidratate conțin 20-60% substanță uscată, din care 25-40% substanță organică, 1-5% N total, 0,5-4% P₂O₅, 0,5% K₂O și 5-6% Ca. Prin procesul de deshidratare a nămolurilor, azotul amoniacal scade și apare cel nitric.

În tabelul 6.2. este redat conținutul maxim admisibil metale grele în nămoluri prevăzută de Directiva EU 86/278

Tabelul 6.2. Conținutul maxim admisibil de metale grele în nămoluri prevăzută de Directiva EU 86/278

Nr crt	Metal	Valori limită pentru concentrația de metal în sol(1) [mg/kg s.u.]	Valori limită pentru concentrația de metal în nămol [mg/kg s.u.]	Valoare limită cantitate de metal care poate fi adăugată anual pe câmp pentru 10 ani(4) [kg/ha/an] ANEXA I C
		ANEXA I A	ANEXA I B	
1	Cadmiu	1-3	20-40	0,15
2	Crom(2)	(2)	(2)	(2)
3	Cupru	50-140(3)	1000-1750	12
4	Nichel	30-75(2)	300-400	3
5	Plumb	50-300	750-1200	15
6	Zinc	150-200	500-4000 ²	30

(1) (4) Statele membre pot autoriza o depășire a valorilor limită fixate anterior în cazul utilizării nămolurilor pe terenuri care, la data notificării prezentei directive sunt destinate agriculturii, dar pe care se cultivă culturi destinate exclusiv pentru hrana

animalelor. Statele membre trebuie să informeze Comisia cu privire la numărul și tipul terenurilor respective. De asemenea, statele membre trebuie să încerce să se asigure că nu există nici un pericol pentru sănătatea omului sau pentru mediu.

(2) Nu este posibil să se fixeze în această etapă valorile limită pentru crom. Consiliul va fixa aceste valori limită într-o etapă ulterioară pe baza propunerilor care urmează să fie înaintate Comisiei, în termen de un an de la notificarea prezentei directive.

(3) Statele membre pot autoriza o depășire a valorilor limită pentru acești parametri pentru soluri cu un pH constant mai mare decât 7. Concentrațiile maxime autorizate ale acestor metale grele nu trebuie să depășească în nici un caz aceste valori cu mai mult de 50%. De asemenea, statele membre trebuie să încerce să se asigure că nu există nici un pericol pentru sănătatea omului sau pentru mediu, în special pentru apele subterane

Nămolurile deshidratate se folosesc în fertilizarea solurilor prin procedee agricole uzuale, în mod similar cu utilizarea gunoiiului de grajd sau a mranitei.

Factorii care trebuie luați în considerare pentru stabilirea unei doze optime de nămol orășenesc sunt nivelul de contaminare a acestuia și adâncimea solului până la care percolează poluanții.

De exemplu, în mediu poluat cu săruri de zinc la un nivel de 10.000 mg Zn/kg s.u. și un pH al solului acid, este necesară o doză de fertilizant de până la 250 t/ha s.u. sau chiar mai mult. Când zona este calcaroasă și nivelul de poluare mic, este suficientă o cantitate de nămol 60-120 t/ha. Doza de fertilizant este determinată de adâncimea de introducere a nămolurilor. Agronomul creează un profil al solului și stabilește cantitatea de fertilizant necesar pentru fiecare strat de sol, de grosime constantă (cca 3 cm pentru fiecare strat)

Tratamentul cu fertilizant și amendament se recomandă să fie până la 15 cm de sol, în adâncime.

În acest studiu se realizează copertarea straturilor superioare de zgură și cenușă cu un strat vegetal. În acest context se urmărește efectul fertilizanților și a amendamentelor asupra culturilor de plante selectate, cultivate pe halda de zgură și cenușă.

În tabelul 6.3. sunt prezentați parametrii indicatori ai nămolului orășenesc stabilizat anaerob, utilizat pentru fertilizarea topsolurilor inerte de zgură și cenușă, în diferite variante experimentale din prezentul studiu.

Tabelul 6.3. Conținut de metale grele din nămolul orășenesc fermentat anaerob

Nămol orășenesc	Conținut de metale [mg/kg s.u.]						
	Cr tot	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	134,7	333,9	2003,7	314,9	27,4	157,8	304,6

Observație Cd<0,02 [mg/kg s.u.]

Alte caracteristici ale nămolului orășenesc:

- Umiditate 78,9%;
- Substanța uscată 21,1g/kg;
- Conținut de materie organică de 15,2,4%;

- Conținut de azot total 1,7%;
- Conținut de fosfor 0,65%;
- pH = 6,1.

Nămolul orășenesc fermentat aplicat pentru fertilizarea straturilor superioare depozitelor de zgură și cenușă în scopul copertării cu vegetație este cuprins în domeniul 15-50 t/ha, substanță uscată. Doza optimă s-a stabilit în concordanță cu optimul tehnologic al culturilor și optimul economic al lucrărilor agricole (transport pe teren, distribuire, înglobare în straturile superioare ale depozitului, etc.)

Comparând cantitatea de metale prezente în nămolul utilizat ca fertilizant cu valorile limite stabilite pentru concentrația de metale în nămol [mg/kg s.u.] din Directiva EU 86/278 *Anexa I B* și din Ordinul nr.49 din 14 ianuarie 2004, se observă că nămolul utilizat prezintă cantități de metale sub limitele admise de normele interne și europene.

6.2.1.2. Nămol orășenesc compostat

Aplicarea unei cantități adecvate de compost cu rol de fertilizant pe soluri, poate contribui la îmbunătățirea calității solului cu până la 5% pentru elementul nutritiv azot, din care jumătate de cantitate este disponibilă în primul an. Toată cantitatea inițială disponibilă de azot este prezentă majoritar sub formă de săruri de amoniu. Sărurile de amoniu suferă transformări biochimice, când azotul se oxidează până la nitrat sau suferă procese de volatilizare, când părăsește solul și trece în atmosferă. Cele 2 procese pot avea o serie de implicații asupra mediului înconjurător, deoarece au un aport substanțial în ciclul biogeochimic global al azotului.

Nămolul orășenesc compostat aplicat pentru restaurarea ecosistemelor distruse de prezența depozitelor de zgură și cenușă, se aplică în doze cuprinse între 25-150 t/ha, substanță uscată.

Lucrările agricole necesare pentru înglobarea nămolului orășenesc compostat sunt similare cu lucrările agricole necesare pentru înglobarea gunoier de grajd. Doza optimă s-a stabilit în concordanță cu optimul tehnologic al culturilor și optimul economic al lucrărilor agricole (transport pe teren, distribuire, înglobare în straturile superioare ale depozitului, etc.).

În tabelul 6.4. sunt prezentați parametrii indicatori pentru caracterizarea nămolului orășenesc compostat cu paie.

Tabelul 6.4. Conținut de metale din compostul pe bază de nămol orășenesc și paie

Nămol orășenesc	Conținut de metale [mg/kg s.u.]						
	Cr tot	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	<0,1	129	804	224	31	71	1165

Alte caracteristici ale compostului:

- Umiditate 74,4%;
- Substanța uscată 25,6g/kg;

- Conținut de carbon organic 17%;
- Conținut de azot total 2,7%;
- Conținut de fosfor 1,15%;
- pH = 7.

Comparând cantitatea de metale prezente în compostul utilizat ca fertilizant cu valorile limită pentru concentrația de metale prezentate în Directiva EU 86/278 Anexa I B și în Ordinul nr.49 din 14 ianuarie 2004, se observă că fertilizantul utilizat, compostul, conține cantități de metale sub limitele admise de normele interne și europene.

6.2.1.3. Depozite de zgură și cenușă CET

În tabelul 6.5. sunt prezentați parametrii indicatori pentru caracterizarea materialului din depozitele de zgură și cenușă utilizat în studiile experimentale.

Tabelul 6.5. Parametrii indicatori pentru caracterizarea materialului din depozitele de zgură și cenușă utilizate în studiile experimentale

Element	Cantitate elemente [g/kg s.u.]	Element	Cantitate elemente [mg/kg s.u.]
Al	5,0-25	Cd	0,1-100
Ca	0,8-30	Cr	85,8-126,8
Fe	1,0-5,5	Cu	21,8-103,8
Si	2,0-3,0	Mn	163,0-203,5
Mg	0,0-5,0	Ni	32,4-67,4
Na	0,04-7,9	Pb	9,8-15,9
K	0,15-6,0	Zn	69,3-91,9

Multe metale sunt necesare germinării și dezvoltării plantelor, sub formă de micronutrienți (cantități foarte mici). Solul are nevoie de micronutrienți precum Zn, Mn, Cu, Fe, etc.

Domeniile raportate de literatura de specialitate pentru concentrații de micronutrienți din soluri normale sunt:

- Zn în domeniul 10 – 300 [mg/kg s.u.];
- Cu în domeniul 2 - 100 [mg/kg s.u.];
- Fe în domeniul 10.000 – 100.000 [mg/kg s.u.];
- Mn în domeniul 20 - 4.000 [mg/kg s.u.].

De menționat că elementele Cr, Pb și Ni nu constituie micronutrienți pentru plante.

Prin compararea cantităților de metale prezente în materialul din depozitele de zgură și cenușă cu valorile limită admise pentru concentrația de metale prezentă în soluri, prevăzute în Directiva EU 86/278 Anexa I A și în Ordinul MAPPM 796 din 3 noiembrie 1997, se observă că materialul din depozitele de zgură și cenușă prezintă cantități de metale în limitele admise de normele interne și europene pentru soluri.

6.2.1.4. Tuf vulcanic indigen

Tuful vulcanic indigen utilizat provine din carierele Mârșid și conține cca 72% clinoptilolit. Roca vulcanică utilizată este prelucrată și are granulație cuprinsă în domeniul 0,2-2mm. Utilizarea acestui material natural este strâns legată de managementul azotului în procesul de fertilizare cu nămol orășenesc sau compost. Pentru determinarea dozei optime trebuie avut în vedere pe de o parte caracteristicile fertilizantului organic utilizat și pe de altă parte caracterul solului, clima, nivelul de precipitații, etc. Structura microporoasă a tufului vulcanic oferă site-uri de stocare a compușilor cu azot și a bacteriilor nitrificatoare care au determinat dezvoltarea biocenozei nitrificatoare. Compușii volatili cu azot sunt reținuți și ei în aceste structuri unde are loc transformarea lor sub acțiunea biocenozei nitrificatoare și obținerea nitraților solubili, respectiv stocarea lor. Structura microporoasă a tufului vulcanic oferă și condiții de stocare a apei. Substanțele stocate, compușii cu azot, apa, etc., vor fi eliberate în condițiile în care plantele vor avea nevoie de aceste componente pentru metabolismul propriu.

6.2.1.5. Tuf vulcanic indigen modificat Tuf-Aln

Tuful vulcanic indigen modificat prezintă un număr mult mai mare de site-uri active decât tuful vulcanic nemodificat. Numărul majorat de site-uri active se obțin în urma procesului de modificare a tufului vulcanic indigen, indicat în brevetul [220].

Volumul de apă și de compuși nutritivi stocați în structura acestui material este mai mare decât volumul de apă și de compuși nutritivi stocați în structura tufului vulcanic nemodificat, acest material nou oferă o rezervă majorată de componente necesare dezvoltării plantelor.

În plus acest compus modificat are acțiune de captare și stocare a speciilor metalice cu dimensiuni similare structurilor Keggin formate prin procesul de modificare a tufului vulcanic indigen.

6.2.1.6. Specii de plante selectate

Selecția speciilor de plante este un factor important în determinarea succesului reabilitării depozitului de zgură și cenușă [221].

Speciile de plante selectate trebuie să reziste la condiții pedologice extreme, datorate unui nivel ridicat de elemente toxice și la condiții climatice aspre, veri toride, cu secetă prelungită. Cele mai tolerante plante indicate pentru copertare sunt plantele leguminoase și graminee.

Speciile de plante care se pot cultiva pe depozite inerte de tipul haldelor de zgură și cenușă se clasifică în 2 categorii importante:

1. specii de plante tolerante;
 2. specii de plante mai sensibile la componența cenușii.
- Se selectează pentru studiile experimentale următoarele specii de plante:
- Planta leguminoasă tolerantă la soluri distruse specia: *Onobrychis viciifolia*. Norma de semănat este de 90-100kg/ha.

- Planta leguminoasă sensibilă la soluri distruse: *Trifolium pratense*. Norma de semănat este de 18-20kg/ha
- Planta graminee tolerantă la soluri distruse: *Lolium perenne*. Norma de semănat este de 25-30kg/ha
- Cereale, plante graminee sensibile la soluri distruse:
 - Specia *Hordeum vulgare*, soiul Andra, cu o normă de semănat de 160-180kg/ha;
 - Specia *Avena sativa*, soiul Mureș cu o normă de semănat de 130-140kg/ha.

Vasele de vegetație utilizate în studiu experimental prezintă o suprafață utilă de sol de 0,075mp. Pe această suprafață se seamănă cu semințe de plante conform normei de semănat.

6.3. Metode de analiză și calcul

6.3.1. Metode de analiză

Parametrii analizați pentru caracterizarea nămolului orășenesc stabilizat anaerob și a compostului cu deșeuri vegetale sunt: pH, umiditate, substanță uscată, conținut de carbon organic, conținut de azot total, conținut de fosfor, conținut de metale: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn.

Parametrii analizați pentru caracterizarea cenușii utilizate în studiile experimentale din depozitul CET Arad și a topsolului din variantele componente ale dispozitivelor de lucru sunt: conținut de metale: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn.

Parametrii analizați pentru caracterizarea plantelor sunt:

1. Grad de răsărire;
2. Grad de acoperire a suprafeței cu plante. În acest sens, se studiază următorii indici: abundența și vitalitatea [222].
3. Conținutul de metale bioacumulate în diferite părți ale țesutului plantei: rădăcină, tulpini și frunze, paie, semințe (grăunțe): Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn.

a) *Gradul de răsărire* se evaluează procentual conform formulei de calcul:

$$\text{Plante răsărite} = \frac{\text{Număr plante răsărite}}{\text{Număr semințe semăcate}} \times 100 [\%]$$

b) *Gradul de acoperire a suprafeței cultivate cu plante*

Abundența este dată de numărul de plante dintr-o specie care cresc într-o fitocenoză. Abundența este o expresie a densității și vitalității plantelor, dar și a condițiilor de mediu, favorabile. Stabilirea abundenței se poate face vizual (subiectiv) și prin determinare directă (numărare, cântărire). Pentru aprecierea abundenței se folosesc scări de determinare. Dominanța unei specii exprimă gradul de acoperire a solului de plante, rezultat în urma proiecțiilor pe sol a părților aeriene sau numai a

tulpinilor acestora. Se poate distinge o acoperire generală, caracteristică tuturor speciilor componente și o acoperire specifică, caracteristică unei anumite specii. Acoperirea, respectiv gradul de acoperire, oferă informații ecologice importante, cum ar fi: rolul și potența speciilor de a utiliza spațiul, lumina, aerul, umiditatea, hrana, etc., capacitatea solului de a reține apa din precipitații, cantitatea de precipitații medii dintr-o perioadă, etc.

Deoarece abundența este în relație directă cu dominanța, Braun-Blanquet a propus indicii de abundență-dominanță determinat după o scară stabilită tot de cei doi cercetători. În cazul fitocenozelor de pajiști și fânețe determinarea gradului de acoperire se face cu ajutorul ramei pătrate cu rețea (plasă). Rama de lemn de 1 m² cuprinde o rețea de 100 ochiuri de sârmă cu latura de 10 cm. Se aplică pe suprafața analizată și se analizează gradul de „umplere” cu vegetație sau cu o anumită specie a ochiurilor. Se face un calcul procentual, iar valoarea finală se compară cu scara Braun-Blanquet.

În figura 6.1. este prezentată Scara de abundență-dominanță (după Braun-Blanquet).

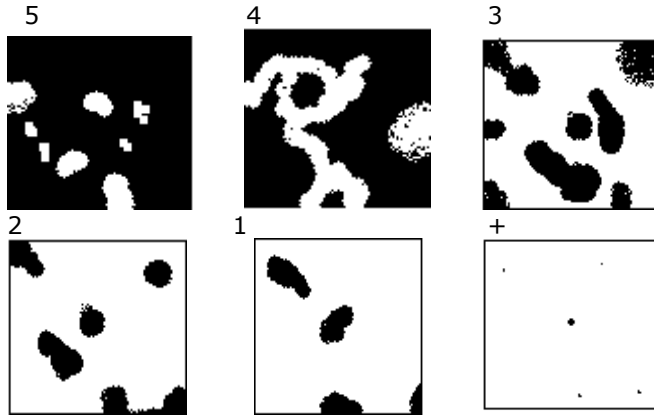


Figura 6.1. Scara de abundență-dominanță (după Braun-Blanquet)

- + - 1-2 indivizi și un foarte scăzut grad de acoperire. sub 1%;
- 1 - mai mulți indivizi, dar cu grad scăzut de acoperire de 1-5%;
- 2 - abundență scăzută și grad limitat de acoperire de 10-25%;
- 3 - indivizi abundenți și grad ridicat de acoperire de 25-50%;
- 4 - indivizi abundenți și grad bun de acoperire de 50-75%;
- 5 - indivizi abundenți și grad foarte bun de acoperire de 75-100%.

Exemplu de calcul:

Modul de calcul: într-o pajiște de câmpie s-a studiat gradul de acoperire generală cu vegetație. În urma analizei gradului de ocupare cu vegetație a fiecărui „ochi” în parte din interiorul ramei au rezultat următoarele date prezentate în tabelul 6.6:

Tabelul 6.6. Gradul de ocupare cu vegetație a fiecărui „ochi” în parte din interiorul ramei

Nr.crt.	Număr de ochiuri din ramă	Gradul de ocupare cu vegetație [%]
1	25	100
2	30	75
3	30	50
4	15	25
5	Total = 100	$\bar{x} = 66.25$

Calculul valorii medii de acoperire generală (\bar{x}_{ag}) este:

$$\bar{x}_{ag} = \frac{(25 \times 100) + (30 \times 75) + (30 \times 50) + (15 \times 25)}{100} = \frac{6.625}{100} = 66,25 \%$$

Comparată cu scara Braun-Blanquet, valoarea de 66,25% arată o acoperire generală de nivelul 4, adică indivizi abundenți cu grad bun de acoperire.

Vitalitatea, reprezintă însușirea plantelor de a-și încheia ciclul vital trecând prin toate fazele de creștere și dezvoltare, de la răsărire până la fructificare. Această însușire indică gradul de adaptare al unei specii la condițiile ecologice dintr-o fitocenoză. Pentru aprecierea vitalității se pot folosi mai multe scări de apreciere, dintre care cea mai cunoscută este clasificarea Braun-Blanquet cu următoarele categorii (trepte):

- plante bine dezvoltate, care își încheie regulat și complet ciclul de viață;
- plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc mai mult vegetativ și nu întotdeauna își încheie ciclul de viață;
- plante care vegetează, dar se înmulțesc slab și nu-și încheie complet ciclul vegetativ;
- plante foarte slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în nici un fel.

c) Conținutul de metale bioacumulate.

Se analizează conținutul de metale bioacumulate în diferite părți ale țesutului plantei: rădăcină, tulpini și frunze, paie, semințe, etc. Analiza părților aeriene din plante se efectuează astfel: plantele se usucă 3 zile la temperatura camerei sau o perioadă de aproximativ 2 ore la 105°C până la o greutate constantă și se cântăresc. Partea de rădăcină se spală bine cu o soluție diluată de EDTA 0,05 M, se clătește cu apă distilată și se usucă la greutate constantă. Probele de plantă se pregătesc pentru analiza metalelor conform metodei STAS 9597/1-74 și 9597/17-86. Extractul de plante se analizează utilizând un Spectrofometru cu absorbție atomică tip. Varian Spectra AAS.

În tabelul 6.7. sunt prezentate metodele de analiză și aparatura utilizată pentru determinarea valorilor parametrilor indicatori studiați pentru caracterizarea fertilizantilor: nămol orășenesc stabilizat anaerob și compost pe bază de nămol orășenesc, pentru caracterizarea topsolurilor, a zgurii și cenușii și a țesutului plantelor cultivate.

Tabelul 6.7. Parametrii indicatori analizați pentru: nămol orășenesc stabilizat anaerob și compost pe bază de nămol orășenesc, zgură și cenușă, variante de topsol experimentale, metodele de analiză și aparatura utilizată.

Nr. crt.	Parametri	UM	Metoda de analiza	Reglementarea STAS
			Tip	
Parametri indicatori pentru nămol orășenesc și compost				
1	Umiditatea.	%	Analitic	SR EN 12880. STAS 12586-87 SR ISO 11465-98
2	Substanța uscată	g/kg	Analitic	SR EN 12880. STAS 12586-87
3	Conținut de materie organică	%	Analitic	SR EN 12879-02 STAS 12586-87
4	pH	unități de pH	PH-metru digital Orion	SR EN 12176-00 SR ISO10523-97
5	N total	%	Analitic	STAS 12200-85 STAS 7184/2-85
6	P	%	Analitic	STAS 12205-85 STAS 7184-85
7	Conținut de cadmiu	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047-99
8	Conținut de crom	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047/99
9	Conținut de cupru	mg/kg s.u.	mineralizare cu acizi conc. analizor AAS	STAS 13179-93
10	Conținut de fier	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică	SR 13315-96
11	Conținut de mangan	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică	SR 8662-2-97
12	Conținut de nichel	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047-99 Calitatea solului
13	Conținut de plumb	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047-99 Calitatea solului
14	Conținut de zinc	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047-99 Calitatea solului

Parametri indicatori pentru cenușă				
1	Umiditatea.	g/kg	Analitic	SR EN 12880. STAS 12586-87
2	Substanța uscată	%	Analitic	SR EN 12880. STAS 12586-87
3	PH	unități de pH	PH-metru digital	STAS 7184/13-88
4	Conținut de metale	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047/99

Tabelul 6.8. Parametrii indicatori analizați din țesutul plantelor cultivate, metodele de analiză și aparatura utilizată

Nr. crt.	Parametri	UM	Aparatura	Metoda de încercare
Parametri indicatori pentru plante				
1	Substanța uscată	%		
2	Pregătirea plantelor pentru analize		analitic	STAS 9597/1-74
3	Conținut de metale	mg/kg s.u.	Spectrofotometrie de absorbție atomică în flacără și atomizare electrotermică	SR ISO 11047/99
4	Abundența și dominanța		Rame cu ochiuri/calculat	Scara Braun-Blanquet
5	Vitalitatea		Rame cu ochiuri/calculat	Scara Braun-Blanquet
6	Grad de răsărire		calculat procentual	
Parametri indicatori auxiliari pentru plante				
1	UC -Coeficientul de preluare		Calculat	
2	TF-Factor de transfer		Calculat	
3	TC-Coeficient de translocare		Calculat	

6.3.2. Metode de calcul

6.3.2.1. Prelucrarea datelor experimentale

Prelucrarea datelor experimentale se face pentru a determina:

1. Coeficientul de preluare din sol a metalelor de către plante

Coeficientul de preluare a metalelor de către plante, notat cu UC (uptake coefficient). Acest indicator este introdus de US EPA. Coeficientul de preluare UC, se obține din raportul între cantitatea de metal acumulată în anumite țesuturi ale plantelor crescute pe soluri, zone aflate sub diferite grade de impact cu materia poluantă, Q_P și cantitatea de metal din aceleași specii de plante crescute pe terenuri martor, nepoluate, Q_M

$$UC = Q_P/Q_M \quad (1)$$

unde : Q_P – concentrația metalului acumulat în țesuturi ale plantelor crescute pe soluri poluate, mg/kg s.u.;

Q_M – concentrația metalului acumulat în țesuturi ale acelorași plante crescute pe terenuri martor, nepoluate, mg/kg s.u.

2. Factorul de transfer de metal din sol în rădăcină

-Factorul de transfer, este notat cu simbolul TF: reprezintă cantitatea de metal care este transferată din sol în rădăcina plantei și se calculează cu formula:

$$TF_{\text{sol-rădăcină planta}} = Q_R/Q_S \quad (2)$$

unde: Q_R – concentrația metalului acumulată în rădăcină, mg/kg s.u.;

Q_S – concentrația metalului din sol, mg/ kg s.u.

3. Factorul de translocare

Un alt factor de comparare a bioacumulării de metal în plantă este factorul de translocare, notat simbolul TC. Acesta se referă la gradul de acumulare de metal în partea aeriană a plantei, raportat la cantitatea de metal acumulată în rădăcină și se calculează cu formula (3)

$$TC=Q_A/Q_R \quad (3)$$

unde:

Q_A – concentrația metalului acumulată în partea aeriană a plantei, mg/kg s.u.;

Q_R – concentrația metalului acumulată în rădăcină, mg/kg s.u.;

Factorul de translocare s-a aplicat pentru stabilirea gradului de acumulare în biomasa recoltată prin cosire a plantelor de pajști: trifoi, sparceta și iarbă, pentru

biomasa rezultată din paiele de cereale și pentru recolta de boabe de cereale orz și ovăz.

6.3.2.2. Prelucrarea statistică a datelor experimentale

Aplicarea Testului F privind determinarea dozei de agent de fertilizare a stratului superior de zgură și cenușă în cultura de plante din specia *Onobrychis viciifolia*. Prelucrarea și interpretarea statistică a datelor experimentale a fost efectuată prin metoda analizei varianței - ANOVA

Valoarea F pentru factorul A (varianța) s-au dedus împărțind varianța (s^2) factorului A la varianța erorii –.

În toate tabelele de **Analiza varianței**, la coloana privind semnificația testului F (ultima coloana) sunt trecute :

- *** pentru acțiunea foarte semnificativă;
- ** pentru acțiunea distinct semnificativă;
- * pentru acțiunea semnificativă;
- lipsă simbol pentru acțiunea nesemnificativă.

Aceiași semnificație este atribuită în Testul Student diferențelor cantităților de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată (C) luată ca martor.

Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de tratate cu fertilizant în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat utilizat asupra cantității de biomasă obținută în diferite culturi de plante. TEST Duncan aplicat la nivel de 5% [223].

6.4. Modul de lucru

6.4.1. Pregătirea topsolului din vase de vegetație în scopul înierbării

Zgura și cenușa se amestecă bine cu cantitățile prestabilite de fertilizant organic, sau de amendament, tuf vulcanic indigen nemodificat sau tuf vulcanic indigen modificat, fie cu amestecul format în prealabil din fertilizant organic cu amendament.

În cazul în care zgura și cenușa se tratează cu amestec format din fertilizant organic și tuf vulcanic nemodificat/modificat, se amestecă mai întâi fertilizantul cu tuful vulcanic și apoi se adaugă la cantitatea prestabilită de zgură și cenușă.

Cantitatea de topsol utilizată pentru fiecare vas de vegetație este de 5,5 kg. Fiecare variantă experimentală se realizează în număr de 3 replici. Variantele experimentale sunt parte componentă a unui Dispozitiv experimental de lucru. Variantele experimentale de topsol poluate, fertilizate, amendate au fost lăsate la stabilizare biogeochimică timp de 30 zile.

Fiecare variantă experimentală de zgură și cenușă tratată sau netratată din dispozitivele de lucru se însămânțează cu specia de plantă prestabilită.

6.4.2. Stabilirea cantității optime de agent de fertilizare

Pentru stabilirea cantității optime de agent de fertilizare nămol orășenesc sau compost pe bază de nămol orășenesc s-a determinat câte o singură doză optimă. Doza optimă de agent de fertilizare s-a determinat în conformitate cu:

- valorile indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate a stratului vegetal instalat pe suprafața însămânțată;
- gradul de bioacumulare de metale în țesutul aerian al plantei recoltate din variantele experimentale studiate;
- cantitatea de masă verde, paie sau boabe;
- optimul economic, stabilit prin costul operațiunilor agricole destinate tratamentelor aplicate pentru fertilizare și amendare, respectiv pentru întreținerea culturilor sănătoase pe suprafețe defavorizate și a recoltărilor de masă verde sau boabe.

Stratul vegetal instalat pe suprafața însămânțată trebuie să acopere o suprafață cât mai mare. Plantele trebuie să prezinte un grad ridicat de vitalitate astfel încât să poată rezista condițiilor aspre pedoclimatice la care este supus stratul de vegetație instalat, pentru a efectua ciclurile vegetative specifice speciei selectate pentru înierbare. Cantitatea de biomasă recoltată de pe terenurile înierbate trebuie să fie cât mai ridicată.

Cantitatea unor metale toxice pentru lanțurile trofice, bioacumulată în țesutul aerian al plantei recoltate este impusă prin norme standardizate. În țara noastră se reglementează cantitatea maximă de plumb acumulată la produse destinate hranei animalelor. În țara noastră nu sunt norme standardizate pentru concentrația metalelor Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, în țesuturi vegetale, destinate hranei omului sau animalelor.

Limitele maxime admise pentru plumb sunt prezentate în tabelul 6.9.

Tabelul 6.9. Cantitatea maximă de plumb și cadmiu admisă în produsele utilizate pentru hrana animalelor

Metal	Produse destinate hrănirii animalelor	Conținut maxim al furajelor cu umiditate de 12% [mg/kg]	Conținut maxim al furajelor [mg/kg s.u.]
Plumb	materii furajere	10	12,82
	Nutrețuri verzi (fân, siloz, iarbă verde)	30	36,46
Cadmiu	Iarbă verde	1	

Cantitatea maximă de plumb admisă în produsele utilizate pentru hrana animalelor conform Ordin ANSVSA nr 18/2007, completat cu ordinul ANSVSA 19/2009 [224,225] și cantitatea de cadmiu în iarba verde, stabilită de Directiva Uniunii Europene **2005/87/EC** [226].

În spațiul Uniunii Europene se reglementează cantitatea maximă admisă de zinc acumulată la produse agricole destinate hranei animalelor.

În cazul unor produse destinate hranei pentru animale limita maximă admisă de zinc este prezentată în tabelul 6.10.

Tabelul 6.10. Limitele maxime admise pentru zinc, în plantele utilizate ca hrană pentru animale în spațiul EU

Nr crt	Metalul	Limita maximă admisă. [mg/kg s.u.]	Act normativ	Observații
1	Zinc	284,0	EU70/524/RC	În Romania nu e normat

Limitele maxime admise pentru zinc, în plantele utilizate ca hrană pentru animale în spațiul EU, este normat de actul normativ EU70/524/RC [227].

În unele țări din afara spațiului european, sunt introduse limite maxime admise de metale în țesutul plantelor utilizate pentru hrană. Ca de exemplu în India, sunt stabilite valori pentru metalele: cupru, zinc, cadmiu, plumb, nichel și crom [228], așa după cum sunt prezentate în tabelul 6.11.

Tabelul 6.11. Limita maximă admisă în India pentru metalele: cupru , zinc, cadmiu, plumb, nichel și crom micrograme metal/g s.u. în plantele utilizate pentru hrană,

Nr crt	Metale					
	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
	30	50	1,5	2,5	1,5	30

În literatură sunt multe raportări care redau conținutul de metale bioacumulate de plante din soluri normale, plante utilizate în hrana animalelor.

În tabelul 6.12 sunt prezentate cantitățile de metale conținute în produsele vegetale recoltate de pe terenuri normale, nepoluante, așa cum sunt raportate în literatură de Ram și alții, în anul 2011 [198].

Tabelul 6.12. Conținutul de metale în diferite variante de biomasă utilizată pentru hrana animalelor

Nr crt.	Biomasa recoltată pentru hrana animalelor	Cantitate metal. [mg/kg s.u.]			
		Cr	Fe	Mn	Pb
1	Biomasa de hrănire	0,12			0,70
2	Siloz pentru animale mari	0,21			<1
3	Paie de cereale		59,78-72,85	29,74-30,65	0,66-0,70
4	Boabe de cereale		79,35-82,67	31,68-33,21	0,50

6.4.2.1. Stabilirea dozei optime de nămol orășenesc

Adaosul de nămol orășenesc a fost efectuat în conformitate cu indicațiile date de Răuță și Cârstea, 1983. În raportările date, se estimează că prin adaosul de nămol orășenesc în strat de 2,5 cm, la o compoziție de 4,4% substanță uscată, 52% substanțe organice, 5% azot total, 1,6% azot amoniacal, 3,6% fosfor, 0,2% potasiu,

se aduc în sol 12,5 t/ha substanță uscată, 6,5 t/ha material organic, 499 kg/ha azot total, 120 kg/ha azot amoniacal, 359 kg/ha fosfor și 20 kg/ha potasiu. Autorii menționați mai sus estimează că adaosul de nămol pentru fertilizarea terenurilor agricole aduce un aport de producție de 15% pentru păioase.

În cadrul studiului experimental sunt determinate doze optime pentru fertilizantul bazat pe nămol orășenesc stabilizat anaerob, în cazul plantelor leguminoase pentru specia *Trifolium pratense* în Dispozitivul experimental Trifolium **N**, pentru specia *Onobrychis viciifolia* în Dispozitivul experimental Onobrychis **N** și în cazul plantelor graminee pentru specia *Lolium perenne* în Dispozitivul experimental Lolium **N**.

În scopul stabilirii dozei optime pentru nămolul orășenesc stabilizat anaerob se variază cantitatea de nămol în domeniul 15-50 t/ha s.u., în variantele experimentale componente ale dispozitivelor experimentale respective.

Pentru determinarea dozei optime de fertilizant se realizează un studiu experimental pentru fiecare specie dintre plantele de păștiți, selectate pentru studiu experimental de înierbare a depozitelor de zgură și cenușă și anume specia *Lolium perenne*, respectiv specia *Onobrychis viciifolia*.

Doza optimă determinată experimental pentru fertilizarea terenurilor aride de tipul depozitelor de zgură și cenușă cu nămol orășenesc este de 25 t/ha s.u.

Mărirea dozei de agent de fertilizare peste doza optimă stabilită nu a determinat la variantele de topsol tratate eficiențe de majorare a recoltei, dar a determinat aspecte nedorite de majorare a cantității de metale bioacumulate în țesutul plantelor.

6.4.2.2. Stabilirea dozei optime de compost

Pentru determinarea dozei optime de compost utilizat într-o strategie de înierbare a depozitelor de zgură și cenușă, se realizează un studiu experimental pentru fiecare specie dintre plantele de păștiți, selectate, specia *Lolium perenne* și specia *Onobrychis viciifolia* și pentru cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*. Doza optimă s-a determinat în dispozitive experimentale separate Dispozitivul experimental Onobrychis **C** pentru plante leguminoase și în Dispozitivul experimental Lolium **C**. În cazul plantelor graminee pentru specia *Lolium perenne* Pentru cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativ*, doza optimă s-a determinat în dispozitive experimentale separate: Dispozitivul experimental Hordeum **C** și în Dispozitivul experimental Avena **C**.

Având în vedere cantitatea mai redusă de elemente nutritive din compostul pe bază de nămol orășenesc, în scopul stabilirii dozei optime se variază cantitatea de compost utilizată în variante experimentale, în domeniul 50-150 t/ha.

Doza optimă de compost determinată pentru fertilizarea suprafețelor superioare ale depozitului de zgură și cenușă este de 50 t/ha s.u. Mărirea dozei de agent de fertilizare peste această doză optimă stabilită nu a determinat la variantele de topsol tratate, eficiențe așteptate de majorare a recoltei, dar a determinat aspecte nedorite de majorare a cantității de metale bioacumulate în țesutul plantelor.

6.4.2.3. Stabilirea dozei optime de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat

În cadrul studiului experimental sunt determinate doze optime pentru amendamente utilizate în amestec cu fertilizantul bazat pe nămol orășenesc stabilizat anaerob. În cazul plantelor leguminoase pentru specia *Onobrychis viciifolia* doza optimă s-a determinat în Dispozitivul experimental Onobrychis **NT** și în cazul plantelor graminee pentru specia *Lolium perenne* doza optimă s-a determinat în Dispozitivul experimental Lolium **NT**

Cantitatea de tuf administrată ca amendament este de 5t/ha, conform receptorilor prezentate în literatura de specialitate [214]. În scopul stabilirii dozei optime pentru nămolul orășenesc stabilizat anaerob în amestec cu tuf modificat/nemodificat se variază cantitatea de nămol în domeniul 15-50 t/ha s.u., în condițiile în care cantitatea de tuf este cuprinsă în domeniul 2,5- 5t/ha

Doza optimă determinată pentru fertilizarea zgurii și cenușii cu nămol orășenesc este de 2,5 t/ha s.u.

6.4.2.4. Stabilirea dozei optime de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat

Pentru determinarea dozei optime de fertilizant se realizează un studiu experimental pentru fiecare specie dintre plantele de pășiți selectate pentru studiu experimental de înierbare a depozitelor de zgură și cenușă *Lolium perenne* și *Onobrychis viciifolia* și pentru cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*. Doza optimă s-a determinat în dispozitive experimentale separate pentru leguminoase, respectiv Dispozitivul experimental Onobrychis **CT** și plante graminee pentru specia *Lolium perenne* în Dispozitivul experimental Lolium **CT**. Pentru cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, doza optimă s-a determinat în dispozitive experimentale separate pentru fiecare tip de cereale: pentru orz în Dispozitivul experimental Hordeum **CT** și pentru ovăz în Dispozitivul experimental Avena **CT**.

Cantitatea de tuf administrată ca amendament este de 5 t/ha, conform receptorilor prezentate în literatura de specialitate [214]. Se variază cantitatea de compost în domeniul 50-150 t/ha cu un adaos de 5 t/ha de tuf vulcanic.

Doza optimă determinată pentru fertilizarea zgurii și cenușii cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen este de 50 t/ha. Doza majorată de materie organică a determinat și în acest caz majorarea cantității de metale bioacumulate în țesutul plantelor.

6.4.3. Graficul de lucrări agrotehnice

6.4.3.1. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate pentru culturi din specia *Trifolium pratense*

Studiile experimentale de copertare a straturilor de zgură și cenușă efectuate cu plante din specia *Trifolium pratense* se efectuează în vase de vegetație amplasate în aer liber. În dispozitivul experimental *Trifolium N* și *NT* se realizează lucrări agricole specifice pentru plante de pajiști, conform graficului prezentat în tabelul 6.13. În paralel cu lucrările agricole se evaluează și unele caracteristici ale plantei, care sunt prezentate de asemenea în tabelul 6.13.

Tabelul 6.13. Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru cultura de *Trifolium spp.*

Lucrarea agrotehnică efectuată	Data	Observații
1. Pregătirea variantelor experimentale echipate cu zgură și cenușă netratată, fertilizată, amendată	12.01.2011	Vasele de vegetație echipate cu topsol se umețtează cu apă și se lasă la stabilizare biogeochimică timp de 2 luni de zile
2. Însămânțare cu specia de plante selectată <i>Trifolium spp.</i>	15.03.2011	Se tasează solul însămânțat, se umețtează cu apă
3. Urmărirea gradului de răsărire a plantelor, a suprafeței ocupată de plante	08.04.2011	Stabilirea gradului de răsărire. Grad de acoperire cu plante a suprafeței însămânțate
4. Determinarea periodică a gradului de dezvoltare a plantelor și evaluarea suprafețelor acoperire	10.06.2011	Se urmărește aspectul plantelor. Analizarea acumulării de metale grele în partea de rădăcină și partea aeriană.
5. Recoltarea plantelor, partea aeriană	24.07.2011	Analizarea acumulării de metale grele în țesuturi Determinarea factorului de transfer, coeficientului de translocare
6. Menținerea culturii în cicluri vegetative succesive	01.09.2011	Analizarea periodică a acumulării de metale grele din partea aeriană

6.4.3.2. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitivul experimental Hordeum

Studiile experimentale de copertare a straturilor de zgură și cenușă se efectuează cu plante din specia *Hordeum vulgare* în vase de vegetație amplasate în aer liber. componente ale Dispozitivului Hordeum **C** și ale Dispozitivului Hordeum **CT**. Se realizează lucrări agricole conform graficului prezentat în tabelul 6.14. Totodată se urmărește calitatea culturii inițiate, pe fenofaze de dezvoltare ale plantei.

Sămânța a corespuns indicatorilor de calitate prescriși, ea are puritate peste 90% și capacitate de răsărire peste 90%. Sămânța a fost în prealabil tratată contra bolilor și dăunătorilor.

Densitatea de semănat este de 30 boabe germinabile/mp, iar adâncimea este de 3,5 cm. Practicile agricole prestate pentru cultura de orz sunt practici uzuale care se aplică la aceste culturi. Pe perioada culturii de orz, s-a urmărit periodic starea acesteia. PH-ul indicat pentru solurile cultivate cu orz după Lixandru Gh. 1990, este de 6,5-7,8.

Tabelul 6.14. Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru cultura de *Hordeum spp* fertilizată cu compost în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat / modificat

Lucrarea agrotehnică efectuată	Data	Observații
1. Pregătirea variantelor experimentale echipate cu zgură și cenușă netratată și fertilizată/amendată	15.09.2009	Vase de vegetație umplute cu amestecul prestabilit se umectează cu apă și se lasă la stabilizare biogeochimică 5 luni
Se analizează conținutul de metale din variantele experimentale pregătite pentru însămânțare	23.03.2010	
2. Însămânțare cu specia de plante selectată graminee <i>Hordeum spp</i>	23.04.2010	Se tasează solul însămânțat și se umectează cu apă
3. Urmărirea gradului de răsărire a plantelor. Urmărirea gradului de ocupare a suprafeței cu specia însămânțată	06.05.2010	Stabilirea gradului de răsărire a semințelor. Grad de acoperire cu plante a suprafeței însămânțate
4. Determinarea periodică a gradului de dezvoltare a plantelor și evaluarea suprafețelor acoperite	10.06.2010	Se urmărește aspectul plantelor Analizare acumulării de metale grele din partea de rădăcină și aeriană.
5. Recoltarea plantelor	28.06.2010	Determinarea cantității de paie și boabe recoltate Analizarea acumulării de metale grele; Determinarea factorului de transfer; Determinarea coeficientului de translocare

6.4.3.3. Graficul de lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitivul experimental Avena C și CT

Studiile experimentale de copertare a straturilor de zgură și cenușă efectuate cu plante din specia *Avena sativa* în vase de vegetație amplasate în aer liber, în dispozitivul experimental Avena C, Avena CT. Se realizează lucrări agricole pentru specia *Avena sativa* conform graficului prezentat în tabelul 6.15. Totodată se urmărește calitatea și cantitatea culturii de plante formate în variantele propuse în experiment, pe fenofaze de dezvoltare ale plantei, conform graficului prezentat în tabelul 6.15.

Tabelul 6.15. Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate pentru culturi de cereale *Avena sativa* Dispozitiv experimental Avena

Lucrarea agrotehnică efectuată	Data	Observații
1. Pregătirea variantelor experimentale echipate cu zgură și cenușă netratată și fertilizată/amendată	10.09.2010	Vasele de vegetație umplute se umectează cu apă și se lasă la stabilizare biogeochimică timp de 3-luni
2. Însămânțare cu specia de plante selectată graminee <i>Avena sativa</i>	19.03.2011	Se tasează solul însămânțat, se umectează cu apă
3. Urmărirea gradului de răsărire a plantelor, respectiv a suprafeței ocupată de specia însămânțată	26.04.2011	Stabilire grad de răsărire. Grad de acoperire cu plante a suprafeței însămânțată
4. Determinarea periodică a gradului de dezvoltare a plantelor și evaluarea suprafețelor acoperite	04.05.2011	Se urmărește aspectul plantelor. Analizarea acumulării de metale grele din partea de rădăcină și aeriană.
5. Recoltarea plantelor	16.06.2011	Determinarea cantității de paie și boabe recoltate. Analizarea acumulării de metale grele. Determinarea factorului de transfer și de translocare.

6.4.3.4. Graficul de lucrări agrotehnice specifice efectuate pentru speciile *Lolium perene* și *Onobrychis viciifolia*

Studiile experimentale de copertare a straturilor de zgură și cenușă efectuate cu specii de plante de pajiști *Lolium perene* și *Onobrychis viciifolia* se realizează în vase de vegetație, în variante similare.

Studiile se realizează în Dispozitivul experimental *Lolium* cu variante N, NT, C, CT și în Dispozitivul experimental *Onobrychis* cu variante N, NT, C, CT. Graficul de lucrări agricole și analiza calitativă și cantitativă a plantelor realizată în conformitate cu stadiul de dezvoltare al plantelor din variantele propuse în dispozitiv, sunt prezentate în tabelul 6.16.

Tabelul 6.16. Grafic cu lucrări agrotehnice efectuate în Dispozitiv experimental *Lolium* cu variante N.NT.C.CT și Dispozitiv *Onobrychis* cu variante N, NT, C, CT

Lucrarea agrotehnică efectuată	Data	Observații
1. Pregătirea variantelor experimentale echipate cu zgură și cenușă netratată și fertilizată/amendată	01-09.06.2009	Vasele de vegetație umplute se umectează cu apă și se lasă la stabilizare biogeochimică timp de 3 luni.
2. Însămânțare cu specia de plante selectată graminee	13-15.09.2009	Însămânțare cu specia de plante selectată graminee
3. Urmărirea gradului de răsărire a plantelor, a suprafeței ocupată de specia însămânțată: - plante graminee <i>Lolium perenne</i> - leguminoase <i>Onobrychis viciifolia</i>	23.09.2009	Stabilire grad de răsărire. Măsurători biometrice Grad de acoperire cu plante a suprafeței însămânțată
4. Determinarea periodică a gradului de dezvoltare a plantelor și evaluarea suprafețelor acoperite	04.11.2009	Se urmărește aspectul plantelor Analizarea acumulării de metale grele din partea de rădăcină și aeriană.
5. Urmărirea încheierii unui ciclu vegetativ, perioada de înspicare, înflorire	15.06.2010	Regimul de precipitații: ploi răzlețe, temperaturi excesive de vară
6. Recoltarea plantelor	15.06.2010	Determinarea cantității de biomasă; Analizarea acumulării de metale grele în diferite părți ale plantei; Determinarea factorului de transfer și de translocare

6.4.4. Dispozitivele experimentale pentru realizarea culturilor de plante

6.4.4.1. Dispozitiv experimental *Trifolium* pentru realizarea culturii de plante din specia *Trifolium pratense*

Dispozitivul experimental *Trifolium*, utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Trifolium pratense* cuprinde următoarele variante:

- C – martor, zgură și cenușă netratată;
- CN – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha;
- CNT1 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha și tuf vulcanic indigen 5 t/ha;
- CNT11 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen 2,5 t/ha;
- CNT2 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- CNT22 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat 2,5 t/ha;

6.4.4.2. Dispozitiv experimental *Onobrychis* pentru realizarea culturii de plante specia *Onobrychis viciifolia*

Dispozitivul experimental *Onobrychis* utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Onobrychis viciifolia* cuprinde următoarele variante:

1. Dispozitivul experimental *Onobrychis* N
 - C-martor, zgură și cenușă netratată;
 - CT1 – zgură și cenușă tratată cu tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
 - CT2 – zgură și cenușă tratată cu tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
 - CN - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 15 t/ha;
 - CN1 - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25 t/ha;
 - CN11 - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 40 t/ha;
 - CN2 - zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 50 t/ha.
2. Dispozitivul experimental *Onobrychis* NT
 - CNT1 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25t /ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
 - CNT2 – zgură și cenușă fertilizată cu nămol orășenesc 25t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha
3. Dispozitivul experimental *Onobrychis* C
 - CC - zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha;
 - CC1 - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 100 t/ha;
 - CC2 - zgură și cenușă fertilizată cu compost nămol orășenesc 150 t/ha.
4. Dispozitivul experimental *Onobrychis* CT
 - CCT1 – zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
 - CCT2 – zgură și cenușă fertilizată cu compost pe bază de nămol orășenesc 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha

6.4.4.3. Dispozitiv experimental *Hordeum* pentru realizarea culturii de plante din specia *Hordeum vulgare*

Dispozitivul experimental *Hordeum* utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Hordeum vulgare* cuprinde următoarele variante:

1. Dispozitivul experimental *Hordeum* C
 - C - martor, zgură și cenușă netratată;
 - CC - zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha;
 - CC 1 - zgură și cenușă fertilizată cu compost 100 t/ha;
 - CC 2 - zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha s.u.
2. Dispozitivul experimental *Hordeum* CT
 - CCT1 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;

- CCT2 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- CC1T1 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 100/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- CC1T2 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 100 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;
- CC2 - zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha;
- CC2T1 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha și tuf vulcanic indigen nemodificat 5 t/ha;
- CC2T2 – zgură și cenușă fertilizată cu compost 150 t/ha și tuf vulcanic indigen modificat 5 t/ha;

6.4.4.4. Dispozitiv experimental *Avena* pentru realizarea culturii de plante din specia *Avena sativa*

Dispozitivul experimental *Avena*, utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Avena sativa* este similar cu Dispozitivul experimental *Hordeum* pentru realizarea culturii cu specia de plante *Hordeum vulgare*.

6.4.4.5. Dispozitiv experimental *Lolium* pentru realizarea culturii de plante din specia *Lolium perenne*

Dispozitivul experimental *Lolium* utilizat pentru realizarea culturii de plante din specia *Lolium perenne* este similar cu Dispozitivul experimental pentru realizarea culturii cu specia de plante *Onobrychis viciifolia*. Vezi subcapitolul 6.4.4.2., Dispozitiv experimental *Onobrychis* pentru realizarea culturii de plante specia *Onobrychis viciifolia*.

CAPITOLUL VII. CARACTERIZAREA STRATURILOR DE TOPSOL UTILIZATE

7.1. Caracterizarea straturilor de topsoil din Dipozitivul experimental *Onobrychis*

În tabelul 7.1. sunt prezentate caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele experimentale din Dipozitivul experimental *Onobrychis*, realizate în scopul stabilirii unei strategii de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pășiți, leguminoase.

Tabelul 7.1. Caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pășiți din specia *Onobrychis viciifolia*

Nr. crt.	Varianta Experiment	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	126,8	103,8	4576,4	61,1	15,9	95,9
2	CT1	98,5	96,6	4637,4	73,6	14,4	89,5
3	CT2	94,4	97,1	4620,7	69,6	15,7	92,0
4	CN	95,6	96,9	4791,7	68,8	14,6	89,6
5	CN-1	86,5	66,9	4833,0	56,4	15,6	85,9
6	CN-2	88,9	67,8	4944,3	65,4	18,3	87,4
7	CNT1	98,0	96,8	4688,4	67,8	15,5	88,7
8	CNT2	94,7	98,5	4701,7	65,0	16,7	89,8
9	CC	92,4	92,1	4704,9	64,5	17,3	87,9
10	CC 1	83,1	64,3	4714,3	48,8	13,8	88,6
11	CC 2	85,6	66,3	4744,0	48,9	13,9	90,5
12	CCT1	94,4	88,8	4704,8	60,4	15,5	88,2
13	CCT2	95,4	87,2	4713,8	64,5	16,1	91,9

7.2. Caracterizarea straturilor de topsoil din Dipozitivul experimental *Trifolium*

În tabelul 7.2. sunt prezentate caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru stabilirea variantei optime din Dipozitivul experimental de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pășiți din specia de plante leguminoase, *Trifolium pratense*

Tabelul 7.2. Caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia *Trifolium pratense*

Nr crt	Variante experiment	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]						
		Fe	Mn	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
1	C	1953,3	163,0	21,8	121,8	32,4	10,1	74,7
2	CN	1935,1	165,9	18,8	98,4	32,4	12,6	69,5
3	CNT1	1909,3	153,,4	18,0	87,6	30,5	10,4	63,5
4	CNT11	1898,2	153,6	18,2	79,5	31,8	10,6	67,7
5	CNT2	1843,7	148,7	17,1	78,1	32,8	13,6	69,2
6	CNT22	1844.4	149.2	17.2	77.8	29.9	13.5	69.8

7.3. Caracterizarea straturilor de topsoil pentru culturi de *Lolium perenne*

În tabelul 7.3. sunt prezentate caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru stabilirea variantei optime de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia graminee, *Lolium perenne*, efectuate în dipozitivul experimental

Tabelul 7.3. Caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele experimentale de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de plante de pajiști din specia *Lolium perenne*

Nr. crt.	Varianta Experiment	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	85,8	63,8	4636,4	50,1	12,9	65,8
2	CT 1	85,3	62,6	4604,5	53,6	13,1	69,1
3	CT 2	84,4	61,6	4622,7	49,6	12,7	72,0
4	CN	86,5	66,9	4833,0	56,4	15,6	85,9
5	CN 1	85,6	65,9	4711,9	49,3	14,1	82,6
6	CN 2	88,9	67,8	4944,3	65,4	18,3	87,4
7	CNT1	84,0	66,1	4636,4	48,0	12,9	83,3
8	CNT2	84,6	67,1	4731,8	50,1	13,7	84,5
9	CC	82,7	62,1	4714,2	47,5	12,4	83,9
10	CC 1	83,1	64,3	4714,3	48,8	13,8	88,6
11	CC 2	83,1	64,3	4714,3	48,8	13,8	88,6
12	CCT1	84,1	64,8	4724,8	50,8	10,5	72,2
13	CCT2	83,3	63,2	4713,6	44,2	13,0	71,6

7.4. Caracterizarea straturilor de topsoil pentru culturi de *Hordeum vulgare*

În tabelul 7.4. sunt prezentate caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele experimentale de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de graminee din specia *Hordeum spp.* efectuate în Dipozitivul experimental.

Tabelul 7.4. Concentrația de metale din straturile de topsoil utilizate pentru variantele experimentale cu culturi de graminee din specia *Hordeum spp.* efectuate în Dipozitivul experimental.

Nr.crt.	Variante Experiment	Conținut de metale grele Mg/kg s.u.					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	94,5	67,1	2843,1	37,3	9,8	69,3
2	CC	94,6	67,2	2835,1	38,1	7,8	74,6
3	CCT1	94,3	68,7	2846,6	37,9	7,1	77,4
4	CCT2	93,9	63,6	2798,5	35,8	6,9	76,5
5	CC 1	84,2	64,2	2783,3	36,8	12,0	76,3
6	CC 1T1	84,3	66,5	2775,3	35,9	11,6	74,2
7	CC 1T2	84,6	64,0	2919,6	37,4	11,7	74,5
8	CC 2	83,6	61,5	2725,3	48,3	13,0	84,5
9	CC 2T1	83,6	61,5	2629,3	48,6	12,9,1	77,1
10	CC 2T2	82,9	62,2	2620,9	51,1	12,3	76,9

7.5. Caracterizarea straturilor de topsoil pentru culturi de *Avena sativa*

În tabelul 7.5. sunt prezentate caracteristicile straturilor de topsoil utilizate pentru variantele experimentale de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu culturi de graminee din Dipozitivul experimental Avena.

Tabelul 7.5. Concentrația de metale din straturile de topsoil utilizate pentru variante experimentale din Dipozitivul experimental Avena

Nr.crt.	Varianta Experimentală	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	121,5	78,5	4553,8	67,4	9,8	69,3
2	CC	119,6	81,3	4435,5	88,5	11,8	78,8
3	CCT1	119,9	83,6	4449,8	85,4	11,9	76,5
4	CCT2	118,3	83,5	4446,6	87,9	11,1	77,4
5	CC 1	118,4	84,9	4383,6	85,6	12,5	96,9
6	CC 1T1	118,6	84,3	4409,6	87,7	14,3	98,6
7	CC 1T2	118,3	88,5	4372,2	85,9	13,6	94,8
8	CC 2	116,8	81,5	4321,3	89,3	15,0	98,4
9	CC 2T1	118,0	82,2	4352,0	91,1	16,3	98,6
10	CC 2T2	117,5	79,5	4319,4	88,9	15,9	97,9

7.6. Influența tratamentului aplicat asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă

7.6.1. Influența adaosului de nămol asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă

În amestecurile realizate din zgură și cenușă cu nămol fermentat, se constată că în variantele experimentale inițiate, conținutul de metale grele variază vs. conținutul de metale din zgura și cenușa netratată. Conținutul de metale poate să crească, să scadă sau să rămână similar cu cantitatea determinată în zgura și cenușa netratată. Scăderea conținutului de metale a fost cuprinsă între 0-25 % pentru crom și 0-35 % cupru. În ceea ce privește conținutul de fier acesta prezintă o creștere sau o scădere vs. proba de zgură și cenușă netratată cu $\pm 5,5\%$.

Cantitatea de nichel poate să varieze în topsolurile tratate în funcție de tratamentele efectuate cu ± 5 mg/kg s.u. vs. proba de zgură și cenușă netratată. Cantitatea de plumb variază în topsolul variantelor experimentale tratate în domeniul $\pm 2,5$ mg/kg s.u. vs. proba de zgură și cenușă netratată.

Cantitatea de mangan scade din topsolul tratat la adaosul de nămol vs. proba de zgură și cenușă netratată.

Cantitatea de zinc este cuprinsă în cazul tratării topsolului zgură și cenușă cu nămol orășenesc în domeniul 65,9-89,6 mg/kg s.u., în timp ce proba topsoil de zgură și cenușă netratată prezintă un conținut de zinc cuprins în domeniul de 65,8-95,9 mg/kg s.u.

7.6.2. Influența adaosului de compost asupra caracteristicilor topsolurilor

În amestecurile realizate din zgură și cenușă cu compost, se constată că în variantele experimentale inițiate, conținutul de metale grele variază vs. conținutul de metale din zgură și cenușă netratată. Conținutul de metale poate de asemenea să crească, să scadă sau să rămână similar cu cantitatea determinată în zgură și cenușă netratată. Scăderea conținutului de metale a fost cuprinsă între 0-25 % pentru Cr și 0-38 % Cu. În ceea ce privește fierul, acesta prezintă o variație de $\pm 5,1\%$ vs. conținutul de fier din proba de zgură și cenușă netratată. Nichelul a variat în variantele experimentale de topsol tratate cu ± 10 mg/kg s.u. vs. cantitatea din proba de zgură și cenușă netratată. Plumbul a variat în variantele de topsol tratate în domeniul $\pm 2,0$ mg/kg s.u. vs. cantitatea de plumb din proba de zgură și cenușă netratată. Zincul a fost cuprins în cazul tratării topsolului zgură și cenușă cu compost în domeniul 83,9 - 90,5 mg/kg s.u., în timp ce varianta experimentală de topsol de zgură și cenușă netratată prezintă un conținut de zinc de 65,8-95,9 mg/kg s.u.

7.6.3. Influența adaosului de tuf vulcanic asupra caracteristicilor straturilor tratate de zgură și cenușă

Prin adaosul de tuf vulcanic în absența/prezența agentului de fertilizare se constată că în variantele experimentale inițiate în Dispozitivele experimentale, conținutul de metale grele variază raportat la conținutul de metale din topsolul de zgură și cenușă netratată. Conținutul de metale poate să crească sau să scadă vs. cantitatea determinată din topsolul de zgură și cenușă netratată. Scăderea conținutului de metale a fost cuprinsă între 0-27 % pentru Cr și 0-10% pentru Cu. În ceea ce privește Fe, acesta prezintă o variație a conținutului vs. topsolul de zgură și cenușă cu $\pm 3,0\%$ când topsolul de zgură și cenușă se tratează cu tuf vulcanic indigen și cu $\pm 7,0\%$ când topsolul de zgură și cenușă se tratează cu tuf vulcanic indigen în amestec cu un agent de fertilizare. Nichelul poate să varieze în variantele experimentale de topsol cu tratamentele efectuate cu ± 10 mg/kg s.u. vs. din topsolul de zgură și cenușă netratată. Cantitatea de plumb variază în variantele experimentale tratate cu $\pm 2,5$ mg/kg s.u. vs. cantitatea din topsolul de zgură și cenușă netratată.

Cantitatea de mangan din topsolul variantelor experimentale tratate scade la adaosul de nămol și tuf de zgură și cenușă netratată. Cantitatea de mangan din topsol tratat cu tuf vulcanic indigen este mai mică cu până la 8,5% vs. cantitatea de mangan din topsolul cuprinsă în cazul tratamentului cu tuf vulcanic indigen în domeniul 69,0-92,0 mg/kg s.u., iar cantitatea de zinc din topsolul de zgură și cenușă netratată prezintă un conținut de 65,8-95,9 mg/kg s.u. Cantitatea de zinc din topsol este cuprinsă în cazul tratamentului cu tuf vulcanic indigen și fertilizant în domeniul 63,5-98,6 mg/kg s.u.

CAPITOLUL VIII.

STUDII COMPARATIVE PRIVIND APLICAREA ȘI EVALUAREA COMPARATIVĂ A PERFORMANTELOR NĂMOLULUI ORĂȘENESC ÎN PROCESUL DE ÎNIERBARE A HALDELOR DE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ

8.1. Studii comparative privind procesul de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu specii de plante leguminoase

8.1.1. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășenesc pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă

8.1.1.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

8.1.1.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Studiul se realizează în scopul stabilirii dozei optime de agent de fertilizare organic, nămolul orășenesc, în dispozitivul experimental ce cuprinde variante experimentale de zgură și cenușă fertilizate/nefertilizate. Fertilizarea se realizează cu cantități diferite de nămol orășenesc fermentat anaerob, cuprinse în domeniul 15-50 t/ha. De asemenea se studiază și influența cantității de fertilizant asupra gradul de bioacumulare de metale grele în țesutul aerian și rădăcina plantelor. Studiul are drept scop stabilirea corelării între doza de agent de fertilizare organic și cantitatea de metal bioacumulată. În cazul în care aceste acumulări de metale sunt în limitele admise de normele în vigoare, biomasa se poate dirija spre domenii care să nu aducă prejudicii în lanțurile trofice.

Studiul comparativ s-a efectuat la specia de leguminoasă perenă *Onobrychis viciifolia* soiul Splendid, în culturi obținute pe straturi de zgură și cenușă fertilizate, cu care sunt echipate vasele de vegetație, având ca martor cultura de plante obținută pe un strat de zgură și cenușă nefertilizat. Acest dispozitiv experimental a fost organizat în condițiile naturale ale sitului poluat. Gradul de răsărire a plantelor, indicii de abundență ecologică și indicii de vitalitate, pentru plantele din cultura *Onobrychis viciifolia* în variantele experimentale zgură și cenușă nefertilizate și variantele de zgură și cenușă fertilizate cu cantități de 15, 25, 40 și 50 t/ha nămol orășenesc, sunt prezentate comparativ în tabelul 8.1.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 109

Tabelul 8.1. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate la specia *Onobrychis viciifolia*, cultivată pe zgură și cenușă în absența/prezența agentului de fertilizare

Nr. crt.	Variantă experimentală	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	Plante răzlețe	Nivel 1 câțiva indivizi. cu grad scăzut de acoperire de 4,5%	Nivel 4) plante foarte slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în niciun fel
2	CN 15 t/ha s.u.	7,5	Nivel 2 grad limitat de acoperire 8,5%	Nivel 2) plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc slab. nu întotdeauna își încheie ciclul de viață
3	CN1 25 t/ha s.u.	10,5	Nivel 3 grad ridicat de acoperire 25,6%	Nivel 1) plante bine dezvoltate, încheie regulat și complet ciclul de viață
4	CN11 40 t/ha s.u.	12,5	Nivel 3 grad ridicat de acoperire 27,6%	Nivel 1) plante bine dezvoltate, încheie regulat și complet ciclul de viață
5	CN2 50 t/ha s.u.	14,5	Nivel 3 grad ridicat de acoperire 35,4%	Nivel 1) plante bine dezvoltate, încheie regulat și complet ciclul de viață

Cercetările efectuate în dispozitivul experimental au avut drept scop principal instalarea unui covor vegetal care să stabilizeze depozitele de zgură și cenușă prin oprirea fenomenelor de deflație, alunecări de teren și de spălare. Totodată această vegetație poate fi condusă prin cantitatea și calitatea agenților de tratare la hiper sau hipoacumulare de metale grele în țesuturi, metale care se află în mod curent în materialul inert al depozitelor. Gradul de răsărire, indicele de abundență și indicele de vitalitate determinați după metoda Braun - Blanquet, demonstrează capacitatea naturală pe care o are specia leguminoasă *Onobrychis viciifolia* de a se instala pe depozitele de zgură și cenușă. Datele prezentate în tabelul 8.1. evidențiază faptul că aplicarea de fertilizanți organici de tipul nămol orășenesc fermentat anaerob, poate reprezenta o strategie care să contribuie la acoperirea cu vegetație a acestor depozite. În condițiile în care nu se aplică acest fertilizant, respectiv la varianta martor, toți indicii de vegetație analizați arată că nici semințele semănate, nici cele câteva plante răsărite nu pot asigura o instalare optimă a vegetației.

Fertilizarea cu nămol în doze de 15-50 t/ha a determinat:

- o creștere a gradului de răsărire a plantelor direct proporțională cu cantitatea de fertilizant;
- un nivel ridicat de acoperire cu vegetație a suprafeței cultivate.

Astfel în funcție de doza aplicată, gradul de răsărire crește între 7,5-14,5 %. De asemenea gradul de acoperire cu vegetație a suprafeței cultivate crește direct

proporțional cu doza de agent de fertilizare între 8,5-35,4%. Indicele de vitalitate a ajuns la nivelul maxim, nivel 1, la doza maximă aplicată, ceea ce demonstrează că plantele răsărite au o bună dezvoltare și își pot încheia complet ciclurile de vegetație.

Introducerea de material organic în straturile superioare de zgură și cenușă, care sunt lipsite complet de materie organică cu caracter nutritiv pentru plante, a îmbunătățit condițiile de vegetație ale plantelor de sparceta, în special cele de nutriție și aprovizionare cu apă. Apa este reținută de acest îngrașământ organic și eliberată pe măsură ce plantele o solicită. Din aceste motive gradul de răsărire și dezvoltare al plantelor a fost mai bun, iar gradul de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante mai ridicat, în comparație cu plantele crescute pe varianta experimentală nefertilizată.

Se analizează următoarele aspecte:

1. doza de nămol orășenesc de 25 t/ha a determinat creșterea concentrației de elemente nutritive în topsoil astfel încât plantele crescute pe această variantă sunt plante bine dezvoltate. Plantele încheie regulat și complet ciclul de viață. Indicele de acoperire a suprafeței cultivate este de 26,5 % ceea ce reprezintă nivelul 2 din scara abundenței ecologice Braun – Blanquet;
2. mărirea dozei de fertilizant organic la o cantitate de 50 t/ha nu a determinat modificări importante pentru indicii de vegetație analizați în cultura de *Onobrychis viciifolia* și nu justifică această doză;
3. costuri direct proporționale cu cantitatea nămolului orășenesc transportată și manipulată.

Potrivit considerentelor relatate se stabilește ca doză optimă de agent de fertilizare a stratului superior de zgură și cenușă, doza de nămol orășenesc de 25 t /ha, doză necesară și suficientă pentru instalarea unui covor vegetal sănătos și viabil de plante de sparceta.

8.1.1.1.2. Influența de fertilizare cu nămol orășenesc asupra cantității de biomasă obținută la cultura speciei *Onobrychis viciifolia*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate se realizează prin

1. *Testul F* privind stabilirea variantei experimentale optime de fertilizare cu nămol orășenesc a stratului superior de zgură și cenușă din depozite;
2. *Testul Duncan* privind compararea cantităților de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe martor, cu rezultat referitor la superioritatea cantității de biomasă și
3. *Testul Student* privind semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată, ca martor.

8.1.1.1.2.1. Aplicarea Testului F privind determinarea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant

În tabelul 8.2. este prezentată analiza variantei optime de fertilizare cu nămol orășenesc a stratului superior de zgură și cenușă vs. cantitatea de biomasă obținută la culturile din Dispozitivul experimental *Onobrychis N*

Prelucrarea datelor experimentale obținute în Dispozitivul experimental *Onobrychis viciifolia*, în care variantele de lucru reprezintă variante fertilizate/nefertilizate cu nămol orășenesc a stratului superior de zgură și cenușă, conform testului F (ultima coloana a tabelului) rezultă că între cele 4 variante experimentale urmărite în experiment, există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura speciei de plante *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 8.2. Analiza varianței privind fertilizarea cu nămol orășenesc asupra cantității de biomasă obținută la culturile din Dispozitivul experimental *Onobrychis N*

Nr, crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	8,834	4,417	0,2219	
2	Factor A	3	4430,804	1476,935	74,1812	***
3	Eroare	6	119,459	19,910		
4	Total	11	4559,097			

8.1.1.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc în cultura de plante *Onobrychis viciifolia*

În tabelul 8.3. este prezentat Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc, utilizat ca fertilizant a stratului superior de zgură și cenușă, din Dispozitivul experimental *Onobrychis N*

Tabelul 8.3. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant a stratului superior de zgură și cenușă, din Dispozitivul experimental *Onobrychis N*

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 0,001 C	CN-2= 48,770 A
2	CN = 21,230 B	CN-1= 42,700 A
3	CN-1= 42,700 A	CN = 21,230 B
4	CN-2= 48,770 A	C = 0,001 C

Analizând datele din testul Duncan se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A-C. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la variantele CN-2 (varianta experimentală zgură și cenușă + 50 t/ha nămol) și CN-1 (varianta experimentală zgură și cenușă + 25 t/ha nămol, ce fac parte din clasa A, urmată de varianta CN (varianta experimentală zgură și cenușă + 15 t/ha), din clasa B. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C (varianta experimentală zgură și cenușă nefertilizată), clasa C.

8.1.1.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea dozei optime de nămol orășenesc utilizat ca fertilizant

În tabelul 8.4. este prezentată semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală nefertilizată, luată ca martor.

Tabelul 8.4. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținută pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată

Nr. crt.	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă	Diferența vs. martor	Semnificația
		[g/vas de vegetație]	[g]	
1	C	0,001	martor	
2	CN	21,233	21,232	**
3	CN1	42,700	42,699	***
4	CN2	48,767	48,766	***

DL 5% = 8,91g, DL 1% = 13,5g, DL 0,1% = 1,71g

În urma comparării cantităților de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală nefertilizată, luată ca martor a rezultat superioritatea cantității de biomasă la :

- variantele CN-25 și CN-50, care a fost foarte semnificativă;
- varianta CN-15, care a fost distinct semnificativă

Coefficientul de variație determinat, de 15,84% pentru cantitatea de biomasă rezultată pe variantele experimentale, se încadrează în domeniu de variație mijlocie:

$$10\% < \text{Coeficient de variație} < 20\%$$

În Figura 8.1. este prezentată influența tratamentului aplicat topsolului, asupra cantității de biomasă, la variante experimentale studiate în Dispozitivul experimental Onobrychis N.

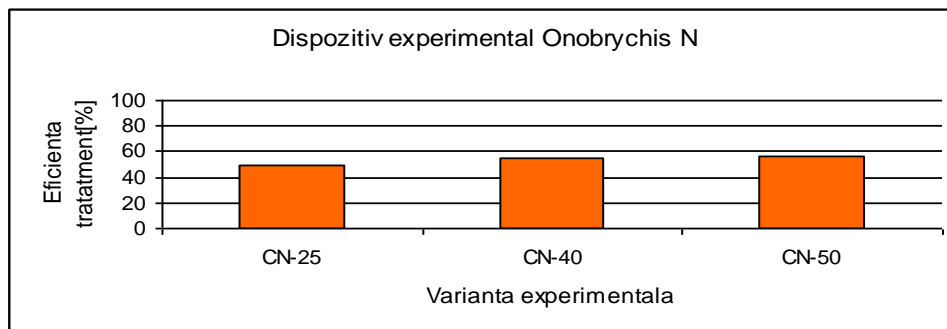


Figura 8.1. Influența tratamentului aplicat asupra cantității de biomasă la variantele din Dispozitivul experimental Onobrychis N vs. cantitatea de biomasă rezultată din varianta fertilizată cu o cantitate minimă de 15 t/ha.

Cantitatea de biomasă realizată crește prin aplicarea crescătoare de fertilizanți organici și demonstrează importanța acestui tip de fertilizant, pe terenuri cultivate în condiții extreme, precum cele existente pe depozitele de zgură și cenușă. Acest tip de îngrășământ asigură eficient nutriția plantelor de *Onobrychis viciifolia*. Astfel din datele prezentate în tabelul 8.4 și figura 8.1 rezultă că între variantele experimentale există diferențe distinct și foarte semnificative.

Din tabelul 8.4. și figura 8.1. se remarcă faptul că, cantitatea de biomasă verde crește semnificativ, de la 21,2 g/ vas de vegetație la 42,70 g/ vas de vegetație (cu peste 50%), în cazul în care cantitatea de nămol orășenesc utilizat pentru fertilizare crește de la 15 t/ha la 25 t/ha. Se remarcă însă că o creștere a cantității de nămol orășenesc ca agent de fertilizare peste 25 t/ha nu a determinat majorarea așteptată de biomasă pentru cultura de *Onobrychis viciifolia*. Cantitatea de masă verde recoltată de pe varianta experimentală fertilizată cu 50 t/ha s.u. nămol, crește mult mai puțin față de așteptări de la 42,7 g/vas de vegetație fertilizat cu 25 t/ha la 48,7 g/vas de vegetație fertilizat cu 50 t/ha. Majorarea recoltei de biomasă este cu 56,5% vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe variante experimentale fertilizate cu nămol utilizat în cantitate de 15 t/ha. Cantitatea de biomasă obținută pentru această doză crește nesemnificativ vs. cantitatea de biomasă obținută pentru o doză de 25 t/ha, când creșterea a fost de 50% vs. cantitatea recoltată de pe varianta fertilizată cu 15 t/ha fertilizant.

Corelația dintre cantitatea de nămol utilizat pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă rezultată din variantele experimentale (n = 12 experimente, 4V x 3 repetiții), este prezentată în figura 8.2.

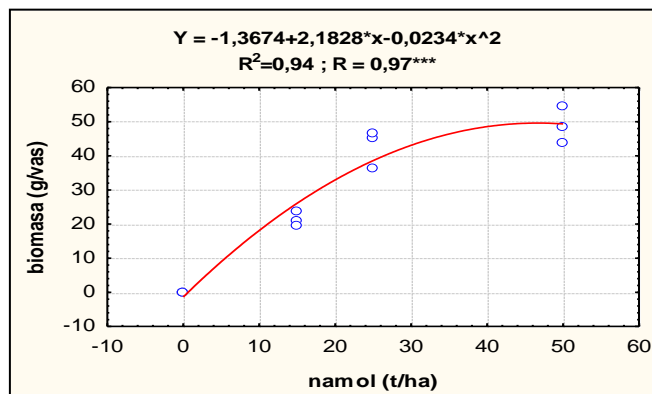


Figura 8.2. Corelația dintre cantitatea de nămol utilizat pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă și cantitatea de biomasă de sparceta, rezultată din variantele experimentale.

Pentru a reda corelația dintre cantitatea de agent fertilizant și cantitatea de biomasă rezultată la recoltare, s-a apelat la o regresie pătratică de forma:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2$$

Unde: a_1 și a_2 - coeficienți de regresie

a_0 - termen liber

Metoda de calcul utilizată pentru determinarea parametrilor a_0 , a_1 și a_2 a fost metoda celor mai mici pătrate.

Conform coeficientului de corelație multiplă $R=0,97$, a rezultat că între cantitatea de nămol utilizată ca fertilizant și cantitatea de biomasă recoltată există o corelație foarte bună. Cantitatea de biomasă maximă este egală cu 49,54 g/vas de vegetație și se obține pentru doza de nămol de 46,64 t/ha.

Conform coeficientului de determinație ($D = R^2 \cdot 100$), variația cantității de biomasă între 0 – 54,2 g/vas de vegetație, a fost influențată în proporție de 94% de doza de nămol.

Ecuția de regresie exprimă aspectul statistic al legăturii, ea are eficacitate pentru ansamblul observațiilor, dar nu pentru fiecare observație în parte.

Corelația include două aspecte fundamentale:

- 1. descrie legea de variație medie a unei variabile în funcție de o altă (sau alte) variabilă, cunoscută sub denumirea de problema regresiei și rezolvată pe baza funcției de regresie;
- 2. realizează caracterizarea intensității legăturii printr-un coeficient numeric independent de unitățile de măsură ale variabilelor corelate.

Chiar de la începuturile ei, corelația se traduce matematic prin „formarea ecuației ce dă valoarea unei variabile în funcție de o alta sau de multe altele” și prin determinarea valorii coeficientului de corelație, care „măsoară exactitatea cu care ecuația de regresie se aplică [229].

Cantitatea de biomasă crește până la doza de nămol de 46,6 t/ha. Obținându-se o cantitate de biomasă = 49,5 g/vas de vegetație.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 115

Se prezintă mai jos în Tabelul 8.5. variantele pentru examinarea regresiei pătratice :

$$Y = a_0 + a_1*x + a_2*x^2$$

Tabelul 8.5. Variantele pentru examinarea regresiei pătratice

Sursa variației	Suma pătratelor abaterilor	Grade de libertate	Dispersia s^2	Test F	
				Valoare	Semnificație
Regresia pătratică	13828,32	3	4609,441	161,4412	***
Rest	256,97	9	28,552		
Total	14085,29	12			

- *** pentru acțiunea foarte semnificativă
- ** pentru acțiunea distinct semnificativă
- * pentru acțiunea semnificativă
- (nimic) pentru acțiunea ne semnificativă

Conform testului F a rezultat că legătura dintre cantitatea de agent de fertilizare, nămolul și cantitatea de biomasă este foarte semnificativă.

În Tabelul 8.6. se prezintă examinarea semnificației coeficienților de regresie a_1 și a_2

Tabelul 8.6. Examinarea semnificației coeficienților de regresie a_1 și a_2

Coeficient de regresie	Estimat	Eroare Standard	t-valoare df = 9	Semnificația	Lo. Conf Limit	Up. Conf Limit
a_0	-1,36741	3,017015	-0,45323		8,19237	5,457554
a_1	2,18281	0,290217	7,52130	***	1,52629	2,839330
a_2	-0,02337	0,005359	-4,36038	**	0,03549	0,011245

Se observă din tabelul 8.6. că pentru coeficientul de regresie a_1 se înregistrează o acțiune foarte semnificativă, iar pentru coeficientul de regresie a_2 se înregistrează o acțiune distinct semnificativă. Pentru coeficientul a_0 se înregistrează o acțiune ne semnificativă.

8.1.1.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante leguminoase, *Onobrychis viciifolia*

Pentru a se putea decide dacă biomasa rezultată poate fi reciclată sau trebuie încadrată în categoria deșeurilor toxice se analizează părțile aeriene de țesut ale plantelor, respectiv calitatea biomasei care se utilizează în hrana animalelor sau ca adaos lignocelulozic în procese de compostare. În țesuturile vegetale ale plantei din specia *Onobrychis viciifolia* se acumulează cantități diferite de metale grele. În paralel cu analiza conținutului de metale din partea aeriană s-a efectuat și analiza conținutului de metale Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn din partea de rădăcini:

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini și partea aeriană a plantei din specia *Onobrychis viciifolia* sunt prezentate în figurile 8.3.-8.8

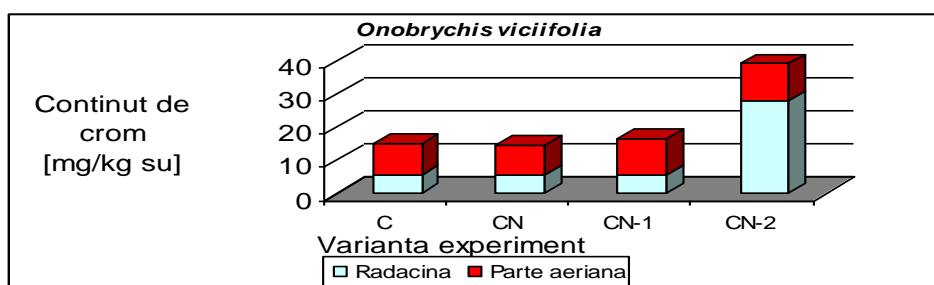


Figura 8.3. Cantitățile de crom bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența agentului fertilizant.

Se observă din figura 8.3. că în rădăcinile plantei din specia *Onobrychis viciifolia* cultivate pe 3 din cele 4 variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizantului, nămol orășenesc, utilizat în cantitate de 15-25 tone s.u./ha se acumulează cantități similare de crom. Cantitatea de crom acumulată în partea de rădăcini a plantelor recoltate de pe variantele experimentale C, CN și CN-1 este cuprinsă în domeniul 5,5- 5,6 mg/kg s.u., iar în partea aeriană este de până la 2 ori mai ridicată, de 9,0 -10,9 mg/kg s.u.

Adaosul de nămol orășenesc în cantitate mare de 50 t/ha modifică biodisponibilitatea acestui metal, în sol și plante. Plantele acumulează în acest ultim caz o cantitate de 2 ori mai mare de metal atât în rădăcini cât și în partea aeriană vs. plantele crescute pe celelalte variante experimentale.

În figura 8.4. sunt prezentate cantitățile de cupru bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizantului, nămol orășenesc.

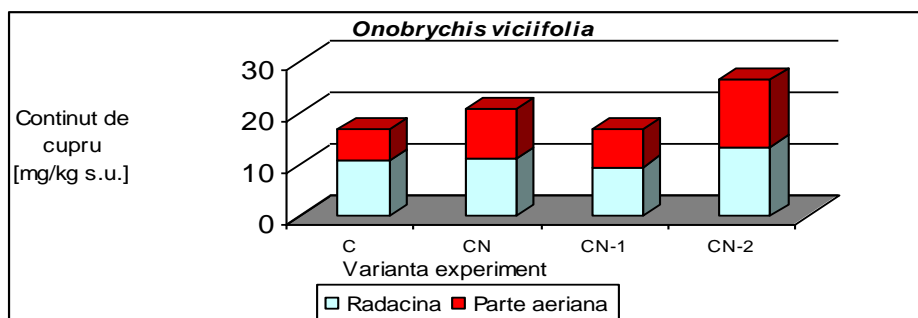


Figura 8.4. Cantitățile de cupru bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizantului.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 117

În cazul cuprului se observă din figura 8.4. că la nivel de rădăcini se acumulează plantele crescute în primele 3 variante experimentale de cenușă în absența/prezența fertilizantului, nămol orășenesc cantități similare de metal. La nivel de parte aeriană, cantitatea de cupru este de data aceasta similară cu cea acumulată de rădăcini.

Adaosul de nămol în cantitate mai mare de 50 t/ha modifică biodisponibilitatea acestui metal. Plantele acumulează o cantitate de 1,5-2,0 ori mai mare de metal în rădăcini vs. plantele crescute pe celelalte variante experimentale. Se observă din figură că la nivel de țesut parte aeriană, planta acumulează o cantitate de crom similară cu cea acumulată în partea de rădăcină. Această manifestare este specifică plantelor pentru care rădăcinile sunt canale de translocare a metalului din sol în partea aeriană. Metalul este solubilizat în cantitate mai mare la adaosul unei cantități mari de materie organică, iar planta, în partea aeriană, are afinitate pentru acest metal prin mecanisme metabolice specifice. Metalul se va acumula în rădăcini, iar acestea vor permite accesul cuprului spre partea aeriană a plantei.

Cantitatea de crom acumulată în rădăcinile plantelor recoltate de pe variantele C, CN și CN1 este cuprinsă în domeniul 9,5-11,2 mg/kg s.u. iar în partea aeriană în domeniul de 6,2-9,6 mg/kg s.u. Adaosul de nămol orășenesc în cantitate mare de 50 t/ha modifică biodisponibilitatea acestui metal în sol și ca urmare și accesul în plante. Plantele acumulează în acest ultim caz o cantitate de 2 ori mai mare de metal atât în rădăcini cât și în partea aeriană vs. plantele crescute pe celelalte variante experimentale.

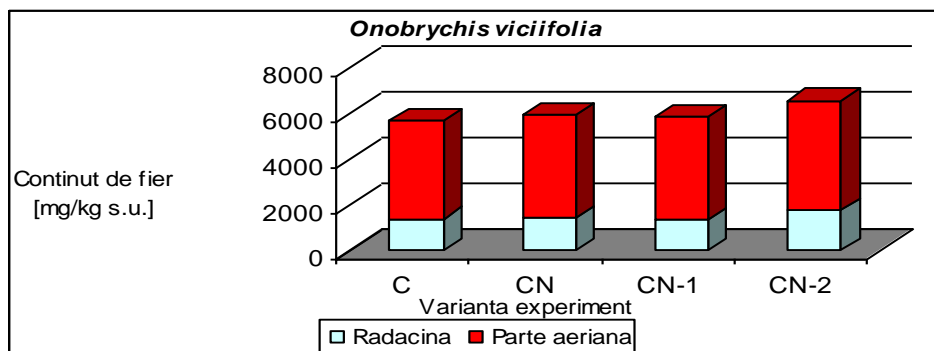


Figura 8.5. Cantitățile de fier bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului

Din figura 8.5. se observă că, cantitățile de fier bioacumulate în partea de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului sunt similare. Plantele recoltate de pe aceste variante acumulează cantități de fier mai reduse decât cantitatea de fier bioacumulată la nivel de parte aeriană.

Astfel, cantitatea de Fe bioacumulată în partea aeriană este 3,2-3,5 ori mai mare decât cantitatea de Fe bioacumulată în rădăcină. Cantitatea de fier bioacumulată în parte aeriană a plantelor crescute pe variante de topsol nefertilizate/fertilizate este

de 4242,6-4523,9 mg Fe/kg s.u. Adaosul de nămol în cantități cuprinse în intervalul 15-50 t/ha nu modifică gradul de acces a fierului în rădăcini sau parte aeriană vs. cantitatea de fier bioacumulată în țesutul plantelor crescute pe varianta nefertilizată.

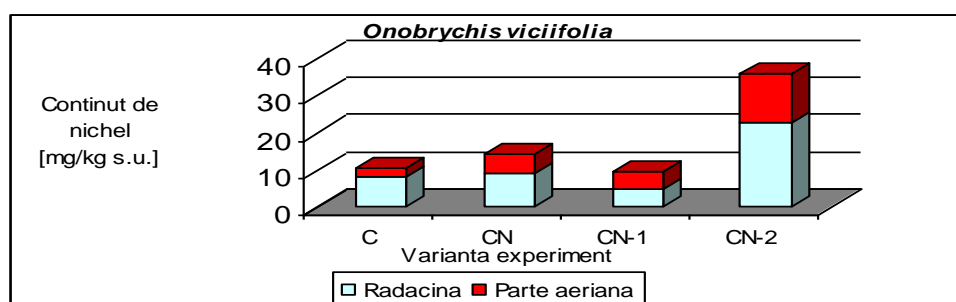


Figura 8.6. Cantitățile de nichel bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale în absența/prezența fertilizatorului

Din figura 8.6. se observă că, cantitățile de nichel bioacumulate în partea de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifoli*, cultivate pe variante experimentale în absența/prezența fertilizatorului utilizat în cantități situate în intervalul 15-25 t/ha sunt similare. Cantitatea de nichel acumulată în rădăcinile plantelor recoltate de pe variantele C, CN și CN1 este cuprinsă în domeniul 4,8-9,2 mg/kg s.u., iar în partea aeriană în domeniul 2,5-5,3 mg/kg s.u. Cantitatea de nichel care este preluată de țesuturile aeriene ale plantei sunt de asemenea cuprinse în același interval de concentrație. Adaosul de nămol în cantități de 50 t/ha modifică gradul de acces a nichelului în rădăcini, caz în care bioacumularea crește de 5 ori. La nivelul părților aeriene cantitatea de nichel bioacumulată crește doar de 3 ori vs. cantitatea de nichel bioacumulată în țesutul aerian al plantelor din specia *Onobrychis viciifolia* cultivate pe pe variante experimentale fertilizate cu o cantitate cuprinsă în intervalul 15-25 t/ha. În acest caz planta prezintă un sistem de blocare a acestui metal la nivel de rădăcini.

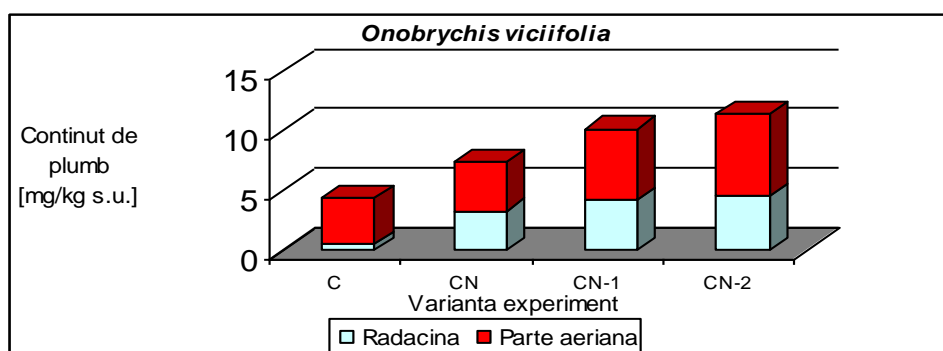


Figura 8.7. Cantitățile de plumb bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului

Cantitatea de Pb acumulată în rădăcini crește la utilizarea fertilizantului organic, dar planta prezintă un sistem de limitare a accesului în partea aeriană. Țesutul aerian al plantei accesează cantități cuprinse în domeniul 3.8-5.9 mg Pb/kg s.u., în cazul variantelor de topsoil nefertilizate sau fertilizate cu cantități reduse de agent de fertilizare. Când cantitatea de fertilizant depășește 25 t/ha, cantitate de Pb acumulată în partea aeriană crește, așa după se observă în figura 8.7.

În figura 8.8. este prezentată bioacumularea cantităților de zinc în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului, nămol orășenesc

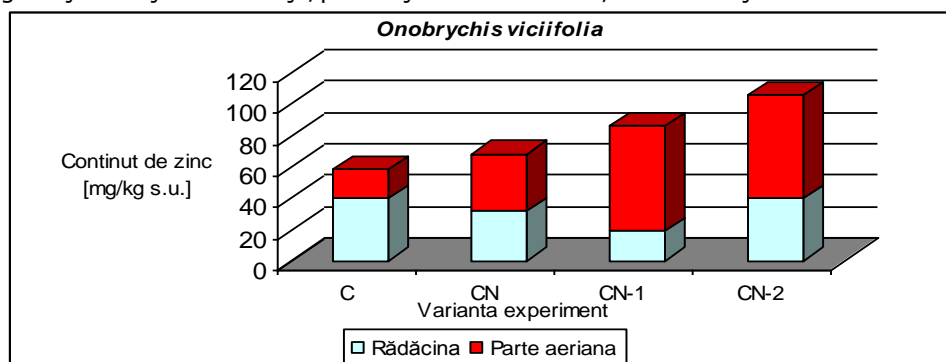


Figura 8.8. Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă în absența/prezența fertilizatorului

Se observă din figura 8.8. că în cazul zincului, cantitatea de metal bioacumulată în rădăcină este mai mare decât cea acumulată în partea aeriană la plante crescute pe varianta experimentală nefertilizată. Adaosul de fertilizant va determina solubilizarea zincului în forme accesibile plantei, iar accesul acestora în partea aeriană a plantelor a fost în cantități ce depășesc cantitățile bioacumulate în rădăcinile plantelor cultivate pe terenurile fertilizate. Creșterea cantității de fertilizant a determinat și creșterea bioacumulărilor de Zn în părțile aeriene.

Cantitatea de zinc bioacumulată în plante crescute pe variante de topsoil nefertilizate/fertilizate cu cantitate de până la 25 t/ha este cuprinsă în domeniul 19,0-36,5 mgZn/kg s.u. Adaosul de nămol în cantități de 50 t/ha modifică foarte puțin gradul de acces a zincului în rădăcini, respectiv în partea aeriană a plantelor.

Adaosul de nămol a determinat în cazul culturii de plante din specia *Onobrychis viciifolia* acumularea unor cantități mai mari de metale în țesutul aerian al plantei. Astfel, pentru doza optimă de nămol de 25 t/ha, se constată că plantele acumulează în partea aeriană cu 10-15% mai mult Fe și C, cu 45-52% mai mult Pb și Cu și cu 80-87% mai mult Ni și Zn, față de cantitatea de metale bioacumulată în partea aeriană a plantei crescute pe varianta nefertilizată.

În cazul în care tratarea stratului de zgură și cenușă s-a efectuat cu nămol în cantitate de 25 t/ha nămol, plantele au avut condiții de realizare a unui strat vegetal stabil pe suprafața cultivată, iar gradul de bioacumulare de metale în țesuturi partea

aeriană nu a fost atât de mare precum cantitățile de metal bioacumulate de plantă crescută în cazul în care s-a utilizat o doză de agent de fertilizare organic de 50 t/ha.

Cantitatea bioacumulată de metale din țesutul aerian al plantelor crescute pe variante fertilizate cu o supradoză de agent de fertilizare, crește cu 6-7% pentru Fe și Pb, cu 35% pentru Cr și 50% pentru Ni și Zn, față de cantitatea bioacumulată în țesutul aerian al plantelor crescute pe varianta fertilizată cu doza optimă, de 25 t/ha.

În cazul bioacumulărilor de Ni se constată că acest metal este parțial blocat la nivelul rădăcinii. Se observă că în rădăcinile plantei se află bioacumulate cantități de 2 ori mai mari decât în părțile aeriene. De asemenea în cazul adaosului de fertilizant în cantitate mare nivelul de Cr și Ni din rădăcini este foarte mare, el ajunge în domeniul 23-28 mg/kg s.u. Partea organică din nămolul orășenesc prezintă proprietăți de solubilizare a acestor metale, fapt pentru care rădăcina are tendința de a prelua cantități ridicate.

Din datele prezentate cu privire la:

1. gradul de toleranță a plantei leguminoase *Onobrychis viciifolia* pe variante de topsol în absența/prezența fertilizantului organic, nămol orășenesc,
2. cantitatea de biomasă rezultată,
3. caracteristicile biomasei de acumulării de cantități mai reduse de metale,

se confirmă că doza optimă de nămol orășenesc fermentat pentru a realiza o copertare bună cu strat vegetal a stratului de cenușă, este de 25 t/ha.

8.1.1.1.4. Concluzii parțiale

1. Plantele din specia *Onobrychis viciifolia* nu pot forma un covor vegetal stabil pe depozite de zgură și cenușă nefertilizate. Adaosul de fertilizant, nămol orășenesc fermentat, în doze crescute, produce îmbogățirea topsolului cu elemente nutritive esențiale, bioasimilabile de către plante și permite instalarea unui strat vegetal corespunzător așteptărilor din punct de vedere cantitativ.
2. Corelația dintre cantitatea de nămol orășenesc fermentat anaerob utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură și cenușă în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă este reprezentată de ecuația $Y = 1,3674 + 2,1828x - 0,0234x^2$, cu un coeficient de corelație multiplă $R = 0,97$. Conform coeficientului de determinație ($D = R^2 * 100$), variația cantității de biomasă între 0 – 54,2 g/vas de vegetație a fost influențată în proporție de 94% de doza de nămol.
3. S-a determinat o doză optimă de fertilizant organic, nămol orășenesc fermentat, de 25 t/ha, pentru care stratul vegetal de plante leguminoase *Onobrychis viciifolia* format este stabil și rezistent la condițiile pedoclimatice în care se află amplasat depozitul de zgură și cenușă. Pentru dozele optime de fertilizant stratul vegetal acoperă până la 25,6% din suprafața însămânțată. Cantitățile de fertilizant organic utilizate în supradoze nu oferă însă condiții pentru a depăși anumite limite impuse de condiții pedoclimatice severe, în dezvoltarea stratului vegetal format. În plus cantitatea de biomasă rezultată în cazul utilizării unei supradoze de fertilizant nu a prezentat caracteristicile cantitative și calitative așteptate, adică producție sporită și acumulări reduse de

metale grele în țesut. Agentul de fertilizare organic a determinat formarea în zona rizosferei a unor compuși metalici solubili care pot fi ușor transferați odată cu soluția solului în rădăcini. Plantele prezintă sisteme de diminuare sau chiar limitare a accesului unor metale din partea de rădăcini în partea aeriană sau dimpotrivă pot constitui canale permisibile pentru a fi translocată o cantitate majorată în alte părți ale plantei.

4. Din calculul statistic al datelor obținute experimental conform testului F, rezultă că între cele 4 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă pentru specia *Onobrychis viciifolia* recoltată de pe variantele studiate. Din testul Duncan la nivel de 5% au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă clasele A-C. Varianta experimentală tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orășenesc face parte dintr-o clasă superioară A. Din testul Student a rezultat că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orășenesc este foarte semnificativ. Calculul statistic confirmă doza de nămol stabilită experimental ca doză optimă.
5. Cantitatea de biomasă recoltată de pe varianta tratată cu doza optimă crește cu 56,5% față de cantitatea recoltată de pe varianta tratată cu doza de 15 t/ha.
6. În cazul utilizării plantelor din specia *Onobrychis viciifolia* se constată o afinitate mai mare de bioacumulare de Cr, Fe și Zn în partea aeriană decât în partea de rădăcini.
7. Controlul concentrației de metale din biomasă în parte aeriană se poate realiza prin utilizarea unei cantități potrivite de nămol orășenesc care să asigure pe de o parte o recoltă așteptată și în același timp să nu determine acumulări mari de metale în țesut și care s-a stabilit experimental. Depășirea dozei optime a determinat modificări nedorite în cantitățile de metale bioacumulate.
8. În funcție de cantitatea de metale bioacumulată în țesuturi partea aeriană, biomasa este dirijată pentru reutilizare, reciclare sau spre halda de deșeuri periculoase. Biomasa rezultată conține o cantitate de plumb de până la 12-16 ori mai mare decât LMA fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria deșeurilor periculoase cu conținut de metale.

8.1.1.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Trifolium pratense*

8.1.1.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Trifolium pratense*

Din analizele biometrice ale plantelor cultivate pe stratul de zgură și cenușă nefertilizat se constată că acestea au aspect nesănătos, prezintă frunze și tulpini de culoare galbenă, frunze uscate sau în curs de uscare. Plantele sunt firave, slab dezvoltate. Indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate după scara Braun-Blanquet. pentru plante cultivate pe variantele experimentale C și CN este prezentat comparativ în tabelul 8.7.

Doza de nămol orășenesc de 25 t/ha a determinat introducerea de material organic în straturile superioare de zgură și cenușă, necesar și suficient pentru a

îmbunătăți condițiile de vegetație ale plantelor și ca urmare s-a acceptat ca doză optimă și pentru specia de trifoi cultivată pentru formare de strat vegetal.

Tabelul 8.7. Valorile indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Trifolium spp.* cultivată pe straturi de zgură și cenușă în absența/prezența nămolului orășenesc, Dispozitiv experimental Trifolium N

Nr crt.	Variantă experiment	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	Nivel 1) plante răzlețe care ocupă < 5%;	Nivel 4) plante foarte slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în nici un fel
2	CN	Nivel 3) plante în pâlcuri care ocupă o suprafață de 27,8 %;	Nivel 2) plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc slab, nu întotdeauna își încheie ciclul de viață

Din analiza indicelui de abundență ecologică se constată că acesta este încadrat la nivelul 1 din scara Braun-Blanquet, pentru plante crescute pe varianta netratată. Indicele de vitalitate este la nivelul 4, respectiv nivelul cel mai mic de pe scara de vitalitate în conformitate cu clasificarea Braun-Blanquet. Plantele care cresc pe acest topsoil nu ajung la maturitate deoarece lipsește substratul nutritiv, pentru creșterea plantelor. Adăosul de nămol orășenesc ca fertilizant la topsoilul de zgură și cenușă a determinat inițierea unor culturi cu aspect sănătos în primele fenofaze, care însă cresc în pâlcuri. Plantele răsărite se dezvoltă treptat, trecând prin diferite fenofaze de dezvoltare și ocupă o suprafață de 27,8%, respectiv nivelul 3, de pe scara de abundență ecologică, Braun-Blanquet. Se constată însă că plantele însămânțate pe varianta experimentală CN prezintă unele suferințe din cauza lipsei de apă din perioada verii secetoase și cu temperaturi excesive. Plantele nu își încheie ciclul de viață în totalitate, astfel unele plante se usucă înainte de a se încheia ciclul vegetativ. Indicele de vitalitate este situat la nivelul 2, pe scara Braun-Blanquet.

Prelucrarea statistică a datelor experimentale obținute privind cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele experimentale în absența/prezența fertilizantului organic, este prezentată comparativ cu variante experimentale în care se utilizează un amendament pe bază de tuf vulcanic indigen de Mârsid pentru a ridica proprietățile nutritive ale stratului de zgură și cenușă. Rezultatele obținute sunt prezentate în subcapitolul **8.1.2.2.2.**

8.1.1.2.2. Evaluarea gradului de bioacumulare de metale grele în țesutul plantelor din specia *Trifolium pratense*

Cantitățile de metale bioacumulate în țesutul aerian al plantelor de trifoi reprezintă parametri de control ai calității biomasei recoltate și constituie motivația pentru dirijarea recoltelor spre un domeniu de reciclare a lor sau spre un domeniu al deșeurilor nereciclabile. Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile vegetale ale plantei din specia *Trifolium pratense* se acumulează cantități diferite de metale grele, extrem de toxice Cr și Pb. Plantele acumulează în țesutul aerian și metale mai puțin periculoase: Cu, Fe, Mn, Ni și Zn. Când aceste metale sunt

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 123

stocate în cantități excesive în țesutul plantelor, ele pot deveni periculoase în cazul când ajung în hrana animalelor și păsărilor sălbatice din zonele limitrofe ariei cultivate.

Cantitățile de metale acumulate în partea de rădăcini, a determinat ulterior translocarea acestora spre părțile aeriene și stocarea lor în aceste țesuturi, conform afinității specifice speciei de plantă pentru unele sau altele dintre ele. O parte din metalele accesate de rădăcini sunt stocate la acest nivel și sunt de fapt reciclate în topsoilul respectiv, odată cu moartea plantei. În tabelul 8.8. sunt prezentate cantitățile de metale acumulate în partea de rădăcină a plantelor din specia *Trifolium pratense*

Tabelul 8.8. Cantitățile de metale acumulate în partea de rădăcină a plantei de trifoi

Nr crt	Variantă Experiment	Conținutul de metale grele bioacumulate în partea de rădăcini de trifoi [mg/kg s.u.]						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	C	110,0	13,7	603,7	87,7	3,7	87,5	41,3
2	CN	76,4	11,6	360,0	78,9	1,5	62,2	50,0

Cantitatea de metale acumulată în rădăcinile plantelor crescute în vase de vegetație echipate cu zgură și cenușa netratată variază în ordinea Fe>Cr >Mn=Pb> Zn> Cu>Ni.

Adaosul de fertilizant, nămol orășenesc, în cantitate de 25 t/ha, a determinat modificarea biodisponibilității metalelor prezente în topsoil. Așa după cum se prezintă în figura 8.9 eficiențele de reducere a bioacumulării de metale în rădăcină sunt variate. Plantele crescute pe varianta fertilizată cu nămol orășenesc prezintă o reducere a acumulării de metale în rădăcini față de acumularea aceluiași metale în rădăcinile plantelor crescute pe stratul de cenușă netratată:

- cu 40-60-% pentru Fe și Ni,
- cu 25-30% pentru Pb și Cr,
- cu 10-15% pentru Cu și Mn.

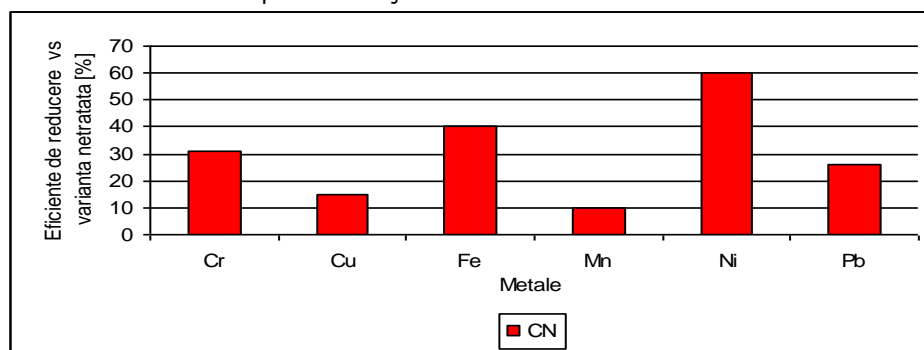


Figura 8.9. Eficiențe de reducere a cantităților de metale acumulate în rădăcinile plantelor *Trifolium spp.* cultivate pe variante fertilizate cu nămol orășenesc vs. cantitatea de metale acumulată în rădăcinile plantelor cultivate pe varianta nefertilizată

În partea aeriană plantele acumulează cantități diferite de metale în funcție de: natura metalului prezent în zgură și cenușă, de tratamentul aplicat stratului și cenușă și

în funcție de faza de dezvoltare a plantei, așa după cum se prezintă comparativ în figurile 8.10-8.12.

Cantitatea de metale bioacumulată în partea aeriană este analizată în diferite fenofaze de dezvoltare a speciei de plantă trifoi:

1. fenofaza F_1 la înălțimea plantei de 3-4 cm;
2. fenofaza F_2 la înălțimea plantei de 7-9 cm;
3. fenofaza F_3 la faza de maturitate.

În figura 8.10. se observă următoarele:

1. În cazul variantei experimentale netratate, cantitatea bioacumulată de Cr se situează în decursul dezvoltării plantelor, în jurul valorii de 2,1 mg/kg s.u., așa cum se prezintă în figura 8.10 a, iar cantitatea de Cu scade de la 5,0 mg Cu/kg s.u. în prima fenofază, la o cantitate de 3,0 mg Cu/kg s.u.
2. Adaosul de nămol orășenesc stabilizat anaerob a determinat mobilizarea unor săruri pe bază de Cu și Cr, spre partea aeriană a plantei, așa după cum se prezintă în figura 8.10 a și 8.10 b. Rădăcina în acest caz are rol de canal permisibil, prin care cele două metale accesează în partea aeriană.
3. Conținutul de Cr și Cu din plante, partea aeriană, este mult mai mare în primele fenofaze de creștere F_1 și F_2, decât în faza de maturitate F_3.
4. Adaosul de nămol a determinat ca bioacumularea de crom în partea aeriană în primele două fenofaze de dezvoltare a plantei să ajungă până la 4,4 mg Cr/kg s.u. În fenofaza de maturitate cantitatea de crom bioacumulată se va reduce cu 37,5%.
5. Cantitatea de Cu bioacumulată în plante în fazele de plante tinere este de 7-8 mg Cr/kg s.u., iar în faza de maturitate F_3 se constată o scădere a acesteia. În partea aeriană a plantei conținutul de metal a ajuns la valoarea de 3 mg Cu/kg s.u.
6. Cantitatea de Cu bioacumulată în plante în faza de maturitate F_3 este similară pentru plantele crescute pe cele două variante experimentale în absența/prezența fertilizantului. Vezi figura 8.10 b.

Se menționează faptul că pentru metalele Cr și Cu nu sunt limite naționale sau la nivel de EU privind conținutul acestora în plante.

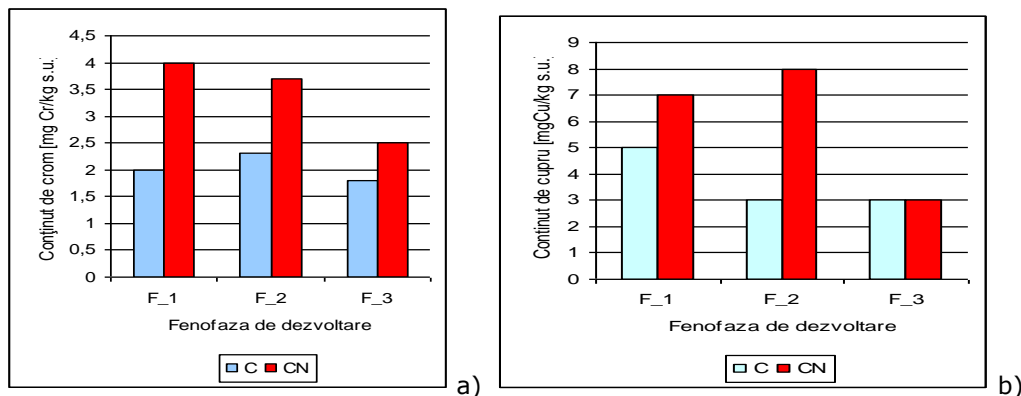


Figure 8.10. Cantități de metale grele bioacumulate în partea aeriană *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de crom. b) conținutul de cupru

În figura 8.11 este prezentată variația bioacumulărilor de fier și mangan în țesutul plantelor de trifoi crescute pe cele două variante experimentale C și CN.

Se observă din figura 8.11.a că:

1. În prima fenofază planta acumulează în partea aeriană peste 120 mg Fe/kg s.u. în părțile aeriene, atât în cazul când planta a crescut pe topsolul de zgură și cenușă cât și în cazul când planta a crescut pe stratul fertilizat cu nămol orășenesc. Adaosul de nămol orășenesc a determinat ca fierul să se solubilizeze la nivelul rizosferei, de unde este apoi accesat mai ușor în părțile aeriene ale plantei, în prima fenofază de dezvoltare F_1.
2. În fenofaza F_2 conținutul de fier din plantă scade foarte mult. Astfel în plantele crescute pe stratul nefertilizat, conținutul de fier bioacumulat se va reduce cu 54%, iar în plantele crescute pe straturi fertilizate cu nămol orășenesc, bioacumularea de fier se reduce cu 80%.
3. Se remarcă însă că în faza de maturitate, conținutul de fier crește ușor ajungând la 55-70 mg/kg s.u. în țesut parte aeriană al plantelor.

În figura 8.11.b se observă următoarele:

1. Adaosul de nămol orășenesc a determinat și solubilizarea sărurilor de mangan la nivel de rizosferă, ceea ce a determinat accesarea acestor săruri de către rădăcini și translocarea în țesutul aerian în toate fenofazele de dezvoltare ale plantei. Conținutul de mangan acumulat în plante, partea aeriană, crescute în variantele fertilizate a fost cuprins între 40-52 mg/kg s.u.
2. Plantele mature crescute pe topsolul fertilizat cu nămol orășenesc vor accesa cu până la 50 % mai mult mangan decât plantele mature crescute pe topsolul nefertilizat.

Se menționează faptul că pentru metalele Fe și Mn nu sunt limite naționale sau la nivel de EU privind conținutul acestora în plante.

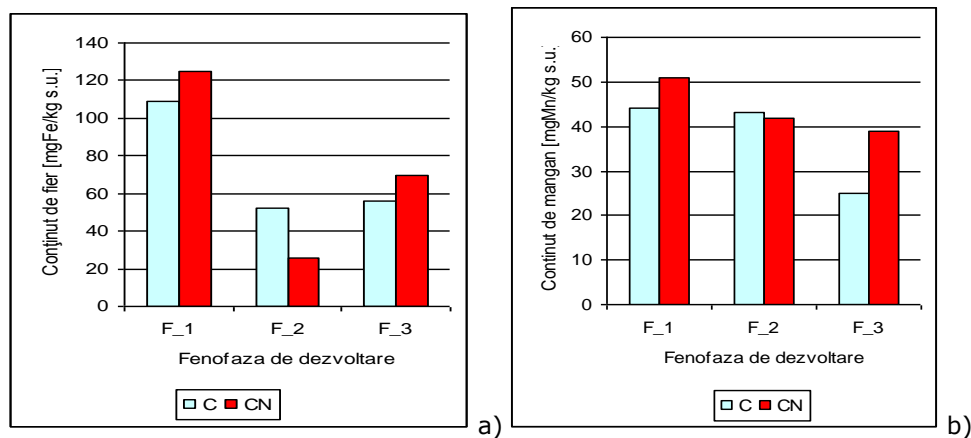


Figura 8.11. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei de plantă *Trifolium* spp. în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de fier, b) conținutul de mangan

În figura 8.12 este prezentată variația bioacumulărilor de plumb și zinc în țesutul plantelor de trifoi crescute pe cele două variante experimentale în absența/prezența nămolului orășenesc fermentat anaerob.

În figura 8.12.a se observă următoarele:

1. Adaosul de materie organică respectiv nămolul orășenesc a determinat solubilizarea sărurilor de plumb din stratul de zgură și cenușă și ca urmare a avut loc transferul majorat al acestuia în rădăcini și apoi translocarea în țesutul aerian. De remarcat însă în cazul plantelor crescute pe topsoilul fertilizat că odată cu creșterea plantei, cantitatea de Pb bioacumulată scade, astfel încât în faza de maturitate este mai mică cu 50-70% față de cantitatea acumulată în plante tinere. În faza de maturitate cantitatea bioacumulată în țesutul plantelor crescute pe cele două variante este de 6-8 mgPb/kg s.u., limita superioară a intervalului este corespunzătoare cantităților de Pb acumulate în partea aeriană a plantelor de trifoi crescute pe varianta fertilizată.
2. Cantitatea de plumb bioacumulată în partea aeriană a plantelor de trifoi crescute pe varianta nefertilizată/fertilizată depășesc limita maximă admisă prin normele naționale și EU de 0,5 mg/kg s.u.
3. Biomasa recoltată nu poate fi utilizată în procese de reciclare a masei verzi ca nutreț sau ca adaos de material de compostare, etc.

În figura 8.12.b este prezentată comparativ cantitatea de Zn bioacumulată de plantele de trifoi în țesutul aerian în cazul topsoilului nefertilizat/fertilizat cu nămol orășenesc fermentat anaerob. De remarcat că:

1. în cazurile studiate plantele recoltate de pe cele două variante experimentale C și CN prezintă un conținut de zinc cuprins între 20-35 mg/kg s.u.
2. Cantitatea maximă admisă de normele europene pentru nutrețuri este de trei ori mai mare, așadar din acest punct de vedere plantele recoltate pot fi utilizate pentru hrana animalelor.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 127

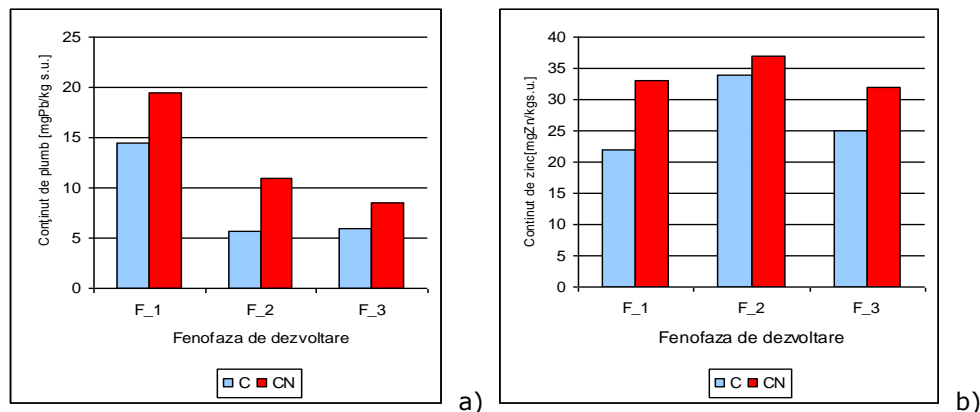


Figura 8.12. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei de plantă *Trifolium* spp. în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de plumb, b) conținutul de zinc.

8.1.1.2.3. Concluzii parțiale

1. Plantele de trifoi, răsărite pe variantele experimentale se dezvoltă treptat, trecând prin diferite fenofaze de dezvoltare și ocupă în final o suprafață de 27,8%, respectiv nivelul 3 de pe scara de abundență ecologică Braun-Blanquet. Se constată însă că plantele însămânțate pe varianta experimentală netratată/tratată cu nămol orășenesc prezintă unele suferințe din cauza lipsei de apă din perioada verii secetoase și cu temperaturi excesive. Plantele nu își încheie ciclul de viață în totalitate, astfel unele plante se usucă înainte de a se încheia ciclul vegetativ. Indicele de vitalitate este situat la nivelul 2 pe scara Braun-Blanquet. Adaosul de materie organică odată cu nămolul orășenesc a determinat creșterea bioacumulărilor de metale Cr, Cu, Fe, Mn, Pb și Zn din partea aeriană a plantelor de trifoi. Materia organică introdusă în topsoil a determinat solubilizarea sărurilor de metale prezente în zona rizosferei, ca urmare soluția solului va conține cantități mari de metale biodisponibile.
2. Rădăcina nu conține un sistem eficient de blocare a accesului de metale din sol în țesut, astfel încât sistemul radicular devine un canal permisibil pentru trecerea metalelor din sol în plante, țesut aerian, unde se acumulează.
3. Plantele tinere din specia de *Trifolium pratense* sunt tolerante la cantitățile biodisponibilizate de metale grele din soluția solului.
4. Plantele tinere bioacumulează mai mult metal din partea aeriană decât plantele mature, în cazul metalelor Cr, Cu, Fe, Mn și Pb.
5. Stadiul de dezvoltare a plantelor nu influențează gradul de acumulare al zincului în partea aeriană.
6. Biomasa rezultată conține o cantitate de plumb de 12-16 ori mai mare decât LMA, fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria deșeurilor cu conținut ridicat de metale.

8.1.2. Studii comparative privind eficiența nămolului orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen

8.1.2.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante leguminoase *Onobrychis viciifolia*

8.1.2.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Studiul experimental se efectuează într-un Dispozitiv experimental *Onobrychis* NT, ce cuprinde variante experimentale pe bază de zgură și cenușă tratate în prezența tufului vulcanic indigen în cele 2 variante tuf vulcanic nemodificat și tuf modificat și variante fertilizate cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat. În tabelul 8.9. se prezintă comparativ gradul de răsărire a plantelor din specia *Onobrychis viciifolia*, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate după scara Braun-Blanquet pentru plante cultivate pe variante experimentale echipate cu straturi de zgură și cenușă fertilizate cu o cantitate de 25 t/ha de nămol orășenesc și amendate cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat în cantitate de 5 t/ha.

În cazul culturii de pe varianta martor, toți indicii de vegetație analizați arată că cele câteva plante răsărite nu pot asigura o instalare optimă a vegetației.

Aplicarea tratamentelor cu amendament sau cu nămol în amestec cu tuf vulcanic a determinat:

- o creștere semnificativă a gradului de răsărire a plantelor;
- un nivel variat de acoperire cu vegetație a suprafeței cultivate.

Introducerea amendamentelor în absența/prezența de material organic în straturile superioare de zgură și cenușă lipsite de materie organică cu caracter nutritiv pentru plante, a îmbunătățit condițiile de vegetație ale plantelor de sparceta, în special cele de nutriție și aprovizionare cu apă care este reținută de tuf și nămol. Din aceste motive gradul de răsărire și dezvoltare al plantelor a fost mai bun, iar gradul de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante mai ridicat, în comparație cu plantele crescute pe varianta experimentală nefertilizată.

Din analiza indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia* se observă conform datelor din tabelul 8.9. următoarele aspecte:

1. Adaosul de tuf vulcanic indigen a determinat un grad de răsărire de 40% și formarea ulterioară a unor culturi care acoperă suprafețele însămânțate în proporție de 26,2 - 28,4%. Indicele de abundență ecologică se situează pe nivelul 3 pe scara Braun-Blanquet. Plantele care rezultă din această cultură sunt viguroase în prima fază. Lipsa substratului nutritiv din topsol nu permite ca aceste plante să ajungă în totalitate la faza de maturitate, astfel că o mare parte din acestea se usucă pe perioada foarte secetoasă și cu temperaturi foarte ridicate din timpul verii.
2. O parte din plantele instalate prin această cultură ajung la maturitate și fructifică. Nivelul de vitalitate în cazul variantei experimentale CT1 cât și a variantei CT2 este la nivelul 2 de pe scara Braun-Blanquet.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 129

3. În variantele experimentale în care se efectuează un tratament complex de fertilizare cu nămol orășenesc fermentat și tuf vulcanic nemodificat și modificat se constată că gradul de răsărire al plantelor crește cu 10% vs. gradul de răsărire al plantelor în cazul variantei experimentale CT1 cât și a variantei CT2.
4. Gradul de acoperire a suprafețelor cultivate este de peste 50%, în cazul variantei în care zgura și cenușa se tratează cu 25 t/ha nămol orășenesc și cu tuf vulcanic indigen nemodificat, indicele de abundență ecologică după scara Braun-Blanquet este de 45,2%, iar în cazul în care nămolul orășenesc este amestecat cu tuf vulcanic modificat indicele de abundență ecologică după scara Braun-Blanquet este de 58,1%, așa cum se prezintă în tabelul 8.9. Indicele de vitalitate conform clasificării din scara Braun-Blanquet este la Nivel 1 cu plante bine dezvoltate, care își încheie regulat și complet ciclul de viață.

Tabelul 8.9. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică, indicele de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia*. Dispozitiv experimental Onobrychis NT

Nr. crt.	Variantă experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	Plante răzlețe	Nivel 1 4,5%;	Nivel 4) plante foarte slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în nici un fel
2	CT1	40	Nivel 3 20,2%	Nivel 2) plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc slab sau se usucă
3	CT2	40	Nivel 3 25,4%	Nivel 2) plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc slab sau se usucă
4	CNT1	50	Nivel 3 45,2%	Nivel 1) plante bine dezvoltate, încheie regulat și complet ciclul de viață
5	CNT2	50	Nivel 4 58,1%	Nivel 1) plante bine dezvoltate, încheie regulat și complet ciclul de viață

În concluzie se poate spune că un tratament al straturilor superioare de zgură și cenușă cu fertilizant organic nămol orășenesc în cantitate de 25 t/ha în amestec cu tuf vulcanic nemodificat sau modificat a determinat îmbogățirea topsoilului cu elemente nutritive necesare pentru instalarea unui strat vegetal cu plante care rezistă pe perioada unei veri foarte secetoase, cu temperaturi excesive. Plantele ajung până la maturitate respectiv faza de fructificare.

8.1.2.1.2. Influența de fertilizare cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen asupra cantității de biomasă rezultată din cultura *Onobrychis viciifolia*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental *Onobrychis NT*, se realizează prin *Testul F*; *Testul Duncan* și *Testul Student*, privind varianta optimă de fertilizare în relație cu cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta experimentală de zgură și cenușă tratată vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată ca martor.

8.1.2.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratament cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/ modificat

În tabelul 8.10. este prezentată analiza influenței tratamentului aplicat topsolului cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat asupra cantității de biomasă recoltată de pe variantele experimentale cultivate cu specia de plantă *Onobrychis viciifolia* în Dispozitivul experimental *Onobrychis NT*.

Tabelul 8.10. Analiza statistică a variantelor de tratare cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă recoltată de pe variantele experimentale cultivate cu specia *Onobrychis viciifolia*

Nr, crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	119353,000	4,417	7,495	
2	Factor A	4	7241,713	1810,428	206,403	***
3	Eroare	8	70,260	8,780		
4	Total	14	7431,327			

Din analiza datelor prezentate în tabelul 8.10. obținute în Dispozitivul experimental *Onobrychis NT*, conform testului F rezultă că între cele 5 variante experimentale urmărite în experiment, există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura speciei de leguminoase *Onobrychis viciifolia*.

8.1.2.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime în cazul tratamentelor cu fertilizant pe bază de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat

În tabelul 8.11. sunt prezentate rezultatele obținute din aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare cu nămol orășenesc stabilizat anaerob în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat utilizat asupra stratului de zgură și cenușă în cultura de plante *Onobrychis viciifolia*.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 131

Tabelul 8.11. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 0,001 E	CNT2 = 66,700 A
2	CT1 = 34,030 D	CNT1 = 48,660 B
3	CT2 = 42,330 C	CT2 = 42,330 C
4	CNT1 = 48,660 B	CT1 = 34,030 D
5	CNT2 = 66,700 A	C = 0,001 E

Analizând datele prezentate în tabelul 8.11. se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A - E. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la variantele CNT2 (varianta experimentală zgură și cenușă + 25 t/ha nămol orășenesc în amestec cu 5 t/ha tuf vulcanic indigen modificat) respectiv clasa A, urmată de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală CNT1(zgură și cenușă + 25 t/ha nămol orășenesc în amestec cu 5 t/ha tuf vulcanic indigen nemodificat) ce face parte din clasa B. Urmează varianta CNT2 (zgură și cenușă + 5 t /ha tuf vulcanic indigen modificat) încadrată în clasa C. Varianta experimentală CNT1 (zgură și cenușă + 5 t /ha tuf vulcanic indigen nemodificat) face parte din clasa D. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C (zgură și cenușă netratată) care a fost încadrată în clasa E.

8.1.2.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de tratament cu nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat

În tabelul 8.12. este prezentată semnificația diferențelor cantității de biomasă obținută din diferite variante experimentale de zgură și cenușă tratate cu amendamente, în absența/prezența fertilizantului organic, față de cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală nefertilizată

Tabelul 8.12. Semnificația diferențelor cantității de biomasă obținută din diferite variante experimentale tratate cu tuf vulcanic în absența/prezența fertilizantului organic, față de cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală nefertilizată

Nr. Crt	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă	Diferența vs. martor [g]	Semnificația
		[g/vas de vegetație]		
1	C	0,001	martor	
2	CT1	34,030	34,03	***
3	CT2	42,330	42,33	***
4	CNT1	48,600	48,60	***
5	CNT2	66,700	66,70	***

Cantitatea de biomasă, medie = 34,334 g/vas de vegetație

Coeficientul de variație determinat de 7,73% pentru cantitatea de biomasă rezultată pe variantele experimentale din Dispozitivul experimental Onobrychis NT se încadrează în domeniu de o variație mijlocie:

Coefficient de variație < 10%

Din calculul statistic au rezultat valorile determinate pentru: DL 5% = 5,58 g, DL 1% = 8,12g, DL 0,1% = 12,2g.

În Figura 8.13. este prezentată majorarea cantității de biomasă la cele 4 variante experimentale de zgură și cenușă tratate, urmărite în Dispozitivul Onobrychis NT, în funcție de cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta tratată cu o doză optimă de nămol de 25 t/ha.

Cantitatea de tuf vulcanic indigen modificat/nemodificat a fost de 5t/ha în prezența/absența nămolului orășenesc utilizat în doza optimă.

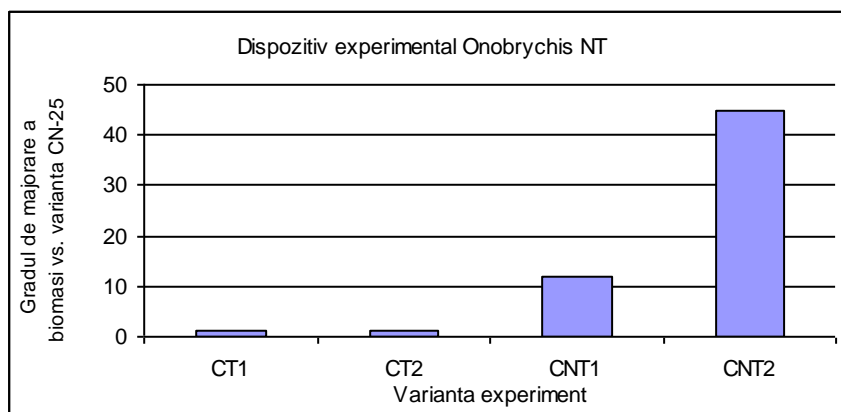


Figura 8.13. Variația cantității de biomasă obținute din variante experimentale tratate în cultura leguminoasei *Onobrychis viciifolia*.

Se observă din tabelul 8.12. și figura 8.13. că în urma comparării diferențelor cantității de biomasă obținută de pe diferite variante experimentale tratate cu amendamente, în absența/prezența fertilizantului organic, vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală nefertilizată, a rezultat că eficiența tratamentului efectuat asupra cantității de biomasă este foarte semnificativă pentru variantele CT1, CT2, CNT1 și CNT2.

Adaosul unei cantități de 5 t/ha tuf vulcanic modificat în amestec cu nămolului orășenesc utilizat în doza optimă, a determinat cea mai mare cantitate de biomasă recoltată de 66,7 g/vas de vegetație, cu 37% mai mare decât cantitatea de biomasă rezultată din varianta experimentală în care stratul de zgură și cenușă se tratează doar cu tuf modificat. De asemenea se observă că utilizarea amendamentului tuf vulcanic modificat a determinat obținerea unei cantități de biomasă mai mare decât la utilizarea tufului vulcanic nemodificat atât în prezența fertilizantului cât și în absența acestuia.

8.1.2.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Pentru a se putea decide dacă biomasa rezultată de pe straturile de zgură și cenușă cu care sunt echipate vasele de vegetație experimentale din Dispozitivul experimental *Onobrychis* NT, poate fi reutilizată sau reciclată sau trebuie încadrată în categoria deșeurilor toxice, se analizează bioacumularea de metale din diferitele părți de țesut ale plantelor. Analiza efectuată asupra diferitelor părți de țesut, a demonstrat faptul că în țesuturile vegetale ale plantei leguminoase *Onobrychis viciifolia*, se acumulează cantități variate de metale grele.

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea aeriană și în rădăcinile plantei din specia *Onobrychis spp.*, sunt prezentate în figurile 8.14.-8.19.

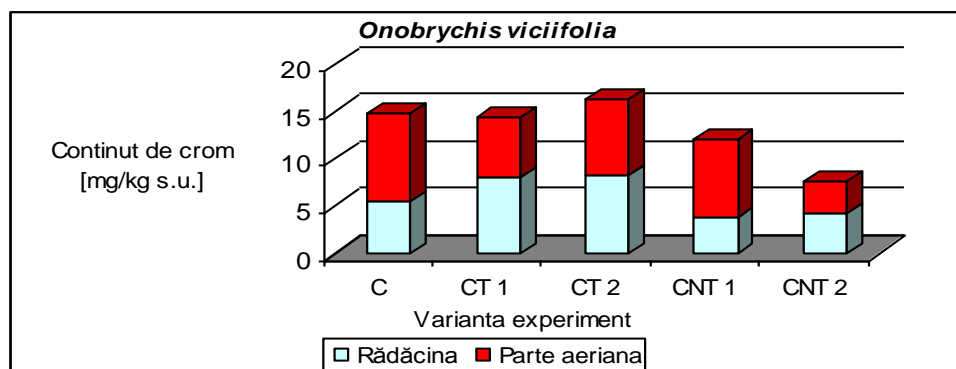


Figura 8.14. Cantitățile de crom bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale tratate/netratate cu tuf vulcanic indigen, în absența/prezența fertilizantului

Așa după cum se remarcă din figura 8.14. variantele experimentale tratate cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat și cultivate cu specia de leguminoasă *Onobrychis viciifolia*, au determinat obținerea de recolte care prezintă diferențe în privința bioacumulărilor de crom, în diferite părți de țesut și anume:

1. o ușoară majorare a accesului de crom din sol în rădăcină în prezența amendamentelor utilizate fără fertilizant organic, adică acumulări de crom în domeniul 7,9-8,3 mg/kg s.u. vs. bioacumulări de metal din plante recoltate de pe variante netratate, respectiv 5,5 mg/kg s.u. ;
2. reducerea accesului de crom din sol în rădăcină, în prezența amendamentelor utilizate în amestec cu un fertilizant organic, la valori cuprinse în domeniul 3,8-4,22 mg/kg s.u. vs. bioacumulări din plante recoltate de pe variante netratate și variante amendate în lipsa fertilizatorului organic;
3. reducerea bioacumulărilor de crom în țesut, parte aeriană, în cazul variantei de tratament cu nămol în amestec cu tuf modificat, în domeniul 50-65%, vs bioacumulările din plante recoltate de pe alte variante din dispozitiv;

Din figura 8.15. se observă faptul că tratamentele aplicate stratului superior de zgură și cenușă pe bază de tuf vulcanic modificat/nemodificat în prezența/absența fertilizantului organic au determinat obținerea unor culturi de plante din specia *Onobrychis viciifolia* care prezintă grade de acumulare a cuprului corespunzătoare, atât din punct de vedere calitativ cât și cantitativ, comparativ cu gradele de acumulare a cromului în rădăcini la variantele experimentale corespondente.

Adaosul de tuf vulcanic în absența/prezența fertilizantului organic la topsolul bazat pe zgură și cenușă, a determinat ca în partea aeriană, să se acumuleze cantități cuprinse în domeniul 6,2-9,7 mg /kg s.u. de cupru, mai ridicate decât cele de crom.

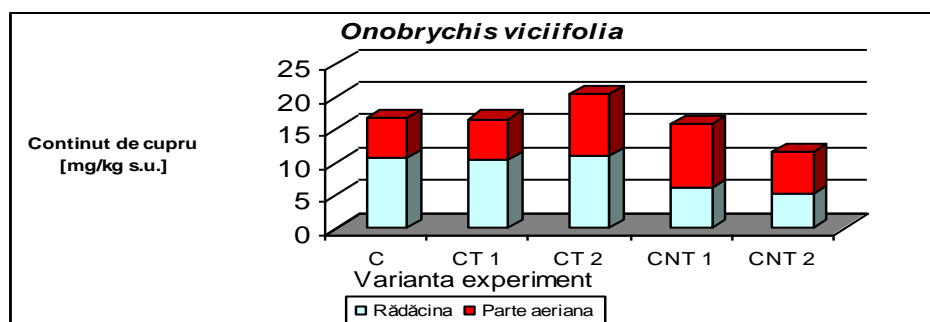


Figura 8.15. Cantitățile de cupru bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului

Se observă din figura 8.16 că în rădăcină, în toate cazurile studiate C, CNT1, CNT2, CT și CT2, fierul nu a fost stocat în cantitate atât de mare precum cantitatea stocată în partea aeriană a plantei. Fierul este translocat în cantități mari în părțile aeriene, unde se acumulează în cantitate de 3,5-7,75 ori mai mare decât în rădăcini. Rădăcina este un canal permisibil pentru fier. Plantele leguminoase din specia *Onobrychis viciifolia* sunt bioacumulatoare de Fe, în părțile aeriene.

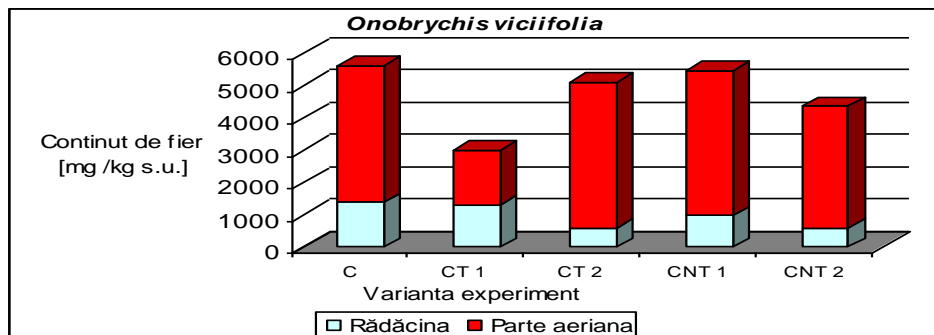


Figura 8.16. Cantitățile de fier bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale tratate cu/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului

Se observă din figura 8.17. că în cazul culturilor de plante obținute de pe variante experimentale de zgură și cenușă netratată și tratată cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat, cantitatea de nichel bioacumulată în rădăcini este mult mai mare decât cea acumulată în partea aeriană

Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat la stratul superior de zgură și cenușă cultivată cu specia de leguminoasă *Onobrychis viciifolia* a determinat modificări majore în privința bioacumulărilor de nichel în partea aeriană de țesut și anume aceasta se mărește de 2 ori vs. bioacumulările de metal din cultura obținută pe stratul de zgură și cenușă netratată sau tratată cu tuf nemodificat. În schimb tratarea topsolului cu tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu fertilizantul organic a determinat reduceri importante ale accesului de nichel atât în rădăcini cât și în partea aeriană, de 2-3 ori mai mici vs. cantitatea de nichel bioacumulată în cazul plantelor crescute pe varianta de zgură și cenușă tratată cu tuf vulcanic indigen nemodificat în amestec cu fertilizantul organic.

Adaosul de tuf vulcanic în absența/prezența fertilizantului organic la topsolul bazat pe zgură și cenușă a determinat ca în partea aeriană, să se acumuleze cantități de nichel cuprinse în domeniul 2,1-5,9 mg /kg s.u.

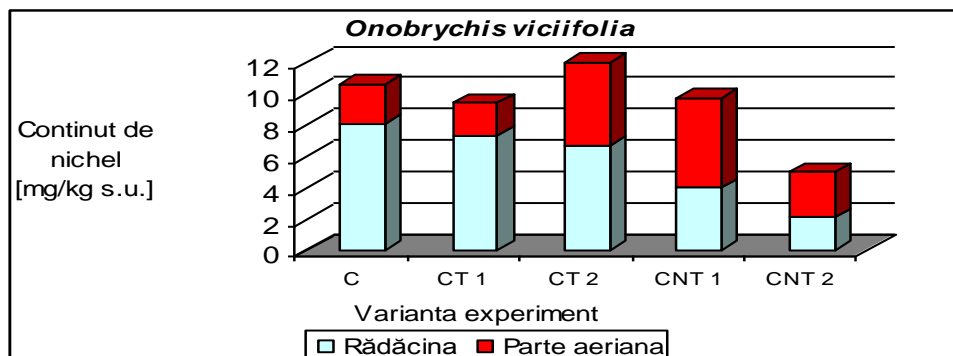


Figura 8.17. Cantitățile de nichel bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului

În figura 8.18. sunt prezentate acumulările de plumb din diferite părți de țesut ale plantei leguminoase *Onobrychis viciifolia*. În cazul plumbului cantitățile acumulate în rădăcini sunt mult mai mici decât cantitățile de metal acumulate în părțile aeriene. Rădăcina este în acest caz doar un canal permisibil pentru Pb.

Se menționează însă cazul în care tratamentul aplicat este optim, respectiv cu tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu fertilizantul organic, s-au obținut reduceri importante ale accesului de plumb atât în rădăcini cât și în partea aeriană. Cantitatea bioacumulată este de 2 - 3 ori mai redusă vs cantitatea de plumb bioacumulată în cazul plantelor crescute pe varianta de zgură și cenușă netratată. Plantele recoltate de pe această variantă bioacumulează în rădăcini 0,2 mg Pb/kg s.u., iar în partea aeriană 0,5 mg Pb/kg s.u., adică o cantitate aflată la limita admisă pentru plante destinate hranei.

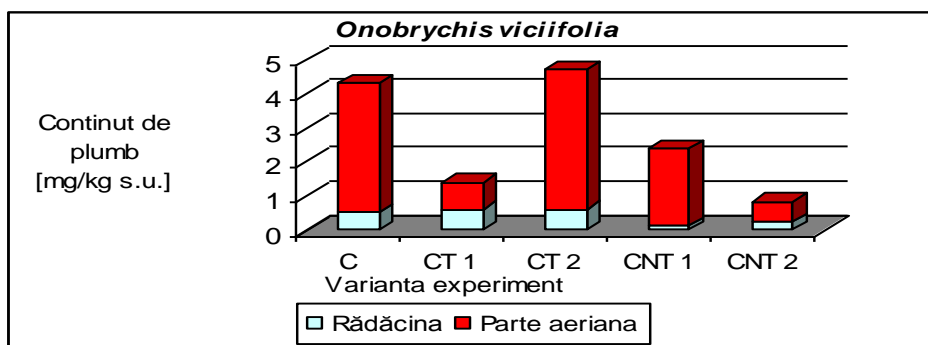


Figura 8.18. Cantitățile de plumb bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului

În figura 8.19 sunt prezentate comparativ acumulările de Zn din partea aeriană și rădăcinile plantei leguminoase *Onobrychis viciifolia*. Adaosul de tuf vulcanic pentru tratarea tosolului acționează ca o pompă care forțează intrarea zincului în țesutul rădăcinilor. Adaosul de nămol și tuf vulcanic reduce din presiunea de tranfer de zinc în rădăcini, respectiv părțile aeriene. Astfel, în rădăcini se acumulează în acest caz de 2-3 ori mai puțin zinc decât în rădăcinile plantelor crescute pe variante experimentale de zgură și cenușă tratate cu tuf modificat și nemodificat, CT2, respectiv CT1.

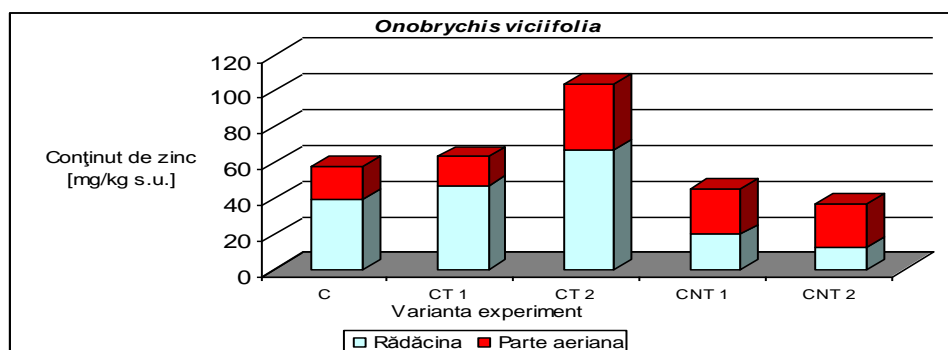


Figura 8.19. Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variante experimentale cu adaos/fără adaos de tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului.

De remarcat că în părțile aeriene nu se vor bioacumula cantități de Zn mult diferite în raport cu tratamentele de fertilizare aplicate. Cantitatea acumulată a fost cuprinsă în domeniul de 16,5-36,7 mg/kg s.u., în cazurile studiate. Plantele din specia *Onobrychis viciifolia* prezintă probabil sisteme metabolice care limitează accesul zincului din rădăcini, spre partea aeriană.

De pe solurile normale plantele acumulează cantități de zinc până la 14 mg/kg s.u. dar cantitățile admise pentru nutrețuri ajung până la 100 mg Zn/kg nutreț.

8.1.2.1.4. Concluzii parțiale

1. Un tratament al straturilor superioare de zgură și cenușă cu fertilizant organic nămol orășenesc de 25 t/ha și tuf vulcanic nemodificat sau modificat permite instalarea unui strat vegetal de plante leguminoase *Onobrychis spp.*, stabil, cu plante care își încheie ciclul vegetativ și care furnizează o cantitate de masă verde care reprezintă până la 1/5 din cantitatea care rezultă de pe soluri normale, fertilizate. Gradul de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante este de peste 50%, în cazul variantei în care tosolul se tratează cu 25 t/ha nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat. Indicele de abundență ecologică a fost de 45,2%, iar în cazul în care nămolul orășenesc a fost amestecat cu tuf vulcanic modificat, indicele de abundență ajunge la valori însemnate, de 58,1%. Indicele de vitalitate conform clasificării din scara Braun-Blanquet este la Nivel 1, cu plante bine dezvoltate, care își încheie regulat și complet ciclul de viață.

2. Din calculul statistic al datelor obținute experimental, conform testului F, rezultă că între cele 5 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă, rezultată din cultura de leguminoasă *Onobrychis spp.*, rezultată de pe variantele studiate. Din testul Duncan aplicat la nivel de 5%, au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă, clasele A-E. Varianta experimentală tratată cu doza optimă de nămol orășenesc de 25/ha, în amestec cu tuf nemodificat face parte din clasa superioară B. Varianta tratată cu doza optimă de nămol orășenesc de 25/ha, în amestec cu tuf modificat face parte din clasa superioară C. Din testul Student a rezultat pentru cultura de sparceta, că sporul cantității de biomasă obținut din varianta tratată cu nămol în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat este foarte semnificativ.
3. Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu fertilizantul organic, nămolul, la topsol, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 75% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta tratată cu doza optimă în amestec cu tuf nemodificat.
4. Adaosul de fertilizant organic în amestec cu tuf vulcanic modificat a determinat modificări așteptate cu privire la reducerea bioacumulărilor respectiv la accesul metalelor toxice Cr și Pb, în țesutul plantei, atât în rădăcini cât și în partea aeriană. Se limitează accesul de Cr din zona rizosferă până la 24% și în partea aeriană, până la 64%, față de accesul acestui element în părțile corespondente ale plantelor crescute pe topsolul netratat. În ceea ce privește acumulările de Cu, acestea nu sunt influențate pozitiv de variantele de tratamente efectuate. Plantele acumulează în partea aeriană în cel mai bun caz o cantitate de 6,5 mgCu/kg s.u., iar datele bibliografice raportate în literatură indică acumulări în plante cultivate pe soluri normale de 3,18 – 3,28 mg/kg s.u. În cazul Cr și Cu nu sunt reglementări naționale sau la nivel de UE pentru cantitatea maximă admisă în plante. Se limitează accesul plumbului prin canalul rădăcină-țesut aerian, ceea ce are ca urmare o reducere substanțială a bioacumulării în partea aeriană a plantei, de până la 84%, față de cantitatea bioacumulată în partea aeriană a plantei cultivată pe varianta experimentală netratată. Bioacumularea de Ni în partea aeriană ajunge la 2,9 mg/kg s.u., în cazul aplicării tratamentului cu nămol și tuf vulcanic modificat. Comparativ cu cantitățile de Ni raportate ca fiind acumulate în plante crescute pe soluri normale de maxim 1,73 mg/kg s.u., se poate constata că acumularea de Ni din plantele de *Onobrychis viciifolia* este mai mare. Nu există norme naționale pentru reglementarea cantității de Ni în țesuturi vegetale.
5. Adaosul de tuf vulcanic la topsolul bazat pe zgură și cenușă a determinat ca în rădăcini să se acumuleze cantități de metal mai mari decât cantitățile bioacumulate în partea de rădăcinii a plantelor crescute în absența tufului. Adaosul de nămol în amestec cu tuful a determinat o eficiență de reducere a bioacumulării de metale în partea de rădăcină cu 24,0-30,0% pentru crom, cu 40,0-50,0% pentru cupru, cu 50,0-75,0% pentru nichel și cu 56,0-80,0% pentru plumb.

6. Recoltele obținute pe variante tratate cu nămol în amestec cu tuf modificat, se pot recicla, întrucât acumulările de plumb și zinc din biomasă se încadrează în normele impuse, iar restul metalelor prezintă concentrații relativ mici.

8.1.2.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Trifolium pratense*

8.1.2.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Trifolium pratense*

Din studiul experimental efectuat în Dispozitivul experimental *Trifolium NT*, cu privire la instalarea unui strat vegetal sănătos de plante din specia *Trifolium pratense* pe depozitele de zgură și cenușă fertilizate cu un amestec de nămol orășenesc fermentat anaerob și tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat se observă că straturile vegetale de trifoi instalate sunt bogate, prezintă o densitate mare de plante, iar acestea sunt viguroase. În tabelul 8.13. se prezintă comparativ indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru plante leguminoase, *Trifolium pratense*, pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate cu doza optimă de 25 t/ha, nămol orășenesc și amendate cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat în cantitate variabilă cuprinsă în domeniul 2,5-5,0 t/ha.

Din analiza indicelui de abundență ecologică se constată că stratul vegetal de plante cultivate din specia *Trifolium pratense* pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate cu o doză optimă de nămol orășenesc și amendate cu tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate cuprinsă în domeniul 2,5-5,0 t/ha, rezultă că acesta a fost încadrat la nivelul 3 din scara Braun-Blanquet.

Tabelul 8.13. Prezentare comparativă a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru plante din specia *Trifolium spp.* instalate pe variante fertilizate cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat /modificat

Nr crt.	Variantă experiment	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate Scara de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	Nivel 1) plante răzlețe 5%;	Nivel 4) plante foarte slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în nici un fel.se usucă
2	CNT1	Nivel 3)pâlcuri dese cu grad de acoperire a suprafeței de 43,8%;	Nivel 2)plante dezvoltate care se înmulțesc mai mult vegetativ și nu întotdeauna își încheie ciclul de viață
3	CNT11	Nivel 3)pâlcuri dese cu grad de acoperire a suprafeței de 45,6%;	Nivel 2)plante slab dezvoltate, nu întotdeauna își încheie ciclul de viață
4	CNT2	Nivel 3)pâlcuri cu grad de acoperire a suprafeței de 50,1%;	Nivel 1)plante bine dezvoltate, care își încheie ciclul de viață
5	CNT22	Nivel 4)pâlcuri dese cu grad de acoperire a suprafeței de 67,3%;	Nivel 1)plante dezvoltate, care se înmulțesc și își încheie ciclul de viață

Indice de vitalitate determinat în conformitate cu Braun-Blanquet este la nivelul 2, ceea ce indică plante dezvoltate, care se înmulțesc mai mult vegetativ și nu întotdeauna își încheie ciclul de viață. Adaosul de nămol orășenesc ca fertilizant în amestec cu tuf, la topsolul de zgură și cenușă, a determinat formarea unor culturi cu aspect sănătos, care rezistă condițiilor impuse de vara secetoasă. Plantele răsărite se dezvoltă normal, trecând prin diferite fenofaze de dezvoltare și ocupă în final o suprafață cuprinsă între 43,8—45,6% din suprafața cultivată.

Plantele cultivate pe variantele experimentale fertilizate cu doza optimă de nămol în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, în cantitate cuprinsă în domeniul în domeniul 2,5-5,0 t/ha, prezintă indicele de abundență ecologică încadrat la nivelul 4, din scara Braun-Blanquet. Indice de vitalitate determinat în conformitate cu clasificarea Braun-Blanquet este la nivelul 1, ceea ce indică plante dezvoltate, care se înmulțesc și întotdeauna își încheie ciclul de viață. Adaosul de nămol în amestec cu tuf modificat, la topsolul de zgură și cenușă, a determinat formarea unor culturi cu aspect sănătos, care rezistă condițiilor impuse de vara secetoasă. Plantele răsărite se dezvoltă normal, trecând prin diferite fenofaze de dezvoltare și ocupă în final o suprafață cuprinsă între 50,1—67,3%.

În figura 8.20. este prezentat Dispozitivul experimental Trifolium,



Figura nr.8.20.Dispozitivul experimental Trifolium

8.1.2.2.2. Influența de fertilizare cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută din specia *Trifolium pratense*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental *Trifolium N* și *Trifolium NT* se realizează prin *Testul F*, privind stabilirea variantei optime de tratare a stratului superior de zgură și cenușă, prin *Testul Duncan*, cu rezultate privind compararea cantităților de biomasă obținută pe variantele experimentale de zgură și cenușă tratate, față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală netratată, luată ca martor, cu rezultat referitor la superioritatea cantității de biomasă și prin *Testul Student*, privind semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținute de pe variantele experimentale tratate față de cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală netratată.

8.1.2.2.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare pentru cultura de plante *Trifolium pratense*

În tabelul 8.14. este prezentată analiza variantelor experimentale de fertilizare a topsolului cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat, asupra cantității de biomasă obținută pentru specia de plantă *Trifolium pratense*, în Dispozitivul experimental *Trifolium N* și *Trifolium NT*.

Tabelul 8.14. Analiza variantelor experimentale de fertilizare cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută pentru cultura *Trifolium pratense*

Nr. crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoare	Semnificație
1	Repetiția	2	19,945	9,973	0,236	
2	Factor A	4	13038,251	3259,563	77,341	***
3	Eroare	8	337,161	42,145		
4	Total	14	13395,358			

Din analiza datelor din tabelul 8.14., se observă că prin prelucrarea datelor experimentale obținute în Dispozitivul experimental *Trifolium N* și *Trifolium NT*, conform testului F, rezultă că între cele 5 variante experimentale există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura de leguminoase, *Trifolium pratense*.

8.1.2.2.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de tratare în cultura de plante leguminoase *Trifolium pratense*

În tabelul 8.15. este prezentată aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat a stratului de zgură și cenușă în cultura de plante *Trifolium pratense* din Dispozitivul experimental *Trifolium N* și *Trifolium NT*

Tabelul 8.15. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de tratare în cultura *Trifolium pratense*, la nivel de 5%

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 41,23 D	CNT12 = 132,20 A
2	CN = 72,23 C	CNT1 = 87,83 B
3	CNT1 = 87,83 B	CNT11 = 76,40 B,C
4	CNT11 = 76,40 B,C	CN = 72,23 C
5	CNT22 = 132,20 A	C = 41,23 D

Analizând datele rezultate din Dispozitivul experimental *Trifolium N* și *Trifolium NT* prin testul Duncan, se observă că în urma studiului comparativ au rezultat clasele A - D. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la varianta CNT22, (Varianta fertilizată cu 25 t/ha nămol amestecat cu 2,5 t/ha tuf vulcanic indigen modificat) încadrată în clasa A, urmată de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală CNT1 și CNT11, (Varianta fertilizată cu 25 t/ha nămol amestecat cu 5 t/ha respectiv 2,5 t/ha tuf vulcanic indigen nemodificat), care face parte din clasa B, respectiv B,C. Cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală CN, (varianta experimentală zgură și cenușă fertilizată cu 25 t/ha nămol), s-a încadrat în clasa C. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C, varianta experimentală nefertilizată, care s-a încadrat în clasa D.

8.1.2.2.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime în cazul fertilizărilor cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat

În tabelul 8.16. este prezentată semnificația diferențelor cantităților de biomasă de trifoi rezultată de pe variante experimentale de zgură și cenușă în cazul tratamentelor cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat vs. varianta netratată, ca martor.

Tabelul. 8.16. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă de trifoi rezultată pe variante tratate cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat vs. cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată

Nr.c rt	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă		Diferența vs. martor [g]	Semnificația
		[g/vas de vegetație]	[%]		
1.	C	41,23	100,0	martor	
2	CN	72,23	175,2	31,0	***
3	CNT1	87,83	213,0	46,6	***
4	CNT11	76,40	185,3	35,1	***
5	CNT22	132,23	320,7	91,0	***

În Figura 8.21. este prezentată majorarea cantității de biomasă, obținută pe variante urmărite în Dispozitivul experimental Trifolium N și Trifolium NT în funcție de tipul de tratament aplicat, prin fertilizarea stratului de zgură și cenușă, în cazul culturii de leguminoasă *Trifolium pratense*, vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta netratată.

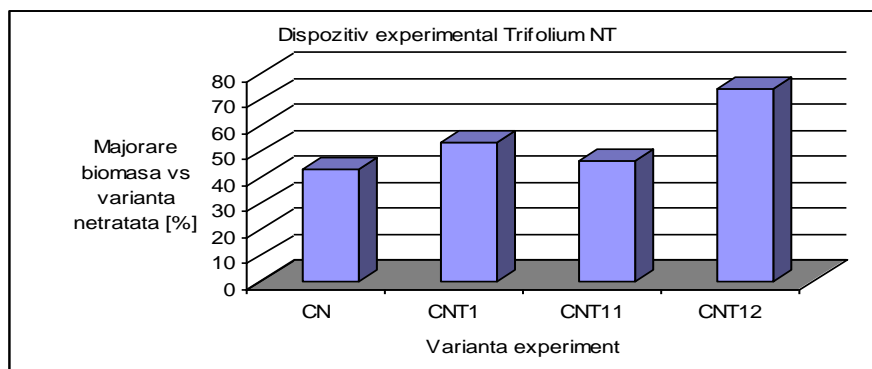


Figura 8.21. Majorarea cantității de biomasă, obținută în Dispozitivul experimental Trifolium, în funcție de tipul de tratament aplicat culturii de plante *Trifolium pratense* vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta netratată

În urma comparării datelor prezentate în tabelul 8.16. și figura 8.21. se constată următoarele:

- Ca urmare a comparării cantităților de biomasă de trifoi rezultate de pe variante experimentale, în cazul fertilizărilor cu nămol orășenesc fermentat anaerob în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat, cu cantitatea de biomasă de trifoi rezultată de pe varianta martor, a rezultat superioritatea cantității de biomasă a variantelor C, CN, CNT1, CNT11 și CNT22 ca foarte semnificativă;
- Cantitatea de biomasă, medie = 81,987 g/vas de vegetație;
- Coeficientul de variație determinat pentru cantitatea de biomasă rezultată pe variantele experimentale din Dispozitivul experimental Trifolium este de 7,9% și se încadrează în domeniul de variație mijlocie:
Coeficient de variație < 10%
- Valorile determinate pentru DL sunt: DL 5% = 12,22 g; DL 1% = 17,78g; DL 0,1% = 26,72g.

Se observă de asemenea că adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha față de cantitatea de topsoil (varianta CNT1), în amestec cu doza optimă de nămol, a determinat formarea unei recolte în cantitate de 2 ori mai mari, față de cantitatea recoltată de pe suprafața nefertilizată și netratată cu tuf. De asemenea se observă din figură că în cazul în care cantitatea de tuf nemodificat este redusă la jumătate (2,5 t/ha), cultura de trifoi obținută prezintă plante mai slab dezvoltate,

comparativ cu calitatea plantelor de trifoi obținute în cazul în care cantitatea de tuf nemodificat adăugată este dublă.

În cazul în care nămolul orășenesc este amestecat cu tuf vulcanic indigen modificat în cantitate de 2,5 t/ha (variantele CNT22), se observă că se obține o cantitate de masă verde de trei ori mai mare față de cantitatea recoltată de pe suprafața nefertilizată și netratată cu tuf (variantele C).

În concluzie, din datele experimentale obținute, se poate determina varianta de fertilizare optimă care constă în doza optimă de nămol orășenesc fermentat anaerob în cantitate de 25 t/ha s.u. și o cantitate de 2,5 t/ha de tuf indigen modificat. În aceste condiții s-a realizat o cultură caracterizată de un indice de abundență ecologică de 67,3%, iar plantele obținute sunt dezvoltate corespunzător speciei și ajung la maturitate, când fructifică.

8.1.2.2.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia *Trifolium pratense*

Pentru a se putea stabili dacă biomasa rezultată de pe variantele experimentale studiate poate fi reciclată sau trebuie încadrată în categoria deșeurilor toxice, se analizează bioacumularea de metale din diferitele părți de țesut ale plantelor. Analiza diferitelor părți ale plantelor, arată faptul că în țesuturile vegetale, specia *Trifolium pratense* acumulează cantități variate de metale grele.

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini ale plantelor din specia *Trifolium pratense* recoltate din Dispozitivul experimental sunt prezentate în tabelul 8.17.

Tabelul 8.17. Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini a plantei *Trifolium pratense* recoltate din Dispozitivul experimental

Nr crt	Variantă Experiment	Conținut de metale bioacumulate în partea de rădăcini <i>Trifolium pratense</i> [mg/kg s.u.]						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	C	110,0	13,7	603,7	87,7	3,7	87,5	41,3
2	CNT1	84,6	15,0	421,8	65,8	3,9	78,1	62,5
3	CNT11	72,3	20,8	593,7	64,7	4,2	78,2	104,2
4	CNT2	64,7	10,5	293,9	62,9	3,1	26,3	72,3
5	CNT22	43,8	10,8	392,8	61,0	3,5	28,9	94,6

Tratarea stratului de zgură și cenușă cu doza optimă de nămol amestecat cu tuf a determinat reducerea acumulării metalelor în rădăcini cu 30 - 40% pentru bioacumularea de fier, 60 - 70% pentru bioacumularea de metale toxice Pb și Cr și cu 20-30% pentru bioacumularea de metale Cu și Mn față de cantitățile bioacumulate ale aceluiași metale în rădăcinile plantelor crescute pe varianta netratată.

Eficiențele de reducere a bioacumulării metalelor în partea de rădăcină la adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat sau modificat sunt prezentate comparativ în figura 8.22.

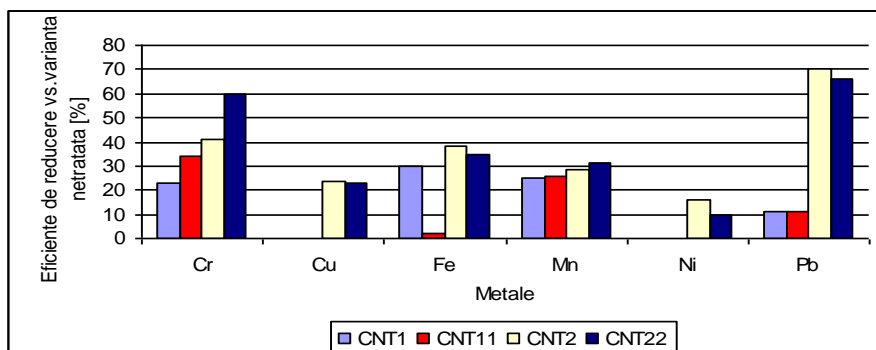


Figura 8.22. Eficiențe de reducere a cantităților de metale acumulate în partea de rădăcini de leguminoase, *Trifolium pratense*, crescute pe variante tratate vs cantități acumulate în rădăcini din plante crescute pe varianta netratată

Cantitățile de metale bioacumulate în partea aeriană a plantei *Trifolium pratense* sunt prezentate în figurile 8.23. - 8.25.

În figura 8.23. sunt prezentate comparativ bioacumulările de metale crom și cupru în partea aeriană a plantei *Trifolium spp.*, pentru un ciclu vegetativ complet:

- plante în faza de creștere F_1 cu înălțimea 3-4 cm;
- plante în faza de creștere F_2 cu înălțimea 7-8 cm;
- plante în faza de fructificare F_3 .

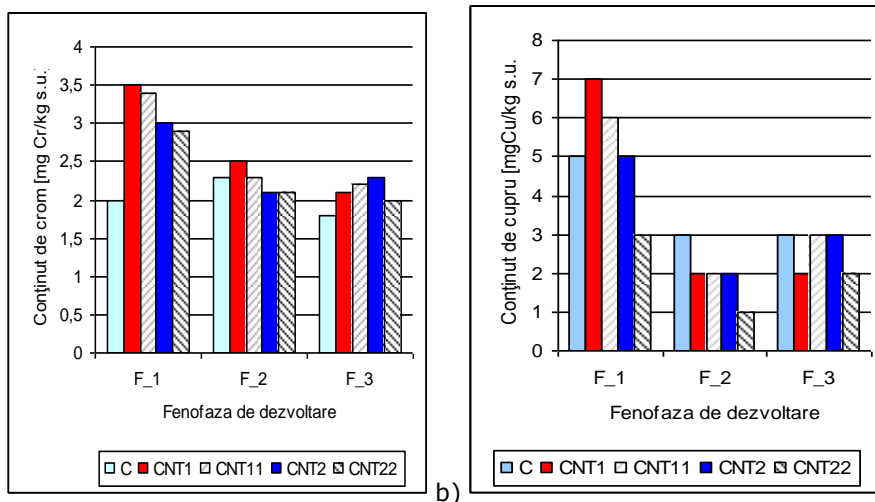


Figura 8.23. Cantități bioacumulate de metale în partea aeriană a plantei *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de crom; b) conținutul de cupru.

Specia de plantă *Trifolium spp.* din clasa dicotiledonate, sechestrează mult metal în prima fenofază de dezvoltare în rădăcină și eliberează cantități mai mici decât cele acumulate în rizosferă, în țesuturile din partea superioară a plantei. Datele experimentale obținute în acest studiu experimental sunt corelate cu raportările din literatura de specialitate.

În figura 8.23.a este prezentat efectul adaosului de tuf vulcanic la nămol orășenesc utilizat ca fertilizant, la bioacumularea de crom, în partea superioară a plantei. În plantele studiate aflate în prima fenofază de dezvoltare F_1, se observă că tratamentul topsoilului cu nămol orășenesc și tuf în cele 4 variante CNT1, CNT11, CNT2 și CNT22 a determinat bioacumulări mai mari de Cr în țesutul vegetal aerian al trifoiului față de acumulările acestui metal din partea aeriană a plantelor cultivate pe varianta netratată.

În următoarele două fenofaze de dezvoltare ale plantei, F_2 și F_3, se observă că tratarea topsoilului în diferite variante, respectiv nămol orășenesc și tuf vulcanic nemodificat sau modificat, nu a determinat modificări referitoare la bioacumularea de crom din țesuturi vegetale. Se observă din figura 8.23.a că:

1. are loc o scădere ușoară a bioacumulării de metal în țesutul aerian al plantelor recoltate din cele 5 variante;
2. bioacumularea de Cr este similară pentru plante crescute pe variante experimentale netratate sau tratate, valoarea bioacumulată în țesuturi aeriene este de maxim 2 mg/kg s.u.

Prin compararea datelor prezentate în tabelul 8.22. și figura 8.24.a se observă că acest metal se acumulează în rădăcini și accesul lui spre partea superioară a plantei este puternic diminuat prin mecanisme metabolice proprii plantei.

În figura 8.23.b este prezentat efectul adaosului de tuf vulcanic la nămol orășenesc utilizat ca fertilizant, cu privire la bioacumularea de cupru, în partea superioară a plantei propusă pentru înierbare. Se observă că are loc o majorare a bioacumulării de Cu în partea aeriană a plantelor crescute pe suprafețe tratate cu nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat față de acumularea acestui metal în partea aeriană a plantelor crescute pe suprafețe nefertilizate. Așa după cum s-a precizat în subcapitolul 8.2.1.5. tuful modificat prezintă capacitatea de a bloca metale în rețeaua microporoasă și ca urmare cantitatea de metal biodisponibilă din zona rizosferei se va diminua. Acest aspect stă de fapt la baza manifestărilor ulterioare ale plantei. În plantă ajunge o cantitate mai mică de metal odată cu soluția solului. În fenofaza F_2 cantitatea de metal preluată de plante se reduce substanțial așa cum se observă din figura 8.23.b. Prezența tufului modificat în amestec cu nămolul are rolul de a modifica substanțial accesul cuprului în țesutul plantelor, partea aeriană. Din analiza comparativă a indicelui abundență ecologică și a cantității de biomasă rezultată s-a stabilit o doză optimă de tuf vulcanic modificat, de 2,5 t/ha ca adaos la agentul de fertilizare.

Cantitatea de crom bioacumulată în partea aeriană a plantei trifoi se reduce cu 50 % față de cantitatea bioacumulată în partea aeriană a plantelor crescute pe suprafețe în care topsoilul s-a tratat cu amestec de nămol și tuf vulcanic nemodificat în doze de 2,5 t/ha respectiv 5,0 t/ha sau varianta cu nămol și tuf modificat în doze prea mari respectiv 5,0 t/ha. În faza F_3 de dezvoltare a plantelor, cantitatea de Cu bioacumulată crește dar nesemnificativ. Se constată și în acest caz efectul benefic al

amestecului de tuf vulcanic modificat în cantitate de 2,5 t/ha, la nămolul orășenesc, ca fiind o variantă prin care acest metal se acumulează mai mult la nivel de rădăcină, vezi tab. 8.16.

În fig. 8.24.a este prezentată comparativ bioacumularea de Fe în părțile de țesut aerian ale plantei leguminoase, trifoi, în funcție de fenofaza de dezvoltare și de natura tratamentului efectuat pentru îmbogățirea cu nutrienți a stratului de zgură și cenușă.

Fierul este prezent în rădăcini, unde se acumulează în cantități cuprinse în domeniul 300-600 mg Fe/kg s.u.

În părțile aeriene acumularea de fier se reduce treptat odată cu dezvoltarea plantei, așa după cum se observă în cele trei fenofaze studiate. Se remarcă și în acest caz faptul că planta prezintă un sistem de blocare parțială a accesului de Fe în partea aeriană atât în cazul în care acestea cresc pe stratul de topsoil netratat cât și în cazul plantelor crescute pe variante de topsoil tratat. Prezența tufului a determinat reducerea accesului de Fe în rădăcini și ca urmare reducerea translocării din rădăcină în partea aeriană. Efectul cel mai puternic este resimțit în cazul plantelor crescute în variantele în care se realizează tratamente de fertilizare cu nămol orășenesc și tuf modificat. În aceste variante în rădăcini ajunge doar jumătate din cantitatea acumulată în rădăcinile plantei crescute în variantele experimentale de topsoil, netratate.

De asemenea se observă din fig. 8.24.a că Fe ajunge la bioacumulări minime în partea aeriană a plantei crescute în varianta de topsoil fertilizată cu amestec de nămol orășenesc și tuf vulcanic respectiv la concentrații de 40-60 mg/kg s.u. în faza F_2-F_3. Conținutul de Fe prezent în partea aeriană a plantei de trifoi în domeniile prezentate în tabele și grafice, se situează sub cantitățile determinate din plante leguminoase cultivate pe soluri normale unde valorile raportate sunt de 79,0-83,7 mg Fe/kg s.u.

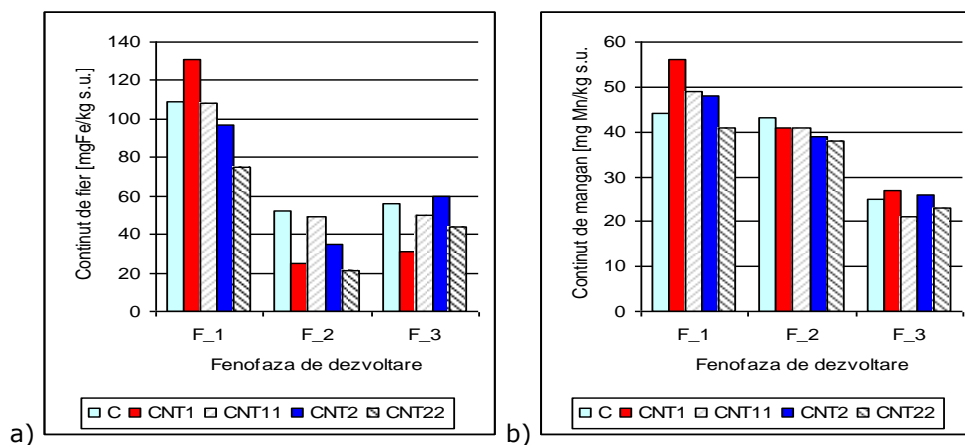


Figura 8.24. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană a speciei *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de fier; b) conținutul de mangan.

În fig. 8.24.b este prezentată comparativ bioacumularea de Mn în părțile de țesut aerian ale plantei leguminoase trifoi, în funcție de fenofaza de dezvoltare și de

natura tratamentului efectuat asupra tosolului. Se remarcă din figura 8.24.b că și acest element este parțial blocat la nivel de rădăcini, unde cantitățile bioacumulate sunt cuprinse în domeniul 61,0 - 87,7 mg/kg s.u. În partea aeriană a trifoiului se transferă cantități de mangan, în prima fenofază între 41,0 - 56,0 mg/kg s.u. În faza următoare F_2 bioacumularea de metal se reduce în partea aeriană și ajunge la valori situate sub 40 mg Mn/kg s.u. atât la plante recoltate de pe variantele experimentale netratate cât și în cazul plantelor recoltate de pe cele 4 variante tratate cu nămol orășenesc amestecat cu tuf vulcanic nemodificat/modificat în cele 2 doze utilizate. În fenofaza de maturitate F_3 bioacumularea de metal în partea aeriană se situează în domeniul 20,0 - 27,0 mg Mn/kg s.u. în toate variantele prezentate în fig. 8.24.b. În literatura de specialitate cantitatea de Mn bioacumulată, raportată este de 30 - 33 mg/kg s.u., pentru partea superioară a plantelor cultivate pe soluri normale. Așadar din acest punct de vedere cantitatea de Mn bioacumulată în trifoi, se situează în limitele solurilor normale.

În figura 8.25.a este prezentată bioacumularea de Pb în țesutul aerian al plantei de trifoi.

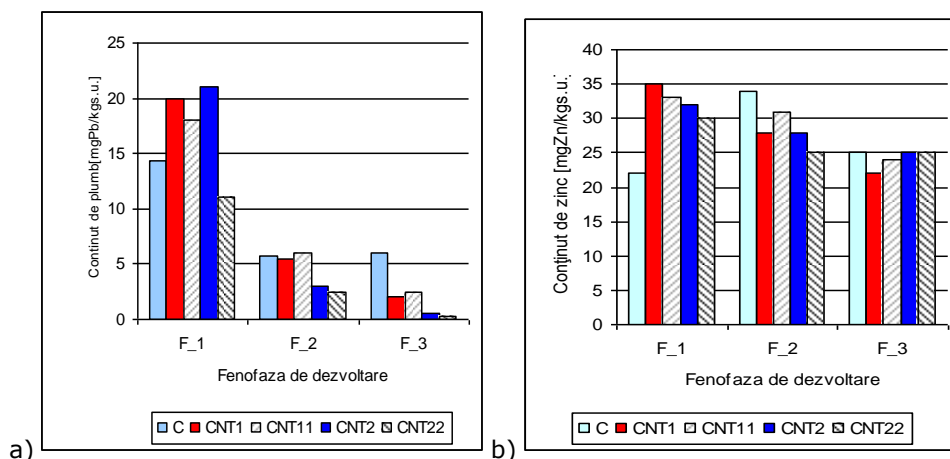


Figura 8.25. Cantități bioacumulate de metale grele în partea aeriană de țesut a speciei de plantă *Trifolium spp.* în funcție de fenofaza de dezvoltare a) conținutul de plumb; b) conținutul de zinc.

Și în acest caz, nivelul de acumulare de Pb din rădăcină este mult mai mare în prima fenofază pentru plante crescute pe variantele C, CNT1 și CNT2 și ajunge la valori cuprinse în domeniul 78,0 - 87,5 mg Pb/kg s.u. De remarcat din figura 8.26.a că în partea aeriană a plantei din specia *Trifolium pratense* se acumulează mai puțin Pb decât în rădăcini și anume în domeniul 15 - 23 mg Pb/kg s.u. Adaosul de tuf modificat are o mare influență privind cantitatea de Pb bioacumulată în rădăcini. Se remarcă în acest caz că în rădăcini se va acumula doar 26,3 - 28,9 Pb/kg s.u.

Adaosul unei cantități minime de tuf modificat, 2,5t/ha, a determinat ca în fenofaza F_1 să se acumuleze o cantitate mai redusă de Pb, doar de 12 mg/kg s.u. în părțile aeriene ale plantei. În fenofaza F_2 cantitatea de Pb bioacumulată în partea

aeriană se reduce și ajunge în jurul valorii de 5 mg/kg s.u. la variantele C, CNT1 și CNT11 și la valori reduse cu peste 50% la variantele unde tratamentul topsolului a fost efectuat cu fertilizant și tuf vulcanic modificat. În faza F_3 bioacumularea de Pb în țesutul aerian al plantei rămâne la valori similare cu cele bioacumulate în fenofaza F_2. Pentru plantele crescute în variante experimentale în topsolul din variantele CNT1 și CNT2 se constată că cantitatea de plumb bioacumulată se reduce cu mai mult de 50% față de cantitatea bioacumulată de plantele crescute pe variante corespondente crescute în fenofaza F_1. Adaosul de tuf vulcanic modificat a determinat reduceri ale conținutului de Pb bioacumulat în partea aeriană la valori situate sub 0,5 mg/kg s.u., limită stabilită ca maximă, prin norme naționale și europene.

În figura 8.25.b este prezentată comparativ bioacumularea de Zn din partea aeriană a plantei. Bioacumularea de Zn este cuprinsă în cazurile prezentate mai sus, în domeniul 22 - 35 mg/kg s.u. Se poate spune că în acest caz Zn este stocat la nivel de rădăcină și accesul lui spre partea superioară a plantei este limitat.

8.1.2.2.4. Concluzii parțiale

1. S-a determinat pentru culturile de trifoi varianta de fertilizare optimă care constă în tratarea cu amestecul dintre nămol în doză optimă de 25 t/ha s.u. cu o cantitate de 2,5 t/ha de tuf indigen modificat. În aceste condiții s-a realizat o cultură caracterizată de un indice de abundență ecologică de 67,3%, iar plantele obținute sunt dezvoltate corespunzător speciei și ajung la maturitate, când fructifică.
2. Din calculul statistic al datelor obținute experimental conform Testului F, rezultă că între cele 5 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele studiate. Din Testul Duncan aplicat la nivel de 5%, au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă clasele A -D. Varianta experimentală tratată cu 25 t/ha nămol orășenesc amestecat cu tuf modificat în cantitate de 2,5 t/ha face parte din clasa superioară A. Din Testul Student a rezultat pentru trifoiul recoltat, că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de nămol și tuf modificat în cantitate de 2,5 t/ha este foarte semnificativ.
3. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în cantitate de 2,5 t/ha în amestec cu fertilizantul organic, la topsol, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 45% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta de topsol tratată cu nămol în amestec cu tuf nemodificat.
4. În țesuturile vegetale ale plantei din specia *Trifolium pratense* se acumulează cantități diferite de metale grele, care diferă în funcție de natura și cantitatea de metal prezentă în topsolul netratat, în funcție de tratamentul aplicat topsolului și de fenofaza de dezvoltare a plantei.
5. Plantele tinere acumulează cantități mai mari de metale în diferite părți ale sale vs. plantele mature.
6. În țesuturile vegetale ale rădăcinii plantei din specia *Trifolium pratense* se acumulează cantități mai mari de metale grele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn vs. cantitățile de metale bioacumulate în părțile aeriene.

7. Plantele prezintă sisteme de limitarea a accesului de metale biodisponibilizate de prezența unor agenți de solubilizare precum unele componente ale materiei organice introdusă prin agentul de fertilizare.
8. Tratarea stratului de zgură și cenușă cu nămol și tuf a determinat reducerea acumulării metalelor în rădăcini cu 30-40% pentru bioacumularea de fier, 60-70% pentru bioacumularea de metale toxice Zn, Pb și Cr și cu 20-30% pentru bioacumularea de Cu și Mn față de acumulările de metale grele din rădăcinile plantelor crescute pe topsolul netratat.
9. În plus gradul de reducere al bioacumulărilor de metale grele în partea aeriană a plantei este dependent de natura și cantitatea de tuf adăugată. Se constată reducerile cele mai mari pentru acumulări de metale grele la doze reduse de tuf de 2,5 t/ha în cazul utilizării de tuf modificat amestecat cu nămol.
10. Adaosul de tuf vulcanic modificat a determinat reduceri a conținutului de Pb bioacumulat în partea aeriană la valori situate sub 0,5 mg/kg s.u., limită stabilită ca maximă prin norme naționale și europene.
11. Având în vedere conținutul extrem de redus de Pb și Zn din plante mature recoltate de pe variante fertilizate cu doze optime de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic modificat, biomasa poate fi reutilizată ca adaos de material hidrocarbonat pentru composturi sau în alimentația animalelor.

8.1.3. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe bază de nămol orășenesc

8.1.3.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

8.1.3.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Determinarea dozei optime de compost pentru obținerea unui strat vegetal stabil care să coperteze depozitele de zgură și cenușă, se realizează pe baza rezultatelor experimentale care redau gradul de acoperire cu plante a suprafețelor cultivate cu specia leguminoasă *Onobrychis viciifolia* și a datelor cu privire la gradul de vitalitate al acestor plante.

Pentru a determina cantitatea optimă de compost pentru obținerea unui strat vegetal care să coperteze straturile de zgură și cenușă se realizează un studiu experimental în Dispozitivul experimental *Onobrychis C*. În variantele experimentale studiate în acest dispozitiv fertilizarea topsolului cu compost s-au utilizat cantități: 25, 50, 100 și 150 t/ha.

În tabelul 8.18. sunt prezentate comparativ: gradul de răsărire a plantelor, indicele de abundență ecologică respectiv indicele de vitalitate după scara Braun-Blanquet pentru plante cultivate din specia *Onobrychis viciifolia* pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate cu cantități de compost cuprinse în domeniul de 25 - 150 t/ha.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 151

Din analiza parametrilor biologici efectuată pentru plante leguminoase *Onobrychis viciifolia* cultivate pe variantele experimentale studiate, pentru stabilirea unor condiții optime de copertare rezultă următoarele:

1. utilizarea unei cantități de compost de 25 t/ha nu a determinat o acoperire corespunzătoare a suprafeței cultivate, plantele răsărite nu au suficientă cantitate de nutrienți în topsol, fapt pentru care ele se usucă parțial și nu se înmulțesc;
2. utilizarea unei cantități de compost de 50 t/ha conduce la formarea unui strat stabil de vegetație care acoperă 37,3% din suprafața cultivată. Indicele de vitalitate conform clasificării Braun-Blanquet este la nivelul 2, cu plante mai dezvoltate;
3. utilizarea unei cantități de compost de 100-150 t/ha nu a determinat o rezultatele așteptate, privind gradul de acoperire cu vegetație a suprafeței cultivate, cu toate că plantele au suficientă cantitate de nutrienți. Gradul de răsărire în condiții de fertilizare maximă crește doar cu 13 - 16% vs. gradul de răsărire al plantelor de pe varianta experimentală fertilizată cu cantitatea de compost de 50 t/ha.
4. În Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, cantitatea optimă de compost pentru obținerea unui strat vegetal de sparceta care să coperteze straturile de zgură și cenușă, se stabilește la 50 t/ha. La stabilirea acestei cantități sunt luate în considerare aspecte cu privire la indicatorii biologici și aspecte cu privire la bilanțul economic.

Tablelul 8.18. Prezentare comparativă a gradului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică, a indicelui de vitalitate pentru plante leguminoase, *Onobrychis viciifolia*, din Dispozitivul experimental *Onobrychis C*.

Nr. crt.	Varianta Experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	CC-25	plante răzlețe	Nivel+) 1	plante slab dezvoltate, dar care nu se usucă
2	CC-50	45	Nivel 3 37,3%	Nivel 2) plante mai dezvoltate, care se înmulțesc slab
3	CC-100-	54	Nivel 3 40,0%	Nivel 2) plante mai dezvoltate, care se înmulțesc slab.
4	CC-150	52	Nivel 3/Nivel 4 44,7%	Nivel 2) plante mai dezvoltate, care se înmulțesc slab

8.1.3.1.2. Influența de fertilizare cu compost asupra cantității de biomasă obținute la culturi leguminoase, *Onobrychis viciifolia*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, se realizează prin *Testul F*; *Testul Duncan* și *Testul Student privind semnificația diferențelor* dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate, față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată (C) luată ca martor.

8.1.3.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost pentru topsol cultivat cu specia *Onobrychis viciifolia*

În tabelul 8.18. este prezentată analiza cantității de biomasă obținută din cultura speciei de leguminoase *Onobrychis viciifolia*, în cazul fertilizării cu compost, din Dispozitivul experimental *Onobrychis C*.

Din analiza datelor prezentate în tabelul 8.18, se observă că conform Testului F, din prelucrarea datelor experimentale obținute în Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, în care variantele de lucru reprezintă variante fertilizate/nefertilizate cu compost a topsolului a rezultat că între variantele experimentului, există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura speciei de plante *Onobrychis viciifolia*.

Tabelul 8.19. Analiza cantității de biomasă obținută din cultura speciei de leguminoase în cazul fertilizării cu compost a stratului de zgură și cenușă, din Dispozitivul experimental *Onobrychis C*.

Nr, crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	146,422	73,211	4,8971	
2	Factor A	3	1695,049	565,016	37,7944	***
3	Eroare	6	89,689	14,950		
4	Total	11	1931,169			

8.1.3.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea dozei optime de compost utilizat pentru fertilizarea topsolului în cultura de plante *Onobrychis viciifolia*.

În tabelul 8.20. este prezentată aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia*. Parametrul de control este doza de compost utilizat ca fertilizant al stratului superior al depozitului de zgură și cenușă

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 153

Tabelul 8.20. Testul Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia*

Nr. Crt.	Date originale	Date sortate
1	CC-25 = 27,37 C	CC-150= 60,87 A
2	CC-50 = 41,83 B	CC-100= 44,10 B
3	CC-100 = 44,10 B	CC-50 = 41,83 B
4	CC-150 = 60,87 A	CC-25 = 27,37 C

Analizând datele rezultate din Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, prin Testul Duncan, se observă că în urma studiului comparativ au rezultat clasele A - C.

Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la variantele CC-150 (zgură și cenușă + 150 t/ha compost), care a fost inclusă în clasa A, urmată de varianta CC-100 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost) și varianta CC-50 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost) care fac parte din clasa B.

Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta CC-25 (zgură și cenușă + 25 t/ha compost) care a fost inclusă în clasa C.

8.1.3.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia*.

În tabelul 8.21. este prezentată semnificația diferențelor cantității de biomasă pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia* recoltată de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate cu cantități diferite de compost față de cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată, luata ca martor: Dispozitivul experimental *Onobrychis C*.

Tabelul. 8.21. Semnificația diferențelor cantității de biomasă recoltată de pe variantele experimentale fertilizate cu compost vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată: Dispozitivul experimental *Onobrychis C*.

Nr crt	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă		Diferența vs. martor [g]	Semnificația
		[g/vas de vegetație]	[%]		
1	CC-25	27,367	100,0	martor	
2	CC-50	41,833	152,9	14,466	**
3	CC-100	44,100	161,1	16,733	**
4	CC-150	60,867	222,4	33,500	***

Valorile determinate pentru DL sunt: DL 5% = 7,72 g; DL 1% = 11,70g; DL 0,1 % = 18,81g.

În Figura 8.26. este prezentată majorarea cantității de biomasă, rezultată la recoltarea plantelor din variante urmărite în Dispozitivul experimental *Onobrychis C*, în

funcție de cantitatea de compost vs. cantitatea rezultată de pe varianta fertilizată cu 25 t compost /ha.

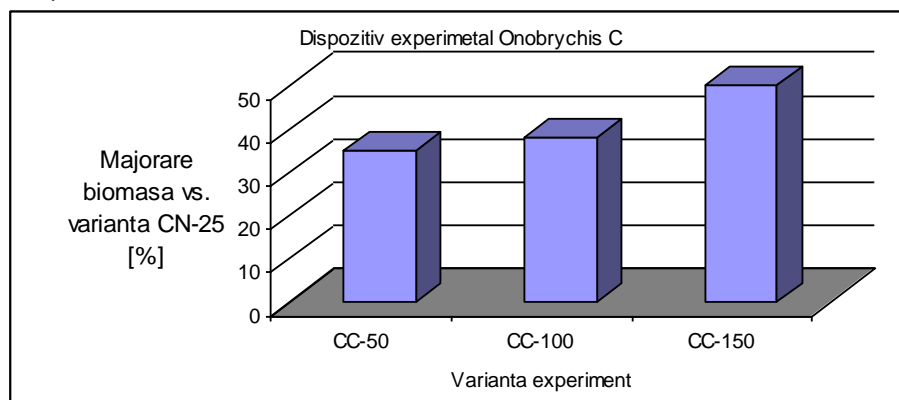


Figura 8.26. Majorarea cantității de biomasă rezultată de pe variantele din Dispozitivul experimental Onobrychis C vs. cantitatea rezultată de pe varianta fertilizată cu o doză de compost de 25 t/ha.

În urma comparării rezultatelor prezentate în tabelul 8.21. și în figura 8.26. cu privire la cantitățile recoltate de pe variantele experimentale fertilizate cu cantități diferite de compost vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta martor a rezultat superioritatea cantității de biomasă:

- variantele CC-50 și CC-100 ca distinct semnificative, iar
- varianta CC-150 este foarte semnificativă.

Cantitatea medie de biomasă este de 43,542 g/vas de vegetație;

Coeficientul de variație determinat de 8,9%, pentru cantitatea de biomasă rezultată pe variantele experimentale are o variație mică:

Coeficient de variație < 10%

Se observă de asemenea din figura 8.26. că adaosul de agent de fertilizare a determinat creșterea cantității de biomasă. Se remarcă însă că în cazul adaosului unor cantități de fertilizant de 50 - 100 t/ha creșterea de biomasă se majorează cu 34 - 38 % vs. cantitatea de biomasă de 27,47 g/vas de vegetație rezultată din varianta fertilizată cu 25 t/ha compost. Deoarece creșterea dozei de compost de la 50 t/ha la 100 t/ha nu a justificat o creștere semnificativă a biomasei rezultate se alege ca doză optimă cantitatea de 50 t/ha.

Adaosul unei cantități maxime de fertilizant de 150 t/ha a determinat creșterea cantității biomasei la valori semnificative de 60,87 g/vas de vegetație, dar această variantă se poate utiliza dacă scopul vegetării este unul comun cu al obținerii biomasei în cantitate foarte mare. Stabilirea dozei optime se realizează având în vedere factorii determinanți:

- asigurarea nutrienților necesari creșterii plantelor;
- asigurarea unui covor vegetal pentru limitarea deflației, eroziunii, spălării terenului poluat, etc.;

- costurile pentru transportul compostului și lucrările agricole;
- calitatea și cantitatea de biomasă rezultată și posibilitățile de utilizare ale acesteia.

Corelația dintre cantitatea de compost utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură și cenușă în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă rezultată din variantele experimentale este prezentată în figura 8.27.

Corelația liniară dintre compost și cantitatea de biomasă este exprimată printr-o regresie liniară de forma $Y = a + bx$. Între cantitatea de compost și cantitatea de biomasă există o corelație liniară, o corelație pozitivă foarte strânsă cu un coeficient de regresie $r = 0,89$, considerat foarte semnificativ în calculul statistic. Pentru creșterea dozei de agent de fertilizare cu o tonă de compost, biomasa crește cu 0,2348 g/vas de vegetație (conform coeficientului de regresie $b=0,2348$). Variația cantității de biomasă între 26 g/vas și 69 g/vas este influențată în proporție de 79 % de doza de compost (conform coeficientului de determinație $d = r^2 \cdot 100$)

Pe reprezentarea grafică s-a trecut și intervalul de încredere (----) a dreptei de regresie, pentru $\alpha = 5\%$, adică pentru o probabilitate de 0,95.

Explicarea corelației liniare simple de forma $y = a + bx$

b = coeficient de regresie;

a = termenul liber;

r = coeficient de corelație liniară, măsoară gradul de legătura între cele două variabile x și y ;

r - ia valori între -1 și $+1$, unde pentru $r = 1$, sau $r = -1$, între mărimile x și y există o dependență funcțională, în acest caz avem valoarea maximă a lui r care coincide cu situația când toate punctele observate sunt așezate pe dreapta pe care am determinat-o prin metoda celor mai mici pătrate.

Dacă $r \neq \pm 1$, între x și y nu mai există acea dependență funcțională liniară;

Dacă r este pozitiv, odată cu creșterea lui x are loc și o creștere a lui y și invers;

Dacă r este negativ, odată cu creșterea lui x are loc o descreștere a lui y și invers;

Dacă $r = 0$, între x și y nu poate exista vreo corelație definită printr-o dependență funcțională liniară. Dar aceasta nu înseamnă că între mărimile respective nu există nici un fel de corelație. În acest caz pot exista dependențe funcționale, dar nu liniare. Din această cauză se spune că este o măsură a dependenței liniare dintre mărimile x și y .

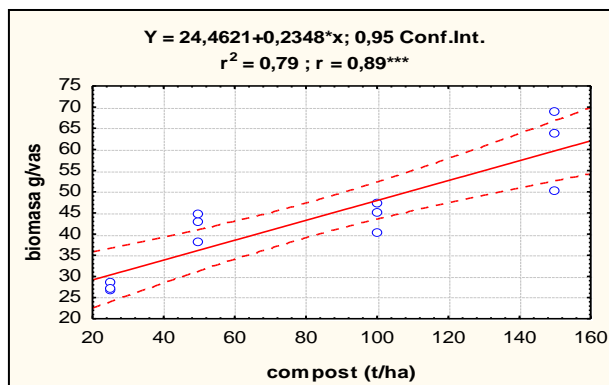


Figura 8.27. Corelația lineară dintre cantitatea de compost utilizat pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă în scopul instalării culturii de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă

În tabelul 8.22. este prezentată analiza varianței privind examinarea regresiei pentru cantitatea de compost și cantitatea de biomasă.

Tabelul 8.22. Analiza regresiei privind interdependența dintre cantitatea de compost și cantitatea de biomasă

	Suma Pătratelor	Grade de Libertate GL	Varianta s^2	Testul F	
				Valoare	Semnificație
Regresia	24275,56	2	12137,78	298,8655	***
Residuala	406,13	10	40,61		
Total	24681,69	12			

În tabelul 8.23. este prezentată examinarea semnificației coeficientului de regresie b și a termenului liber a din ecuația de regresie $Y = 24,46215 + 0,23482x$; unde $r = 0,89***$; $r^2 = 0,79$

Tabelul 8.23. Examinarea semnificației coeficientului de regresie b și a termenului liber a din Ecuația de regresie $Y = 24,46215 + 0,23482x$; unde $r = 0,89***$; $r^2 = 0,79$.

		Eroare standard	Test GL = 10		Limită inferioară interval de confidență	Limită superioară interval de confidență
			Valoare	Semnificația		
a	24,46215	3,616450	6,764132	***	16,40419	32,52010
b	0,23482	0,038321	6,127862	***	0,14944	0,32021

8.1.3.2. Concluzii parțiale

Adaosul dozei optime de fertilizant de 50 t/ha a determinat creșterea cantității biomasei la valori semnificative de 41,8 g/vas de vegetație. Stabilirea dozei optime se realizează având în vedere factorii determinanți:

- asigurarea nutrienților necesari creșterii plantelor;
- asigurarea unui covor vegetal pentru limitarea deflației, eroziunii, spălării terenului poluat, etc.;
- costurile pentru transportul compostului și lucrările agricole;
- calitatea și cantitatea de biomasă rezultată și posibilitățile de utilizare ale acesteia.

Corelația dintre cantitatea de compost utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură și cenușă în scopul instalării culturii de leguminoase *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă rezultată din variantele experimentale este redată de ecuația $Y = 24,4621 + 0,2348x$, cu un coeficient de regresie $r = 0,89$ foarte semnificativ și $r^2 = 0,79$. Variația cantității de biomasă este influențată în proporție de 79% de doza de compost. Intervalul de încredere a dreptei de regresie, pentru $\alpha = 5\%$, indică o probabilitate de 0,95.

Din analiza statistică a datelor experimentale, conform Testului F, în care variantele de lucru reprezintă variante fertilizate/nefertilizate cu compost, a rezultat că între variantele experimentului există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura de plante. A rezultat superioritatea cantității de biomasă pentru varianta fertilizată cu doza de 50 t/ha compost, ca distinct semnificativă.

8.1.4. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului în amestec cu tuf vulcanic indigen

8.1.4.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

8.1.4.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Determinarea variantei optime de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen

Studiul experimental se efectuează în Dispozitivul experimental *Onobrychis* CT care cuprinde variante de topsoil fertilizate cu compost în cantitate de 50 t/ha s.u. în prezența/absența tufului vulcanic indigen. Tuful vulcanic indigen se utilizează în 2 variante: tuf vulcanic indigen nemodificat și tuf vulcanic indigen modificat în doze de 5,0 t/ha.

Gradul de răsărire a plantelor, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia* conform clasificării Braun-Blanquet pentru plante cultivate pe variantele experimentale sunt prezentate comparativ în tabelul nr. 8.24. Se observă din tabel că dacă gradul de răsărire a plantelor *Onobrychis viciifolia* pe

varianta fertilizată cu compost ajunge la 45%, la utilizarea unui amestec fertilizant de compost și tuf vulcanic, gradul de răsărire crește la 45,0 - 52,0%.

Din analiza indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate efectuată pentru specia *Onobrychis viciifolia* după scara Braun-Blanquet, pentru plante cultivate pe variantele experimentale studiate, pentru stabilirea unor condiții optime de copertare, se observă conform datelor din tabelul 8.24. următoarele aspecte:

1. un grad mare de acoperire a suprafeței cultivate cu plante leguminoase *Onobrychis viciifolia*, de 37,3%, ceea ce reprezintă încadrarea în nivelul 3 din scara Braun-Blanquet. Plantele au o evoluție bună în primele fenofaze, dar vara toridă și seceta prelungită a determinat ca nivelul de acoperire cu strat vegetal de plante mature să fie redus. Unele plante chiar dacă au în prima fază aspect sănătos și viguros, pe parcursul verii se usucă. Gradul de fructificare al plantei este redus.
2. Adaosul de tuf, care permite menținerea suplimentară a unei rezerve minime de apă în topsol și poate elibera această apă în conformitate cu cerințele plantei care traversează perioade lungi de secetă și temperaturi ridicate, a determinat formarea unui strat vegetal stabil. Gradul de acoperire al suprafeței cu plante sănătoase este de 50%, stratul vegetal care ajunge în perioada de toamnă este mai compact și mai viguros.
3. Adaosul de tuf modificat a determinat creșterea de plante caracterizate prin indici biologici cu valorile cele mai ridicate din cadrul studiilor efectuate în Dispozitivul experimental *Onobrychis* CT: indice de abundență ecologică de 54,7% și indice de vitalitate ridicat ce caracterizează plante dezvoltate, care se înmulțesc specific speciei.

Tabelul 8.24. Analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Onobrychis viciifolia*.

Nr. crt.	Varianta Experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	Câteva fire	Nivel1) mai mulți indivizi, dar cu grad scăzut de acoperire de 4,5%;	Nivel 4) plante slab dezvoltate, care nu se înmulțesc în nici un fel
2	CC	45	Nivel 3 37,3%	Nivel 2) plante dezvoltate, care se înmulțesc
3	CCT1	50	Nivel 3 49,0%	Nivel 2) plante dezvoltate, care se înmulțesc
4	CCT2	52	Nivel 3/Nivel 4 54,7%	Nivel 2) plante dezvoltate, care se înmulțesc

Având în vedere următoarele considerente:

- Doza optimă de compost de 50 t/ha, care a determinat creșterea concentrației de elemente nutritive în topsoil astfel încât plantele crescute pe această variantă să fie plante bine dezvoltate, care încheie regulat și complet ciclul de viață;
- Adaosul de tuf modificat care a determinat creșterea de plante caracterizate prin indici biologici cu valorile cele mai ridicate din cadrul studiilor efectuate în Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*. Indicele de acoperire a suprafeței cultivate a fost de 54,7% (nivelul 3/4 din scara abundenței ecologice Braun-Blanquet.). Plantele crescute în această variantă sunt plante bine dezvoltate, care încheie regulat și complet ciclul de viață pentru instalarea unui covor vegetal sănătos și viabil de plante leguminoase de sparceta.

8.1.4.1.2. Influența variantei de fertilizare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat, asupra cantității de biomasă pentru culturi de leguminoase *Onobrychis viciifolia*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*, se realizează prin *Testul F*; *Testul Duncan* și *Testul Student* privind semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale tratate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta experimentală netratată, ca martor.

8.1.4.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat pentru o cultură de plante *Onobrychis viciifolia*

În tabelul 8.25. este prezentată analiza variantelor de tratament cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat a topsoilului asupra cantității de biomasă la specia de plantă *Onobrychis viciifolia* din Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*

Tabelul 8.25. Analiza variantelor de tratament a topsoilului cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat asupra cantității de biomasă obținută pentru specia de plante *Onobrychis viciifolia*

Nr, crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	72,465	36,233	0,2378	
2	Factor A	3	17478,857	5826,286	38,2349	***
3	Eroare	6	914,288	152,381		
4	Total	11	18465,610			

Din prelucrarea datelor experimentale obținute în Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*, conform Testului F prezentat în tabelul 8.25. se observă că între cele 4 variante experimentale urmărite în experiment, există diferențe foarte mari, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată din cultura speciei de plante *Onobrychis viciifolia*.

8.1.4.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan pentru stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat pentru cultura de plante *Onobrychis viciifolia*

În tabelul 8.26. sunt prezentate rezultate obținute prin aplicarea *Testului Duncan* privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*, tratat cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat.

Analizând datele prezentate în tabelul 8.26. se observă că în urma studiului comparativ au rezultat clasele A - C. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la variantele CCT2 (Zgură și cenușă + 50 t/ha compost, în amestec cu tuf vulcanic modificat care face parte din clasa A.

Tabelul 8.26. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental *Onobrychis CT* cu plante *Onobrychis viciifolia*, tratat cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat.

Test Duncan. la nivel de 5%, Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 19,00 D	CCT2 = 120,30 A
2	CC = 44,83 C	CCT1 = 80,87 B
3	CCT1 = 80,87 B	CC = 44,83 C
4	CCT2 = 120,30 A	C = 19,00 D

Urmează varianta CCT1 (Zgură și cenușă + 50 t/ha compost în prezența tufului vulcanic nemodificat) care face parte din clasa B și varianta CC (Zgură și cenușă + 50 t/ha compost), care face parte din clasa C. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C (Zgură și cenușă netratată), care face parte din clasa D.

8.1.4.1.2.3 Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de tratare cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat, asupra cantității de biomasă vs. cantitatea de biomasă obținută pe proba martor

În tabelul 8.27. sunt prezentate date privind stabilirea variantei optime din Dispozitivul experimental de cultură *Onobrychis viciifolia*, tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat asupra cantității de biomasă vs. cantitatea de biomasă obținută pe topsolul netratat.

8.1. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de leguminoase 161

Tabelul. 8.27. Semnificația diferențelor cantității de biomasă recoltată de pe variante experimentale tratate cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta netratată

Nr crt	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă		Diferența vs, martor [g]	Semnificație
		[g/vas de vegetație]	[%]		
1	C	19,00	100,0	martor	
2	CC	44,83	235,9	25,83	*
3	CCT1	80,87	425,6	61,87	***
4	CCT2	120,30	633,2	101,30	***

Valorile DL sunt: DL 5% = 24,66 g ; DL 1% = 37,36 g ; DL 0,1% = 60,06 g

În Figura 8.28. este prezentată variația cantității de biomasă obținută pe variante netratate/tratate din Dispozitivul experimental Onobrychis CT, în funcție de tipul de tratament aplicat tosolului la cultura *Onobrychis vicifolia*

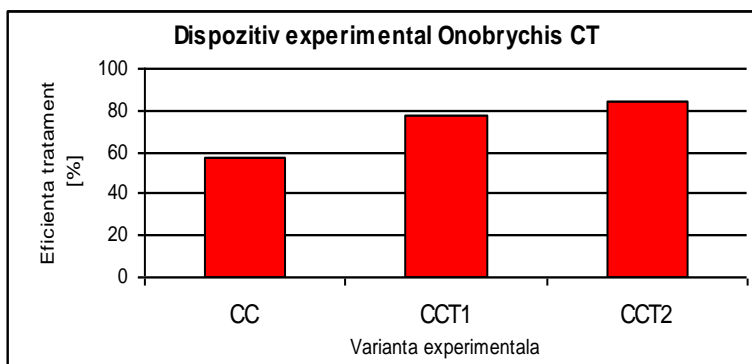


Figura 8.28. Influența cantității de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținute vs. cantitatea rezultată de pe varianta netratată din Dispozitivul experimental Onobrychis CT

În urma comparării datelor prezentate în tabelul 8.27. și figura 8.28. privind recoltele rezultate de pe variante experimentale de tosol tratate cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat cu recolta obținută pe varianta martor a rezultat superioritatea cantității de biomasă asupra:

- variantelor CCT1 și CCT2, care este foarte semnificativă;
- variantei CC care este doar semnificativă;

Cantitatea medie de biomasă este egală cu 66,250 g/vas de vegetație.

Coeficientul de variație determinat pentru cantitatea de biomasă rezultată pe variantele experimentale are valoarea de 18,63%, astfel încât acesta este inclus în domeniul de variație mijlocie:

$$(10\% < cv < 20\%)$$

Din figura 8.28. se remarcă următoarele:

1. Cantitatea de biomasă verde crește semnificativ, cu 57% la utilizarea dozei optime de compost de 50 t/ha, vs. cantitatea de biomasă obținută pentru varianta netratată;
2. Crește cu 77% în cazul efectuării unei tratament cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat, utilizat în cantitate de 5 t/ha, vs. cantitatea de biomasă obținută pentru varianta netratată;
3. Crește cu 84% în cazul utilizării dozei optime de compost în amestec cu tuf modificat utilizat în cantitate de 5 t/ha, vs. cantitatea de biomasă obținută pentru varianta netratată.

8.1.4.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante din specia *Onobrychis viciifolia*

Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile vegetale ale plantei din specia *Onobrychis spp.* se acumulează cantități diferite de metale grele.

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini și partea aeriană a plantei din specia *Onobrychis spp.* cultivate pe variante experimentale de zgură și cenușă tratate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat sunt prezentate în figurile 8.29. - 8.34.

În figura 8.29. sunt prezentate cantitățile de crom bioacumulate în țesutul plantei recoltate din cele 4 variante urmărite în Dispozitivul experimental *Onobrychis CT*, în funcție de tipul de tratament aplicat.

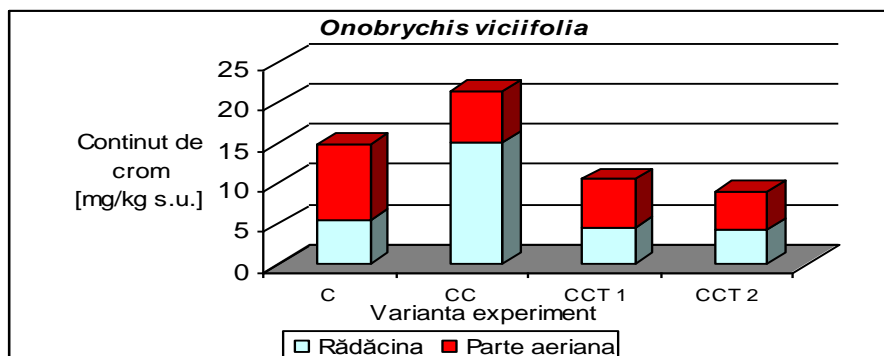


Figura 8.29. Cantitățile de crom bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*

Se observă din figura 8.29. că adaosul de compost a determinat biosolubilizarea cromului și ca urmare o acumulare mare de crom în rădăcini. Bioacumularea a fost de trei ori mai mare decât în rădăcinile plantelor crescute pe varianta experimentală nefertilizată. Adaosul de amendament, tuf vulcanic la compost a determinat un efect

antagonic cu cel al solubilizării cromului datorat prezenței materiei organice. Cantitatea de crom bioasimilată în rădăcinile plantei scade cu până la 30% vs. cantitatea bioacumulată în rădăcinile plantei crescute pe varianta nefertilizată la adaosul ca amendament a tufului nemodificat și cu până la 50%, la adaosul ca amendament a tufului modificat. Ca urmare și în țesutul aerian se va reduce cantitatea de crom bioacumulată, astfel că acumulările de metal în aceste cazuri au fost sub 5 mg Cr/kg (4,8 mg Cr/kg s.u.).

În ceea ce privește cantitățile de cupru bioacumulate în țesutul plantelor, așa după cum se observă din figura 8.30. plantele au un comportament similar privind gradul de acumulare a acestui metal cu cel prezentat anterior, pentru bioacumularea de crom. Adaosul de compost a determinat ca în rădăcini să crească acumularea de Cu cu 23,7%. O influență majoră o are prezența tufului modificat T2, care a determinat reducerile cele mai ridicate ale bioacumulării cuprului atât la nivel de rădăcină cât și în partea aeriană. Diminuarea bioacumulărilor a determinat ca în țesuturi să se stocheze cantități de numai 2,9 mg Cu/kg s.u.

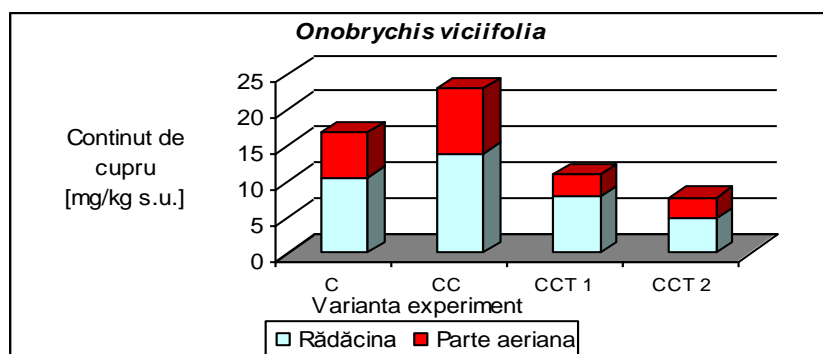


Figura 8.30. Cantitățile de cupru bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*

În figura 8.31. sunt prezentate comparativ cantitățile de fier acumulate în țesutul rădăcinii și parte aeriană a plantelor *Onobrychis viciifolia*, cultivate în cele trei variante de topsoil tratat cu compost în absența/prezența tufului vulcanic indigen vs. cantitățile de fier bioacumulate în țesutul plantelor cultivate pe topsoil netratat.

Se observă că prezența compostului acționează ca o pompă prin intermediul căreia metalul traversează fără obstacole țesuturile rădăcinii și se acumulează în partea aeriană în cantitate foarte mare până la de 3,75 ori mai mult decât în rădăcini.

Cantitatea de fier bioacumulată în partea aeriană a plantei crește de la 4242 mg/kg s.u. pe varianta nefertilizată cu compost, la 6592 mg/kg s.u. pe varianta fertilizată, respectiv cu 35,6%.

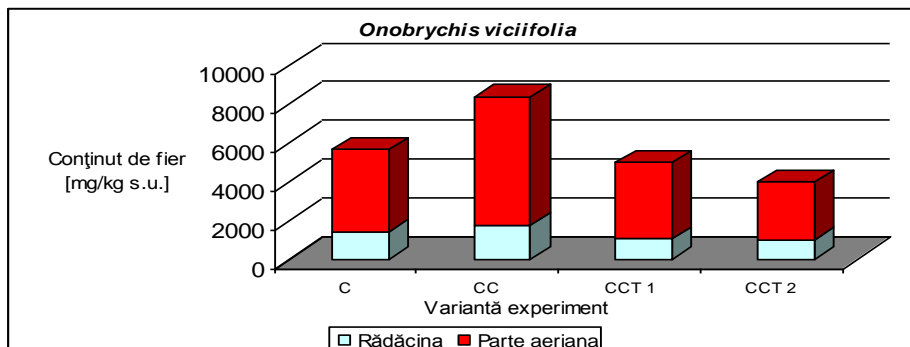


Figura 8.31. Cantitățile de fier bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp*

Adaosul de tuf a determinat limitarea parțială a accesului de fier în rădăcini cu până la 46%, față de cantitatea admisă în țesut prin prezența compostului. Ca urmare și cantitatea accesată în partea aeriană a plantei *Onobrychis viciifolia* scade cu peste 50% vs. cantitatea de fier bioacumulată în țesutul aerian în cazul variantei fertilizate cu compost, varianta experimentală CC. Cantitatea accesată în partea aeriană a plantei *Onobrychis viciifolia* este de 2977 mg/kg s.u. și în partea de rădăcini de 980 mg/kg s.u.

În ceea ce privește bioacumulările de nichel, așa cum se constată din figura 8.32. adaosul de compost are de asemenea un efect nedorit de biosolubilizare a nichelului. Adaosul de amendament, tuf vulcanic nemodificat nu are un rol salutar în diminuarea biosolubilizării, în schimb tuful vulcanic modificat a determinat diminuarea accesului de nichel în rădăcini și ca urmare și bioacumulările acestui metal în partea aeriană au fost sub 1 mg/kg (0,2-0,3 mg/kg s.u.).

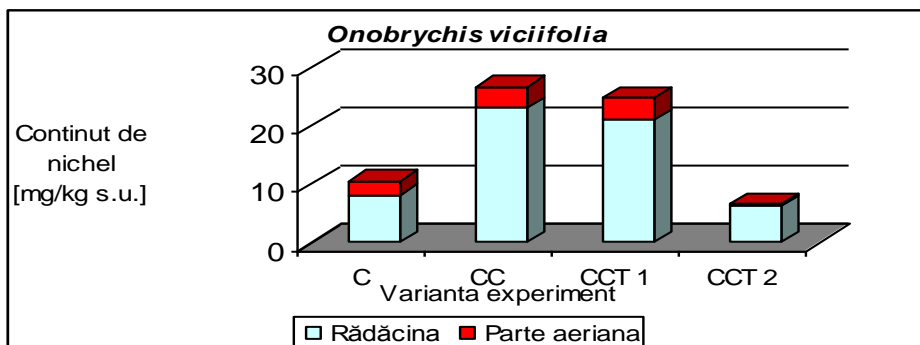


Figura 8.32. Cantitățile de nichel bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp*.

Bioacumularea de plumb din țesutul plantei este de asemenea influențată puternic de tratamentul aplicat pentru fertilizarea tosolului. Se observă din figura 8.33. că efectul de biosolubilizare datorat prezenței materiei organice din fertilizant, a determinat creșterea cantității de plumb bioacumulată în țesutul rădăcinii. Se constată

însă în acest caz că adaosul de amendament tuf vulcanic nemodificat are un efect puternic de reducere a bioacumulării de plumb în rădăcini. Cu toate acestea în partea aeriană nu se constată diminuarea cantității de metal bioacumulat.

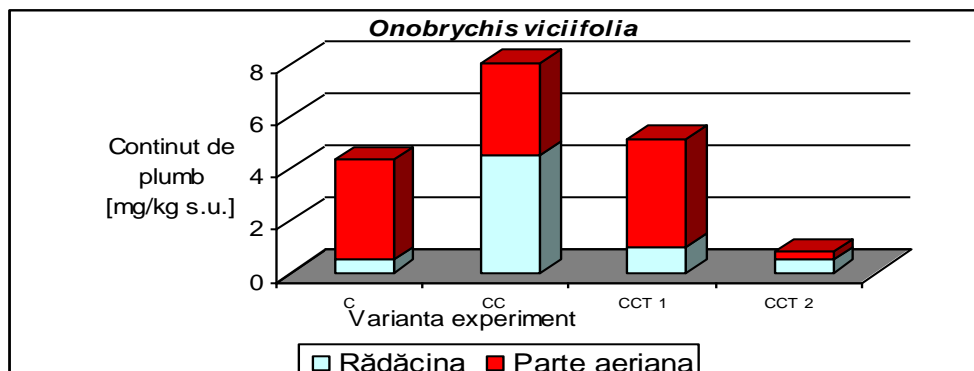


Figura 8.33. Cantitățile de plumb bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*

Utilizarea tufului vulcanic modificat în amestec cu agentul de fertilizare a determinat însă pe lângă diminuarea efectului de bioacumulare de plumb în rădăcini și a unui efect foarte puternic de diminuare a efectului de bioacumulare de plumb în partea aeriană a plantei. Nivelul de acumulare a plumbului în țesutul aerian al plantei *Onobrychis viciifolia* în cazul utilizării unui tratament cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic modificat de 5,0 t /ha este 0,2 mg/kg s.u.

În figura 8.34. este prezentată comparativ cantitatea de zinc bioacumulată în rădăcini și tulpini în variantele de topsoil tratate cu compost în absența /prezența tufului vulcanic indigen modificat/nemodificat

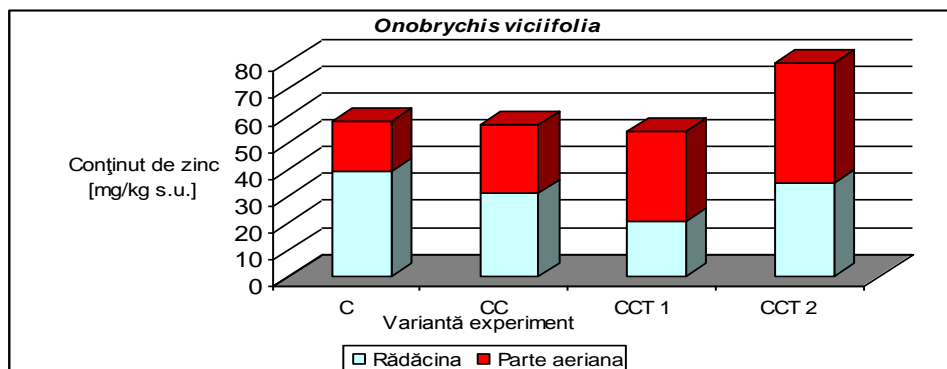


Figura 8.34. Cantitățile de zinc bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Onobrychis spp.*

Cantitățile de zinc acumulate în rădăcinile plantei sunt cuprinse în domeniul 20,5 – 31,4 mg/kg s.u., pentru toate variantele în care se utilizează compost. În partea aeriană acumulările de Zn se majorează ușor, ele sunt cuprinse însă într-un interval îngust de 25-45 mg/kg s.u.

Planta își păstrează metabolismul propriu, caracteristic acumulărilor de zinc, în care tratamentul topsolului nu intervine cu modificări esențiale. Excepție face recolta obținută de pe varianta tratată cu compost și tuf modificat, când acumularea de zinc din partea aeriană crește la 45 mg/kg s.u. fără însă a depăși valorile.

8.1.4.1.4. Concluzii parțiale

1. Adaosul de tuf modificat în amestec cu compost, a determinat culturi de leguminoase *Onobrychis viciifolia* caracterizate prin indici biologici cu valori ridicate, indicele de abundență ecologică a fost de 54,7%, iar indicele de vitalitate a fost de asemenea ridicat indicând plante dezvoltate, care se înmulțesc ușor și eficient prin mecanismul specific acestei specii;
2. Din calculul statistic al datelor obținute experimental, conform Testului F, rezultă că între cele 6 variante urmărite în experiment, variația dozei de compost în absența/prezența tufului vulcanic există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă de sparceta recoltată de pe variantele studiate. Din Testul Duncan aplicat la nivel de 5% din variantele tratate cu doze diferite de compost, cuprinse în domeniul 25-150 t/ha au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă clasele A - C. Varianta experimentală tratată cu doza optimă selectată de 50 t/ha compost face parte din clasa B. Testul Duncan a fost aplicat la nivel de 5%, pentru variantele tratate cu doze optime de compost de 50 t/ha în absența/prezența tufului vulcanic. Au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă clasele A - C. Varianta experimentală tratată cu doza optimă selectată de 50 t/ha compost și tuf modificat face parte din clasa superioară A. Din Testul Student a rezultat pentru cultura de sparceta că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu compost dar în absența tufului este distinct semnificativă, pe când sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu compost și tuf modificat este foarte semnificativ.
3. Cantitatea de biomasă verde crește cu 57% la utilizarea dozei optime de compost, cu 77% în cazul fertilizării cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat și cu 84%, în cazul utilizării dozei optime de compost în amestec cu tuf modificat vs. cantitatea de biomasă obținută de pe varianta netratată.
4. Adaosul de compost favorizează accesul metalelor Cr, Cu, Pb și Ni în țesutul plantelor și bioacumularea lor a fost în cantități mai mari decât cantitățile stocate în părțile aeriene.
5. Adaosul de compost a determinat ca în rădăcini să crească acumularea de Cr cu 63,0%, acumularea de Cu cu 23,7%, acumularea de Ni cu 65,0% și acumularea de Pb cu 88,8% vs. cantitățile bioacumulate în aceeași parte a plantelor crescute pe variante nefertilizate cu compost.
6. Aceste majorări ale cantităților de metale acumulate în partea de rădăcină se datorează solubilizării unor specii metalice din topsol. În partea aeriană accesul

metalelor este însă limitat, astfel că în cazul metalelor Cr, Cu și Ni, acumulările din partea aeriană sunt 2,3; 1,5; 4,5 ori mai reduse, decât la partea de rădăcini. În cazul plumbului cantitățile bioacumulate în rădăcină și partea superioară la plante crescute pe topsoil fertilizat cu compost sunt similare.

7. Adaosul de tuf reduce gradul de acumulare a metalelor Cr, Cu și Pb în partea de rădăcini. O influență majoră în acest sens o are prezența tufului modificat T2 care a determinat reduceri mai mari ale metalelor atât la nivel de rădăcină și ca urmare directă și translocarea este influențată în sensul micșorării bioacumulării în partea aeriană.
8. Nivelul de acumulare a metalelor în țesutul aerian al plantei *Onobrychis viciifolia*, în cazul utilizării unui tratament de compost 50 t/ha și tuf vulcanic modificat 5 t/ha este cuprins în domeniu 0,2-0,3 mg/kg s.u. și respectiv Pb, 2,9 mg Cu/kg s.u. și 4,8 mg Cr/kg s.u.

8.2. Studii comparative privind procesul de înierbare a haldelor de zgură și cenușă cu specii de graminee

8.2.1. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășenesc pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă

8.2.1.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Lolium perenne*

8.2.1.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Lolium perenne*

Studiul experimental se efectuează pentru a determina doza optimă de agent de fertilizare, astfel încât să fie posibilă instaurarea unui covor vegetal de iarbă, stabil și sănătos. Studiul se realizează într-un Dispozitiv experimental Lolium N, ce cuprinde vase de vegetație echipate cu zgură și cenușă fertilizate cu nămol orășenesc în cantitate de 15, 25 și 50 t/ha, în absența tufului vulcanic indigen. Doza optimă s-a determinat din studiul comparativ al parametrilor biometrici precum gradul de răsărire al plantelor, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet. Parametrii biometrici pentru plante cultivate pe variantele nefertilizate și variantele fertilizate cu cantități cuprinse între 15-50 t/ha de nămol orășenesc sunt prezentate comparativ în tabelul nr. 8.27.

Din analiza gradului de răsărire, analiza indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate se observă conform datelor din tabelul 8.27. următoarele aspecte:

1. Plantele graminee *Lolium perenne* prezintă un grad mai ridicat de răsărire decât specia *Onobrychis viciifolia*. Pe variantele nefertilizate, gradul de răsărire este de 23 %, iar plantele acoperă până la 15% din suprafața cultivată, dar lipsa nutrienților și a apei a determinat ca acestea să fie firave, cu tendințe de uscare. Aceste plante nu fructifică.

2. Adaosul unei cantități de nămol cuprinsă între 25 - 50 t/ha a determinat grade de răsărire de 62,5-66,5 % și producții mai mari de plante. Aceste plante au suficiente cantități de elemente nutritive în topsoil fapt pentru care stratul vegetal format ajunge la indicele de abundență ecologică de 72,5 - 75,5%. Plantele ajung la maturitate și fructifică.

3. La tratarea straturilor inerte de zgură și cenușă cu o doză de nămol de 25 t/ha s.u., se obține un indice de acoperire a suprafeței cultivate de 72,5% și plante dezvoltate, cu ciclul complet de viață. O dublare a dozei de nămol aduce un grad de acoperire a suprafeței cultivate cu numai 4% vs. tratarea cu o doză de nămol de 25 t/ha. Ca dezavantaj al tratamentului cu supradoze de nămol este și un cost de transport mai ridicat. Din aceste considerente s-a stabilit ca doză optimă de fertilizant, nămol de 25 t/ha s.u.

Tablelul 8.28. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet

Nr. crt.	Varianta experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică [%]	Indice de vitalitate
1	C	23	Nivel 2 14,9	Nivel 4-plante foarte slab dezvoltate care se usucă;
2	CN1	55	Nivel 3/ Nivel 4 24,7	Nivel 2-plante care nu întotdeauna își încheie ciclul de viață;
3	CN2	62,6	Nivel 4 72,5	Nivel 1-plante dezvoltate cu ciclul complet de viață;
4	CN3	66,5	Nivel 4 75,5	Nivel 1- plante dezvoltate cu ciclul complet de viață;

8.2.1.1.2. Influența aplicării unor tratamente de fertilizare asupra cantității de biomasă obținută din cultura *Lolium perenne*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental *Lolium* N, NT, C și CT se realizează prin *Testul F*; *Testul Duncan* și *Testul Student* privind semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală nefertilizată, martor.

8.2.1.1.2.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de topsoil tratat cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat la cultura *Lolium perenne*

În tabelul 8.29. este prezentată analiza variantelor de tratament cu fertilizant organic în amestec cu tuful vulcanic modificat/nemodificat, a topsoilului asupra cantității de biomasă la specia *Lolium perenne* și semnificația diferențelor cantităților de biomasă rezultată de pe variante experimentale tratate vs. cantitatea de biomasă obținută de pe

8.2. Studii privind procesul de înlăburare a haldelor cu specii de graminee 169

variantele experimentale nefertilizate, martor efectuat în Dispozitivul experimental Lolium—N, NT, C, CT.

Tabelul 8.29. Analiza cantității de biomasă rezultată la cultura *Lolium perenne* în cazul fertilizării cu nămol orășenesc sau compost, cu/fără amendament, tuf vulcanic nemodificat/modificat

Nr. Crt.	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	3,527	1,764	0,017	
2	Factor A	11	88614,126	8055,830	81,099	***
3	Eroare	22	2185,320	99,333		
4	Total	35	90802,973			

Conform testului F (ultima coloană a tabelului 8.29.) se observă că între cele 12 variante urmărite în Dispozitivul experimental Lolium—N. NT. C. CT. există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă rezultată.

8.2.1.1.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de cultură *Lolium perenne* prin tratare cu nămol orășenesc sau compost în absența/prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat

În tabelul 8.30. sunt prezentate date rezultate la aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare a topsoilului cu nămol orășenesc sau compost, în absența/prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat.

Tabelul 8.30. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de tratare a topsoilului cu nămol orășenesc sau compost, în absența/prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat

Nr. crt	Date originale	Date sortate
1	C = 50,27 F	CNT2 = 182,2 A
2	CN1 = 58,87 EF	CCT2 = 175,6 AB
3	CN2 = 71,97 DE	CC1 = 161,4 BC
4	CN3 = 79,90 D	CNT1 = 147,2 C
5	CC = 49,43 F	CN3 = 79,90 D
6	CC1 = 161,40 BC	CT2 = 78,17 D
7	CT1 = 71,53 DE	CN2 = 71,97 DE
8	CT2 = 78,17 D	CT1 = 71,53 DE
9	CNT1 = 147,20 C	CN1 = 58,87 EF
10	CNT2 = 182,20 A	CCT1 = 56,47 EF
11	CCT1 = 56,47 EF	C = 50,27 F
12	CCT2 = 175,60 AB	CC = 49,43 F

Analizând datele rezultate din Dispozitivul experimental Lolium—N, NT, C, CT, prin Testul Duncan, se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A - F. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la variantele CNT2 (tratament cu doză optimă de nămol și tuf vulcanic modificat), care fac parte din clasa A și varianta CCT2 (tratament cu doză optimă de compost și tuf vulcanic modificat), care face parte din

clasa AB. Urmează varianta **CC1** (tratament cu doza de 100 t/ha de compost și tuf vulcanic modificat) care face parte din clasa BC și varianta CNT1 (tratament cu doza optimă de nămol și tuf vulcanic nemodificat), din clasa C. Biomasa rezultată de pe varianta CN3 (tratament cu doza 50 t/ha nămol) și CT2 (tratament tuf vulcanic modificat) se încadrează în clasa D. În continuare urmează varianta CN2 (tratament cu doza 25 t/ha de nămol) care face parte din clasa DE și varianta CT1 (tratament cu tuf vulcanic nemodificat), care face parte din clasa DE. Urmează apoi varianta CN1 (tratament cu doza 15 t/ha de nămol) și varianta CCT1 (tratament cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat), care fac parte din clasa EF. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut pe varianta experimentală CC (tratament cu doza optimă de 50 t/ha compost) și varianta C (zgură și cenușă nefertilizată), care se încadrează în clasa inferioară F.

8.2.1.1.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime pentru tratarea topsolului cu nămol orășenesc sau compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat

În tabelul 8.31. sunt prezentate date privind stabilirea variantei optime de tratare din cele 12 variante urmărite pe Dispozitivul experimental Lolium—N, NT, C, CT, în cazul utilizării de tratamente cu nămol orășenesc sau compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat, pentru topsol în funcție de cantitatea de biomasă vs. cantitatea de biomasă obținută pe cenușă nefertilizată.

Tabelul. 8.31. Semnificația diferențelor cantității de biomasă obținută din culturi de graminee *Lolium perenne*, recoltate de pe variante experimentale de zgură și cenușă tratate vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta nefertilizată, prin prelucrarea statistică, *Test Student*

Nr. Crt.	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă [g/vas de vegetație]	Cantitatea de biomasă		Semnificația
			[%]	Diferența vs. martor[g]	
1	C	50,267	100	martor	
2	CN1	58,867	117,1	8,60	
3	CN2	71,967	143,2	21,70	*
4	CN3	79,900	159,0	29,63	**
5	CCT1	49,433	98,3	-0,83	
6	CC1	161,367	321,0	111,10	***
7	CT1	71,533	142,3	21,27	*
8	CT2	78,167	155,5	27,90	**
9	CNT1	147,167	292,8	96,90	***
10	CNT2	182,200	362,5	131,93	***
11	CCT1	56,467	112,3	6,20	
12	CCT2	175,633	349,4	125,37	***

8.2. Studii privind procesul de înlăburare a haldelor cu specii de graminee 171

DL 5% = 16,88 g ; DL 1% = 22,94g ; DL 0,1% = 30,86g

În urma comparării cantității biomasei rezultate de pe variantele experimentale de zgură și cenușă tratate cu nămol orășenesc și cu compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat cu cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta martor, a rezultat o superioritate a cantității de biomasă pentru:

- variantele CC1, CNT1, CNT2 și CCT2 care au fost foarte semnificative;
- variantele CT1 și CN2 care au fost cu acțiune semnificativă;
- variantele CCT1, CN1, CC și C care au fost cu acțiune nesemnificativă.

Cantitatea medie de biomasă recoltată de pe variantele experimentale fertilizate este de 98,58 g/vas de vegetație. Coeficientul de variație este de 10,11%. Conform coeficientului de variație s-a stabilit o variație mijlocie:

$$10\% < cv < 20\%$$

În figura 8.35. este prezentată eficiența tratamentului aplicat topsolului asupra cantității de biomasă recoltată de pe cele 12 variante urmărite în experimentele din Dispozitivul experimental Lolium—N, NT, C, CT vs. cantitatea de biomasă recoltată din varianta netratată.

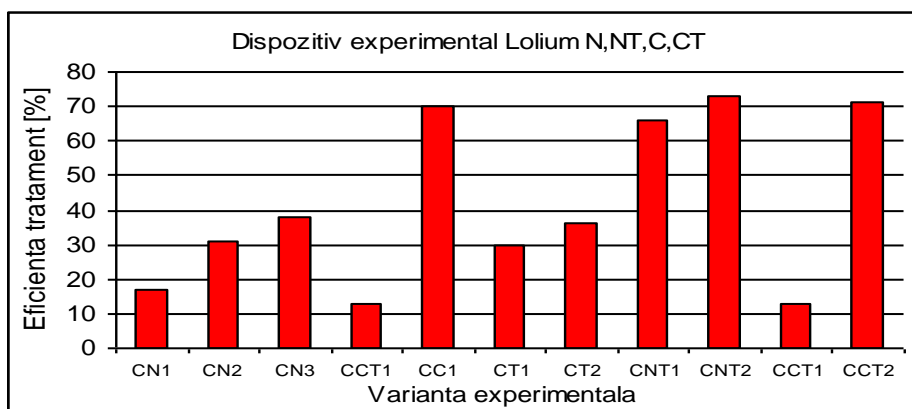


Figura 8.35 Eficiența tratamentului cu agenți de fertilizare asupra cantității de biomasă recoltată de pe cele 12 variante urmărite în variantele experimentale pentru graminee *Lolium perenne* vs. cantitatea de biomasă recoltată de pe varianta netratată

Din analiza comparativă a cantității de biomasă verde rezultată, prezentată în tabelul 8.31. și figura 8.35. se observă că:

- Producția de masă verde rezultată de pe suprafața nefertilizată este redusă, ea se situează la valori de aproximativ 50 g/vas de vegetație. Varianta de topsoil tratat cu nămol orășenesc a determinat creșterea producției de biomasă direct proporțional cu cantitatea de nămol. Astfel o creștere a dozei de nămol de la 15 la 50 t/ha a determinat o creștere a biomasei cu 17-38% vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată;

- Pentru o doză de nămol orășenesc de 25 t/ha se obțin plante viguroase care au acoperit o suprafață mare de teren. Recolta este reprezentată de o cantitate consistentă de biomasă de până la 72 g/vas de vegetație, cu 31% mai ridicată vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată. Majorarea cantității de fertilizant organic, nămol orășenesc la 50 t/ha nu a determinat îmbunătățirea substanțială așteptată, a cantității de biomasă. Se observă că, o cantitate de 25 t/ha asigură elemente fertilizante suficiente pentru dezvoltarea stratului vegetal de graminee *Lolium perenne*, cu o producție de biomasă consistentă, fapt pentru care această cantitate de nămol se stabilește ca doză optimă.
- Adaosul de tuf nemodificat/modificat în absența fertilizantului organic a determinat o creștere a biomasei cu 30-36 % vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată, dar stratul de vegetație se deteriorează în perioadele secetoase de vară.

8.2.1.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante graminee *Lolium perenne*

Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile vegetale ale plantei din specia *Lolium perenne* studiată în Dispozitivul experimental Lolium N, se acumulează cantități relativ reduse de metale, iar acumularea este și în acest caz funcție de cantitatea de agent de fertilizare, nămol orășenesc, utilizată pentru fertilizare topsolului de zgură și cenușă. Gradul de acumulare de metale grele în țesutul aerian al plantelor constituie factorul decisiv cu privire la modul de gestionare ulterioară a biomasei de *Lolium perenne* recoltate de pe variantele studiate:

- spre un sector agrozootehnic ca material reciclabil;
- spre halde de deșeuri periculoase din cauza unei cantități de metale ce depășesc concentrația maximă admisă, CMA, prin norme în vigoare.

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în țesut, partea aeriană și în partea de rădăcini a plantei graminee *Lolium perenne* sunt prezentate în figurile 8.36. - 8.41.

Se observă din figurile 6.36. - 6.37. că în cazul speciei de graminee *Lolium perenne*, dozele mici de nămol orășenesc utilizate pentru fertilizarea topsolului, respectiv cantități de agent de fertilizare cuprinse în domeniul 15 - 25 t/ha, au determinat ca în părțile aeriene să se reducă concentrația de metale în cazul speciilor Cr și Cu, față de concentrația de metal din țesutul aerian al plantelor crescute pe varianta nefertilizată. Reducerile conținutului de metale în cazul în care plantele sunt recoltate de pe variante fertilizate cu 25 t/ha este următorul:

- pentru Cr de până la 41%
- pentru Cu de până la 78,5%

8.2. Studii privind procesul de îmberbare a haldelor cu specii de graminee 173

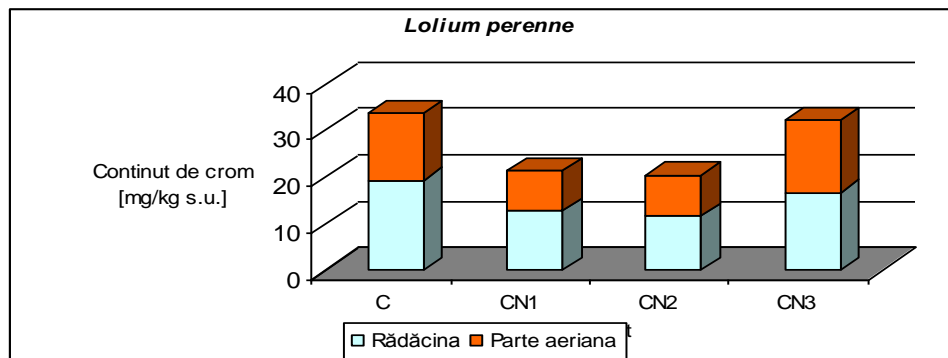


Figura 8.36. Cantitățile de Cr bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*

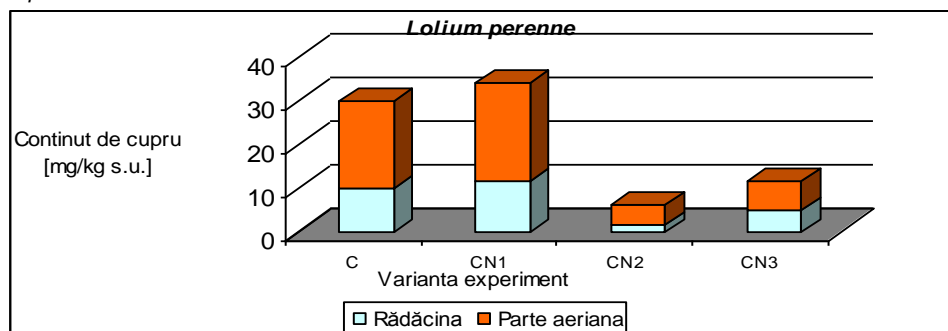


Figura 8.37. Cantitățile de cupru bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*

Analizând conținutul acestor metale în rădăcinile plantelor crescute pe variantele studiate se observă din figura 8.36. - 8.37. că și în rădăcini se va reduce accesul metalelor Cr și Cu. O cantitate mai mare de agent de fertilizare de 50 t/ha a determinat însă solubilizarea acestor specii metalice. Aceste specii devin biodisponibile și sunt accesate de plante foarte ușor. Se observă din figurile 8.36. - 8.37. că în măsura în care se mărește concentrația de Cr și Cu în rădăcini crește și cantitatea acumulată în țesutul aerian al plantei din specia *Lolium perenne*.

Cantitățile de fier bioacumulate în țesut partea aeriană și de rădăcini a plantei din specia *Lolium perenne* sunt prezentate în figura nr. 8.38.

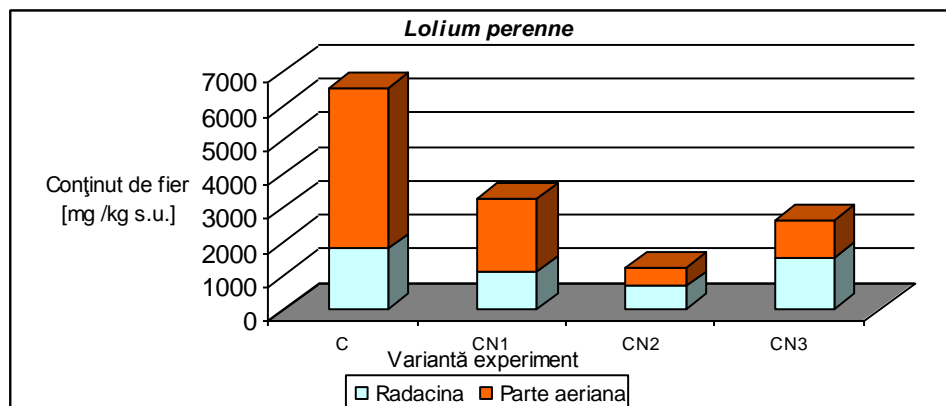


Figura 8.38. Cantitățile de fier bioacumulate în partea de rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*

Din figura nr. 8.38. se observă că:

1. Agentul de fertilizare, nămolul orășenesc, utilizat în doze cuprinse în domeniul 15 - 25 t/ha a determinat reducerea bioacumulării de Fe atât în rădăcini cât și în partea aeriană;

2. Reducerea bioacumulării de Fe în rădăcinile plantei cultivate în varianta fertilizată cu 25 t/ha este de 45,5%, iar în partea aeriană de 88,5%, vs. cantitatea acumulată în plante crescute pe varianta nefertilizată;

3. Mărirea dozei de agent de fertilizare la 50 t/ha a determinat dublarea cantității de Fe bioacumulată în partea aeriană, aceasta ajungând la 1103 mg/kg s.u. Cantitatea de fier bioacumulată în țesutul rădăcină se dublează, ajunge la o cantitate de 1547 mg/kg s.u., vs. cantitatea acumulată în plante crescute pe varianta fertilizată cu 25 t/ha nămol.

Bioacumularea metalului Ni este prezentată în figura 8.39. Se constată că adaosul de agent de fertilizare la topsoilul inert din punct de vedere nutritiv a determinat micșorarea cantității de metal care a fost stocată în rădăcinile plantei care rezultă de pe varianta nefertilizată. Însă în partea superioară a plantelor se constată că indiferent de doza de agent de fertilizare, sau varianta de fertilizare, cantitatea de Ni bioacumulată este cuprinsă într-un interval restrâns de 5,1 - 5,9 mg/kg s.u. Așadar fertilizantul nu influențează gradul de acumulare al Ni în partea aeriană, însă în rădăcini cantitatea de Ni acumulată se poate reduce la adaosul de fertilizant între 66 - 94%, vs. cantitatea de nichel bioacumulată în plante rezultate de pe varianta nefertilizată, demonstrând faptul că rădăcina este un canal de trecere pentru Ni, prin care metalul este translocat în cantități controlate de procesele metabolice spre partea aeriană.

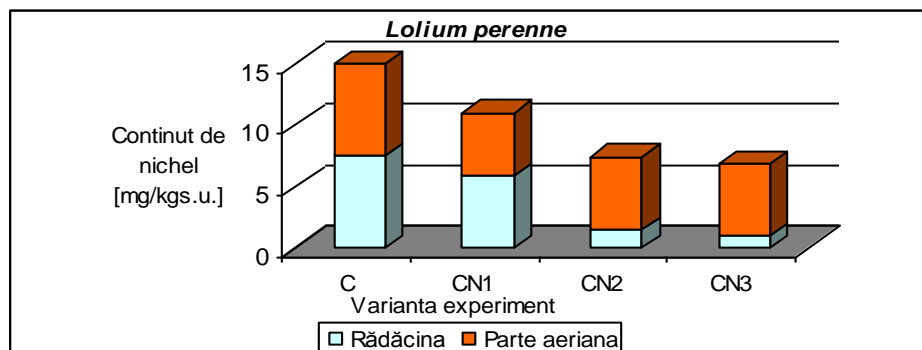


Figura 8.39. Cantitățile de nichel bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.40. se observă că în cazul speciei de graminee *Lolium perenne* dozele mici de nămol orășenesc, utilizate pentru fertilizarea haldelor de deșuri de tipul zgurii și cenușii, respectiv a unor cantități de agent de fertilizare cuprinse în domeniul 15 - 25 t/ha, au determinat modificarea cantităților de metal bioacumulate. Astfel în părțile aeriene se reduce concentrația de Pb de până la 99,1%, față de concentrația de metal bioacumulată în țesutul aerian al plantelor crescute pe varianta nefertilizată.

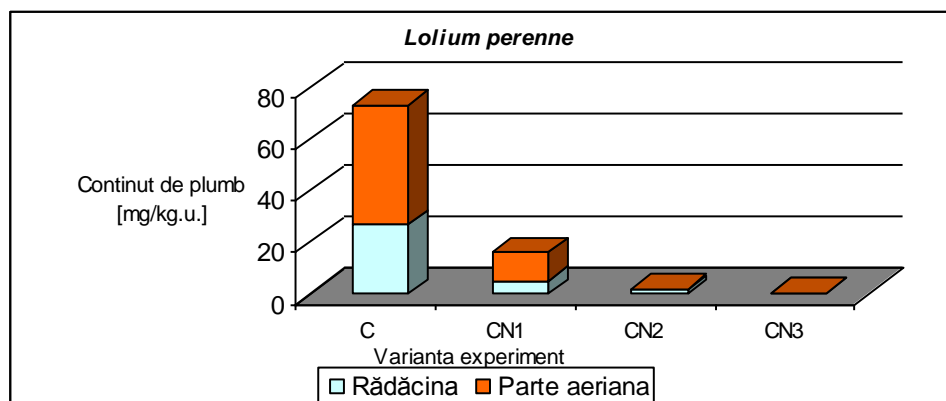


Figura 8.40. Cantitățile de Pb bioacumulate în partea de țesut rădăcină și partea aeriană a plantei *Lolium perenne*

Analizând conținutul de plumb în rădăcinile plantelor crescute pe variantele studiate se observă că și în rădăcini se va reduce bioacumularea plumbului.

Plantele recoltate de pe varianta fertilizate cu doza optimă prezintă un conținut de plumb de 0,5 mg/kg s.u. în partea aeriană și de 1,30 mg/kg s.u., în rădăcini. Din aceste considerente masa verde recoltată, se poate utiliza în hrana animalelor, conținutul de Pb fiind sub concentrația CMA indicată în normele interne.

Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcină a plantei din specia *Lolium perenne* sunt prezentate în figura nr. 8.41.

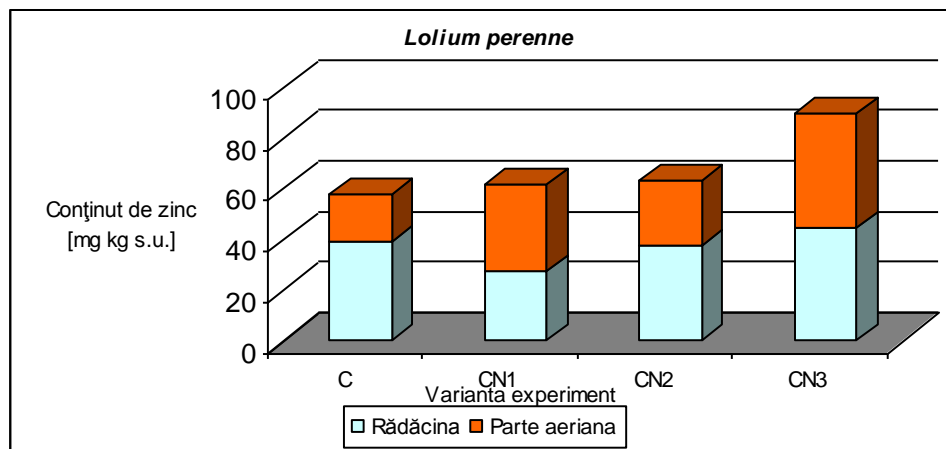


Figura 8.41. Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcină ale plantei *Lolium perenne*

Adaosul de agent de fertilizare nu modifică prea mult cantitatea de Zn bioacumulată în rădăcină. Domeniul de bioacumulare în rădăcină a zincului este cuprins între 27,7 - 44,8 mg/kg, iar în partea aeriană cantitatea de metal bioacumulată în plantele recoltate este de maxim 67 mg/kg s.u., valoare situată sub limita maximă admisă din țările UE.

8.2.1.1.4. Concluzii parțiale

1. Plantele din specia *Lolium perenne* pot forma un covor vegetal stabil pe depozite de zgură și cenușă nefertilizate până la prima coasă, dar acest covor se deteriorează treptat și se reduce în perioadele de secetă ale verii. Adaosul de fertilizant, nămol orășenesc fermentat, produce formarea unor rezerve importante de elemente nutritive pe bază de carbon, azot și fosfor, bioasimilabile plantelor, cât și o rezervă de apă. Astfel se produce instalarea unui strat vegetal stabil și rezistent la perioada de secetă, conform așteptărilor din punct de vedere cantitativ și calitativ, care poate fi recoltat prin cosiri succesive.
2. Cantitățile de fertilizant organic utilizate în supradoze nu oferă însă condiții pentru a depăși anumite limite de dezvoltare ale covorului vegetal, impuse de condiții pedoclimatice severe. Din analiza cantitativă și calitativă a biomasei rezultate, coroborate cu impactul economic al strategiei de înierebare, s-a determinat o doză optimă de fertilizant organic, nămol orășenesc fermentat, de 25 t/ha. Stratul vegetal format este stabil și rezistent la condițiile pedoclimatice în care se află depozitul de zgură și cenușă. Pentru dozele optime de fertilizant stratul vegetal acoperă până la 72,5% din suprafața însămânțată.

3. Producția de masă verde rezultată de pe suprafața nefertilizată este redusă, dar varianta de topsoil tratată cu nămol orășnesc a determinat creșterea producției de biomasă. Recolta este reprezentată de o cantitate consistentă de biomasă de până la 72 g/vas de vegetație, cu 31% mai ridicată vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată. Majorarea cantității de fertilizant organic, nămol orășnesc stabilizat la 50 t/ha s.u. nu a determinat îmbunătățirea substanțială așteptată, a cantității de biomasă.
5. Agentul de fertilizare organic a determinat formarea în zona rizosferei a unor compuși metalici solubili care pot fi ușor transferați odată cu soluția solului în rădăcini. Plantele prezintă sisteme de diminuare sau chiar de limitare a accesului unor metale din partea de rădăcini în partea aeriană sau dimpotrivă pot constitui canale permisibile pentru a fi translocată o cantitate majorată, din sol, în diferite părți ale plantei.
6. În cazul utilizării plantelor din specia *Lolium perenne* se constată o afinitate mai mare de bioacumulare de Cu, Fe, Ni și Pb în partea aeriană decât în partea rădăcini în cazul tuturor variantelor de tratament. Pentru metalele crom și zinc se constată un grad de acumulare similar pentru cele 2 părți importante ale plantei, parte aeriană și rădăcini. Cantitatea de metale acumulate în țesutul plantelor scade în partea aeriană mai mult decât în rădăcini la adaosul de agent de fertilizare în doza optimă.
7. Controlul concentrației de metale din biomasă parte aeriană se poate realiza prin utilizarea unei cantități potrivite de nămol orășnesc, care să asigure pe de o parte o recoltă așteptată și în același timp să nu determine acumulări mari de metale în țesut. Depășirea dozei optime de agent de fertilizare organic, nămol orășnesc a determinat creșterea cantităților de metale bioacumulate. Cantitatea de metale bioacumulate în partea aeriană este mai redusă în cazul plantei graminee *Lolium perenne* vs. cantitatea de metale bioacumulate în partea aeriană a plantei leguminoase *Onobrychis spp.* rezultată de pe variante de topsoil tratate similar.
8. În funcție de cantitatea de metale bioacumulată în țesuturi parte aeriană biomasa este dirijată pentru reutilizare, reciclare sau spre halda de deșeuri. Biomasa rezultată de pe varianta optimă conține cantități reduse de metale Cr, Cu, Ni și o cantitate de plumb de până la 30 ori mai mică decât CMA, fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria materiei reutilizabilă în sectorul agrozootehnic, nemodificat sau în nutrețuri.

8.2.2. Studii comparative privind eficiența de utilizare a nămolului orășnesc în amestec cu tuf vulcanic indigen

8.2.2.1. Înnierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Lolium perenne*

8.2.2.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu graminee, specia *Lolium perenne*

Studiul experimental se efectuează într-un Dispozitiv experimental *Lolium NT*, care cuprinde variante de zgură și cenușă fertilizate cu nămol orășnesc în cantitate de 25 t/ha (doza optimă), în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat. Nivelul de răsărire a plantelor, indicele de abundență ecologică și

indicele de vitalitate, pentru specia *Lolium perenne*, după scara Braun-Blanquet pentru plante cultivate pe variantele experimentale zgură și cenușă nefertilizate și variantele fertilizate sunt prezentate comparativ în tabelul 8.32.

Din analiza nivelului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate, pentru graminee *Lolium perenne* cultivate în Dispozitivul experimental Lolium NT, pe variantele experimentale netratate și tratate cu doza optimă de 25 t/ha de nămol orășenesc, au rezultat următoarele:

1. Adaosul de tuf în cantitate de 5 t/ha, la zgură și cenușă, respectiv variantele CT1 (agentul de amendare este tuf nemodificat) și CT2 (agentul de amendare este tuf modificat), în absența fertilizantului organic, a determinat grade de răsărire cuprinse în domeniul 58 - 60%. Plantele răsărite dispun de o rezervă de apă pusă la dispoziție de tuful vulcanic indigen, ceea ce a determinat formarea unui strat vegetal ce acoperă în faza inițială 50,2 - 61,8% din suprafața cultivată. Limita superioară a intervalului menționat este atribuită prezenței tufului vulcanic modificat.
2. Stratul vegetal format prezintă plante care nu rezistă pe perioada verii secetoase, caracterizată prin temperaturi foarte mari. O parte din plantele răsărite nu ajung la maturitate. Cantitatea de biomasă recoltată de pe aceste variante a fost de 71,5 - 78,1 g/vas de vegetație, așa după cum a fost prezentată în tabelul 8.32.
3. Adaosul de fertilizant în amestec cu tuful vulcanic modificat și nemodificat a determinat un grad de acoperire a suprafeței cultivate de 58 - 68%.
4. Plantele au la dispoziție nutrienți și rezervă de apă, astfel încât prin condițiile create de tratamentul menționat, ele ajung la maturitate. Recoltele sunt corespunzătoare unei cantități de 147,1 - 182,2 g/vas de vegetație așa după cum a fost prezentată în tabelul 8.32. din cap.8.2. subcapitolul 8.2.1.1.2.3.
5. Stratul vegetal este foarte bine instalat pe variantele fertilizate și rezistent la condițiile severe, pedoclimatice.

Tabelul 8.32. Gradul de răsărire, indicele de abundență ecologică și indicele de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet din Dispozitiv experimental Lolium NT

Nr. crt.	Variantă experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică [%]	Indice de vitalitate
1	C	23	Nivel2 14,9	Nivel 4)- plante foarte slab dezvoltate, care se usucă
2	CT1	60	Nivel 3/ Nivel 4 50,2	Nivel 3)- plante care nu întotdeauna își încheie ciclul de viață; se usucă
3	CT2	58	Nivel 4 61,8	Nivel 3)- care nu întotdeauna își încheie ciclul de viață; se usucă
4	CNT1	65	Nivel 4 58,5	Nivel 2)- plante care își încheie ciclul de viață;
5	CNT2	60	Nivel 4 68,0	Nivel 2)- plante care își încheie ciclul de viață;

În concluzie, utilizarea tufului vulcanic modificat ca adaos la fertilizantul organic a determinat obținerea celei mai ridicate cantități de biomasă, față de cantitatea de biomasă obținută în cazul variantei fertilizată cu aceeași cantitate de fertilizator în absența amendamentului.

8.2.2.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante graminee *Lolium perenne*

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei graminee *Lolium perenne*, cultivate în Dispozitivul experimental Lolium NT, în funcție de tratamentul bazat pe tuf vulcanic indigen în absența/prezența fertilizantului nămol orășenesc recomandat la o doză optimă de 25 t/ha sunt prezentate în tabelul nr. 8.33.

Tabelul 8.33. Cantități de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn, bioacumulate în părțile aeriene ale plantei graminee *Lolium perenne*

Nr.crt.	Varianta Experimentală	Conținut de metale grele Mg/kg s.u.					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	14,6	20,0	4753,0	7,5	46,4	29,4
5	CT1	13,9	24,1	3452,0	7,1	45,2	24,7
4	CT2	9,9	15,2	2174,2	7,6	43,1	26,5
3	CNT1	6,9	8,2	3847,6	5,3	5,1	51,1
2	CNT2	2,6	7,6	3558,3	0,9	5,1	18,3

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea de rădăcini a plantei din specia *Lolium perenne* sunt prezentate comparativ cu cantități acumulate în partea aeriană în figurile 8.42. - 8.47.

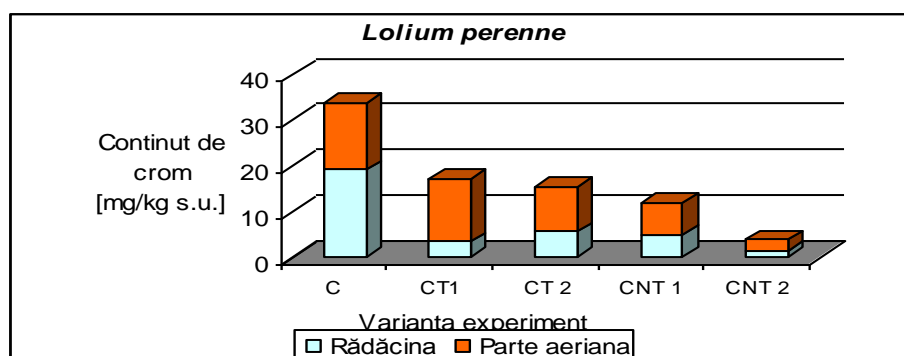


Figura 8.42. Cantitățile de crom bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*

Se observă din figura 8.42. că în cazul plantelor crescute pe topsoluri netratate, cromul s-a acumulat în cantitate mai mare în rădăcini, decât plantele crescute pe variante tratate cu amendament sau cu amendament în amestec cu fertilizator organic.

Plantele au acumulat în partea aeriană a plantei crescute pe variante nefertilizate, cantități de crom similare cu cele acumulate în rădăcină. Adaosul de amendament, tuf modificat/nemodificat a determinat reducerea biodisponibilității acestui metal în partea de rădăcină. Cu toate acestea în partea aeriană au fost translocate cantități de 3-4 ori mai mari decât în rădăcini. Probabil că planta are afinitate pentru acest metal, în special în partea aeriană. Adaosul de agent de fertilizare nămol în amestec cu tuf modificat a redus atât factorul de transfer al metalului din sol - plantă cât și cel de translocare din rădăcini în partea aeriană. Acest fenomen nu are loc în cazul când stratul de zgură și cenușă se tratează cu agent de fertilizare, nămol în amestec cu tuf nemodificat.

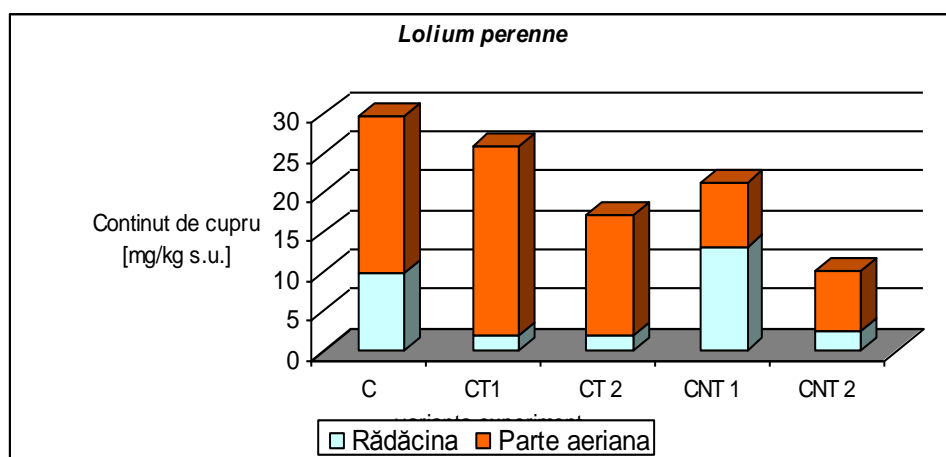


Figura 8.43. Cantități de cupru, bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.43. se observă că acumulările de cupru din diferite părți ale plantei *Lolium perenne*, în condițiile stabilite în Dispozitivul experimental NT, se realizează astfel:

- Plantele crescute pe varianta netratată au acumulat cantități de 9,7 mg cupru/kg în rădăcină și de 20 mg cupru/kg în partea aeriană;
- Adaosul de amendament a determinat reducerea cantității de cupru transferate din sol în plantă de 4 - 5 ori vs. cantitatea de metal transferată la plante recoltate de pe variante netratate. Se constată însă că planta are afinitate pentru acest metal în partea aeriană, unde ea a acumulat cantități similare de cupru cu plantele crescute pe soluri netratate.
- Adaosul de agent de fertilizare nămol în amestec cu tuf modificat a redus atât factorul de transfer al metalului din sol - plantă cât și cel de translocare din rădăcini în partea aeriană. Acest fenomen nu are loc în cazul când topsoilul se tratează cu agent de fertilizare bazat pe nămol și tuf nemodificat.

În figura 8.44. sunt prezentate acumulările de fier din diferite părți ale plantei graminee *Lolium perenne*

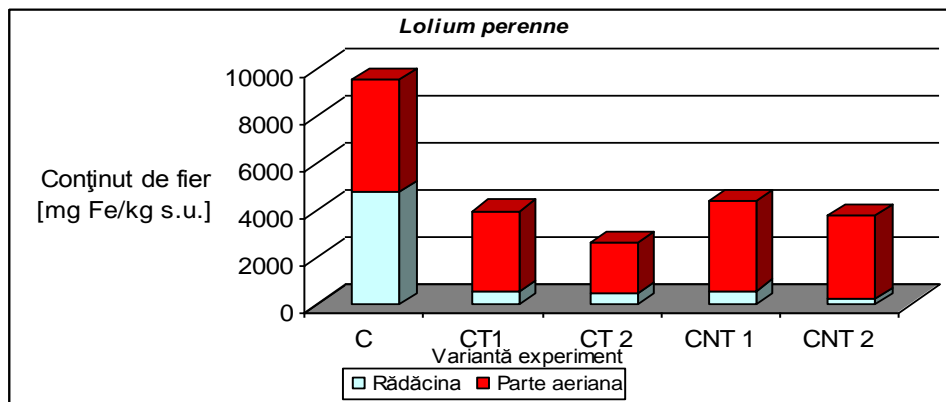


Figura 8.44. Cantități de fier bioacumulate în diferite părți ale plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.44. se observă că acumulările de fier din diferite părți ale plantei *Lolium perenne*, în condițiile stabilite în Dispozitivul experimental Lolium NT s-au realizat astfel:

- Plantele crescute pe varianta netratată au acumulat cantități de 4700 - 4800 mg/kg s.u. de fier în rădăcini și părți aeriene ale plantei;
- Adaosul de fertilizant în absența/prezența tufului vulcanic indigen a determinat reducerea bioacumulărilor de fier din rădăcini până la valori cuprinse între 223,6 - 559,1 mg Fe/kg s.u. Se constată însă că fierul a trecut prin rădăcină spre alte părți ale plantei și s-a acumulat în cantități foarte mari în partea aeriană a plantei. Cantitatea de Fe bioacumulată în partea aeriană a fost cuprinsă în domeniul 3452 - 3849 mg/kg s.u. Se observă însă că în cazul tratării cu tuf modificat, în prezența/absența fertilizatorului organic, cantitățile de Fe din partea aeriană sunt mai reduse, cu până la 38% față de acumulările din partea aeriană a plantei crescută în variantele tratate doar cu tuf, CT1 și CNT1.

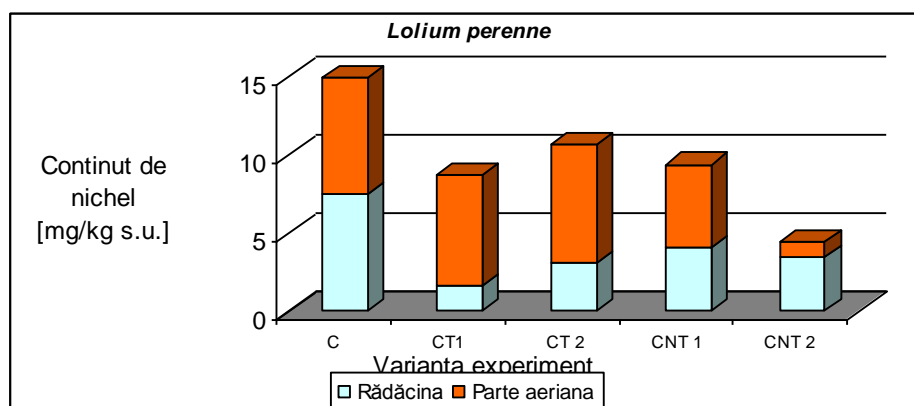


Figura 8.45. Cantități de nichel bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.45. se observă că acumulările de nichel din rădăcini și părți aeriene ale plantei *Lolium perenne* în condițiile stabilite în Dispozitivul experimental Lolium NT se realizează astfel:

- Plantele crescute pe varianta netratată au acumulat cantități de nichel 7,5 mg/kg s.u. atât în rădăcină cât și în părțile aeriene ale plantei;
- Adaosul de amendament a determinat reducerea cantității de nichel transferate din sol în plantă de 5 - 6 ori. Planta are afinitate însă pentru acest metal în partea aeriană, unde a acumulat cantități similare de nichel cu plantele crescute pe topsoluri netratate.
- Adaosul de agent de fertilizare nămol în amestec cu tuf modificat a determinat reducerea factorului de transfer al metalului din sol în plantă doar de 2 ori vs. cel determinat în cazul în care plantele au fost crescute pe topsoluri netratate. S-a redus însă foarte mult factorul de tranfer din rădăcină în partea aeriană. Acest fenomen nu are loc în cazul când stratul de zgură și cenușă se tratează cu agent de fertilizare bazat pe nămol și tuf nemodificat, T

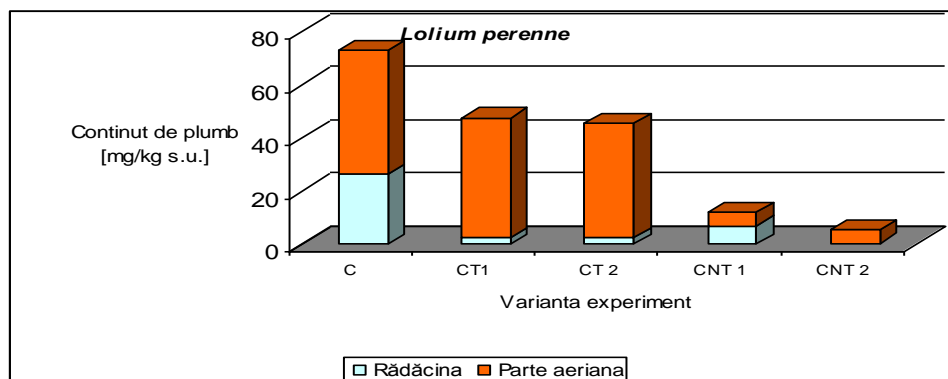


Figura 8.46. Cantități de Pb bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.46. se observă că acumulările de plumb din rădăcini și părți aeriene ale plantei *Lolium perenne*, în condițiile stabilite în Dispozitivul experimental Lolium NT s-au realizat astfel:

- Plantele crescute pe varianta netratată au acumulat cantități mari de nichel în rădăcini de 26,4 mg/kg s.u. Partea aeriană a plantei a acumulat o cantitate mai mare de plumb de până la 2 ori vs. partea de rădăcină;
- Adaosul de amendament a determinat reducerea cantității de nichel transferate din sol în plantă de până la 10 ori. Se constată însă că planta are afinitate pentru acest metal în partea aeriană, unde a acumulat cantități similare de plumb cu plantele crescute pe straturi netratate;
- Adaosul de agent de fertilizare nămol în amestec cu tuf modificat a redus semnificativ factorul de translocare din rădăcini în partea aeriană, astfel încât cantitatea acumulată în țesuturi supraterane a fost sub 1mg Pb/kg s.u.

Cantitățile de zinc bioacumulate în partea aeriană și de rădăcini a plantei din specia *Lolium perenne* sunt prezentate în figura nr. 8.47.

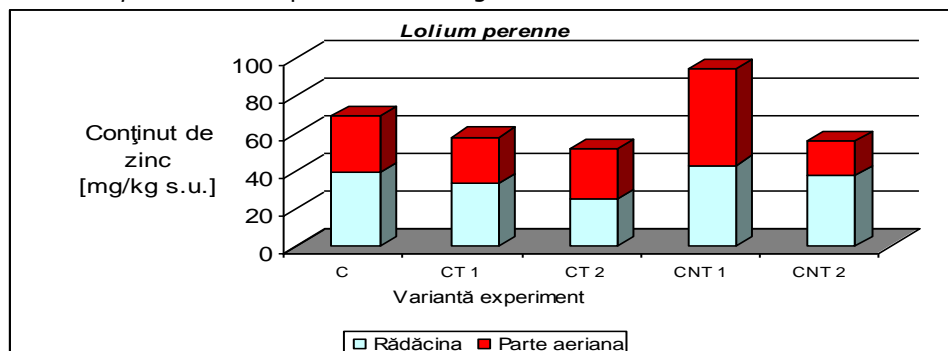


Figura 8.47. Cantitățile de zinc bioacumulate în țesutul plantei *Lolium perenne*

Din figura 8.47. se observă că în rădăcini, cantitățile acumulate de Zn nu au fost influențate de tipul de tratament aplicat în acest studiu: tuf vulcanic, sau fertilizant în amestec cu tuf vulcanic. Domeniul de bioacumulare a zincului în rădăcini a fost cuprins între 25 – 42,9 mg/kg s.u. În partea aeriană se acumulează cantități de Zn cuprinse în domeniul 18,0-29,4 mg/kg s.u. S-a constatat o excepție în cazul plantelor recoltate pe varianta de zgură și cenușă tratată cu fertilizant în amestec cu tuf vulcanic nemodificat, când cantitatea bioacumulată de Zn a crescut la 51,0 mg/kg s.u.

8.2.2.1.3. Concluzii parțiale

- Adaosul de nămol orășenesc în cantitate de 15 t/ha la topsolul de zgură și cenușă a determinat un grad de răsărire a plantelor din specia *Lolium perenne* de 2 ori mai mare vs. gradul de răsărire de pe solurile nefertilizate. Nivelul de acoperire a suprafeței cultivate s-a majorat de la 15% determinat în cazul variantelor nefertilizate, la 55% respectiv la nivelul 3, la nivelul 4 la varianta fertilizată. Plantele au fost viguroase datorită prezenței elementelor nutritive. S-a constatat că doza de 15 t/ha nămol a introdus în topsol o cantitate insuficientă de elemente nutritive care nu a asigurat un indice de vitalitate ridicat al plantei. Plantele chiar dacă s-au maturizat, nu au fructificat;
- Adaosul de fertilizant organic în amestec cu tuful vulcanic modificat și nemodificat a determinat un grad de acoperire a suprafeței cultivate de 58 - 68%. Plantele au avut la dispoziție nutrienții necesari și o rezervă de apă, astfel încât prin condițiile create de tratamentul menționat, ele au ajuns la maturitate. Recoltele au fost ridicate, ele au ajuns la 147,1 - 182,2 g/vas de vegetație. Stratul vegetal a fost foarte bine instalat și rezistent la condițiile severe, pedoclimatice;
- Tratamentele aplicate pe bază de tuf vulcanic determină acumulări mai mici de 5 mg/kg s.u. pentru speciile chimice: Cr, Cu, Ni și Pb. Se observă o excepție în cazul variantei CNT1, când cantitatea bioacumulată de metale cupru și crom a fost mai ridicată decât la celelalte variante. Astfel cantitatea de cupru în rădăcini a fost de 13 mg/kg s.u., iar cantitatea de Cr a fost de 6,8 mg/kg s.u.;

- În părțile aeriene însă metalele Cu, Fe, și Zn s-au acumulat la același grad de acumulare cu cantitatea acumulată în plante crescute pe varianta experimentală de zgură și cenușă netratată. Chiar dacă bioacumularea de metale s-a redus în rădăcină, tendința de bioacumulare a metalelor în părțile aeriene s-a păstrat neschimbată. Rădăcina a fost în cazul de față canalul permisibil pentru elementele Cu, Fe și Zn;
- Cantitățile de metale Cr, Ni și Pb bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor crescute pe variante fertilizate organic și tratate cu tuf vulcanic indigen modificat, s-au diminuat de 5 - 9 ori vs. cantitățile bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor crescute pe variante nefertilizate;
- Tratatul cu fertilizant organic și tuf vulcanic indigen are însă capacitatea de a reduce biodisponibilitatea acestor metale în sol. Eficiența de reducere a metalelor bioacumulate în țesutul aerian al plantei în cazul când aceasta se cultivă pe variante de zgură și cenușă fertilizate cu nămol orășenesc și tratate cu tuf vulcanic indigen, sunt cuprinse în intervalele:
 - între 52,7 - 82,1% pentru Cr;
 - între 59,0 - 62,0% pentru Cu;
 - între 29,0 - 88,0% pentru Ni;
 - de 89% și pentru Pb.Cantitățile reziduale de metale din țesutul aerian al plantei sunt: 2,3 mg/kg s.u. Cr, 7,6 mg/kg s.u. Cu, 9 mg/kg s.u. Ni, și 5,1 mg/kg s.u. Pb. Dintre aceste valori, valoarea pentru Pb este mult mai mare decât limitele maxime admise de normele în vigoare.

8.2.3. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pentru fertilizarea haldelor de zgură și cenușă

8.2.3.1. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu plante din specia *Lolium perenne*

8.2.3.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Lolium perenne*

Studiul experimental se efectuează în Dispozitivul experimental *Lolium C*, care cuprinde variante de topsol de zgură și cenușă fertilizate cu compost în cantitate cuprinsă în domeniul de 50 - 100 t/ha în absența tufului vulcanic indigen. Din analiza gradului de răsărire al plantelor, al indicelui de abundență ecologică și al indicelui de vitalitate stabilit conform clasificării Braun-Blanquet, se observă din tabelul nr. 8.33. următoarele aspecte:

- Adaosul de compost a determinat un grad ridicat de răsărire a plantei *Lolium spp.* însămânțate pe terenul fertilizat cu acest fertilizant organic. Prezența nutrienților înglobați în stratul de zgură și cenușă prin intermediul compostului la doze de 50 - 100 t/ha, a determinat ca gradul de răsărire să ajungă la 50,0 - 60,0 %, iar indicele de acoperire a suprafeței cultivate a fost stabilit la 51,2 - 55,8 %, respectiv la nivelul 3-4 din scara Braun-Blanquet. Creșterea gradului de

8.2. Studii privind procesul de înnierbare a haldelor cu specii de graminee 185

răsărire a suprafeței acoperite este direct proporțională cu cantitatea de agent de fertilizare utilizat, așa după cum se poate vedea din tabelul 8.33.

- Plantele crescute pe variantele fertilizate sunt viguroase și rezistă la condițiile pedoclimatice severe în care se situează depozitele de zgură și cenușă. Plantele instalate pe depozitele fertilizate se dezvoltă normal conform unui ciclu vegetativ complet. Astfel recolta de biomasă a fost ridicată, ea a ajuns la cantități de 4,7 ori mai mari decât cele obținute pe variantele de zgură și cenușă netratate, așa după cum au fost prezentate în tabelul 8.32., cap.8.2., subcapitolul 8.2.1.1.2.3.

Tabelul 8.34. Analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru specia *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet

Nr. crt.	Varianta Experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	23,0	Nivel 2 14,9	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate, care se usucă treptat
2	CC	50,0	Nivel 3 51,2	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;
3	CC 1	60,0	Nivel 4 55,8	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;

8.2.3.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în plante *Lolium perenne*

Analiza diferitelor părți ale plantelor, arată faptul că în țesuturile vegetale ale plantei *Lolium perenne* se acumulează cantități diferite de metale grele, în funcție de tratamentul aplicat tosolului cu compost în cantitate de 50 - 100 t/ha

Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea aeriană a plantelor din specia *Lolium perenne* sunt prezentate în tabelul 8.35.

Tabelul 8.35. Cantitățile de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în partea aeriană a plantelor din specia *Lolium perenne*

Nr.crt.	Varianta Experimentală	Conținut de metale grele mg/kg s.u.					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	14,6	20,0	4753,0	7,5	46,4	29,4
2	CC	5,6	20,2	4939,4	3,1	10,9	35,3
3	CC 1	18,3	42,4	4984,0	23,0	63,2	65,4

Adaosul unei cantități mai mici de agent de fertilizare de 50 t/ha, reduce biodisponibilitatea unor metale precum crom, nichel și plumb. În cazul altor metale, cupru, fier și zinc se constată că adaosul de agent de fertilizare a determinat majorarea bioacumulării de metale în partea aeriană a plantei. O cantitate dublă de agent de fertilizare mărește biodisponibilitatea metalelor în țesut unde se vor acumula cantități

mai mari de metale decât în cazul plantelor crescute pe variante fertilizate cu cantitate mai mică de agent.

Se observă din tabelul 8.35. că adaosul de compost în cantitate mare de 100 t/ha a determinat biosolubilizarea speciilor de metale analizate.

În figura 8.48. sunt prezentate cantitățile de metale toxice Cr, Cu, Ni și Pb, bioacumulate în partea de rădăcini a plantelor *Lolium perenne* cultivate în Dispozitivul experimental Lolium C

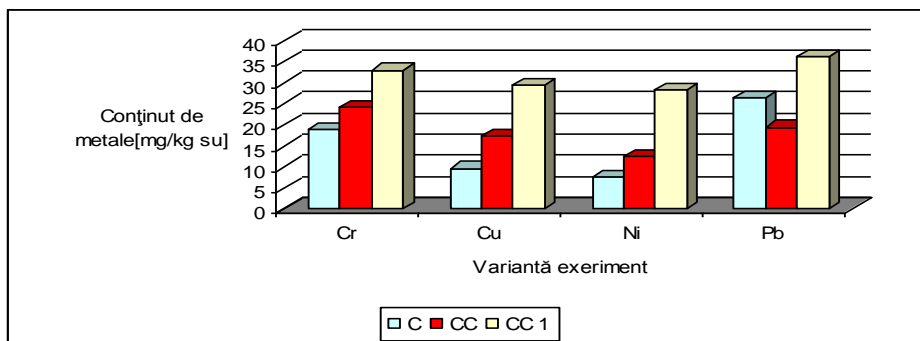


Figura 8.48. Cantitățile de metale toxice Cr, Cu, Ni și Pb bioacumulate în partea de rădăcini a plantelor *Lolium perenne*

Din figura 8.48 se poate observa că adaosul de compost a determinat creșterea cantității de metale acumulate în partea de rădăcini a plantelor. Creșterea bioacumulării de metale este direct proporțională cu cantitatea de compost utilizată. Pentru a evita acumulări mari de metale în țesuturi vegetale se recomandă utilizarea unor cantități mai mici de materie organică fertilizantă, cantități care însă să asigure dezvoltarea vegetației instalate. Cantitatea de biomasă recoltată este de peste 46 g masă verde/vas vegetație.

Așadar în urma analizei comparative a parametrilor biologici și a calității și cantității de biomasă obținute din culturile de *Lolium perenne* pe variante fertilizate cu diferite cantități de compost, s-a determinat o doză optimă de fertilizant de 50 t/kg s.u. Această cantitate a fost suficientă pentru îmbogățirea topsoilului inert de zgură și cenușă cu nutrienți valoroși ce permit instalarea unui covor vegetal stabil.

Având în vedere că biomasă nu bioacumulează cantități ridicate de metale toxice la doza optimă stabilită și este conformă cu normele de calitate în vigoare ea se poate dirija spre depozite destinate hranei animalelor.

8.2.3.2. Concluzii parțiale

1. S-a determinat o doză optimă de nămol de 25 t/ha și o doză optimă de compost de 50 t/ha. Aceste cantități au fost suficiente pentru îmbogățirea topsoilului inert de zgură și cenușă cu nutrienți valoroși ce permit instalarea unui covor vegetal stabil.

2. Agentul de fertilizare, nămolul, a determinat formarea în zona rizosferei plantelor din specia *Lolium perenne* a unor compuși metalici care nu pot fi ușor transferați odată cu soluția solului în rădăcini. Controlul concentrației de metale din biomasă parte aeriană s-a realizat tocmai prin utilizarea unei cantități potrivite de fertilizant, nămol-orășenesc, care să asigure pe de o parte o recoltă așteptată și în același timp să nu determine acumulări mari de metale în țesut. Cantitatea de metale bioacumulată în țesuturi parte aeriană a plantelor recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă este cuprinsă în domeniul 4,3 - 8,9 mg/kg pentru Cr, Cu și Ni, de 0,4 mg/kg pentru Pb, de 24,5 mg/kg pentru Zn și de 543 mg/kg pentru fier.
3. Biomasa rezultată de pe varianta tratată cu doza optimă de nămol conține cantități reduse de metale Cr, Cu, Ni și Fe, care oricum nu sunt reglementate prin norme și o cantitate de plumb și zinc mai mică decât limitele CMA, fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria materiei reutilizabilă în sectorul agrozootehnic, ca atare sau în nutrețuri.
4. Depășirea dozei optime de nămol a determinat o creștere a cantităților de metale toxice bioacumulate, peste limitele maxime admise.
5. Adaosul de tuf nemodificat/modificat în amestec cu doza optimă de nămol a determinat acumulări mari ale plumbului în partea aeriană. Nivelul de acumulare a plumbului depășește de 10 ori nivelul admis de normele interne sau internaționale, fapt pentru care biomasa rezultată trebuie înscrisă în circuitul deșeurilor periculoase.
6. Agentul de fertilizare, compostul, a determinat formarea în zona rizosferei plantelor din specia *Lolium perenne* a unor compuși metalici care pot fi ușor transferați odată cu soluția solului în rădăcini și bioacumulare excesivă de metale toxice. Astfel bioacumularea de Pb depășește de 20 de ori valorile CMA, fapt pentru care biomasa a fost propusă ca deșeu cu conținut de metale toxice. Datorită faptului că biomasa rezultată de pe varianta fertilizată cu compost la doza optimă în amestec cu 5 t/ha tuf nemodificat/modificat conține și ea cantități de plumb de 13 - 20 ori mai ridicate decât normele CMA, aceasta trebuie dirijată spre depozite de deșeuri cu conținut de metale, periculoase.
7. Din calculul statistic al datelor rezultate din cele 12 variante urmărite în experimentul efectuat pentru stabilirea unei strategii de înierbare cu specia graminee *Lolium perenne*, (variante cu doze diferite de nămol sau compost în absența/prezența tufului vulcanic), există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele studiate. Din testul Duncan aplicat la nivel de 5% pentru variantele studiate, au rezultat în urma comparării cantităților de biomasă, clasele A - C. Varianta experimentală tratată cu doza optimă selectată de 25 t/ha nămol în amestec cu tuf modificat face parte din clasa superioară A, iar varianta experimentală tratată cu doza optimă de nămol în amestec cu tuf nemodificat face parte din clasa C. Varianta CCT2 (tratament cu doza optimă de compost și tuf vulcanic modificat), care face parte din clasa AB. Varianta experimentală tratată cu doza optimă de 50 t/ha compost și tuf nemodificat face parte din clasa inferioară EF. Din Testul Student a rezultat pentru specia *Lolium perenne* că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de nămol orășenesc în prezenta tufului

nemodificat/modificat și a variantei tratate cu doza optimă de compost și tuf modificat este foarte semnificativ. Rezultă că variantele de topsoil tratate cu doze optime de fertilizant în amestec cu tuf vulcanic se pot utiliza ca strategii de înierbare cu scopul de stabilizare a depozitelor de zgură și cenușă, dar fără posibilitatea recuperării materiei vegetale formate. Varianta CN2 (tratament cu doza 25 t/ha de nămol) care face parte dintr-o clasă inferioară DE, a determinat obținerea unei cantități mai mici de biomasă, de cca. 72 g/vas de vegetație, dar care nu prezintă pericol pentru reciclare în sectorul agrozootehnic.

8.2.4. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe halde de zgură și cenușă însămânțate cu cereale

8.2.4.1. Înierbarea cu cereale a haldelor de zgură și cenușă fertilizate cu compost

8.2.4.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor fertilizate cu compost cultivate cu cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*

Studiul experimental se efectuează într-un Dispozitiv experimental Cereale C, care cuprinde variante de zgură și cenușă fertilizate cu compost în cantități variabile cuprinse în domeniu 50 - 150 t/ha, în absența tufului vulcanic indigen.

Din analiza parametrilor biologici de proces, respectiv a gradului de răsărire a plantelor însămânțate, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate, după scara Braun-Blanquet, pentru cerealele cultivate pe variantele experimentale inițiate, se observă conform datelor prezentate în tabelul 8.36. următoarele aspecte:

1. Plantele obținute de pe varianta nefertilizată se caracterizează prin următoarele:
 - Ovăzul a germinat mai bine și a avut un grad de răsărire mai mare decât orzul. Ovăzul a germinat în proporție de 34,5%, pe când orzul a germinat în proporție de numai 23,2%.
 - Gradul de acoperire a suprafeței cultivate cu cereale din cele două specii menționate a fost similar, cuprins în domeniul 20,5 - 22,7%. Plantele au fost foarte slab dezvoltate și au fost încadrate la Nivel 4 conform clasificării Braun-Blanquet.
2. Introducerea de material organic în cantitate de 50 t/ha în straturile superioare de zgură și cenușă care sunt lipsite de materie organică cu caracter nutritiv pentru plante, a îmbunătățit condițiile de vegetație ale cerealelor, în special cele de nutriție și aprovizionare cu apă. Din aceste motive gradul de răsărire și dezvoltare al plantelor a fost mai bun, iar gradul de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante mai ridicat, în comparație cu plantele crescute pe varianta experimentală nefertilizată. Plantele crescute pe variante fertilizate au fost mai viguroase și au ajuns la maturitate. Plantele s-au constituit în straturi vegetale care rezistă la condițiile pedoclimatice.
3. Adaosul de compost în cantitate crescătoare de la 50 t/ha la 150 t/ha a determinat pentru orz o creștere progresivă a gradului de răsărire, cuprins în domeniul 35,0-

8.2. Studii privind procesul de înnierbare a haldelor cu specii de graminee 189

50,5%. Plantele au ocupat o suprafață de 43,3-64,3% din aria cultivată. Plantele sunt viguroase și ajung la maturitate.

4. Adaosul de compost în cantitate crescută de 50 t/ha la 150 t/ha a determinat pentru ovăz o creștere mai mare decât pentru orz, a gradului de răsărire. Acesta a fost cuprins în domeniul 45,3 - 58,1%. Plantele au ocupat o suprafață de 45,7-64,5% din aria cultivată.

Având în vedere următoarele considerente:

1. Doza de compost de 50 t/ha care a determinat creșterea concentrației de elemente nutritive în topsoil astfel încât plantele crescute pe această variantă sunt plante bine dezvoltate, care încheie regulat și complet ciclul de viață și au prezentat un indice de acoperire a suprafeței cultivate de 43,3 - 45,7 % (nivelul 4 din scara abundenței ecologice Braun-Blanquet), este suficientă pentru instalarea stratului vegetal. Nivelul de vitalitate al plantelor este ridicat, el s-a situat la Nivelul 2, respectiv plante care își încheie ciclul de viață;

2. Mărirea dozei de fertilizant organic la o cantitate peste 50 t/ha implică costuri direct proporționale, cu cantitatea de compost transportată și distribuită pe teren, pentru cele 2 specii de cereale;

S-a stabilit ca doză optimă, doza de compost de 50 t/ha.

Tablelul 8.36. Analiza gradului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru speciile de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, după scara Braun-Blanquet

Nr. crt.	Varianta Experiment	Grad de răsărire %	Indice de abundență ecologică (Braun - Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun -Blanquet)
<i>orz Hordeum spp</i>				
1	C	23,2	Nivel 2 20,5	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate.
2	CC	35,0	Nivel 3 43,3	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;
3	CC1	50,5	Nivel 4 64,1	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;
4	CC2	46,8	Nivel 4 64,3	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață
<i>ovaz Avena spp</i>				
1	C	34,5	Nivel 2 22,7	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate.
2	CC	45,3	Nivel 3 45,7	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;
3	CC1	59,8	Nivel 4 64,5	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață;
4	CC2	58,1	Nivel 4 64,2	Nivel 2- plante care își încheie ciclul de viață

8.2.4.1.2. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare asupra cantității de biomasă rezultată

În figura 8.49. sunt prezentate comparativ cantitățile de boabe de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variantele componente ale Dispozitivului experimental Cereale C.

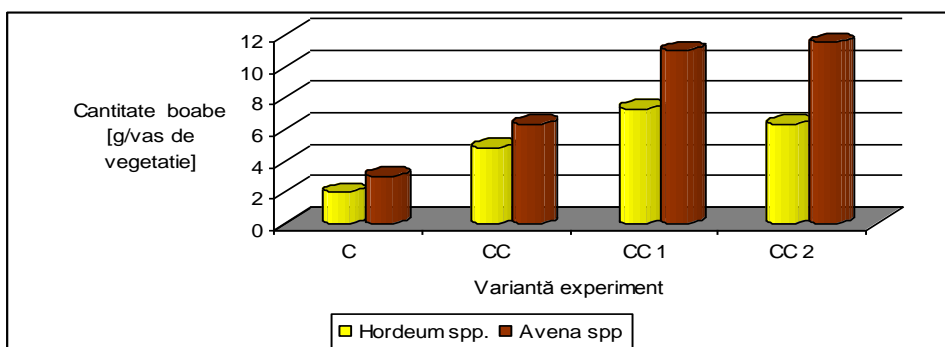


Figura 8.49. Cantități de boabe de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variante experimentale în netratate/tratate cu compost

Din figura 8.49. se observă:

- Cantitatea de boabe de orz crește la adaos de compost, în domeniul 50 - 100 t/ha, de până la 2 ori vs. cantitatea rezultată de pe varianta nefertilizată;
- Cantitatea de boabe de ovăz, crește la mărirea dozei de agent de fertilizare, de la 50 - 100 t/ha, peste 3 ori vs. cantitatea rezultată de pe varianta nefertilizată;
- În cazul în care cantitatea de compost utilizată a fost de 150 t/ha, se constată că recoltele obținute au fost similare cu cele obținute pe variante fertilizate cu o doză de 100 t/ha compost.

În figura 8.50. sunt prezentate comparativ cantitățile de paie de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variante experimentale din Dispozitivul experimental Cereale C.

8.2. Studii privind procesul de înlăburare a haldelor cu specii de graminee 191

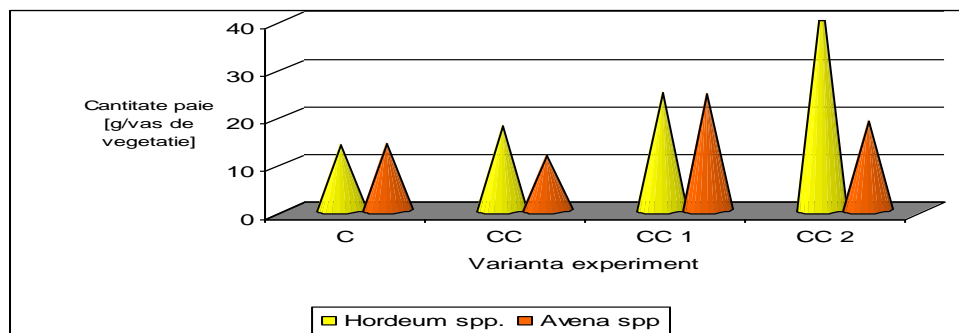


Figura 8.50. Cantitatea de paie de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* recoltate de pe variante experimentale netratate/tratate cu compost

Din figura 8.50. se observă:

- S-au obținut cantități similare de câte 14 g de paie/vas vegetație, de pe variantele nefertilizate;
- Adaosul de compost la doza de 50 t/ha a determinat creșterea cantității de paie de 2 ori la ambele cereale;
- Dublarea cantității de compost la o doza de 100 t/ha, a determinat și dublarea cantității de paie recoltate, pentru ambele cereale;
- În cazul adaosului unei cantități mari de compost, de 150 t/ha, cantitatea de paie a crescut semnificativ, la o cantitate de 45 g/vas de vegetație pentru cultura de orz. Cantitatea de paie de ovăz care s-a obținut din această variantă a fost de 2 ori mai mică decât cantitatea de paie care a rezultat din cultura de orz.

Prin analiza comparativă a parametrilor biologici, caracteristici unor culturi de cereale eficiente atât ca și strat vegetal instalat pe depozitele de zgură și cenușă cu recolte așteptate, cât și a costurilor de lucrări agricole specifice, s-a stabilit o doză optimă de agent de fertilizare de 50 t/ha.

Recoltele de paie și boabe obținute de pe variante fertilizate cu doza optimă stabilită de compost, se caracterizează prin:

- culturile de ovăz au determinat un grad ridicat de acoperire a suprafeței însămânțate mai mare, de 45,7%, comparativ cu culturile de orz caracterizate de un indice de abundență de 43,3%;
- recolte de paie mai mari la culturi de orz, decât cele de ovăz;
- recolte de boabe mai mari cu 25% la culturi de ovăz, decât la orz;

8.2.4.1.3. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în cereale

Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile vegetale ale plantei din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, se acumulează cantități diferite de metale grele.

Cantitățile de metale Ni și Pb, bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* sunt prezentate în tabelul 8.37.

Tabelul 8.37. Cantități de metale Ni și Pb bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*

Nr. crt.	Varianta Experiment	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]			
		Ni		Pb	
		paie	Boabe	paie	boabe
<i>Hordeum spp</i>					
1	C	3,3	1,72	5,7	3,3
2	CC	sld	Sld	sld	sld
3	CC1	sld	Sld	sld	sld
4	CC2	sld	Sld	sld	sld
<i>Avena spp</i>					
1	C	3,4	3,2	8,3	6,3
2	CC	3,9	Sld	9,0	2,1
3	CC1	5,5	Sld	9,0	3,0
4	CC2	5,8	Sld	7,0	3,2

Se observă din tabelul 8.37. că plantele din speciile de graminee cultivate pe variante nefertilizate au acumulat în paie, nichel în domeniul 3,30 - 3,40 mg/kg s.u. și plumb în domeniul 5,70 - 8,30 mg/kg. Cantitatea de metale acumulate în boabe a fost pentru nichel în domeniul 1,72 - 3,20 mg/kg și pentru plumb în domeniul de 3,30 - 6,30 mg/kg.

Adaosul de agent de fertilizare a determinat reducerea biodisponibilității nichelului în orz, încât acest metal nu a mai fost identificat în paie și boabe prin procedeul de absorbție atomică. În cazul celeilalte cereale studiate *Avena sativa* se observă din tabelul 8.37. că în boabe nu s-a determinat nichel în schimb în paie se acumulează cantități crescânde de nichel, în raport cu creșterea dozei de fertilizant, de la 3,9 mg/kg la 5,8 mg/kg.

Adaosul de agent de fertilizare a determinat reducerea acumulărilor de plumb din paie și boabe de orz în mod similar cu reducerile determinate pentru nichel. În cazul ovăzului la adaos de compost se reduc bioacumulările de plumb dar cantitatea bioacumulată a rămas la concentrații peste cea admisă de normele interne, de 9,0 mg/kg s.u pentru paie și de 2,1 mg/kg s.u pentru boabe.

Recolta de boabe și paie de orz de pe varianta fertilizată cu doza optimă de compost se poate utiliza în hrana animalelor.

Recolta de boabe de ovăz se poate utiliza la o nouă însămânțare. Paiele de ovăz trebuie încadrate în categoria deșeurilor periculoase și tratate ca atare.

În figura 8.51. sunt prezentate cantitățile de crom bioacumulate în partea de țesut paie și boabe ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*.

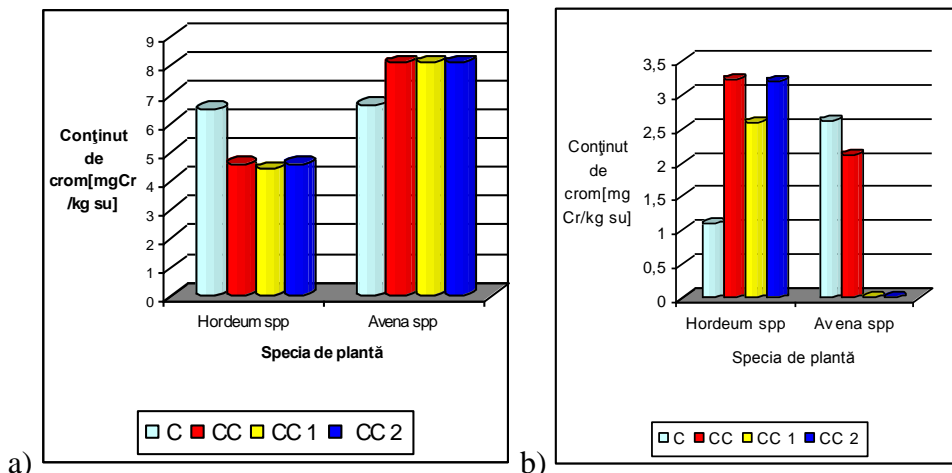


Figura 8.51. Cantități de crom bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe

În figura 8.51.a sunt prezentate comparativ cantitățile de Cr bioacumulate în paie rezultate din recolte obținute pe variante experimentale de zgură și cenușă fertilizate cu diferite cantități de compost 50, 100, 150 t/ha. Se observă că paiele de ovăz acumulează mai mult crom decât paiele de orz în variantele recoltate de pe topsoluri fertilizate.

Se mai observă din figură că adaosul de fertilizant a determinat ca în paiele de orz să se producă reduceri ale biodisponibilității acestui metal cu până la 20%. Cantitatea acumulată este de până la 4,5 mg/kg s.u. în plante cultivate pe variantele de zgură și cenușă fertilizate cu compost. În cazul plantelor de ovăz cultivate pe straturi de cenușă fertilizate cu compost la doze cuprinse în domeniul 50 - 150 t/ha, valorile la care se acumulează Cr, depășesc valorile acumulate în recoltele ce se obțin de pe topsoluri netratate cu până la 15%.

În figura 8.51.b este prezentată bioacumularea de crom din boabele plantelor recoltate la maturitate din cele două specii de cereale.

Cantitatea de Cr acumulată în boabe în cazul celor două cereale este mai redusă decât cea acumulată în paie.

Din figura 8.51.b se observă că din varianta martor se obțin recolte de cereale orz care au acumulat până la 1,72 mgCr/kg s.u., iar adaosul de compost a determinat majorarea acestei acumulări de până la 3 ori indiferent de cantitatea de compost adăugată. Boabele de ovăz au acumulat crom la un nivel de 2 - 3 mg/kg s.u.

Comparând valorile din fig. 8.51.a cu 8.51.b se constată că în cazul variantelor experimentale fertilizate, în boabe s-a acumulat în cazul plantei *Hordeum spp.* cu până la 42% mai puțin Cr.

O situație diferită se constată la bioacumulările de crom din țesutul cerealei ovăz. Cantități de compost de 50 t/ha nu au determinat modificări importante ale gradului de bioacumulare de metal crom din boabe, dar cantități mai mari de compost de 100 - 150 mg/kg s.u., au determinat blocarea accesului de Cr în boabe.

În figura 8.52. este prezentată bioacumularea de Cu din părțile aeriene, paie și boabe ale plantelor recoltate la maturitate din cele două specii de cereale. Se observă că bioacumularea de Cu în paiile din cele două specii prezintă alătură asemănătoare cu bioacumularea de Cr.

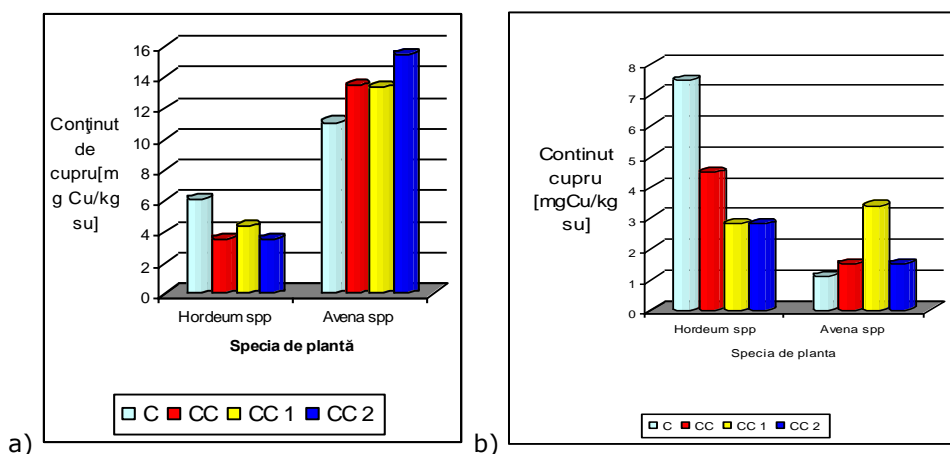


Figura 8.52. Cantitățile de cupru bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) din boabe

Paiile de ovăz, așa după cum se observă în figura 8.52.a, au acumulat cantități mai mari de Cu decât cele de orz, în cazul în care plantele cresc pe variante experimentale nefertilizate sau fertilizate.

Adaosul de compost în cantități cuprinse în intervalul 50 - 150 t/ha, a determinat reducerea bioacumulării de Cu în paiile de orz cu 32% față de bioacumularea din paiile plantelor cultivate pe terenuri nefertilizate. Cantitatea bioacumulată în paiile plantelor cultivate pe terenuri fertilizate a fost cuprinsă în intervalul 3,53 - 4,32 mg Cu/kg s.u.

Adaosul de compost și doza utilizată nu influențează semnificativ metabolismul plantei privind bioacumularea de Cu în paiile de ovăz. Creșterea bioacumulărilor de cupru poate fi cu maxim 25% la dozele maxime aplicate de 150 t/ha vs. bioacumulările din țesutul paielor recoltate de pe variante nefertilizate

În figura 8.52.b este prezentat comparativ nivelul de bioacumulare de cupru din boabe de orz și ovăz.

În cazul recoltei de boabe obținută din cele 4 variante C, CC, CC1 și CC2 s-a constatat că:

- bioacumularea de cupru din boabe este similară cu cea din paie în cazul plantei *Hordeum spp.* pentru recolte din variante corespondente. Cantitatea de cupru acumulată în țesutul boabelor este de 10 - 12 ori mai mică în cazul plantei *Avena sativa* vs. nivelul de cupru acumulat în paie, pentru variantele corespondente.
- Adaosul de compost a determinat reducerea bioacumulării din boabe de orz. Variația cantității de compost a determinat reduceri direct

proporționale ale cantității de cupru bioacumulate, situate în intervalul 25 - 60%.

- În cazul boabelor de ovăz, compostul utilizat în cantitate de 50 t/ha, pentru fertilizare nu a determinat modificări relevante în bioacumularea de Cu. Bioacumularea de cupru din boabe recoltate de pe această variantă și de pe varianta nefertilizată este similară, ea fiind cuprinsă în domeniul 1,42 – 1,97 mg/kg s.u. Utilizarea dozelor mărite de compost poate determina bioacumularea unor cantități ridicate de cupru în boabe de ovăz de peste 3 mg/kg s.u.

În figura 8.53.este prezentată bioacumularea de fier în paie și boabe de orz și ovăz.

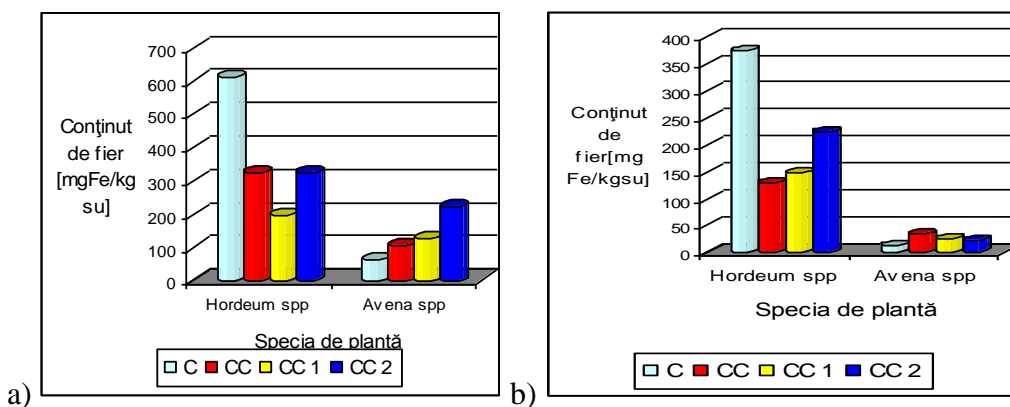


Figura 8.53. Cantități de fier bioacumulate în țesuturi aeriene ale plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* a) paie; b) boabe

Din figura 8.53.a se observă următoarele:

- Cantitatea de Fe bioacumulată în paie de ovăz este cu până la 70% mai redusă decât cea bioacumulată în paie de orz;
- Adăosul de compost a determinat reducerea biodisponibilității fierului în paie, de exemplu s-a redus cantitatea bioacumulată în paie de orz cu până la 50%. Bioacumularea se poate reduce pentru anumite cantități de fertilizant mai mult, așa cum se observă din figură, la valori sub 200 mg/kg s.u.;
- Doza de fertilizant utilizată în experiment influențează metabolismul ovăzului cu privire la nivelul bioacumulării de Fe în paie. Compostul utilizat în cantitate de 50 - 150 t/kg s.u. a determinat majorarea cantității de Fe bioacumulată în paie de orz cu 47-67% vs. cantitatea de Fe bioacumulată în paie recoltate de pe varianta nefertilizată;
- Cantitatea de Fe acumulată în recolte de orz, boabe, de pe varianta nefertilizată este de 312 mg/kg s.u. În cazul adăosului de fertilizant în cantități de 50-150 t/ha s.u. în variantele cultivate cu specia *Hordeum*

- spp se observă din figură că boabele vor acumula cantități mai mici de fier cu 40 - 65% vs. boabele cultivate din varianta nefertilizată;
- În cazul recoltelor de ovăz, se observă că adaosul de compost nu influențează cantitatea bioacumulată în cele 4 variante. În boabele de ovăz acumularea de Fe este cu până la 80% mai mică vs. cantitățile acumulate în boabe de orz recoltate de pe variantele fertilizate, corespondente. Cantitatea de fier bioacumulată în boabe de ovăz, recoltate de pe varianta fertilizată cu doza optimă este de 34,5 mg/kg.

În figura 8.54. este prezentată bioacumularea de mangan în paie și boabe de orz și ovăz.

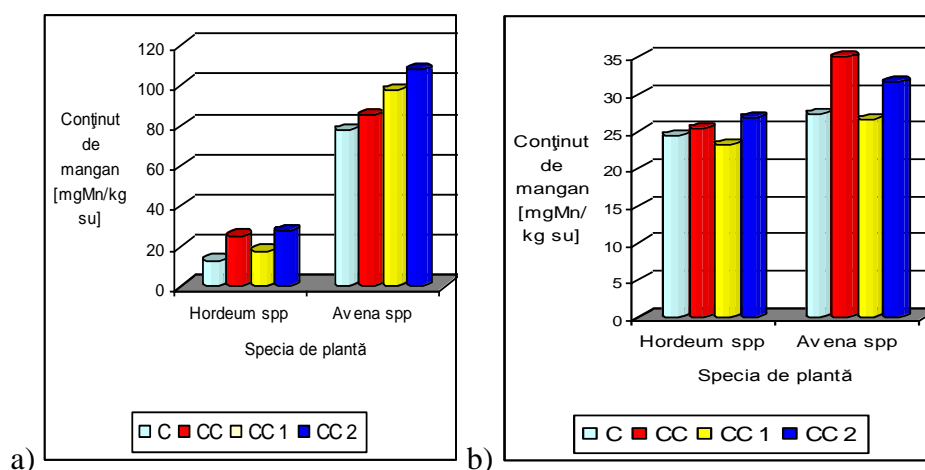


Figura 8.54. Cantități de mangan bioacumulate în țesutul aerian al plantelor din speciile *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* a) paie; b) boabe

Se observă în figura 8.54. următoarele:

- Paiele de ovăz acumulează cantități de 7 ori mai mari de mangan în cazul variantelor nefertilizate, decât plantele de ovăz recoltate de pe variante corespondente;
- Adaosul de agent de fertilizare biosolubilizează manganul. În cazul paielor de orz adaosul de compost în doza optimă a determinat majorarea cantității de mangan bioacumulată cu până la 50% vs. cantitatea acumulată de paie recoltate de pe varianta nefertilizată. Utilizarea unor doze mărite de compost, peste 50 t/ha nu a determinat majorări ale bioacumulărilor de mangan vs, cantitățile bioacumulate în paie recoltate de pe varianta fertilizată cu doza optimă;
- Creșterea dozei de agent de fertilizare a determinat creșterea cantității de mangan bioacumulate în paie de ovăz, cu până la 30 % în cazul utilizării dozei maxime;

8.2. Studii privind procesul de înnierbare a haldelor cu specii de graminee 197

- Cantitatea de Mn acumulată în boabele de ovăz și orz este similară în cele 4 variante experimentale C, CC, CC1 și CC2, fiind cuprinsă în intervalul 25,0-34,5 mg Mn /kg s.u.;
- Comparând datele prezentate în figurile 8.54 a și 8.54 b se constată că în cazul speciei *Hordeum spp* în boabe și paie se acumulează cantități similare de Mn, pe când în cazul speciei *Avena sativa* boabele acumulează cantități cu 40 - 60% mai mici decât în paie.

În figura 8.55. este prezentată bioacumularea de zinc în paie și boabe de orz și ovăz.

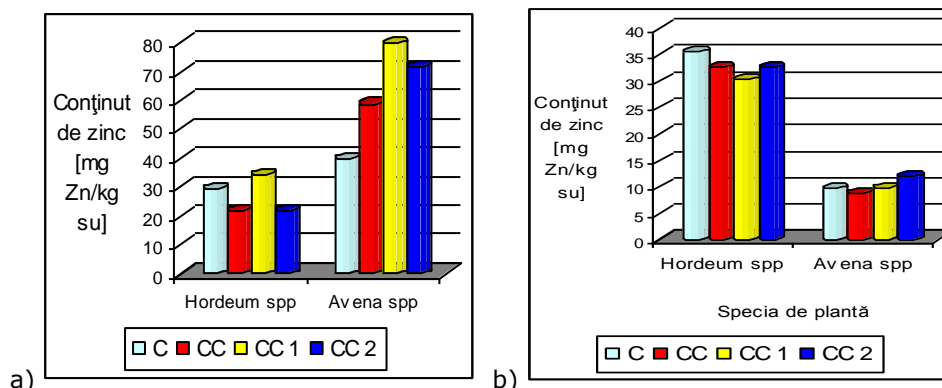


Figura 8.55. Cantități de zinc bioacumulate în țesutul aerian al cerealelor *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe.

Acumularea de Zn din paiele de orz este cuprinsă în domeniul 21,8 – 34,2 mg/kg s.u., pentru recolte de pe toate cele 4 variante experimentale, așa după cum s-a prezentat în figura 8.55.a. Adaosul de compost și apoi variația dozei nu influențează gradul de bioacumulare de zinc în paie de orz.

Se observă din figura 8.55.b că adaosul de compost nu a modificat substanțial cantitățile de zinc bioacumulate în boabe de ovăz sau de orz. Paiele de ovăz recoltate de pe varianta martor, nefertilizată, acumulează zinc la un nivel similar cu paiele de orz cultivate pe cele 4 variante experimentale din dispozitiv. Din figura se observă că specia *Hordeum vulgare* acumulează cantități similare de Zn în boabe și paie. În schimb cantitatea de zinc bioacumulată din boabe de ovăz este de până la opt mai mică decât cea din paie. În cazul în care la variantele experimentale de topsoil se adaugă doze crescătoare de agent de fertilizare, plantele de ovăz au bioacumulat cantități din ce în ce mai mari de zinc. Prin adaosul de compost în cantitate tot mai mare, cantitatea de zinc bioacumulată a crescut cu 25-50 % vs cantitatea bioacumulată în boabe recoltate de pe varianta nefertilizată.

8.2.4.2. Concluzii parțiale

1. S-a determinat o doză optimă de compost de 50 t/ha s.u. prin intermediul căreia a avut loc creșterea concentrației de elemente nutritive în topsol, astfel încât plantele crescute pe această variantă sunt plante bine dezvoltate, care au încheiat regulat și complet ciclul de viață. Cultura de cereale a prezentat un indice de acoperire a suprafeței cultivate suficient pentru instalarea stratului vegetal.

2. Recolta de paie și boabe obținută de pe varianta fertilizată cu doza optimă stabilită de compost se caracterizează prin:

- recolte de paie mai mari pentru culturi de orz decât pentru culturile de ovăz;
- culturile de ovăz au determinat un grad ridicat de acoperire a suprafeței însămânțate mai mare cu indicele de abundență de 45,7% comparativ cu culturile de orz caracterizate de un indicele de abundență de 43,3%;
- recolte de boabe mai mari cu 25% pentru culturi de ovăz decât pentru culturile de orz;

Prin analizarea comparativă a parametrilor biologici, pentru obținerea unor culturi de cereale eficiente atât ca și strat vegetal instalat pe depozitele de zgură și cenușă și a costurilor de instalare și menținere a straturilor vegetale s-a stabilit o doză optimă de agent de fertilizare de 50 t/ha.

Cantitatea de Cu, Cr, Mn Fe și Zn acumulată în boabe și paie de orz și ovăz crește în ordinea $Cr \equiv Cu < Mn \equiv Zn < Fe$.

Domeniile de concentrații ale metalelor bioacumulate în boabe și paie de orz au fost:

- Crom și cupru 3,2 - 4,5 mg/kg;
- Mangan și zinc 21,0 - 32,0 mg/kg;
- Fier 129 - 324 mg/kg;
- Adaosul de agent de fertilizare a determinat reducerea biodisponibilității nichelului și plumbului în sol încât aceste metale nu au mai fost identificate în paie și boabe de orz.

Domeniile de concentrații ale metalelor bioacumulate în boabe de ovăz:

- Crom și cupru 1,8 - 2,1 mg/kg;
- Mangan și zinc 9,0 - 35,0mg/kg;
- Fier 34,5 mg/kg;
- Boabele de ovăz nu acumulează nichel, dar acumulează plumb la un nivel de 2,1 mg/kg, peste limita maximă admisă.

Domeniile de concentrații ale metalelor bioacumulate în paie de ovăz:

- Crom și cupru 8,1 - 13,5 mg/kg;
- Mangan și zinc 59,0 - 85,0 mg/kg;
- Fier 104,5 mg/kg;
- Paiele de ovăz acumulează nichel și plumb, în cantitate de până la 9 mg/kg.

Recolta de boabe și paie de orz de pe varianta fertilizată cu doza optimă de compost se poate utiliza în hrana animalelor, iar recolta de boabe de ovăz se poate utiliza la o nouă însămânțare. Paiele de ovăz trebuie încadrate în categoria deșeurilor periculoase și tratate necondiționat.

8.2.5. Studii comparative privind eficiența de utilizare a compostului pe bază de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen

8.2.5.1. Înnierbarea haldelor de zgură și cenușă cu *Lolium perenne*

8.2.5.1.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante *Lolium perenne*

Studiul experimental se efectuează într-un dispozitiv experimental *Lolium CT* care cuprinde variante de zgură și cenușă fertilizate cu compost în cantități de 50 t/ha s.u. în amestec cu tuf vulcanic nemodificat și modificat în cantitate 5 t/ha. Din analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru plantele graminee însămânțate *Lolium perenne*, comparate cu scara Braun-Blanquet, se observă în tabelul 8.38. următoarele aspecte:

1. Utilizarea tufului indigen nemodificat și modificat ca adaos la o doză de compost de 50 t/kg s.u., a determinat creșterea gradului de răsărire de la 23% la peste 45 %;

2. Indicele de abundență ecologică este în cazul variantelor fertilizate cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf nemodificat sau tuf modificat, de 40,9 - 45,5%. Plantele cresc viguroase și sunt rezistente la condițiile pedoclimatice din zonă. Elementele nutritive și aportul de apă permit obținerea de plante cu indice maxim de vitalitate;

3. Cantitatea de masă verde este de 56,5 g/vas de vegetatie, în cazul variantelor fertilizate cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf nemodificat și de 175,6 g/vas de vegetație în cazul variantei fertilizate cu 50 t/ha compost și 5t/ha tuf modificat. Cantitatea de biomasă crește în cazul variantei fertilizate cu 50 t/ha compost și 5t/ha tuf modificat de 3,2 ori vs. cantitatea obținută pe varianta tratată cu 50 t/ha compost și 5t/ha tuf nemodificat așa cum se prezintă în capitolul 8.2 subcapitolul 8.2.1.1.2.3, figura 8.31.

Tabelul 8.37. Analiza gradului de răsărire, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru plantele graminee *Lolium perenne* după scara Braun-Blanquet.

Nr. crt.	Varianta Experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență ecologică (BraunBlanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
1	C	23,0	Nivel 2 14,9	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate, care se usucă
3	CCT1	45,7	Nivel 3 45,5	Nivel 1- plante care întotdeauna își încheie ciclul de viață;
2	CCT2	45,5	Nivel 3 40,9	Nivel 1- plante care își încheie ciclul de viață;

8.2.5.1.2. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în specia *Lolium perenne*

Cantitățile de metale bioacumulate în părțile aeriene ale plantei din specia *Lolium perenne* studiată în Dispozitivul experimental Lolium CT sunt prezentate în tabelul 8.38. Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile aeriene ale plantelor din specia *Lolium perenne* se acumulează cantități diferite de metale grele.

Tabelul 8.38. Cantități de metale Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn bioacumulate în părțile aeriene ale plantelor *Lolium perenne*

Nr. crt.	Varianta Experimentală	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	14,6	20,0	4753,0	7,5	46,4	29,4
2	CCT1	12,6	19,8	4332,0	4,9	10,1	80,6
3	CCT2	4,9	14,9	4174,2	1,8	6,4	49,9
4	CT1	13,9	24,1	3452,0	7,1	45,2	24,7
5	CT2	9,9	15,2	2174,2	7,6	43,1	26,5

În figura 8.56. sunt prezentate reducerile bioacumulării metalelor din partea aeriană a plantei *Lolium perenne* cultivată pe variante experimentale de zgură și cenușă tratate cu 5 t/ha tuf modificat/nemodificat în prezența/absența a 50 t/ha compost vs. cantitatea de metale acumulate în partea aeriană a plantelor crescute pe varianta netratată.

Se observă că:

- Eficiența de reducere a bioacumulării este cea mai ridicată pentru metalele toxice pe variante experimentale de tuf tratate cu 5 t/ha tuf modificat, în prezența a 50 t/ha compost astfel: pentru cupru s-a stabilit o eficiență de reducere de 30%, pentru crom de 69%, iar pentru plumb de 86%;
- Tratamentul cu 5 t/ha tuf modificat în prezența a 50 t/ha compost este mai puțin eficient în cazul acumulării de Fe de 12%;
- Tratamentul este ineficient pentru fenomenele de transfer de Ni și Zn din sol în țesutul plantei.

Din analiza comparativă a bioacumulărilor de metale prezentată în tabel și în figura 8.56., se observă că în varianta de tratament cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf modificat se obțin cantități mai mici de metale bioacumulate în partea aeriană pentru metalele toxice Cr, Cu, Ni și Pb vs. cantitățile de metale bioacumulate în partea aeriană a recoltelor de pe alte variante. De asemenea se observă că în toate cazurile prezentate bioacumularea de plumb din partea furajeră depășește normele de concentrație în vigoare. Biomasa rezultată nu se poate recicla în sectorul agrozootehnic, ea trebuie încadrată în categoria deșeurilor periculoase.

8.2. Studii privind procesul de înerbare a haldelor cu specii de graminee 201

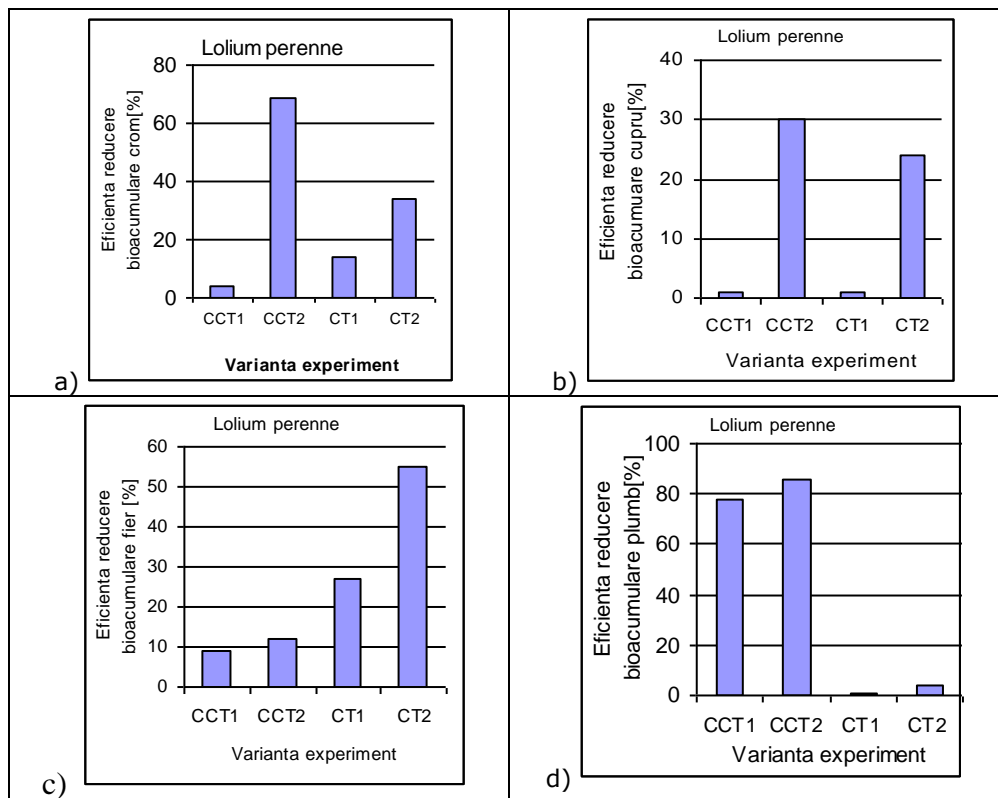


Figura 8.56. Eficiența de reducere a bioacumulării metalelor în părțile aeriene ale plantelor *Lolium perenne* cultivate pe variante topsoil tratate cu 5 t/ha tuf modificat/nemodificat în prezența/absența a 50 t/ha compost vs. cantitatea de metale acumulate în plante crescute pe varianta netratată: a) crom, b) cupru, c) fier, d) plumb.

8.2.5.1.3. Concluzii parțiale

1. Utilizarea tufului indigen nemodificat și modificat ca adaos la o doză de compost de 50 t/kg s.u. a determinat creșterea gradului de răsărire a plantelor graminee *Lolium perenne*, de la 23% la peste 45%.

2. Indicele de abundență ecologică a crescut în cazul culturilor de pe variantele fertilizate cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf nemodificat sau tuf modificat la 40,9 - 45,5%. Plantele au crescut viguroase și au fost rezistente la condițiile pedoclimatice din zonă. Elementele nutritive și aportul de apă au permis obținerea de plante cu indice maxim de vitalitate.

3. În cazul variantei fertilizate cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf modificat cantitatea de biomasă recoltată din specia graminee *Lolium perenne* a crescut de 3,2 ori vs. cantitatea obținută pe varianta tratată cu 50 t/ha compost și tuf nemodificat.

Cantitatea de masă verde obținută în cazul variantei fertilizate cu 50 t/ha compost și 5 t/ha tuf modificat a fost de 175,6 g/vas de vegetație.

Cu toate că tratamentul cu compost și tuf modificat a determinat eficiente ridicate de reducere a bioacumulării de metale pentru cupru de 30%, pentru crom de 69%, iar pentru Pb de 86%. Bioacumularea de plumb din partea furajeră depășește normele de concentrație în vigoare. Biomasa rezultată nu se poate recicla în sectorul agrozootehnic, ea trebuie încadrată în categoria deșeurilor periculoase.

8.2.5.2. Înierbarea haldelor de zgură și cenușă cu cereale din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*

8.2.5.2.1. Evaluarea gradului de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante cereale

Studiul experimental se efectuează în Dispozitivul experimental Cereale CT care cuprinde variante de topsoil fertilizate cu cantități variabile de compost cuprinse în domeniu 50 - 150 t/ha s.u. în amestec cu aceeași cantitate de tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat de 5 t/ha.

În tabelul 8.39. este prezentată analiza gradului de răsărire al plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate, pentru speciile de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, după scara Braun-Blanquet.

Din analiza indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru cerealele însămânțate *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* se observă conform datelor din tabelul nr. 8.39. următoarele aspecte:

1. Tratamentul topsoilului cu cantități variate de compost și o cantitate constantă de tuf vulcanic nemodificat a determinat ca gradul de răsărire să crească proporțional cu doza de compost. În cazul plantelor din specia *Hordeum vulgare*, mărirea dozei de compost a determinat ca gradul de răsărire să crească de la 35,8%, la 55,0%. Plantele *Avena sativa* au avut un grad de răsărire la doza de compost a topsoilului de 50 t/ha de 40,0%. La creșterea dozei de compost la 100 t/ha, gradul de răsărire a crescut la 50%, după care la o supradoză de 150 t/ha compost a ajuns la 56%.

2. Tratamentul solului cu cantități variate de compost și o cantitate constantă de tuf vulcanic modificat, a determinat și în acest caz ca gradul de răsărire să crească proporțional cu doza de compost utilizată în domeniul 50-100 t/ha în cazul plantelor din specia *Hordeum vulgare* de la 40,1% la 58,3%. La o supradoză de 150 t/ha compost, gradul de răsărire a scăzut la 48,0%. Plantele din specia *Avena sativa* s-au caracterizat printr-un grad de răsărire la doza de 50 t/ha de 40,1%. Acesta s-a majorat la valori de 58,3% la utilizare de doze duble de compost pentru fertilizare. La supradoze de compost, gradul de răsărire cu plante s-a redus la 48,0%.

3. Tratamentul cu cantități variate de compost și o cantitate constantă de tuf vulcanic nemodificat a determinat ca gradul de acoperire cu vegetație să crească la doza de compost cuprinsă în domeniul 50 - 100 t/ha în cazul plantelor din specia *Hordeum vulgare* de 54,3 - 55,5%, după care la mărirea dozei a scăzut la 46,9%. În cazul plantei *Avena sativa* gradul de acoperire a crescut la peste 50% pentru doze de compost de 50 t/ha, respectiv 100 t/ha, iar la supradoza de 150 t/ha a ajuns la valori de 56,8%. Tratamentul cu cantități variate de compost și o cantitate constantă de tuf

8.2. Studii privind procesul de îmberbare a haldelor cu specii de graminee 203

vulcanic modificat a determinat ca gradul de acoperire cu vegetație a culturilor obținute la doza de compost de 50 t/ha în cazul plantelor din specia *Hordeum vulgare* de 48,0%, iar în cazul plantei *Avena sativa* la 58,3%.

4. Tuful vulcanic modificat ca adaos la compost a determinat, indiferent de cantitatea de compost utilizată obținerea de culturi cu plante dezvoltate, cu ciclul complet de viață.

Tabelul 8.39. Analiza gradului de răsărire a plantelor, a indicelui de abundență ecologică și a indicelui de vitalitate pentru speciile de cereale *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, după scara Braun-Blanquet

Nr crt.	Varianta experiment	Grad de răsărire [%]	Indice de abundență (Braun-Blanquet) [%]	Indice de vitalitate (Braun-Blanquet)
<i>Hordeum spp</i>				
1	C	23,2	Nivel 2 20,5	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate.
2	CCT1	35,8	Nivel 3 /Nivel 4 54,3	Nivel 2- plante mai slab dezvoltate, care se înmulțesc mai mult vegetativ și nu întotdeauna își încheie ciclul de viață
3	CCT2	40,1	Nivel 3 48,0	Nivel 1- plante dezvoltate, cu ciclul complet de viață
4	CC1T1	52,0	Nivel 4 55,5	Idem
5	CC1T 2	58,3	Nivel 4 53,9	Idem
6	CC2T1	55,0	Nivel 3 46,9	Idem
7	CC2T2	48,0	Nivel 3 44,6	Idem
<i>Avena sativa</i>				
1	C	34,0	Nivel 2 22,7	Nivel 4- plante foarte slab dezvoltate
2	CCT1	40,0	Nivel 3 50,6	Nivel 2- plante slab dezvoltate, care se înmulțesc mai mult vegetativ și nu își încheie ciclul de viață
3	CCT2	45,0	Nivel 3/Nivel 4 58,3	Nivel 1- plante dezvoltate, cu ciclul complet de viață;
4	CC1T1	50,0	Nivel 3 /Nivel 4 50,7	Idem
5	CC1T2	56,0	/Nivel 4 73,1	Idem
6	CC2T1	45,0	Nivel 4 56,4	Idem

5. Doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat, s-a stabilit potrivit valorilor indicatorilor biologici pe de o parte și în concordanță cu prețuri de cost accesibile pentru lucrările agricole necesare:

- Varianta A la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf nemodificat sau
- Varianta B la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf modificat

6. Varianta B prezintă costuri suplimentare datorate costurilor procesului de obținere a tufului vulcanic modificat, dar a determinat valori superioare ale parametrilor biologici.

8.2.5.2.2. Influența aplicării tratamentelor cu tuf vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă obținută la specia *Avena sativa*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental CT *Avena sativa* se realizează prin Testul F; Testul Duncan și Testul Student.

8.2.5.2.2.1 Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*

În tabelul 8.40. este prezentată analiza variantei optime de fertilizare cu compost prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat utilizat ca fertilizant în cultura de plante *Avena sativa* din Dispozitivul experimental cereale CT

Tabelul 8.40. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*.

Nr. crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	8,834	16,191	1,775	
2	Factor A	5	287,570	57,515	12,616	***
3	Eroare	10	45,589	4,559		
4	Total	17	349,350			

Conform Testului F, din ultima coloana a tabelului 8.40., se observă că între cele 6 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele experimentale.

8.2.5.2.2.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*

În tabelul 8.41, este prezentată aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat utilizate în tratamentul toposolului, în cultura de *Avena sativa*, din Dispozitivul experimental cereale CT Avena.

Analizând datele rezultate prin aplicarea testului Duncan, se observă că în urma comparațiilor prezentate în tabelul 8.41, au rezultat clasele A - D. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la varianta CC1T2 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care face parte din clasa A, urmată de varianta CC2T1- (zgură și cenușă + 150 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) care face parte din clasa AB.

Tabelul 8.41. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*

Nr. crt	Date originale	Date sortate
1	C = 14,17 D	CC1T2 = 26,90 A
2	CCT1 = 19,53 C	CC2T1 = 24,30 AB
3	CCT2 = 22,37 BC	CCT2 = 22,37 BC
4	CC1T1 = 20,70 BC	CC1T1 = 20,70 BC
5	CC1T2 = 26,90 A	CCT1 = 19,53 C
6	CC2T1 = 24,30 AB	C = 14,1 D

Urmează variantele CCT2 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat) și CC1T1 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) care face parte din clasa BC. În continuare urmează varianta CCT1 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat), care face parte din clasa C. Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C (zgură și cenușă și nefertilizată), care face parte din clasa D.

8.2.5.2.2.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în cultura de plante *Avena sativa*

În tabelul 8.42. este prezentată semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută din Dispozitivul experimental cereale CT Avena de pe variantele experimentale fertilizate, față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală nefertilizată, martor.

DL 5% = 3,88 g; DL 1% = 5,52g; DL 0,1% = 7,99 g.

Tabelul 8.42. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținută din Dispozitivul experimental cereale CT Avena de pe variantele experimentale fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată

Nr. crt.	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă		Diferența vs. martor [g]	Semnificația
		[g/vas de vegetație]	[%]		
1	C	14,17	100,0	martor	
2	CCT1	19,5	137,8	5,3	*
3	CCT2	22,3	157,9	8,2	***
4	CC1T1	20,7	146,1	6,5	**
5	CC1T2	26,9	189,8	12,7	***
6	CC2T1	24,3	171,5	10,1	***

Cantitatea de biomasă medie este de 21,328 g/vas de vegetație.

Conform coeficientului de variație de 10,01%, cantitatea de biomasă are o variație mijlocie

$$10\% < cv < 20\%$$

În urma comparării cantităților de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată (C) luată ca martor, a rezultat superioritatea cantității de biomasă a :

- variantelor CCT2, CC1T2 și CC2T1 care au fost foarte semnificative;
- variantei CC1T1 care a fost distinct semnificativă;
- variantei CCT1 care a fost semnificativă.

În Figura 8.57. este prezentată eficiența de creștere a cantității de biomasă, obținută din cele 5 variante urmărite în Dispozitivul experimental CT Avena, în funcție de tipul de tratament aplicat pentru fertilizarea tosolului vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta martor, netratată.

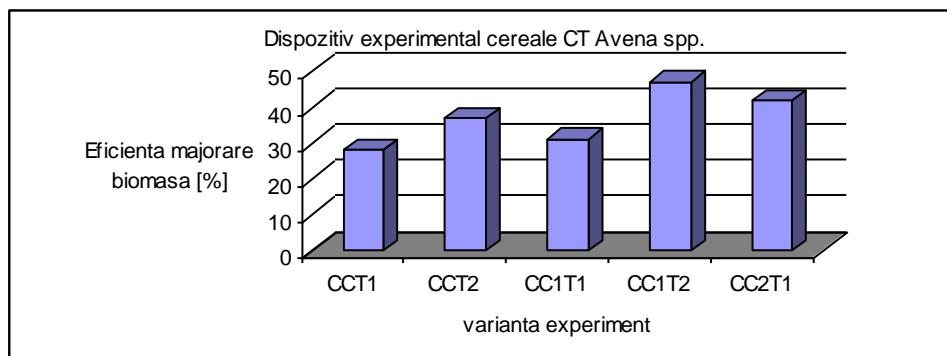


Figura 8.57. Influența tipului de tratament efectuat cu compost în prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultată vs. cantitatea de biomasă obținută pe varianta netratată

Se observă în figura 8.57. că adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu doza de compost de 50 t/ha, a determinat o recoltă de biomasă cu 22,5% mai mare față de cantitatea recoltată de pe suprafața nefertilizată și netratată cu tuf. De asemenea se observă din figură că în cazul în care cantitatea de compost a crescut la 100 t/ha, respectiv 150 t/ha cultura de plante obținută prezintă cantități recoltate similare, comparativ cu cantitatea recoltată de pe topsoilul tratat cu doza de 50 t/ha (varianta CCT1). Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în cantitate de 5t/ha în amestec cu doza de 50 t/ha compost, a determinat o recoltă de biomasă cu 30% mai mare față de cantitatea recoltată de pe topsoilul netratat. Din figură se observă că în cazul în care cantitatea de compost utilizată se dublează de la 50 t/ha la 100 t/ha, cantitatea de biomasă recoltată a crescut, fiind cu 38,7% mai mare față de cantitatea recoltată de pe topsoilul netratat.

8.2.5.2.3. Influența aplicării tratamentelor cu compost în amestec cu tuf vulcanic asupra recoltelor de boabe de ovăz

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental cereale CT Avena se realizează prin Testul F; Testul Duncan și Testul Student.

8.2.5.2.3.1. Aplicarea Testului F privind influența variantelor de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în recolta de boabe rezultate din specia *Avena sativa*

În tabelul 8.43. este prezentată analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în funcție de cantitatea de boabe recoltate din cultura de cereale *Avena sativa*.

Tabelul 8.43. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în funcție de cantitatea de boabe recoltate, din cultura de cereale *Avena sativa*

Nr. crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	2,08	1,041	0,521	
2	Factor A	5	469,67	93,935	47,095	***
3	Eroare	10	19,94	1,995		
4	Total	15	491,70			

Conform Testului F, din ultima coloana a tabelului 8.43. se observă că între cele 6 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte mari, semnificative, în ceea ce privește cantitatea de boabe recoltată de pe variantele fertilizate.

8.2.5.2.3.2. Aplicarea Testului Duncan privind influența variantelor de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultate din specia *Avena sativa*

În tabelul 8.44. este prezentată stabilirea prin calcul statistic a variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat, în cultura de plante din specia *Avena sativa* prin aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, pentru calcul sunt utilizate date rezultate din Dispozitivul experimental CT Avena

Analizând datele rezultate la aplicarea din Testului Duncan, se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A - E. Cea mai mare cantitate de boabe s-a obținut la varianta CC1T2 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf modificat) care face parte din clasa A, urmată de varianta CC2T1 (zgură și cenușă + 150 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat), care face parte din clasa B. Urmează variantele CCT2 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat) și CC1T1 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) din clasa BC respectiv clasa CD, apoi varianta CCT1 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) care face parte din clasa D.

Tabelul 8.44. Aplicarea Testului Duncan la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra recoltei de boabe, din culturile de cereale *Avena sativa*

Nr. crt	Date originale	Date sortate
1	C = 3,13 E	CC1T2 = 19,27 A
2	CCT1 = 13,30 CD	CC2T1 = 16,43 B
3	CCT2 = 11,43 D	CCT2 = 15,40 BC
4	CC1T1 = 16,43 B	CC1T1 = 13,30 CD
5	CC1T2 = 19,27 A	CCT1 = 11,43 D
6	CC2T1 = 15,40 BC	C = 3,13 E

Cea mai mică cantitate de biomasă s-a obținut la varianta C (cenușă nefertilizată) care face parte din clasa E.

8.2.5.2.3.3. Aplicarea Testului Student pentru stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat în recolta de boabe din cultura *Avena sativa*

În tabelul 8.45. este prezentată semnificația diferențelor dintre cantitățile de boabe obținute de pe variantele experimentale fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta experimentală martor din Dispozitivul experimental cereale CT Avena

Tabelul 8.45. Semnificația diferențelor dintre cantitățile de boabe obținute de pe variantele experimentale fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta experimentală martor din Dispozitivul experimental cereale CT Avena

Nr. crt.	Varianta experiment	Cantitatea de boabe		Diferența vs. martor [g]	Semnificație
		[g/vas de vegetație]	[%]		
1	C	3,13	100,0	martor	
2	CCT1	13,30	424,9	10,17	***
3	CCT2	11,43	365,2	8,30	***
4	CC1T1	16,43	524,9	13,30	***
5	CC1T2	19,27	615,7	16,14	***
6	CC2T1	15,40	492,0	12,27	***

În urma comparării cantităților de boabe obținută de pe variantele experimentale fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată martor, a rezultat superioritatea cantității de boabe rezultată de pe variantele CCT1, CCT2, CC1T1, CC1T2 și CC2T1, ca foarte semnificative.

Cantitatea medie de boabe a fost de 13,161 g/vas de vegetație. Coeficientul de variație a fost de 10,73%. Conform coeficientului de variație de 10,7%, cantitatea de boabe are o variație mijlocie:

$$10\% < cv < 20\%$$

Valorile DL sunt următoarele : DL 5% = 2,57 g; DL 1% = 3,65 g; DL 0,1% = 5,29 g.

În Figura 8.58. este prezentată eficiența de creștere a cantității de boabe, obținută din cele 5 variante urmărite în Dispozitivul experimental CT Avena, în funcție tipul de tratament aplicat pentru fertilizarea topsolului vs. cantitatea de boabe obținută pe varianta netratată.

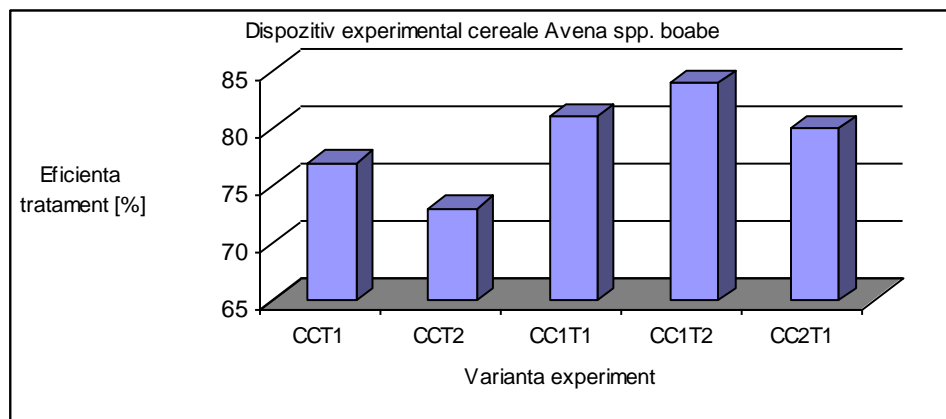


Figura 8.58. Influența tipului de tratament cu compost în prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de ovăz recoltate vs. cantitatea de boabe recoltată de pe varianta netratată

Se observă din figura 8.58. că adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat/modificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul 50 t/ha, (variantele CCT1 și varianta CCT2), a determinat o cantitate de boabe cu 73 - 74% mai mare față de cantitatea recoltată de pe suprafața netratată (variantele C). De asemenea se observă în figură că în cazul în care cantitatea de compost se dublează, cantitatea de boabe recoltată de pe variantele CC1T1 și varianta CC1T2 este cu 79 - 84% mai mare, comparativ cu cantitatea de boabe obținute în cazul variantei netratate. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu compostul, a determinat obținerea celor mai mari cantități de boabe de ovăz recoltate. De asemenea se observă din figură că în cazul în care cantitatea de compost se mărește la 150 t/ha cantitatea de boabe recoltate nu a mai crescut, ea este similară cu cantitatea recoltată de pe variantele fertilizate cu 100 t/ha compost în amestec cu tuf.

8.2.5.2.4. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare asupra cantității de biomasă obținută din cultura de *Hordeum vulgare*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental CT *Hordeum* se realizează prin Testul F, Testul Duncan și Testul Student

8.2.5.2.4.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultată în cultura de plante din specia *Hordeum vulgare*

În tabelul 8.46. este prezentată analiza varianței optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă

8.2. Studii privind procesul de înnierbare a haldelor cu specii de graminee 211

în cultura de plante din specia *Hordeum vulgare*, obținută în Dispozitivul experimental CT Hordeum.

Tabelul 8.46. Analiza varianței optime de tratare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat vs. cantitatea de biomasă rezultată din cultura de cereale din specia *Hordeum vulgare*

Nr. crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	46,3	23,17	1,166	
2	Factor A	6	9324,9	1554,15	78,197	***
3	Eroare	12	238,4	19,87		
4	Total	20	9609,8			

Conform testului F, prezentat în tabelului 8.46. se observă că între cele 7 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de paie, rezultată de pe aceste variante experimentale.

8.2.5.2.4.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă rezultate din cultura de cereale *Hordeum vulgare*

În tabelul 8.47. este prezentat calculul statistic privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de biomasă în cultura de cereale *Hordeum vulgare* din Dispozitivul experimental CT Hordeum prin aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%.

Tabelul 8.47. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat, asupra cantității de biomasă rezultată din cultura de cereale *Hordeum vulgare*

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 14,43 D	CC1T2 = 73,87 A
2	CCT1 = 20,30 D	CC2T1 = 66,47 AB
3	CCT2 = 61,10 B	CCT2 = 61,10 B
4	CC1T1 = 45,53 C	CC1T1 = 45,53 C
5	CC1T2 = 40,73 C	CC1T2 = 40,73 C
6	CC2T1 = 66,47 AB	CCT1 = 20,30 D
7	CC2T2 = 73,87 A	C = 14,43 D

Analizând datele din Testul Duncan se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A - D. Cea mai mare cantitate de biomasă s-a obținut la varianta CC1T2 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care face parte din clasa A, urmată de varianta CC2T1 (zgură și cenușă + 150 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat), care face parte din clasa AB. Urmează variantele CCT2 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care face parte din clasa B. În continuare se analizează cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta CC1T1 (zgură

și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) și varianta CC1T2 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf modificat) care fac parte din clasa C. Urmează varianta CCT1 din care a rezultat cantitatea de biomasă următoare (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) și cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta C, netratată care fac parte din clasa D.

8.2.5.2.4.3. Aplicarea Testului Student privind stabilirea prin calcul statistic a variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic cereale *Hordeum vulgare*

În tabelul 8.48. este prezentată semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale fertilizate vs. cantitatea de biomasă obținută de pe varianta (C) luată ca martor, din Dispozitivul experimental CT Hordeum

Tabelul 8.48. Semnificația diferențelor cantităților de biomasă obținută de pe variantele experimentale fertilizate față de cantitatea de biomasă obținută de pe varianta nefertilizată din Dispozitivul experimental CT Hordeum

Nr. crt.	Varianta experiment	Cantitatea de biomasă		Diferența de biomasă vs. martor [g]	Semnificația
		[g/vas vegetație]	[%]		
1	C	14,43	100,0	martor	
2	CCT1	20,30	140,7	5,87	
3	CCT2	61,10	423,4	46,67	***
4	CC1T1	45,53	315,5	31,10	***
5	CC1T2	40,73	282,3	26,30	***
6	CC2T1	66,47	460,6	52,04	***
7	CC2T2	73,87	511,9	59,44	***

Valorile pentru mărimile DL sunt: DL 5% = 7,93 g; DL 1% = 11,12g; DL 0.1% = 15,72g

În urma comparării cantităților biomasei rezultate de pe variantele fertilizate cu cea rezultată pe varianta martor a rezultat că:

- sporul cantității de biomasă obținut la variantele CCT2, CC1T1, CC1T2, CC2T1 și CC2T2 a fost foarte semnificativ;
- sporul cantității de biomasă obținut de varianta CCT1 nu este asigurat statistic.

Conform coeficientului de variație care a fost determinat prin calcul la valoarea de 9,7%, cantitatea de biomasă are o variație mică ($cv < 10\%$).

În Figura 8.59. este prezentată majorarea cantităților de biomasă, obținută din cele 7 variante urmărite în Dispozitivul experimental CT Hordeum, în funcție tipul de tratament aplicat vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta nefertilizată.

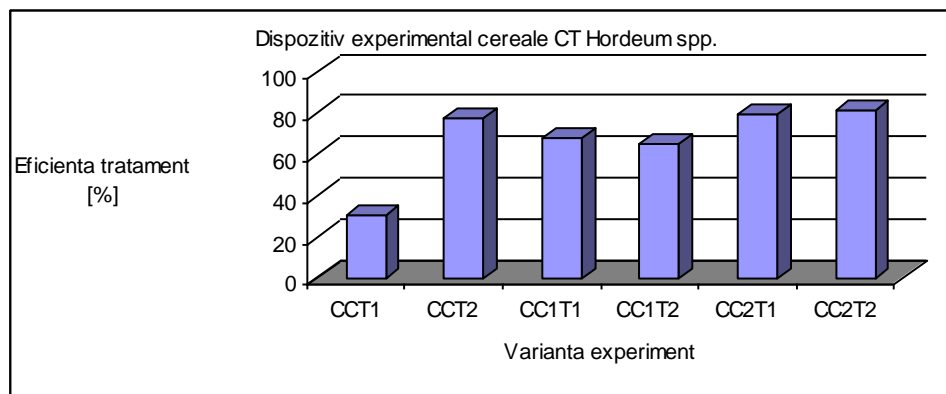


Figura 8.59. Influența tipului de tratament cu compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat pentru fertilizarea topsolului, asupra cantității de biomasă, vs. cantitatea de biomasă rezultată de pe varianta nefertilizată

Se observă din figura 8.59. că adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul, aplicat în doză optimă de 50 t/ha (varianta CCT1), a determinat o cantitate recoltată de biomasă cu 29% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată, varianta C. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul aplicat în doză optimă, a determinat o cantitate recoltată de biomasă cu 76% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată.

De asemenea se observă în figură că în cazul în care cantitatea de compost se dublează, cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele CC1T1 și varianta CC1T2 este cu 65,0-68,5% mai mare comparativ cu cantitatea biomasei obținute de pe varianta netratată. Cantitatea de biomasă este similară cu cantitatea de biomasă care a rezultat de pe varianta fertilizată cu doza de 50 t/ha compost în amestec cu tuf modificat. Din figură se observă că în cazul în care cantitatea de compost se mărește la 150 t/ha, cantitatea de biomasă recoltată crește cu 80% față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu compost a determinat obținerea de recolte mai mari vs. recoltele rezultate de pe alte variante din acest dispozitiv experimental.

În Figura 8.60. sunt determinate grafic ecuațiile de gradul 2, $Y = f(x^2)$, privind variația parametrului Y, cantitatea de biomasă vs. parametrul x, cantitatea de compost aplicat, pentru fertilizare, în absența/prezența tufului vulcanic modificat.

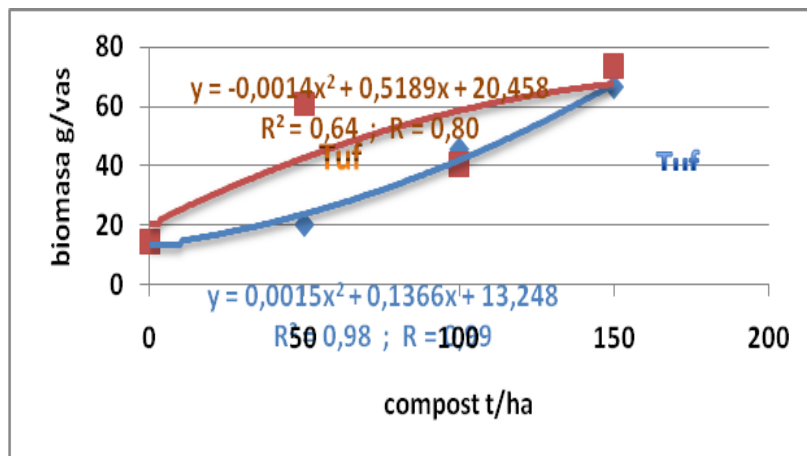


Figura 8.60. Determinarea grafică a ecuațiilor de gradul 2, $Y = f(x^2)$ privind variația parametrului Y, cantitatea de biomasă vs. parametrul x, cantitatea de compost, în prezența tufului vulcanic modificat/nemodificat.

Corelația dintre cantitatea de compost (t/ha) aplicat pe cenușă și cantitatea de biomasă rezultată (g/vas), la utilizarea celor două tipuri de tuf vulcanic, este prezentată în figura 8.60

Se observă în figură că adaosul de tuf nemodificat în amestec cu compostul prezintă o corelare foarte bună cu cantitatea de biomasă rezultată din cultura de cereale *Hordeum vulgare*, $R = 0,99$ și $R^2 = 0,98$.

8.2.5.2.5. Influența aplicării tratamentelor de fertilizare cu compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale *Hordeum vulgare*

Prelucrarea statistică a datelor obținute din studiile experimentale efectuate în Dispozitivul experimental CT *Hordeum*, se realizează prin Testul F, Testul Duncan și Testul Student

8.2.5.2.5.1. Aplicarea Testului F privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de cereale *Hordeum vulgare*

În tabelul 8.49. este prezentată analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de orz, obținută prin prelucrarea datelor experimentale rezultate din Dispozitivul experimental CT *Hordeum*.

8.2. Studii privind procesul de înlăburare a haldelor cu specii de graminee 215

Tabelul 8.49. Analiza variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale *Hordeum vulgare*

Nr. crt	Sursa	Grad de libertate	Sumă pătrate	Varianta S ²	Test F	
					Valoarea	Semnificație
1	Repetiția	2	2,28	1,143	0,747	
2	Factor A	6	326,37	54,395	35,565	***
3	Eroare	12	18,35	1,529		
4	Total	20	347,01			

Conform Testului F se observă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de boabe obținută de pe variantele componente ale Dispozitivului experimental CT Hordeum

8.2.5.2.5.2. Aplicarea Testului Duncan privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe de cereale *Hordeum vulgare*

În tabelul 8.50. este prezentat calculul statistic privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultată din specia *Hordeum vulgare*. Testului Duncan se efectuează la nivel de 5%. Calculul statistic se aplică datelor rezultate din variantele experimentale, componente ale Dispozitivului experimental CT Hordeum.

Tabelul 8.50. Aplicarea Testului Duncan, la nivel de 5%, privind stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultată în cultura de cereale *Hordeum vulgare*.

Nr.crt	Date originale	Date sortate
1	C = 0,01 D	CC1T2 = 13,17 A
2	CCT1 = 7,70 C	CC2T2 = 11,43 AB
3	CCT2 = 9,36 BC	CC1T1 = 10,70 B
4	CC1T1 = 10,70 B	CCT2 = 9,36 BC
5	CC1T2 = 13,17 A	CC2T1 = 8,20 C
6	CC2T1 = 8,20 C	CCT1 = 7,70 C
7	CC2T2 = 11,43 AB	C = 0,01 D

Analizând datele din Testul Duncan se observă că în urma comparațiilor au rezultat clasele A - D. Cea mai mare cantitate de boabe s-a obținut la varianta CC1T2 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care face parte din clasa A, urmată de varianta CC2T2 (zgură și cenușă + 150 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care face parte din clasa AB. Urmează cantitatea de boabe rezultată de pe variantele CC1T1 (zgură și cenușă + 100 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat) și CCT2 (zgură și cenușă + 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat), care fac parte din clasa BC și cantitatea de boabe obținută pe varianta CC2T1 (zgură și cenușă + 150 t/ha compost amestecat cu tuf nemodificat), care face parte din clasa C. Urmează cantitatea de boabe obținută pe varianta CCT1 (zgură și cenușă + 50 t/ha

compost amestecat cu tuf nemodificat), care face parte din clasa C și cantitatea de boabe obținută pe varianta C, din clasa D.

8.2.5.2.5.3. Aplicarea Testului Student pentru stabilirea variantei optime de fertilizare cu compost în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat asupra cantității de boabe rezultată în cultura de cereale *Hordeum vulgare*.

În tabelul 8.51. este prezentată semnificația diferențelor dintre cantitățile de biomasă obținută de pe variantele experimentale de zgură și cenușă fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta experimentală de zgură și cenușă nefertilizată.

Tabelul 8.51. Semnificația diferențelor cantităților de boabe rezultate din cultura de cereale *Hordeum vulgare*, obținută de pe variantele fertilizate vs. cantitatea de boabe obținută de pe varianta nefertilizată

Nr. crt.	VARIANTĂ experiment	Cantitatea de biomasă [g/vas vegetație]	Diferența de biomasă vs martor [g]	Semnificația
1	C	0	0	
2	CCT1	7,7	7,7	***
3	CCT2	9,3	9,3	***
4	CC1T1	10,7	0,7	***
5	CC1T2	13,1	13,1	***
6	CC2T1	8,2	8,2	***
7	CC2T2	11,4	11,4	***

Valorile DL sunt: DL 5% = 2,2 g; DL 1% = 3,1 g; DL 0,1% = 4,36 g.

În urma comparării cantității de boabe rezultate de pe variantele fertilizate cu cantitatea rezultată pe varianta martor a rezultat că :

- sporul cantității de boabe obținut la variantele CCT2, CC1T1, CC1T2, CC2T1 și CC2T2, este foarte semnificativ;
- sporul cantității de boabe obținut de pe varianta CCT1 nu este asigurat statistic.

Coeficientul de variație stabilit a fost: 14,29%. Conform coeficientului cantitatea de boabe are o variație mijlocie:

$$10\% < cv < 20\%$$

Se observă din tabelul 8.51. că adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compost la doza optimă de 50 t/ha, a determinat o

8.2. Studii privind procesul de înerbare a haldelor cu specii de graminee 217

cantitate medie recoltată de boabe de orz de 7,7 g/vas de vegetație, în timp ce de pe suprafața nefertilizată și netratată cu tuf (variante C) nu s-au recoltat boabe. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul (variante CCT2), a determinat o formare a unei cantități medii mai mari decât în cazul precedent, de boabe de 9,4 g/vas de vegetație. De asemenea se observă din tabel că în cazul în care cantitatea de compost se dublează, cantitatea de boabe recoltată de pe variantele CC1T1 și varianta CC1T2 a crescut la valori cuprinse în domeniul 10,7 - 13,2 g/vas de vegetație. Mai mult se observă din tabel că în cazul în care cantitatea de compost se mărește la 150 t/ha, cantitatea de boabe recoltată nu se majorează, ci rămâne în domeniul similar cu cel care a fost recoltat de pe variante tratate cu cantități de compost de 100 t/ha cu adaos de tuf. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu fertilizantul organic, compostul, a determinat cantitățile cele mai mari de boabe recoltate din acest dispozitiv.

În Figura 8.61. sunt determinate grafic ecuațiile de gradul 2, $Y = f(x^2)$ privind variația parametrului Y, cantitatea de boabe rezultate din cultura de *Hordeum vulgare* vs. parametrul x, cantitatea de compost aplicată pentru fertilizare, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat

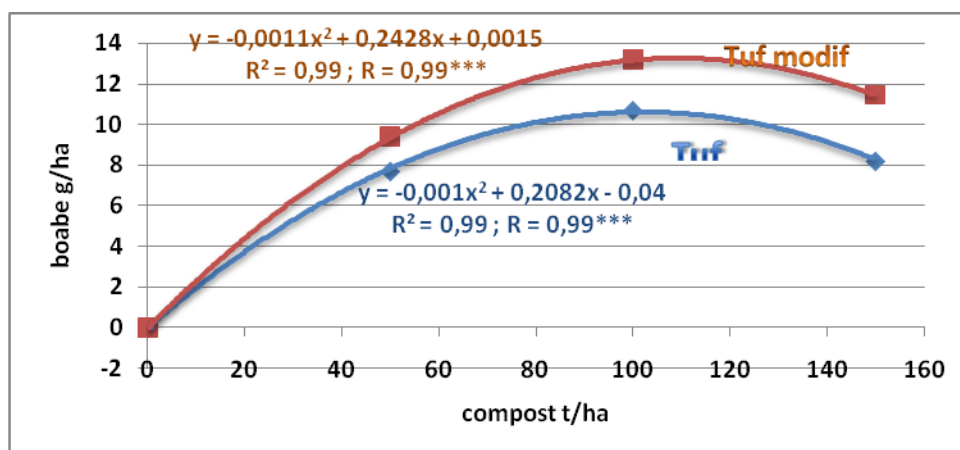


Figura 8.61. Determinarea grafică a ecuațiilor de gradul 2, $Y = f(x^2)$, privind variația parametrului Y, cantitatea de boabe rezultate din cultura de *Hordeum vulgare*, vs. parametrul x, cantitatea de compost aplicată pentru fertilizare, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat

Corelata între cantitatea de compost (t/ha) aplicat pe cenușă și cantitatea de boabe recoltate (g/vas), la utilizarea cele două tipuri de tuf vulcanic, este prezentată în figura 8.61.

Se observă în figură că adaosul de tuf nemodificat sau modificat în amestec cu compostul prezintă o corelare foarte bună cu cantitatea de boabe rezultate din cultura de cereale *Hordeum vulgare*, prin $R=0,99$ și $R^2 = 0,99$.

8.2.5.2.6. Studii comparative privind gradul de bioacumulare de metale grele în cereale

Analiza diferitelor părți ale plantelor arată faptul că în țesuturile vegetale ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*, se acumulează cantități diferite de metale grele.

Cantitățile de metale Ni și Pb bioacumulate în paie și boabele plantelor *Hordeum vulgare* și *Avena sativa* sunt prezentate în tabelul 8.52.

Tabelul 8.52. Cantități de metale Ni și Pb bioacumulate în partea aeriană, paie și boabe de plante din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*

Nr.crt.	Varianta Experiment	Conținut de metale grele [mg/kg s.u.]			
		Ni		Pb	
		paie	boabe	paie	boabe
<i>Hordeum spp</i>					
1	C	3,3	1,72	5,7	-
2	CCT1	sld	sld	sld	sld
3	CCT2	0,4	sld	sld	sld
4	CC1T1	sld	sld	sld	sld
5	CC1T2	sld	sld	sld	sld
6	CC2T1	sld	sld	sld	sld
7	CC2T2	sld	sld	sld	sld
<i>Avena spp</i>					
1	C	3,4	3,2	8,3	6,3
2	CCT1	1,4	1,2	0,2	sld
3	CCT2	4,5	4,0	sld	sld
4	CC1T1	1,5	0,9	0,4	sld
5	CC1T2	4,5	4,0	sld	sld
6	CC2T1	1,7	1,1	sld	sld
7	CC2T2	2,5	1,7	sld	sld

Se remarcă din tabelul 8.52. că planta *Hordeum spp* acumulează metale Ni și Pb în paie și boabe în cazul când ea crește pe variante experimentale de zgură și cenușă netratată. Tratamentul aplicat cu fertilizant organic, compost și amendament tuf vulcanic indigen modificat/nemodificat a determinat ca bioacumularea acestor metale în paie și boabe să se diminueze de așa manieră încât să fie sub limita de detecție.

În cazul plantei *Avena sativa* se acumulează metale Ni și Pb în paie și boabe în cazul când ea crește pe variante experimentale de zgură și cenușă netratată. Cantitățile bioacumulate de ovăz sunt mai ridicate decât cantitățile bioacumulate în țesutul plantei *Hordeum vulgare*, așa după cum se observă în tabelul 8.51. Tratamentul aplicat cu tuf vulcanic nemodificat/modificat ca adaos la diferite cantități de compost poate reduce sau din contră poate majora cantitatea de metale din paie și boabe, astfel:

- Cantitățile de nichel bioacumulate în paie și boabe nu depășesc 5 mg/kg s.u.
- Cantitățile de plumb bioacumulate în boabele de ovăz însă se reduc la valori sub 0,5 mg/kg s.u. (limita maximă admisă pentru hrana omului și a animalelor) pentru

anumite variante de tratare și în unele culturi de plante ele nu mai sunt detectate prin analize de absorbție atomică.

În figura 8.62. sunt prezentate bioacumulările de crom în paie și boabe de orz și ovăz.

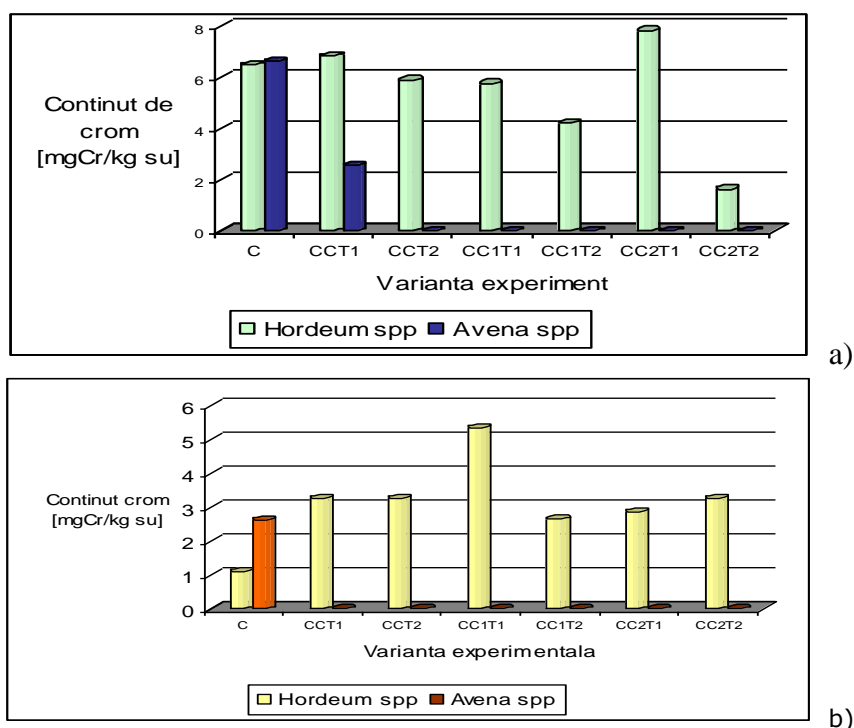


Figura 8.62. Cantitățile de crom bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe

În cazul cerealei orz, cromul se acumulează atât în paie cât și în boabe în toate cazurile studiate. Așa după cum se observă din figura 8.62. majorarea dozei de compost peste cea optimă și adaosul de tuf poate avea efect antagonic sau sinergetic în bioacumulare de crom în boabe sau paie. În recoltele de paie obținute de pe variante tratate cu doza optimă de compost și tuf nemodificat/modificat se acumulează între 6,1 - 7,5mg Cr/kg s.u., iar în recoltele de boabe se acumulează cantități mai reduse de metal, cuprinse în intervalul 3,4 - 4,9 mg/kg s.u. Cantitatea de crom acumulată în paie sau boabe de cereale nu este limitată prin norme interne sau UE până în prezent.

Se observă din figura 8.62. că metalul crom se acumulează în boabe și paie de ovăz recoltate de pe variantele experimentale de zgură și cenușă netratate. O acumulare redusă de crom se mai identifică în paiele de ovăz recoltate de pe varianta tratată cu 50 t/ha compost în amestec cu tuf nemodificat. În acest caz acumularea de crom se reduce de până la 3 ori vs cantitatea bioacumulată în paie recoltate de pe varianta netratată. Cantitatea care a fost determinată în acest caz este de 2 mg/kg s.u.

Cromul nu se mai acumulează la limita de detecție în paie și boabe de ovăz, recoltate de pe variantele experimentale de zgură și cenușă studiate, tratate cu doze cuprinse între 100 - 150 t/ha compost și tuf nemodificat și nici în recoltele obținute de pe variantele experimentale de zgură și cenușă tratate cu doze cuprinse între 50 - 150 t/ha compost și tuf modificat.

În figura 8.63. sunt prezentate bioacumulările de cupru în paie și boabe de orz și ovăz.

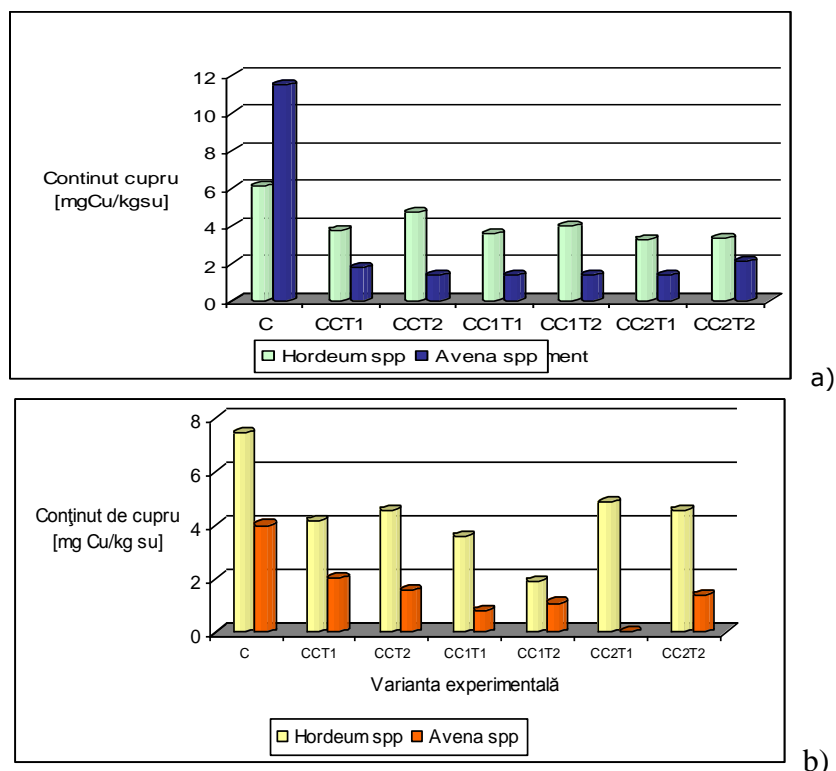


Figura 8.63. Cantitățile de cupru bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*; a) paie; b) boabe.

Se observă în figura 8.63. că metalul cupru se acumulează în cantitățile cele mai ridicate în boabe și paie de orz și ovăz recoltate din variantele netratate cu agenți de fertilizare și amendamente, componente ale Dispozitivului experimental Cereale CT. De remarcat însă că în recoltele de paie obținute de pe variantele experimentale de zgură și cenușă tratate, cantitatea de cupru se reduce. Astfel la recoltele de paie de orz rezultate de pe variante tratate cu doza optimă de compost și tuf, cantitatea bioacumulată se reduce cu 25%. Recoltele rezultate de pe celelalte variante au prezentat reduceri ale bioacumulărilor de cupru între 25 - 35% în funcție de tratamentul

8.2. Studii privind procesul de înnierbare a haldelor cu specii de graminee 221

aplicat, astfel utilizarea unei cantități maxime de compost de 150 t/ha s.u., a determinat reducerile situate la partea superioară a intervalului de reducere.

Recoltele de paie de ovăz rezultate de pe variante tratate au prezentat reduceri ale bioacumulărilor de cupru între 75 - 85% în funcție de tratamentul aplicat vs. cantitatea bioacumulată în paie de ovăz rezultate de pe variante netratate.

Cantitatea de cupru acumulată în boabe de orz este similară cu cantitatea acumulată în paie, în cazul recoltelor rezultate de pe variante de zgură și cenușă tratate identic. Cantitatea de cupru acumulată în boabe de ovăz s-a redus între 20 - 90% în funcție de tratamentul aplicat vs. cantitatea de cupru acumulată în boabe de ovăz rezultată de pe variante netratate. Cantitatea de cupru acumulată în paie și boabe ale plantelor recoltate de pe variante tratate cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat sau modificat este de $4,2 \pm 0,4$ mg/kg s.u. Cantitatea de cupru acumulată în paie sau boabe de cereale nu este limitată prin norme interne sau UE existente în prezent.

În figura 8.64. sunt prezentate bioacumulările de fier în părțile aeriene ale cerealelor, paie și boabe de orz și ovăz

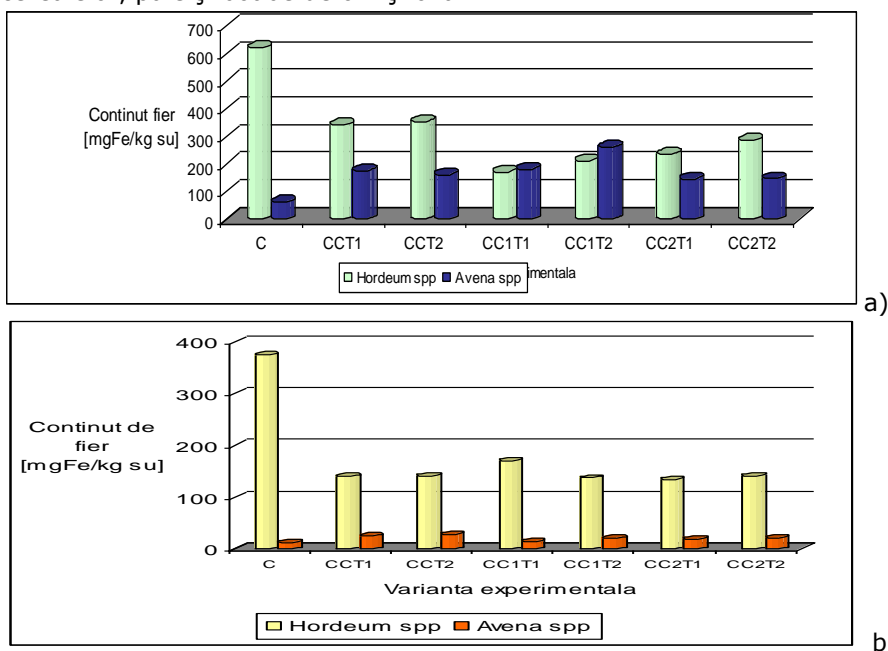


Figura 8.64. Cantitățile de fier bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe.

Se observă din figura 8.64. că în cazul orzului fierul se acumulează în cantități mari în recoltele rezultate de pe variantele experimentale de zgură și cenușă netratate: în boabe s-au înregistrat bioacumulări de până la 390 mg/kg s.u. și în paie acumulări de până la 600 mg/kg s.u. Tratamentele de îmbunătățire a caracteristicilor stratului de

zgură și cenușă efectuate cu compost amestecat cu tuf vulcanic, au determinat reduceri ale bioacumulărilor de fier în paie de 2,5-6,0 ori vs. cantitatea bioacumulată în paie recoltate de pe varianta nefertilizată. Cantitatea de fier bioacumulată în paie recoltate de pe variantele tratate cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost cuprinsă în intervalul 340 -3 50 mg/kg s.u. Cantitatea de fier acumulată în boabe crește vs. cantitatea bioacumulată în recolte rezultate de pe varianta nefertilizată, dar nu depășește 140 mg/kg s.u

Plantele de ovăz însă nu au afinitate pentru fier la nivelul plantelor de orz în paie sau boabe. Adaosul dozei optime de compost în amestec cu tuf a determinat ca nivelul de bioacumulare de fier să crească ușor în paie vs. cea acumulată în paie recoltate de pe varianta netratată. Nivelul de bioacumulare de fier în acest caz este 160-170 mg/kg s.u. Mai mult boabele de ovăz au acumulat fier de 5,0 - 5,8 mai puțin decât boabele de orz, nivelul de bioacumulare fiind cuprins în intervalul 24 - 28 mg/kg s.u. Cantitatea de fier acumulată în paie sau boabe de cereale nu este limitată prin norme interne sau UE existente în prezent.

În figura 8.65. sunt prezentate bioacumulările de mangan în părțile aeriene ale cerealelor, paie și boabe de orz și ovăz

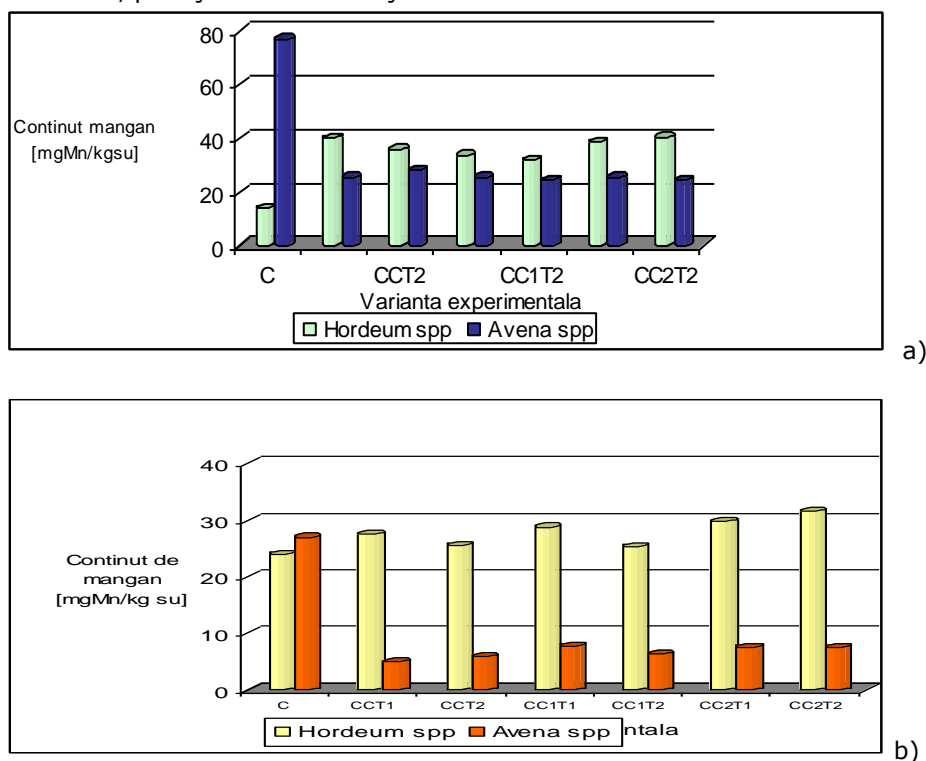


Figura 8.65. Cantitățile de mangan bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe.

8.2. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de graminee 223

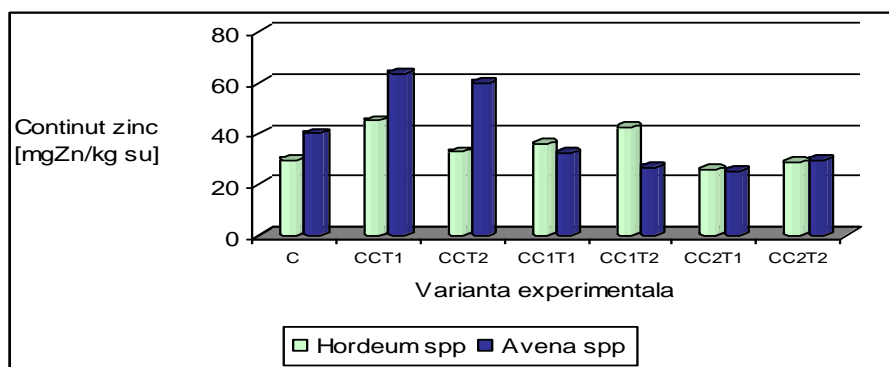
Se observă din figura 8.65. că manganul se acumulează în cantități mai mari în paiete de ovăz decât în paiete de orz, la recolte rezultate de pe variante netratate. Tratamentele straturilor de zgură și cenușă cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a determinat fie o majorare a bioacumulărilor cu până la 60% la paiete de orz, fie o reducere a bioacumulărilor de mangan de până la 68,6% la paiete de ovăz, vs cantitatea bioacumulată în paiete recoltate de pe variante netratate.

În boabele de orz cantitatea de mangan bioacumulată este cu până la 25% mai mică decât cea acumulată în paiete de orz pentru recolte de pe variante corespondente. Tratamentele straturilor de zgură și cenușă cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat nu a determinat o reducere a bioacumulărilor de mangan din boabe vs cantitatea bioacumulată în boabe recoltate de pe varianta netratată. În boabele de ovăz cantitatea de mangan bioacumulată este de 3-5 ori mai redusă decât în boabele de orz.

Cantitatea de mangan bioacumulată în boabele de ovăz rezultate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost în boabe de ovăz cuprinsă în intervalul 5,0 - 7,8 mg/kg s.u., iar cantitatea stocată în boabele de orz a fost cuprinsă în intervalul 25-30 mg/kg s.u.

Cantitatea de mangan acumulată în paiete sau boabe de cereale nu este limitată prin norme interne sau UE existente în prezent.

În figura 8.66. sunt prezentate bioacumulările de zinc din părțile aeriene ale cerealelor, paiete și boabe de orz și ovăz



a)

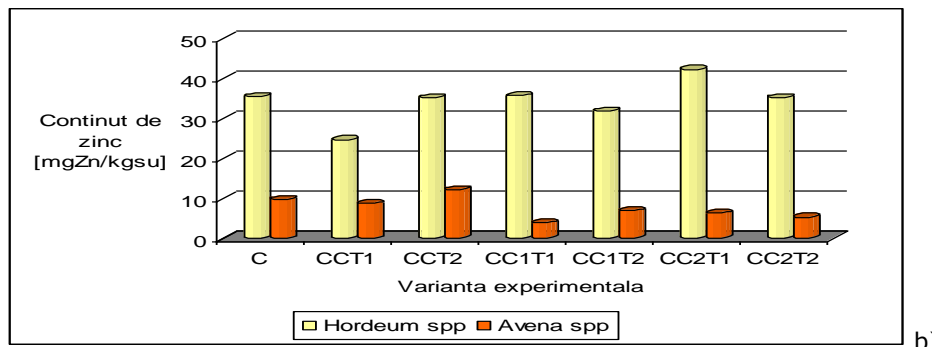


Figura 8.66. Cantitățile de zinc bioacumulate în părțile aeriene ale cerealelor din specia *Hordeum vulgare* și *Avena sativa*: a) paie; b) boabe.

Se observă din figura 8.66. că zincul se acumulează în cantități mai mici în paiele de orz decât în paiele de ovăz, la recoltele de pe variante de sol netratate.

Tratarea straturilor de zgură și cenușă cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a determinat o majorare a bioacumulărilor de zinc din paie de orz, cu 25% vs cantitatea bioacumulată în paie recoltate de pe varianta netratată. Majorarea dozei de compost la 100-150 t/ha a determinat însă reducerea bioacumulărilor de zinc cu peste 40% vs cantitatea de zinc bioacumulată de biomasa recoltată de pe variante experimentale tratate cu doze optime de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat.

Un comportament similar s-a înregistrat la bioacumulările de zinc din paiele de ovăz la variantele de tratament ale stratului de zgură și cenușă. Tratarea topsolului cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a determinat o majorare a bioacumulărilor de zinc, cu 45% vs. cantitatea bioacumulată în paie recoltate de pe varianta netratată. Majorarea dozei de compost la 100 - 150 t/ha a determinat reducerea bioacumulărilor de zinc din paie de ovăz.

Cantitatea de zinc bioacumulată în paiele de cereale recoltate de pe topsolul tratat cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost cuprinsă în domeniul 33 - 64 mg/kg, domeniu fiind situat sub nivelul maxim admis de norme UE, vezi tabelul 8.10.

Din figura 8.66 b) se observă:

- Cantitatea de zinc bioacumulată în boabele celor două cereale recoltate de pe variante experimentale tratate cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost mai redusă decât cea acumulată în paie recoltate de pe aceleași variante;
- Cantitatea de zinc bioacumulată în boabele de ovăz este de 3 - 8 ori mai mică vs. cantitatea de zinc bioacumulată în boabele de orz.

Diferitele doze de compost și adaosul de tuf pot avea efecte de majorare sau de reducere în bioacumularea de zinc în boabele celor două cereale.

Cantitatea de zinc bioacumulată în boabele de cereale recoltate de pe topsolul tratat cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost cuprinsă în domeniul:

- 24,7-35,2 mg/kg, boabe de orz;

- 8,7-12,1 mg/kg, boabe de orz.

Domeniile prezentate sunt situate sub nivelul maxim admis de norme UE, vezi tabelul 8.10.

8.2.5.3. Concluzii parțiale

Din determinarea grafică a variației parametrului Y , cantitatea de paie, vs. parametrul x , cantitatea de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat prin ecuația, $Y = f(x^2)$, s-a determinat o corelare foarte bună între cei doi parametri în cazul cerealei cultivate, *Hordeum vulgare*, evidențiată prin $R = 0,99$ și $R^2 = 0,98$. Din determinarea grafică a variației parametrului Y , cantitatea de boabe vs. parametrul x , cantitatea de compost în amestec cu tuf vulcanic modificat/nemodificat prin ecuația, $Y = f(x^2)$, s-a determinat o corelare foarte bună între cei doi parametri în cazul culturii de *Hordeum vulgare*, prin $R=0,99$ și $R^2= 0,98$.

Tratamentul toposolului cu o doză optimă de compost în amestec cu 5 t/ha tuf vulcanic nemodificat sau modificat a fost stabilită din considerente tehnico economice la 50 t/ha. Doza optimă de compost în amestec cu 5 t/ha tuf vulcanic nemodificat a determinat un grad de răsărire a cerealelor, orz și ovăz de la 35,8 - 40,0%. Tratamentul toposolului cu o doză optimă de compost, în amestec cu 5 t/ha tuf vulcanic modificat a determinat un grad de răsărire a cerealelor, orz și ovăz mai ridicat de 40,1 - 45,0%.

Gradul de acoperire în cazul plantelor din specia *Hordeum vulgare* a fost de 48,0% - 54,0%, iar în cazul plantei *Avena sativa* gradul de acoperire a suprafeței cultivate crește la 50,6 - 58,3%.

Tuful vulcanic modificat ca adaos la compost a determinat pentru ambele cereale, obținerea de culturi cu plante dezvoltate, cu ciclul complet de viață.

Doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat, s-a stabilit potrivit valorilor indicatorilor biologici pe de o parte și în concordanță cu prețuri de cost accesibile:

- Varianta A la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf nemodificat sau
- Varianta B la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf modificat.

Varianta B prezintă costuri suplimentare datorate procesului de obținere a tufului vulcanic modificat, dar a determinat valori superioare ale parametrilor biologici.

Din calculul statistic al datelor obținute experimental conform Testului F, rezultă că în cele 6 variante urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă și boabe, pentru cele 2 cereale, recoltate de pe variantele studiate.

Din Testul Duncan la nivel de 5%, au rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă clasele A - D. Varianta experimentală tratată cu 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat face parte din clasa B sau BC, iar varianta tratată cu 50 t/ha compost cu tuf nemodificat face parte dintr-o clasă inferioară C sau D. În urma comparațiilor cantităților de boabe clasele A - E, varianta experimentală tratată cu 50 t/ha compost

amestecat cu tuf modificat face parte din clasa BC, iar varianta tratată cu 50 t/ha compost cu tuf nemodificat face parte din clase inferioare C sau D.

Din Testul Student a rezultat pentru cantitatea de biomasă de ovăz sau orz că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu compost și tuf modificat este foarte semnificativ. Sporul obținut de varianta compost și tuf nemodificat pentru cantitatea de paie de ovăz este doar semnificativ, iar pentru cantitatea de paie de orz, nu este asigurat statistic. Din Testul Student a rezultat pentru cantitatea de boabe de ovăz sau orz că sporul cantității obținute la varianta tratată cu compost și tuf modificat este foarte semnificativ. Sporul pentru cantitatea de paie de ovăz, obținut pe varianta compost și tuf nemodificat este și el foarte semnificativ, iar pentru cantitatea de paie de orz, nu este asigurat statistic.

Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu fertilizantul organic, compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 27 - 29% mai mare pentru cele 2 cereale studiate față de cantitatea recoltată de pe suprafața netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat în amestec cu fertilizantul organic, compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 37% mai mare pentru paie de ovăz și cu 76% mai mare pentru paie de orz față de cantitatea recoltată de pe suprafața netratată.

Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat/nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul aplicat în doza optimă a determinat o cantitate recoltată de boabe de ovăz cu 73 - 74% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. În cazul recoltei de orz boabe, tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat a determinat o cantitate recoltată de 18% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat.

Paiele de orz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat: crom în cantitate de 5,89 - 6,82 mg/kg s.u., cupru în cantitate de 3,78 - 4,71 mg/kg s.u., fier în cantitate de 341 - 345 mg/kg s.u., mangan 36 - 40 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 35 - 45 mg/kg s.u., iar metalele Ni și Pb sld.

Paiele de ovăz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat cantități mai reduse decât paiele de orz și anume: crom în cantitate de sld - 2,55 mg/kg s.u., cupru în cantitate de 1,36 - 1,75 mg/kg s.u., fier în cantitate de 162 - 176 mg/kg s.u., mangan 25 - 28 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 60 - 64 mg/kg s.u., iar metalele Ni sld - 1,4 mg/kg s.u. și Pb sld - 0,17 mg/kg s.u.

Boabele de orz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat: în cantitate mai redusă decât paiele corespondente crom în domeniul 3,24 - 3,27mg/kg s.u., fier în cantitate de 140 - 141 mg/kg s.u., mangan 25 - 27,5 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 25 - 35 mg/kg s.u. Cupru se acumulează în boabe în cantitate similară cu cantitatea acumulată în paiele de orz respectiv în cantitate de 4,17-4,57 mg/kg s.u., Ni s-a acumulat în cantități mai mari decât în paiele corespondente, până la 4,5 mg/kg s.u. și Pb nu se acumulează în cantități detectabile prin metoda spectroscopiei de absorbție atomică.

Boabele de ovăz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat cantități mai reduse decât

8.2. Studii privind procesul de înierbare a haldelor cu specii de graminee 227

paiele de ovăz pentru metalele Cu, Fe, Mn și Zn. Boabele nu acumulează crom și plumb în limite detectabile, dar acumulează nichel în domeniul 1,2 - 4,0 mg/kg s.u. Cantitatea de Cu, Cr, Fe, Mn, Zn acumulată în boabele de ovăz este mai redusă decât cantitate acumulată în boabele de orz:

cuprul a fost acumulat în cantitate 1,6 - 2,0 mg/kg s.u, Fe 24 - 28 mg/kg s.u, Mn 5 - 6 mg/kg s.u, Zn 9 - 12,4 mg/kg s.u.

Cantitatea de crom, cupru, fier, mangan, nichel acumulată în paie sau boabe de cereale nu este limitată prin norme interne sau UE până în prezent.

Cantitățile de plumb bioacumulate în paiele sau boabele de ovăz recoltate de pe variante tratate cu doze optime de fertilizator organo-zeolitic sunt sub 0,5 mg/kg s.u. (limita maximă admisă pentru hrana omului și a animalelor) pentru anumite variante de tratare și în anumite cazuri ele nu mai sunt detectate.

Cantitatea de zinc bioacumulată în paiele și boabele de cereale recoltate de pe topsolul tratat cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost sub nivelul maxim admis de norme UE.

CAPITOLUL IX. STUDII COMPARATIVE PRIVIND CARACTERISTICILE BIOMASEI OBȚINUTE

9.1. Coeficientul de preluare a metalelor din sol

Coeficientul de preluare UC. se obține din raportul între cantitatea de metal acumulată în anumite țesuturi ale plantelor crescute pe soluri, zone aflate sub diferite grade de impact cu materia poluantă, Q_P și cantitatea de metal din aceleași specii de plante crescute pe terenuri martor nepoluate Q_M .

$$UC = Q_P / Q_M \quad (1)$$

Acest parametru exprimă afinitatea plantei în cazul în care topsolul prezintă o concentrație ridicată de metale. De asemenea, parametrul exprimă gradul de acumulare al metalelor în țesutul plantelor crescute pe un teren poluat vs. gradul de acumulare în țesutul plantelor crescute pe un teren nepoluat.

În tabelul 9.1. sunt prezentați coeficienții de preluare a metalelor Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn în paie de ovăz și de orz. Raportul s-a efectuat între cantitățile de metale preluate de plante din straturile de zgură și cenușă fertilizate cu doza optimă stabilită pentru compost, de 50 t/ha, comparativ cu cantitățile de metale grele preluate de pe soluri normale, în paie și boabe de cereale.

Tabelul 9.1. Coeficientul de preluare a metalelor grele în paie de ovăz și de orz din straturile de topsol nefertilizate și fertilizate cu compost

Nr. crt.	Varianta Experimentală	UC paie						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>Hordeum spp</i>								
1	C	4,0	3,3	10,6	0,7	*	*	3,6
2	CC	3,2	1,9	9,2	1,4	*	*	2,7
<i>Avena spp.</i>								
1	C	3,0	0,5	3,5	0,4	13	6,4	7,2
2	CC	4,5	1,1	5,7	0,2	0,2	*	7,8

* Metale care nu s-au detectat în țesutul plantelor

Din analiza comparativă a coeficienților de preluare a metalelor grele din soluri poluate, respectiv poluate și fertilizate, prezentate în tabelul 9.1, rezultă că :

1. Valorile UC pentru paie sunt în general supraunitare, deci plantele crescute pe topsolul poluat, depozitul de zgură și cenușă, acumulează cantități de metal mai mari decât cele crescute pe soluri normale;

2. Adaosul de materie organică a determinat modificări importante în gradul de acumulare al metalelor în paie, astfel:

- reducerea coeficienților de preluare a metalelor Cr, Cu, Fe, Ni, Pb și Zn pentru paiele de orz și reducerea coeficienților de preluare a metalelor Ni, Pb și Mn, în

paiele de ovăz, vs. coeficienții de preluare a acestor metale în paie de cereale crescute pe soluri poluate;

- majorarea coeficienților de preluare a metalelor Cr, Cu, Fe și Zn, în paiele de ovăz vs. coeficienții de preluare a acestor metale în paie de cereale crescute pe soluri poluate;

3. Variația coeficienților de preluare de metale din soluri poluate și tratate vs. cei determinați pentru soluri poluate este în concordanță cu fenomenele de reducere sau majorare a bioacumulărilor de metale datorate tratamentelor cu fertilizant organo-zeolitic, prezentate în capitolul anterior;

Valorile subunitate ale coeficientului UC confirmă faptul că în paiele recoltate de pe variante poluate și tratate se acumulează cantități mai mici de metale decât cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoluri nepoluate, ca de exemplu Mn și Ni.

În tabelul 9.2. sunt prezentați coeficienții de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil fertilizate cu doza optimă stabilită pentru compost comparativ cu coeficienții de preluare a metalelor grele în boabe rezultate de pe variante nefertilizate.

Tabel 9.2. Coeficienți de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil nefertilizate/fertilizate cu compost

Nr.crt.	Varianta experimentală	UC boabe						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>Hordeum spp</i>								
1	C	2,2	3,7	7,6	1,2	1,4	*	3,2
2	CC	3,9	2,1	1,7	1,3	*	*	2,9
<i>Avena spp</i>								
1	C	2,9	0,5	0,3	1,4	*	3,44	0,9
2	CC	2,3	0,7	0,7	1,8	*	2,76	0,8

* Metale ce nu s-au detectat în țesutul plantelor

Din tabelul 9.2. rezultă că:

1. Valorile UC supraunitare ale coeficienților de preluare a metalelor din sol, pentru Cr, Mn, etc. arată că boabele de orz și ovăz acumulează cantități de metal mai mari decât cele crescute pe soluri normale;

2. Valorile UC de preluare a metalelor în recolte obținute de pe variante tratate cu compostul se reduc, fapt ce confirmă capacitatea acestuia de reducere a bioacumulării metalelor Cu, Fe, Ni, Pb și Zn în boabe, pentru ambele cereale;

3. Materia organică din compost acționează ca agent de majorare a bioacumulării metalelor crom și mangan în boabe;

4. Coeficienții de preluare a metalelor Cu, Fe și Zn sunt subunitari, deci gradul de bioacumulare a lor în boabe este mai redus decât cel din boabe recoltate de pe soluri normale;

5. Coeficienții de preluare a metalelor în boabe sunt mai mici ca cei din paie, ceea ce confirmă faptul că în recoltele de boabe de cereale se bioacumulează cantități mai mici de metale decât în paie;

6. Ovăzul a preluat în cazul celor două variante de sol poluat netratat și tratat, în boabe, cantități de cupru, fier și zinc mai mici decât a preluat această parte din țesut de pe soluri normale.

În tabelul 9.3. sunt prezentați coeficienții de preluare a metalelor grele în paie de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat.

Tabel 9.3. Coeficientul de preluare a metalelor grele în paie de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat

Nr. crt.	Varianta experimentală	UC paie						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>Hordeum spp</i>								
1	C	4,0	3,3	10,6	0,7	*	*	3,6
2	CCT1	3,2	3,2	9,7	2,3	*	*	5,5
3	CCT2	2,5	2,0	18,5	2,0	*	*	4,0
<i>Avena spp</i>								
1	C	3,2	0,5	3,5	0,4	13,0	6,4	7,2
2	CCT1	3,0	0,8	5,0	1,4	0,2	8,0	7,9
3	CCT2	0,2	0,5	4,6	1,6	*	*	7,2

* Metale toxice ce nu s-au detectat în țesutul plantelor recoltate de pe variantele menționate

Din analiza comparativă a datelor prezentate în tabelul 9.3. rezultă că:

1. Adaosul de amendament de tipul tuf vulcanic modificat la compostul utilizat pentru fertilizare, a determinat coeficienți de preluare a metalelor din sol subunitari la două metale toxice crom și cupru, ceea ce arată că în acest caz preluarea metalelor din solul poluat și tratat în paie de ovăz a fost mai mică decât cantitatea preluată de paie de ovăz de pe soluri normale;

2. Fertilizarea cu compost în amestec cu tuful modificat nu a determinat modificarea coeficienților de preluare a metalelor mai puțin toxice Mn și Zn;

4. Adaosul de amendament tuf modificat a acționat ca o pompă în cazul acumulării de fier, în țesutul paielor de orz. Coeficientul de preluare este de 18 ori mai mare decât în cazul preluării acestui metal de pe soluri normale;

În tabelul 9.4. sunt prezentați coeficienții de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu doza optimă de compost și amendamente.

Tabel 9.4. Coeficientul de preluare a metalelor grele în boabe de ovăz și de orz din straturile de topsoil poluate nefertilizate/fertilizate cu compost în amestec cu tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat

Nr.crt.	Varianta experimentală	UC boabe						
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>Hordeum spp</i>								
1	C	3,0	3,7	7,6	1,2	1,4	*	3,2
2	CCT1	2,9	2,8	2,8	1,4	*	*	2,2
3	CCT2	*	3,2	2,9	1,3	*	*	3,1
<i>Avena spp</i>								

1	C	3,0	0,5	0,3	1,4	*	3,4	0,9
2	CCT1	*	0,9	0,5	0,3	*	4,3	0,9
3	CCT2	*	0,7	0,6	0,2	*	*	1,1

* Metale toxice ce nu s-au detectat în țesutul plantelor recoltate de pe variantele menționate

Din tabelul 9.4. rezultă că:

1. Adaosul de amendament de tipul tuf vulcanic modificat la compostul utilizat pentru fertilizare, a determinat modificări semnificative ale coeficienților de preluare a metalelor din solul poluat și tratat vs. coeficienții de preluare a metalelor din sol poluat netratat, fapt ce confirmă comportamentul acestor plante în ceea ce privește bioacumulările de metale în boabe;

2. Boabele de ovăz cultivate pe variante fertilizate și amendate cu tuf modificat acumulează cantități de metal mai mici decât cele de orz crescute pe soluri normale, așa cum arată valorile UC subunitare pentru Cu, Fe, Mn;

3. Având în vedere aceste aspecte precum și faptul că boabele de ovăz nu acumulează Pb și Ni la limita de detecție, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor;

4. Coeficienții de preluare a metalelor în boabe de orz sunt de 1,3 - 3,2 ori mai mari decât unitatea, fapt ce demonstrează că acumulările acestor metale depășesc cantitatea de metale acumulată de pe soluri normale;

5. Boabele nu acumulează Ni și Pb, două metale toxice pentru organisme. Mn este acumulat similar acumulării de pe soluri normale. Din datele privind cantitatea efectivă de Zn acumulată reamintim că aceasta nu depășește valorile normelor UE. Rămân în discuție acumulările de Cu, Fe, dar pentru concentrația din plante a acestor metale nu există o legislație în vigoare.

9.2. Factorul de transfer metal sol în plante

Factorul de transfer redă cantitatea de metal care trece din sol în țesutul rădăcinilor, unde se acumulează și devine disponibil pentru a trece în alte părți de țesut ale plantei. Valoarea factorului de transfer este în funcție de cantitatea de metal biodisponibil prezent în sol și de afinitatea plantei pentru unul sau mai multe metale accesate. Factorul de transfer se determină din raportul cantității unui metal prezent în sol, la cantitatea bioacumulată în rădăcini

$$(TF_{\text{rădăcină planta}} = Q_R/Q_S),$$

unde:

Q_R -reprezintă concentrația metalului acumulată în rădăcină;

Q_S -reprezintă concentrația metalului din sol;

Concentrațiile sunt exprimate în mg/ kg s.u.

9.2.1. Factorul de transfer pentru plante leguminoase *Trifolium spp*

În figura 9.1. este prezentat factorul de transfer referitor la cantitatea de metal acumulată în rădăcină, vs. concentrația metalului din sol, la plante leguminoase de trifoi, cultivate pe diferite variante experimentale:

- varianta nefertilizată, de control;
- varianta fertilizată cu nămolul orășenesc stabilizat, la doza optimă de 25 t/ha;
- varianta fertilizată cu nămol la doza optimă în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat la doza optimă 2,5 t/ha.

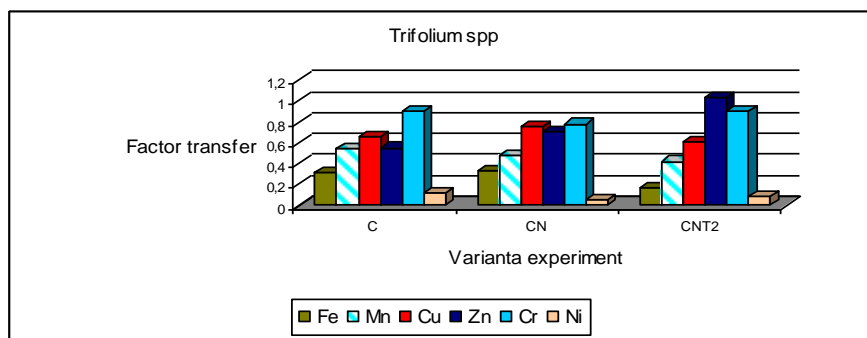


Figura 9.1. Factorul de transfer din sol în rădăcini pentru Cr, Cu, Fe, Mn, Ni și Zn la plante leguminoase din specia *Trifolium spp.*, cultivate pe topsoil fertilizat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Se observă din figura 9.1. că factorul de transfer se modifică la adaosul de nămol ca atare sau în amestec cu tuful vulcanic:

- Nămolul a determinat scăderea factorului de transfer pentru metalele Fe, Mn, Cr și Zn vs. factorul de transfer al metalelor respective în plante cultivate pe variante netratate. Aceasta arată că materia organică din nămol limitează accesul respectivelor metale din sol în rădăcini;
- Nămolul a determinat o ușoară majorare a factorului de transfer pentru metalele Cu și Ni vs. factorul de transfer al metalelor respective în plante cultivate pe variante netratate. Accesul metalelor sol - rădăcină este favorizat de prezența nămolului;
- Tuful vulcanic în amestec cu nămol a determinat eficiențe de reducere mai mari ale factorului de transfer, pentru Fe, Mn și Cu, decât agentul de fertilizare;
- Fertilizatorul organo-zeolitic a determinat efecte de majorare a accesului de Zn în rădăcini și a influențat transferul de Cr și Ni.

În figura 9.2. este prezentată variația factorului de transfer sol - rădăcini, pentru Pb la plante leguminoase din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsoil fertilizat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat.

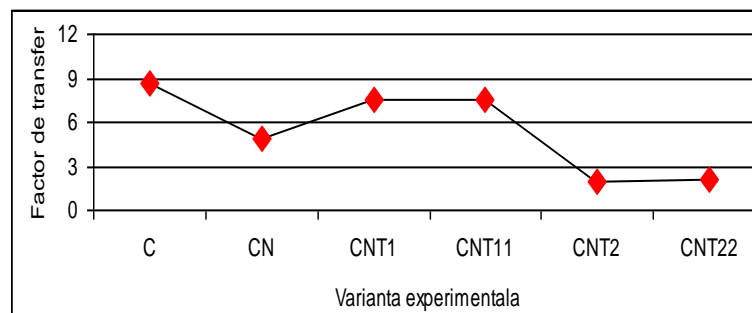


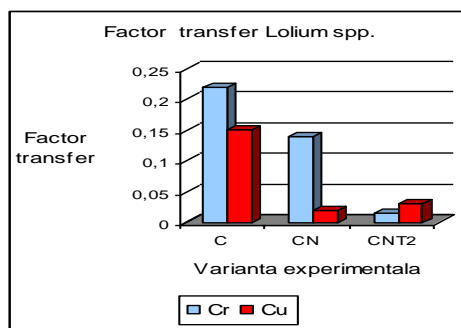
Figura 9.2. Factorul de transfer sol – rădăcini, pentru Pb la plante leguminoase din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsol fertilizat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Se observă din figură că factorul de transfer al plumbului din solul poluat netratat/tratat cu nămol în amestec cu tuf modificat are valori mai mari decât 1, ceea ce arată că de fapt în rădăcini concentrația lui este mai mare decât în sol. Tratarea solului poluat cu amestecul de nămol cu tuf vulcanic modificat are efecte sinergetice și a determinat reduceri ale factorului de transfer al plumbului de peste 3 ori vs. factorul de transfer din solul poluat și netratat în rădăcini.

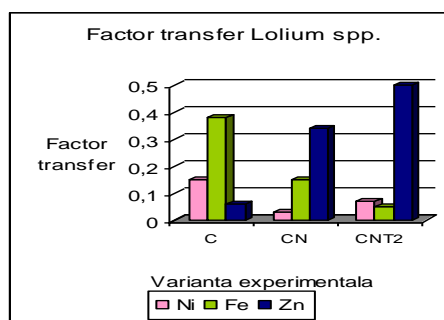
9.2.2. Factorul de transfer pentru graminee *Lolium spp*

În figura 9.3. este prezentat factorul de transfer referitor la cantitatea de metal acumulată în rădăcină, vs. concentrația metalului din sol, la plante graminee *Lolium spp*, cultivate pe diferite variante experimentale:

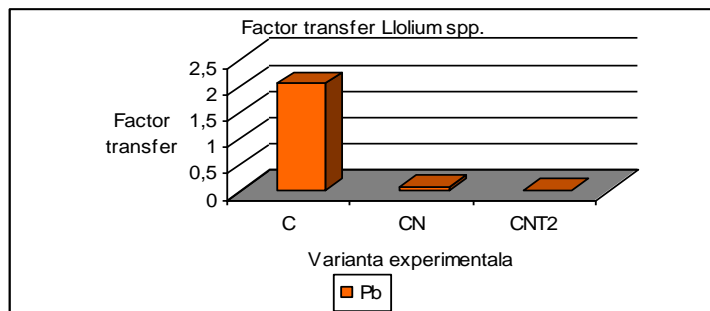
- varianta nefertilizată, de control;
- varianta fertilizată cu nămol, la doza optimă de 25t/ha;
- varianta fertilizată cu nămol la doza optimă în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, 5 t/ha.



a)



b)



c)

Figura 9.3. Factorul de transfer din sol poluat nefertilizat/fertilizat cu nămol în absența/ prezența tufului vulcanic indigen modificat în rădăcini, la plantele graminee din specia *Lolium spp.*: a) pentru Cr și Cu; b) pentru Ni, Fe și Zn; c) pentru Pb.

Se observă din figura 9.3.a următoarele:

1. Factorul de transfer pentru crom se reduce cu 26% la adăos de agent fertilizant și cu 90% la tratarea cu fertilizator organo-zeolitic, la doza optimă stabilită pentru varianta experimentală cultivată cu graminee din specia *Lolium perenne*;
2. Factorul de transfer pentru cupru se reduce cu 78 - 80% la fertilizare cu nămol ca atare sau în amestec cu tuf vulcanic modificat la dozele optime;
3. Factorul de transfer al metalelor Cu și Cr este subunitar, ceea ce demonstrează că planta accesează mai puțin de 25% din cantitatea în care aceste metale se află în solul poluat și netratat;
4. Tratamentul solului poluat cu fertilizator organo-zeolitic a determinat ca din sol să fie preluată în rădăcini, o cantitate mică, de numai 5% din cantitatea totală prezentă aici, de cupru sau crom;

Din figura 9.3.b și 9.3.c se observă următoarele:

1. Adăosul de agent de fertilizare ca atare sau în amestec cu tuf vulcanic indigen a determinat reducerea factorului de transfer pentru Ni, Pb și Fe din sol în rădăcini, dar acesta a fost majorat pentru zinc;
2. Factorul de transfer al metalelor Ni, Zn și Fe este subunitar. Planta accesează 15% Ni, 38% Fe și 10% Zn din totalul de nichel, fier și zinc prezent în solul poluat, în cazul în care acesta nu este tratat. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic planta va prelua doar 10% din cantitatea de Ni și Fe din solul poluat și până la 50% din zincul prezent;
3. Factorul de transfer al plumbului este supraunitar în cazul plantelor crescute pe solul netratat. Plantele prezintă afinitate pentru acest metal și preiau cantități foarte mari de plumb prezente în zona rizosferei. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic factorul de transfer devine subunitar, așadar planta va prelua în rădăcini cantități de 100 ori mai mici decât plantele crescute pe soluri netratate.

9.2.3. Factorul de transfer pentru cereale

În figura 9.4. este prezentat factorul de transfer referitor la cantitatea de metal acumulată în rădăcină, vs. concentrația metalului din sol, pentru cereale, orz și ovăz, cultivate pe varianta netratată/trată cu compost la doza optimă în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, 5 t/ha

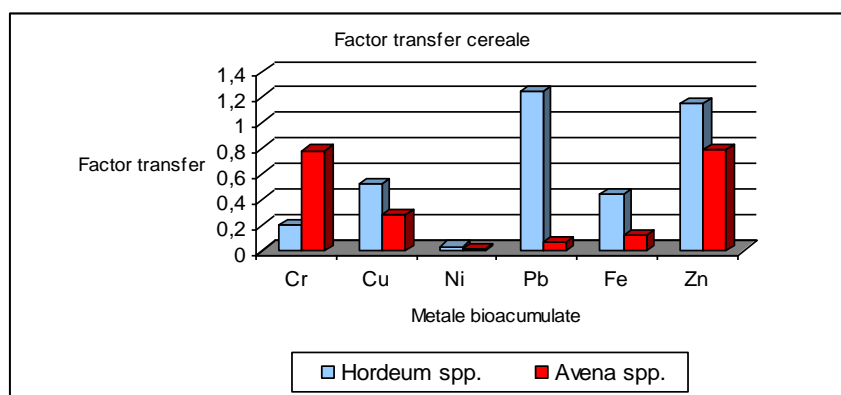


Figura 9.4. Factorul de transfer TF, pentru metalele Cr, Cu, Ni, Pb, Fe, și Zn pentru cereale din specia *Hordeum spp* și *Avena spp*. cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf modificat

Din figura 9.4. se observă că:

1. Din variantele de sol tratate cu fertilizant organo-zeolitic prezentate, orzul preia cantități mai mari din metalele Cr, Ni, Pb, Fe, și Zn în rădăcini decât ovăzul. Ovăzul are o afinitate mai mare pentru cupru decât orzul, când este cultivat în condițiile prezentate;

2. Orzul prezintă factorul de transfer supraunitar pentru metalele plumb și zinc, în cazul variantelor fertilizate așa cum sunt haldele de zgură și cenușă tratate cu fertilizant organo-zeolitic. Aceasta demonstrează că orzul prezintă afinitate mare pentru aceste metale. Orzul prezintă factorul de transfer subunitar situat în domeniul 0,2 - 0,52 pentru metalele cupru, crom, fier și 0,03 pentru nichel.

3. Ovăzul prezintă factorul de transfer subunitar situat în domeniul 0,12 - 0,78 pentru metalele: cupru, crom, fier și zinc și în domeniul 0,01 - 0,06 pentru nichel și plumb.

9.3. Factorul de translocare

Un alt factor de comparare a bioacumulării de metal în plantă este factorul de translocare care se referă la gradul de acumulare al metalelor în plante în partea aeriană, raportat la cantitatea de metal bioacumulată în rădăcină.

9.3.1. Factorul de translocare pentru plante leguminoase *Trifolium spp*

În tabelul 9.5 este prezentat factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase tinere din specia *Trifolium spp.*, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat.

Tabelul 9.5. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase tinere *Trifolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Nr crt	Variante experimentale	TC plante tinere						
		Fe	Mn	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
1	C	0,18	0,50	0,36	21,90	2,10	6,07	1,86
2	CN	0,20	0,65	0,60	19,00	0,51	3,20	1,51
3	CNT2	0,32	0,76	2,00	21,70	2,38	1,25	2,25

Se observă din tabelul 9.5. că plantele tinere permit ca în partea aeriană să fie translocate cantități variabile de metale, în funcție de natura metalului și de tipul de topsoil, tratat/netratat.

1. Plantele crescute pe sol netratat prezintă un factor de translocare subunitar pentru Fe, Mn și Cu ceea ce arată că în rădăcini rămâne stocată o cantitate mai mare din aceste metale decât cea bioacumulată în partea aeriană a plantelor și un factor de translocare supraunitar pentru Cr, Ni, Pb și Zn, când cantitatea din partea aeriană este cu mult mai mare decât cea prezentă în rădăcini;
2. Tratarea solului cu nămol la doza optimă ca atare și în amestec cu tuf modificat a avut ca efect reducerea translocării de plumb din rădăcini în partea aeriană de 2 - 4,9 ori, limita superioară fiind atribuită tratamentului cu îngrășământ organo-zeolitic. Cu toate acestea factorul de translocare a rămas supraunitar, fapt ce arată că în partea aeriană se va transloca o cantitate mai mare decât cea bioacumulată în rădăcini.
3. Cantitatea de plumb acumulată în parte aeriană la plante tinere depășește CMA, nefiind indicată pentru păscut.

În tabelul 9.6. este prezentat factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase mature din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsoil cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat.

Tabelul 9.6. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante leguminoase mature *Trifolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Nr crt	Variante experimentale	TC plante mature						
		Fe	Mn	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
1	C	0,029	0,150	0,150	*	*	0,600	0,330
2	CN	0,036	0,240	0,510	0,030	*	0,700	0,460
3	CNT2	0,032	0,190	0,120	0,030	*	0,040	0,300

* Metale toxice ce nu s-au detectat în țesutul plantelor recoltate de pe variantele menționate

Se observă din tabelul 9.6. că plantele mature nu permit ca în partea aeriană să fie translocate cantități mari de metale. Factorul de translocare este subunitar în cazurile prezentate în tabel. Tratamentele efectuate nu au determinat modificarea cantităților de metal translocate în plante mature din rădăcini în partea aeriană. Excepție face tratamentul solului cu nămol în amestec cu tuf modificat care a avut ca efect reducerea translocării de plumb din rădăcini în partea aeriană a plantelor mature de 15 ori vs, cantitatea translocată în cazul plantelor crescute pe varianta netratată. Cu toate acestea cantitatea de plumb acumulată în partea aeriană a plantelor mature de trifoi depășește CMA, biomasa rezultată nu este indicată pentru utilizări agrozootehnice.

9.3.2. Factorul de translocare pentru plante graminee *Lolium spp.*

În tabelul 9.7 este prezentat factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante graminee din specia *Lolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen modificat

Tabelul 9.7. Factorul de translocare pentru metalele Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb și Zn pentru plante graminee *Lolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu nămol în absența/prezența tufului vulcanic indigen

Nr. crt.	Varianta experimentală	TC					
		Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
1	C	0,76	2,10	2,65	0,43	1,75	0,75
2	CN	0,68	2,70	0,74	3,90	0,30	1,61
3	CNT	2,40	3,30	6,80	1,30	0,75	1,20

Din tabelul 9.7. se observă următoarele:

1. Factorul de translocare pentru metalele cupru, fier, plumb pentru plantele *Lolium perenne* cultivate pe variantele netratate este supraunitar, ceea ce demonstrează faptul că rădăcinile sunt un canal permisibil pentru aceste metale.
2. Factorii de translocare subunitari pentru metalele crom, nichel și zinc, arată o afinitate mai redusă a părților aeriene a plantei pentru aceste metale;
3. Prin tratamentele aplicate se modifică gradul de acumulare a metalelor în partea aeriană vs. gradul de acumulare în rădăcini. De interes major este faptul că tratamentele aplicate au determinat reducerea factorului de translocare pentru plumb la valori subunitare. Cu toate acestea doar biomasa rezultată din variante tratate cu nămol îndeplinește condițiile impuse de normele în vigoare pentru concentrația de plumb (TC = 0,30) și poate fi reintrodusă în circuitul agrozootehnic, iar biomasa de iarbă rezultată de pe varianta tratată cu nămol și tuf (TC = 0,75) nu îndeplinește condițiile impuse de normele în vigoare pentru concentrația de plumb și trebuie dirijată în categoria deșeurilor periculoase.

9.3.3. Factorul de translocare pentru cereale

În tabelul 9.8. este prezentat factorul de translocare pentru metalele plumb și nichel la plantele graminee din specia *Lolium spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat

Tabelul 9.8. Factorul de translocare pentru metalele Ni și Pb, în cereale din specia *Hordeum spp.* și *Avena spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf modificat

Nr. crt.	Varianta experimentală	Q _A /Q _R			
		paie		boabe	
		Ni	Pb	Ni	Pb
<i>Hordeum spp</i>					
1	C	*	*	5,69	*
2	CC	*	*	0,28	*
4	CCT2	*	*	*	*
<i>Avena spp</i>					
1	C	0,08	*	*	5,00
2	CC	*	*	*	0,48
4	CCT2	*	*	*	*

* Metale toxice ce nu s-au detectat în țesutul plantelor recoltate de pe variantele menționate

Se observă din tabel că tratamentul stratului de zgură și cenușă cu fertilizant organo-zeolitic nu mai permite ca aceste două metale să traverseze țesutul rădăcinii pentru acumulare în paie de orz și de ovăz. Factorul de translocare are valori subunitare pentru nichel în boabe de orz respectiv pentru plumb în boabe de ovăz. Cantitățile de plumb bioacumulate în boabele de ovăz recoltate de pe variante tratate cu doze optime de fertilizator organo-zeolitic sunt sub 0,5 mg/kg s.u. (limita maximă admisă pentru hrana omului și a animalelor) pentru anumite variante de tratare și în anumite cazuri ele nu mai sunt detectate. Boabele de ovăz nu acumulează plumb în limite detectabile, dar acumulează nichel TC=0,28.

În Figura 9.5. este prezentat factorul de translocare pentru Cr la cereale din specia *Hordeum spp* și *Avena spp.* cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat.

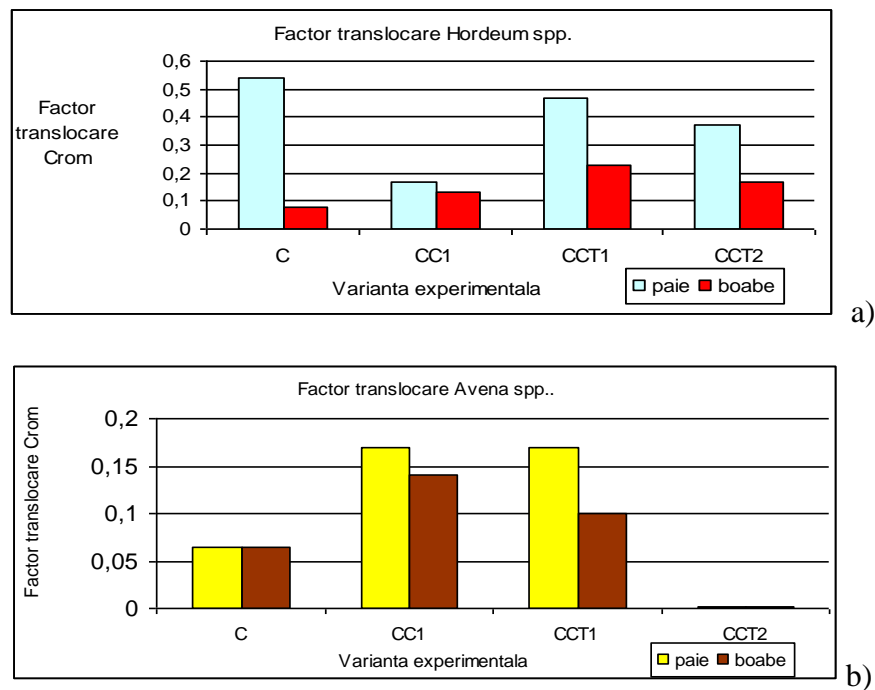


Figura 9.5. Factorul de translocare pentru Cr la cereale pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Factorul de translocare al cromului în paie sau boabe de orz sau ovăz este subunitar, din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

Se observă din figura 9.5.a următoarele:

1. Factorul de translocare a cromului în boabe este mic. Din rădăcini se translocă între 8 - 23% din cantitatea acumulată;
2. Factorul de translocare în paie la orz este mai mare, o cantitate de crom cuprinsă între 17 - 54% se translocă din rădăcinii spre această parte a plantei;
3. Valorile pentru factorul de transfer confirmă rezultatele obținute în capitolele anterioare că în boabe se acumulează cantități mai mici de crom decât în paie;
4. Fertilizarea reduce factorul de translocare în special la paie.

Din figura 9.5.b se observă că:

1. Factorul de translocare a cromului din rădăcini în paie sau boabe de ovăz este mai mic decât cel determinat pentru părțile componente corespondente ale orzului. Factorul de translocare pentru ambele părți ale plantei a fost cuprins între 0,001 - 0,17;

2. Agentul de fertilizare nemodificat sau în amestec cu tuf nemodificat a determinat translocarea unei cantități mai mare de crom din rădăcini decât în cazul plantelor crescute pe variante nefertilizate;
3. Agentul de fertilizare organo-zeolitic a determinat reducerea factorului de translocare atât la paie cât și la boabe, la valori de 0,001, ceea ce arată că doar 0,1% din cantitatea de crom din rădăcină va trece în paie sau boabe.

În Figura 9.6. este prezentat factorul de translocare pentru Cu la cereale din specia *Hordeum spp* și *Avena spp*. cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat.

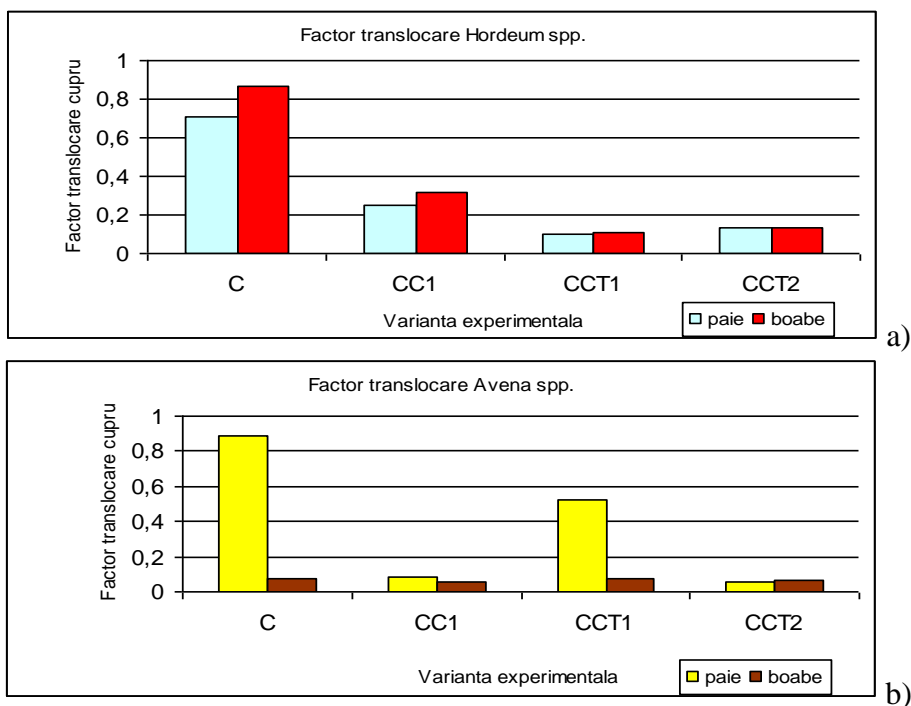


Figura 9.6. Factorul de translocare pentru Cu pentru cereale cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Factorul de translocare a cuprului în paie sau boabe de orz sau ovăz este subunitar, din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

Se observă din figura 9.6.a următoarele:

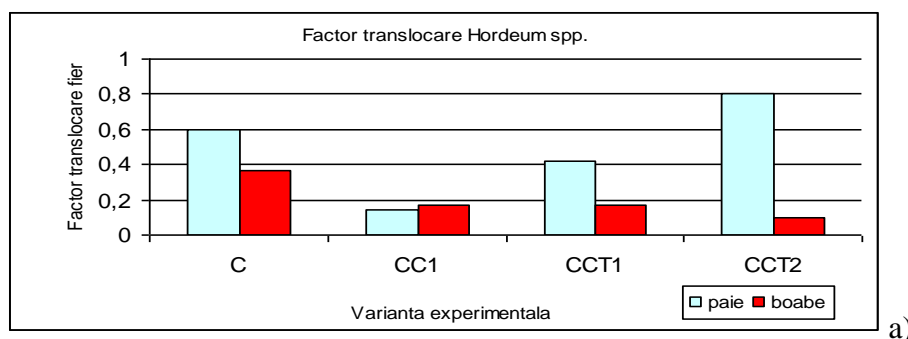
1. Factorul de translocare a cuprului în boabe este similar cu cel din paie în toate cazurile corespunzătoare prezentate;

2. În cazul plantelor crescute pe variante netratate factorul de translocare în paie și boabe este cuprins în intervalul 0,71-0,87. Adăosul de compost a determinat reducerea factorului de translocare în domeniul 0,25-0,32;
3. Fertilizarea cu fertilizant organo-zeolitic a determinat reducerea factorului de translocare de 7 - 8 ori vs factorul de translocare a cuprului în părți superioare ale plantei de orz.

Din figura 9.6.b se observă următoarele:

4. Factorul de translocare a cuprului din rădăcini în paie de ovăz este similar cu factorul de translocare determinat la orz în cazul plantelor crescute pe variante nefertilizate. Factorul de translocare a cuprului din rădăcini în boabe de ovăz este de 10 ori mai redus decât cel din paie, arătând faptul că în aceste boabe accesul cuprului din rădăcini se efectuează în proporție de 7,7%;
5. Adăosul dozei optime de compost sau al dozei optime de fertilizant organo-zeolitic a determinat reducerea factorului de translocare în domeniul 0,06 - 0,08, fapt ce demonstrează modificări metabolice care nu permit accesul acestui metal în paie sau boabe de ovăz.

În Figura 9.7. este prezentat factorul de translocare pentru Fe la cereale din specia *Hordeum spp* și *Avena spp*. cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat.



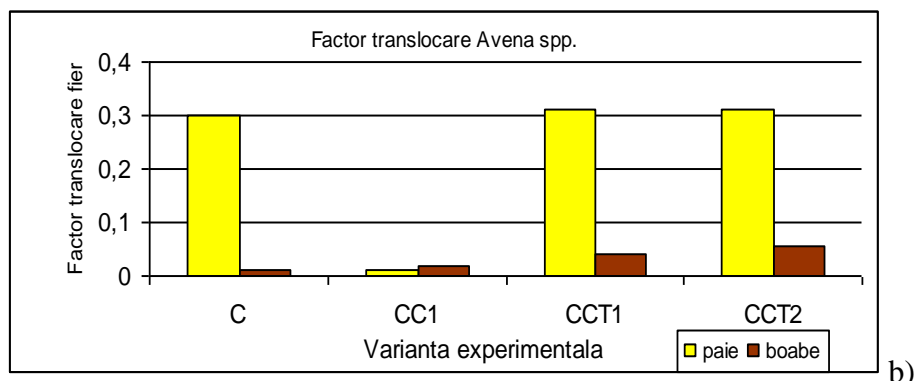


Figura 9.7. Factorul de translocare pentru Fe la cereale, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Factorul de translocare a fierului în paie sau boabe de orz sau ovăz este subunitar, din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

Se observă din figura 9.7.a următoarele:

1. Factorul de translocare a fierului în boabe este mai mic decât factorul de translocare în paie în general în cazurile studiate pentru orz;
2. În cazul plantelor crescute pe variante netratate, factorul de translocare în paie și boabe este cuprins în intervalul 0,37 - 0,6. Adaosul de compost a determinat reducerea factorului de translocare în domeniul 0,14 - 0,17;
3. Fertilizarea cu fertilizant organo-zeolitic a determinat însă majorarea factorului de translocare de 3,5 - 7 ori vs factorul de translocare a fierului în paiele plantei de orz cultivate pe terenuri fertilizate cu compost nemodificat;
4. Factorul de translocare a fierului în boabele de orz cultivate pe terenuri fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic se menține la valori mici de 0,1 - 0,17.

Din figura 9.7.b se observă că:

1. Factorul de translocare a fierului din rădăcini în paie și boabe de ovăz este mult mai redus decât factorul de translocare determinat la orz, în cazul plantelor crescute pe variante nefertilizate sau fertilizate. Factorul de translocare a fierului din rădăcini în boabe de ovăz este de 6 - 30 ori mai redus decât cel din paie, arătând faptul că în aceste boabe accesul fierului din rădăcini se efectuează în proporție redusă;
2. Adaosul dozei optime de compost sau a dozei optime de fertilizant organo-zeolitic nu a determinat modificări ale factorului de translocare în paie sau boabe, fapt ce demonstrează că nu se produc modificări metabolice care să accelereze sau să reducă accesul acestui metal în paie sau boabe de ovăz.

În Figura 9.8. este prezentat factorul de translocare pentru Zn la cereale din specia *Hordeum spp* și *Avena spp*, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat.

Se observă din figură că factorul de translocare a zincului în paie sau boabe de orz sau ovăz este în general subunitar. La boabele de orz el poate însă atinge și valori supraunitare în cazul în care plantele cresc pe terenul nefertilizat.

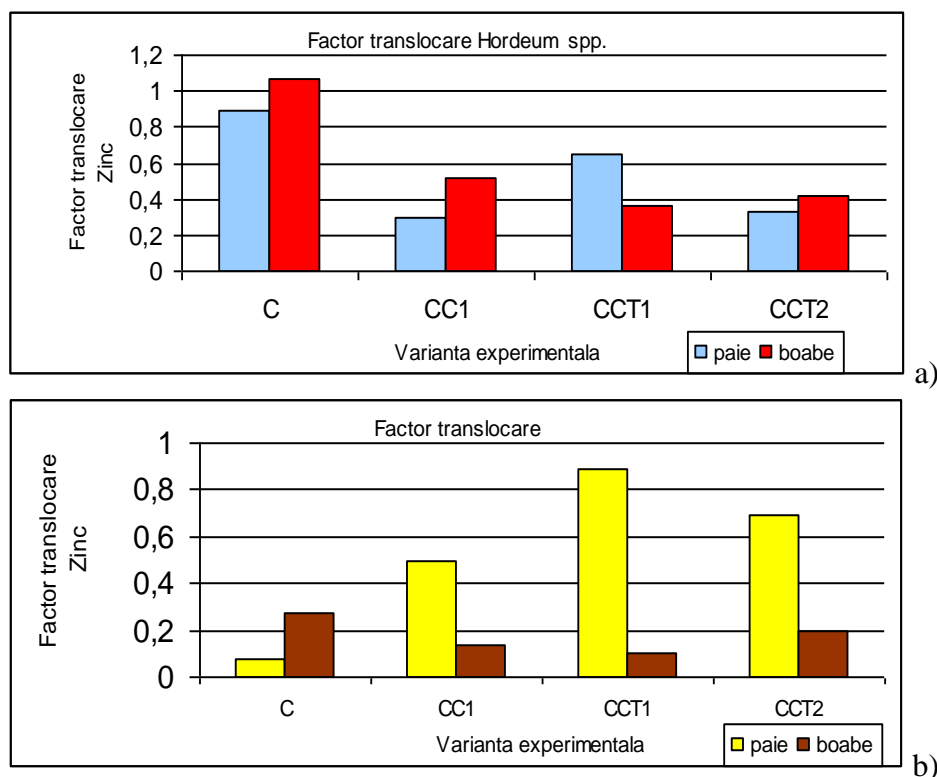


Figura 9.8. Factorul de translocare pentru Zn la cereale, cultivate pe sol poluat netratat/tratat cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat/modificat: a) *Hordeum spp.*, b) *Avena spp.*

Se observă în figura 9.8 a) următoarele:

1. Factorul de translocare a zincului în boabe de orz poate fi mai mare sau mai mic decât în paie, în funcție de tratamentul aplicat solului;
2. În cazul plantelor crescute pe variante netratate factorul de translocare în paie și boabe este cuprins în intervalul 0,89 - 1,07, iar adaosul de compost a determinat reducerea factorului de translocare în domeniul 0,30-0,52;
3. Fertilizarea cu fertilizant organo-zeolitic nu a determinat însă modificarea factorului de translocare vs factorul de translocare a fierului în paie sau boabe ale plantei de orz cultivate pe terenuri fertilizate cu compost nemodificat.

Se observă din figura 9.8.b următoarele:

1. Factorul de translocare a zincului în boabe de ovăz este mare decât în paie, în lipsa unui tratament aplicat solului. Aplicarea tratamentului de fertilizare a determinat majorarea accesului zincului în paie și reducerea lui în boabe;
2. În cazul plantelor crescute pe variante tratate cu fertilizant organo-zeolitic factorul de translocare în paie și boabe este cuprins în intervalul 0,70 - 0,90, iar în boabe factorului de translocare determinat a fost în domeniul 0,12 - 0,20.

9.4. Concluzii parțiale

1. **Coeficienții de preluare a metalelor** în boabe sunt mai mici ca cei din paie.

Valorile parametrului UC pentru paie crescute pe topsoțul poluat, sunt în general supraunitare, deci plantele acumulează cantități de metal mai mari decât cele crescute pe soluri normale;

2. Adaosul de materie organică a determinat modificări importante ale parametrului UC, ceea ce arată că gradul de acumulare a metalelor în paie variază. Parametrului UC reflectă procese de reducere sau majorare a bioacumulării metalelor în plante crescute pe soluri poluate și fertilizate vs. cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoțuri corespondente, poluate, nefertilizate;

3. Valorile subunitare ale coeficientului UC confirmă faptul că în paie se acumulează cantități mai mici de metale decât cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoțuri nepoluate, iar paiele se pot utiliza ca material de așternut în adăposturi de animale sau ca adaos ligno-celulozic pentru compostare;

4. Adaosul de amendament de tipul tuf vulcanic modificat la doza optimă de compost utilizat pentru fertilizarea culturilor de ovăz, a determinat coeficienți de preluare a metalelor Cr și Cu subunitari, respectiv acumulări ale acestor metal inferioare celor de pe soluri normale. Compostul acționează ca agent de reducere a bioacumulării metalelor Cu, Fe, Ni, Pb și Zn și în boabe, pentru ambele cereale. Având în vedere și faptul că boabele de ovăz nu acumulează Pb și Ni la limita de detecție, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor. Boabele de orz nu acumulează Ni și Pb, două metale toxice pentru organisme. Cantitatea de Zn acumulată nu depășește valorile normelor UE. Coeficienții de preluare a metalelor Cu, Cr, Fe în boabe de orz sunt de 1,3 - 3,2 ori mai mari decât unitatea, fapt ce demonstrează că acumulările acestor metale depășesc cantitatea acumulată de pe soluri normale. Având în vedere faptul că pentru aceste metale nu se depășesc concentrații raportate în literatură din recolte de pe soluri normale și nu există o legislație în vigoare privind CMS, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor.

Factorul de transfer redă biodisponibilitatea metalelor din zona rizosferei. Acest parametru este influențat de specia de plantă, faza de vegetație, gradul de poluarea cu metale grele, tratamentele aplicate solurilor poluate, etc.

1. Agentul de fertilizare a determinat scăderea factorului de transfer pentru metalele Fe, Mn, Cr și Zn, o ușoară majorare a factorului de transfer pentru metalele Cu și Ni vs. factorul de transfer al metalelor respective în plante cultivate pe variante

netratate. Accesul metalelor sol-rădăcină este favorizat de prezența nămolului pentru plantele leguminoase din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsoil fertilizat. Tuful vulcanic în amestec cu agentul de fertilizare, nămolul, a determinat efecte sinergice de reduceri mari ale factorului de transfer pentru Pb, Fe, Mn și Cu, efecte antagonice de majorare a accesului de Zn în țesutul plantei, și nu influențează transferul de Cr și Ni.

2. Variația factorului de transfer pentru graminee din specia *Lolium perenne* a demonstrat faptul că cromul și cupru se reduc la adaos de agent fertilizant organo-zeolitic la doze optime, cu 79 - 90% vs factorul determinat la culturi de graminee recoltate de pe variante netratate. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic planta va prelua doar 10% din cantitatea de Ni și Fe din solul poluat și până la 50% din zincul prezent. Factorul de transfer al plumbului este supraunitar în cazul solului netratat. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic factorul de transfer devine subunitar, planta va prelua cantități de 100 ori mai mici decât plantele crescute pe soluri netratate. Având în vedere faptul că pentru aceste metale nu se depășesc concentrații raportate în literatură din recolte de pe soluri normale și nu există o legislație în vigoare privind CMA, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor.

3. Orzul prezintă un factor de transfer supraunitar pentru metalele plumb și zinc, în cazul variantelor fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, un factor subunitar situat în domeniul 0,2 - 0,52 pentru metalele cupru, crom, fier și 0,03 pentru nichel. *Factorul de transfer* determinat pentru cereale redă faptul că orzul preia cantități mai mari din metalele Cr, Ni, Pb, Fe, și Zn în rădăcini decât ovăzul, în cazul recoltelor de pe variantele de sol fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, în schimb ovăzul are o afinitate mai mare pentru cupru;

4. Ovăzul prezintă factorul de transfer subunitar situat în domeniul 0,12 - 0,78 pentru metalele cupru, crom, fier și zinc și în domeniul 0,01 - 0,06 pentru nichel și plumb.

Factorul de translocare a metalelor din rădăcini în paie sau boabe de orz sau ovăz este subunitar, arătând că din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

Variația factorului de translocare pentru orz:

Adaosul de fertilizant organo-zeolitic nu are acțiune asupra fenomenelor de translocare de crom și zinc din rădăcini în boabe sau acționează prin efecte sinergice de reducere a translocării de cupru și fier spre boabe sau antagonice de majorare a translocării de crom și fier în paie vs fenomenele de translocare din plantele crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

Variația factorului de translocare pentru ovăz:

Adaosul de fertilizant organo-zeolitic are acțiune sinergică de reducere a fenomenelor de translocare de crom, fier și zinc în boabe vs. fenomenele de translocare din plantele crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate, precum și de reducere a translocării cuprului din rădăcini în paie sau boabe;

Se manifestă fenomene antagonice de majorare a translocării unei cantități mai mari de zinc și fier în paie, vs fenomenele de translocare din plantele crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

Tratamentul stratului de zgură și cenușă cu fertilizant organo-zeolitic nu mai permite ca plumbul și nichelul să traverseze țesutul rădăcinii pentru acumulare în partea aeriană, paie sau boabe;

Parametri UC, TC și TF constituie instrumente de analiză și evaluare sistematică pentru: optimizarea proceselor de vegetare prin introducerea materialelor fertilizante recuperate din activități antropice în prezența/absența unor materiale naturale ajutătoare de tip tuf vulcanic indigen nemodificat și modificat, selectarea speciilor de plante care permit înierbarea rapidă și instalarea unor ecosisteme pe haldele de zgură și cenușă, verificarea calității recoltelor rezultate pe fenofaze și/sau diferite părți ale plantelor, cu scopul reciclării nepericuloase a acestora.

CAPITOLUL X. CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

Efectele negative pe care le exercită prezența depozitelor mari de zgură și cenușă pe de o parte cât și prezența materiei organice biodegradabile, nămolurile rezultate din tehnologia de epurare a apelor reziduale orășenești, impun imperios monitorizarea și gestionarea acestora.

Teza de doctorat explorează posibilitatea vegetării haldelor inerte de zgură și cenușă cu specii de plante tolerante la condițiile pedoclimatice severe. Monitorizarea calității straturilor vegetale instalate în relație cu conținutul de materie organică introdusă prin fertilizanți de tipul nămolului orășenesc stabilizat anaerob ca atare sau în amestec cu deșeuri vegetale sub forma de compost pentru stabilirea condițiilor optime de instalare a unor ecosisteme viabile. Procesele de vegetare avansată cu diferite specii de plante oferă relații privind calitatea procesului respectiv, acumularea componentelor metalice în diferite părți ale țesuturilor plantelor.

Necesitatea introducerii unor noi parametri de monitorizare a bioacumulării metalelor în diferite părți ale țesuturilor plantelor s-a bazat pe faptul că obținerea unor informații utile pe parcursul ciclului vegetativ al culturii instalate permite alegerea domeniului adecvat de utilizare a biomasei la anumite stadii. Selectarea domeniului de utilizare a biomasei rezultată trebuie efectuat în corelație cu cantitatea de metale bioacumulate în diferite părți de țesut vegetal. De asemenea, acești parametri globali permit alegerea tratamentelor cu fertilizanți și amendamente a haldelor de cenușă și zgură, identificarea principalelor materiale responsabile de formarea speciilor metalice biosolubile și ca urmare cu probabilitate ridicată de stocare în plante.

În asemenea circumstanțe studiul de față este conceput ca:

1. Instrument de analiză și evaluare sistematică pentru:

- calitatea fertilizării straturilor de cenușă și zgură în scopul vegetării cu nămoluri orășenești stabilizate anaerob ca atare, sau a nămolurilor orășenești conpostate cu deșeuri vegetale;
- selectarea speciilor de plante care permit inierbarea rapidă și instalarea unor ecosisteme pe haldele de zgură și cenușă;
- optimizarea proceselor de vegetare prin introducerea unor materiale naturale ajutătoare de tip tuf vulcanic indigen ca atare și modificat, Tuf-Aln;
- verificarea calității biomasei rezultate pe fenofaze și/sau în diferite părți ale plantelor;
- refacerea peisajului distrus și redarea lui în circuitul natural;
- protecția mediului înconjurător.

2. Sursă de date analitice utilizată de autor în:

Caful unor parametri inovativi de monitorizare a calității componentelor biomasei recoltate:

- UC - Coeficientul de preluare a metalelor de către plante. Coeficientul de preluare UC, se obține din raportul între cantitatea de metal acumulată în anumite țesuturi ale plantelor crescute pe soluri, zone aflate sub diferite grade de impact cu materia poluantă Q_P și cantitatea de metal din aceleași specii de plante crescute pe terenuri martor nepoluate, Q_M

$$UC = Q_P / Q_M .$$

- TF - Factorul de transfer reprezintă cantitatea de metal care este transferată din sol în plante și se calculează pentru o parte a plantei sau pentru întreaga plantă

$$TF_{\text{sol-plantă}} = Q_{\text{plantă}} / Q_{\text{Sol}}$$

- TC - Factorul de translocare care se referă la gradul de acumulare metal în diferite părți ale plantei din partea aeriană raportat la cantitatea de metal din rădăcină

$$TC = Q_{\text{parte aeriană plantă}} / Q_{\text{Rădăcină}}$$

În acord cu valorile TF și TC se poate concluziona că sunt deosebiri privind cantitatea de metale accesată de rădăcină și apoi translocată în partea aeriană.

Pentru atingerea scopului principal al tezei, de optimizare a procesului de vegetare a haldelor de cenușă și zgură extrapolat la cel de prevenire a efectelor nocive datorate unor compuși din aceste depozite care sunt transferați pe terenuri agricole limitrofe, apoi în culturi agricole și în final în hrana ajunsă la consumatori, s-au realizat următoarele obiective specifice ale tezei de doctorat:

I. Evaluarea importanței naturii materiei organice fertilizante destinată inițierii și menținerii unor straturi vegetale de plante leguminoase și/sau graminee, care se evidențiază prin utilizarea unor parametri indicatori de calitate neconvenționali inovativi:

-este considerată măsura tratabilității straturilor de cenușă prin procesul de vegetare.

II. Promovarea unor concepte avansate privind performanțele etapei de vegetare stimulate de amendamente pe bază de materiale naturale, tuf vulcanic indigen, comparativ cu conceptele tradiționale argumentate de rezultate directe obținute din studii comparative privind:

- Utilizarea unor noi amendamente pe bază de tuf vulcanic indigen modificat, materiale cu grad ridicat de porozitate care prezintă:

1. Retenție de apă în micropori și eliberarea treptată a ei conform necesităților plantei;

2. Suport pentru activitatea de nitrificare a compușilor cu azot din materialele fertilizante, suport pentru rezervele de azotat formate, cu eliberarea treptată a acestora conform necesităților plantei.

- Utilizarea unor amendamente pe bază de tuf vulcanic indigen modificat Tuf-Aln a determinat instalarea rapidă a straturilor vegetale, menținerea lor și obținerea de eficiențe de reducere superioare a bioacumulărilor de metale solubile din soluția solului în țesutul plantei selectate pentru vegetare;

- Introducerea în practică a variantei de proces, *vegetare rapidă*, cu utilizarea unei doze optime reale de agent de fertilizare și amendare care copertează straturile superioare ale haldei de zgură și cenușă datorită cantităților necesare de componente nutritive.

III. Monitorizarea caracteristicilor biomasei obținute în scopul reciclării acesteia:

Studiile experimentale sunt structurate astfel:

- Caracterizarea straturilor superioare de pe haldele de zgură și cenușă; Studii comparative privind performanțele procesului de vegetare în condițiile fertilizării acestora cu fertilizanți organici obținuți din nămoluri din stații de epurare stabilizate anaerob ca atare și nămoluri compostate și a unor noi agenți de amendare performanți, de tip tuf vulcanic indigen și modificat Tuf-Aln;
- Studii comparative privind toleranța unor plante la condițiile pedoclimatice specifice, gradul de instalare și de menținere a straturilor vegetale de plante de pajști sau de cultură, leguminoase sau graminee;
- Caracterizarea biomasei obținută, din punct de vedere al cantităților recoltate și a bioacumulărilor de metale în diferite fenofaze de dezvoltare: plante tinere, plante mature, plante în perioada de fructificare, etc și în diferite părți de țesut: paie, boabe, etc.
- Caracterizarea straturilor de topsol de pe haldele de zgură și cenușă. Studii comparative privind performanțele procesului de vegetare în condițiile fertilizării acestora cu fertilizanți organici obținuți din nămoluri din stații de epurare, stabiliți anaerob ca atare, nămoluri compostate cu deșeuri vegetale din agricultură și a unor noi agenți de amendare performanți, de tip tuf vulcanic indigen modificat Tuf-Aln;
- S-au realizat studii de caracterizare a unor variante de soluri obținute din amestecul de cenușă și zgură cu fertilizanți organici cu concentrații cunoscute de fertilizant, principalul rezervor de macroelemente nutritive pe bază de carbon, în comparație cu variantele de control formate din cenușă și zgură nefertilizate. Parametrii indicatori care s-au utilizat pentru caracterizarea unor soluri propuse pentru vegetare sunt: compoziția și concentrația acestora din punct de vedere al speciilor de metale grele conținute.

Rezultatele obținute în cadrul studiilor de caracterizare a topsolurilor studiate au condus la următoarele concluzii:

1. Cenușa fertilizată cu nămol orășenesc, sau compost pe bază de nămol orășenesc prezintă caracteristici care confirmă faptul că materia humică conține numeroase clase de compuși, cu caracter nutritiv, biodisponibili imediat și resturi de polimeri naturali care vor fi biodegradați în topsol prin intermediul componentelor biocenotice cu care vine nămolul;
2. Cenușa tratată cu tuf vulcanic indigen prezintă caracteristici care confirmă faptul că metalele sunt blocate la nivelul rizosferei;
3. Cenușa fertilizată cu nămol și tuf prezintă caracteristici care confirmă faptul că fertilizatorul organo-zeolitic aduce în soluri o serie de micronutrienți care nu se găsesc în cantitățile de care au nevoie plantele în ciclul lor vegetativ ca de exemplu: calciu, magneziu, potasiu, etc. Tuful vulcanic permite formarea unei rezerve de apă care poate fi stocată în porii tufului, apă ce va fi ulterior eliberată treptat în conformitate cu necesitățile plantei, reține reversibil în structura microporoasă unii compuși cu azot, care vor sta la baza proceselor de nitrificare a

materiei organice cu azot, pentru ca ulterior să elibereze și azotatul format, conform cerințelor plantei, reducerea gradului de solubilizare a speciilor metalice din soluția solului în cazul când acestea prezintă conținut de metale.

IV. Studii comparative privind toleranța plantelor la condițiile pedoclimatice specifice, gradul de instalare și de menținere a straturilor vegetale de plante de pajiști sau de culturi leguminoase sau graminee:

Culturile de plante selectate au fost conduse pentru optimizarea procesului de vegetare și s-au efectuat în 2 etape distincte:

1. Studiu comparativ privind:

- Eficiența de vegetare cu plante leguminoase de pajiști, *Trifolium* spp. și *Onobrichis* spp., evaluarea gradului de copertare și studii comparative privind toleranța plantelor evaluată prin parametrii inovativi UC, TF, TC;

- Evaluarea comparativă a eficienței de reducere a metalelor acumulate în plante pe fenofaze și anumite părți ale țesutului, studiul calității biomasei și posibilități de reciclare nepericuloasă;

2. Studiu comparativ privind eficiența de vegetare cu plante graminee, *Lolium perenne* și cerealele orz și ovăz;

2.1. Studiu comparativ privind:

- Eficiența de vegetare și de evaluare a gradului de copertare și studii comparative privind toleranța plantelor evaluată prin parametrii inovativi UC,TF,TC;

Prin studiul comparativ privind eficiența de vegetare a depozitelor antropice de materiale inerte, efectuat în variantele experimentale s-a ajuns la concluzia că parametrii inovativi propuși pot fi utilizați cu succes la controlul procesului de reabilitare ecologică:

- Evaluarea comparativă a eficienței de reducere a metalelor acumulate în plante pe fenofaze și anumite părți ale țesutului și posibilități de utilizare în creșterea animalelor.

- Caracteristicile straturilor vegetale instalate sunt funcție de specia de plantă, fenofaza de dezvoltare și de tratamentele aplicate topsolului fiind indicate prin: gradul de răsărire al plantelor, gradul de acoperire cu plante a suprafeței însămânțate, gradul de vitalitate a plantelor, cantitatea recoltelor și a bioacumulărilor de metale din biomasă.

Analiza factorilor obiectivi de proces, doza optimă și tipul de agent de fertilizare a determinat o definire mai exactă și nuanțată a procesului de fertilizare:

1. Pentru culturile de plante leguminoase, trifoi, s-a determinat o variantă de fertilizare optimă care constă în tratarea cu nămol orășenesc fermentat anaerob în cantitate de 25 t/ha s.u. Plantele de trifoi răsărite pe varianta fertilizată cu doza optimă de nămol orășenesc s-au dezvoltat treptat, trecând prin diferite fenofaze de dezvoltare și în final au ocupat o suprafață de 27,8%, respectiv nivelul 3 de pe scara de abundență ecologică Braun - Blanquet. S-a constatat însă că plantele crescute pe această variantă experimentală prezintă modificări biologice din cauza lipsei de apă din perioada verii secetoase și cu temperaturi excesive. Plantele nu au încheiat ciclul de viață în totalitate, unele

plante uscându-se înainte de a se încheia ciclul vegetativ. Indicele de vitalitate a fost situat la nivelul 2 pe scara Braun - Blanquet. Adaosul de tuf vulcanic s-a realizat pentru a forma in situ o rezervă de apă accesibilă plantelor în perioade de secetă. S-a determinat varianta de fertilizare optimă care constă în tratarea cu amestecul dintre nămol orășenesc în cantitate de 25 t/ha s.u. cu o cantitate de 2,5t/ha tuf indigen modificat. În aceste condiții s-a realizat o cultură caracterizată de un indice de abundență ecologică de 2 ori mai mare, respectiv 67,3%, iar plantele obținute au fost dezvoltate corespunzător speciei și au ajuns la fructificare.

2. Pentru culturile de plante leguminoase de pajiști din specia *Onobrychis viciifolia*, s-a determinat o doză optimă de fertilizant organic, nămol orășenesc fermentat, de 25 t/ha, pentru care stratul vegetal suprateran format, a fost stabil și rezistent la condițiile pedoclimatice în care este amplasat depozitul de zgură și cenușă. Pentru doza optimă de fertilizant, stratul vegetal a acoperit până la 25,6% din suprafața însămânțată. Gradul de acoperire a suprafețelor cultivate cu plante din specia *Onobrychis* spp. a fost de peste 45,2% în cazul variantei în care zgura și cenușa se tratează cu 25 t/ha nămol orășenesc și cu tuf vulcanic indigen nemodificat și de 58,1%, în cazul în care nămolul a fost amestecat cu tuf vulcanic modificat. Indicele de vitalitate după clasificarea Braun - Blanquet în cazul culturilor crescute pe variante fertilizate cu amestec de nămol și tuf nemodificat/modificat a fost la nivel 1 cu plante bine dezvoltate, care își încheie regulat și complet ciclul de viață. Utilizarea ca fertilizant a compostului pe bază de nămol s-a realizat la o doză optimă determinată experimental de 50 t/ha s.u. Prin aportul de elemente nutritive în topsol s-au obținut culturi de plante bine dezvoltate, care au încheiat regulat și complet ciclul de viață. Adaosul de tuf modificat la doza optimă de compost a determinat creșterea de plante caracterizate prin indici biologici cu valorile ridicate: indicele de acoperire a suprafeței cultivate de 54,7%, respectiv nivelul 3/4 din scara abundenței ecologice Braun - Blanquet. Plantele crescute în această variantă sunt plante bine dezvoltate, care încheie regulat și complet ciclul de viață pentru instalarea unui covor vegetal sănătos și viabil de plante de sparceta, care s-au înmulțit ușor și eficient;

3. Pentru culturile de graminee de pajiști, stratul vegetal format din specia de graminee *Lolium perenne* a fost stabil și rezistent la condițiile pedoclimatice în care se află amplasat depozitul de zgură și cenușă. Pentru doza optimă de fertilizant, nămol orășenesc stabilizat anaerob de 25t/ha, stratul vegetal acoperă până la 72,5% din suprafața însămânțată. Condițiile climatice severe au determinat uscarea plantelor graminee până la 50% în timpul verii. Adaosul de fertilizant organic la doza optimă în amestec cu tuful vulcanic modificat și nemodificat, de 5 t/ha, a determinat un grad de acoperire a suprafeței cultivate de 58 - 68%. Plantele au la dispoziție nutrienții necesari și o rezervă de apă, astfel încât prin condițiile create de tratamentul menționat, ele ajung la maturitate. Stratul vegetal a fost foarte bine instalat, plantele nu s-au uscat și au rezistat la condițiile severe de climă din anotimpul vară. Utilizarea de compost la o doză optimă stabilită experimental de 50 t/ha a determinat un grad ridicat de răsărire a plantei *Lolium* spp. însămânțate pe terenul fertilizat de 50,0%, iar

indicele de acoperire a suprafeței cultivate a fost stabilit la 51,0%, respectiv la nivelul 3/4 din scara Braun - Blanquet. Condițiile climatice severe au determinat uscarea plantelor graminee, până la 50% în timpul verii. Utilizarea tufului indigen nemodificat/modificat de 5t/ha ca adaos la o doză de compost de 50 t/kg s.u. a determinat creșterea gradului de răsărire. Indicele de acoperire cu vegetație a fost de 40,9 - 45,5%. Plantele cresc viguroase și sunt rezistente la condițiile pedoclimatice din zonă. Elementele nutritive și aportul de apă permit obținerea de plante cu indice maxim de vitalitate care rezistă în totalitate la regimul climatic sever al verii, iar cantitatea de biomasă recoltată crește.

4. *Pentru culturile de cereale* din studiile experimentale privind instalarea unui strat vegetal coroborate cu considerente economice s-a determinat doza optimă de fertilizant, compost, pentru culturile de orz și ovăz, în cantitate de 50 t/ha. Plantele de orz au avut gradul de răsărire de 35,0% și au ocupat o suprafață de 43,3% din aria cultivată, iar pentru ovăz un grad de răsărire de 45,3% și o suprafață ocupată de 45,7% din aria cultivată. Plantele s-au uscat parțial pe perioada secetoasă, fapt pentru care s-a utilizat ca rezervor de apă in situ, tuful vulcanic indigen. S-a stabilit ca doză optimă de compost o cantitate de 50 t/ha în amestec cu tuf nemodificat de 5t/ha, pentru care plantele de orz au avut gradul de răsărire de 35,8% și au ocupat o suprafață de 54,3% din aria cultivată. Acest tratament a determinat pentru ovăz un grad de răsărire de 40,3% și o suprafață de 50,6% din aria cultivată. De asemenea se stabilește ca tratament al topsolului compost în amestec cu 5t/ha tuf modificat, pentru care plantele de orz au avut gradul de răsărire de 40,1% și au ocupat o suprafață de 40,1% din aria cultivată. Pentru ovăz s-a înregistrat un grad de răsărire de 45,0% și o suprafață de 58,3% din aria cultivată. Plantele au fost viguroase și au ajuns la maturitate.

5. **Utilizarea agenților de fertilizare/amendare** în procesul de tratate a haldelor de zgură și cenușă este o cale de înierbare cu plante care confirmă influența factorilor obiectivi de proces: doza optimă și tipul de agent de fertilizare, specia de plantă și fenofaza de dezvoltare prin eficiențe de reducere ale bioacumulărilor de metale toxice: crom, plumb și nichel, metale mai puțin toxice: cupru și zinc și netoxice, la limite nepericuloase pentru lanțuri trofice.

6. Materia organică introdusă în topsol a determinat solubilizarea sărurilor de metale prezente în zona rizosferei, ca urmare soluția solului va conține cantități mari de metale biodisponibile. Ca urmare crește cantitatea de metale bioacumulată Cr, Cu, Fe, Mn, Pb și Zn din partea aeriană a plantelor de trifoi.

7. Rădăcina nu conține un sistem eficient de blocare a accesului de metale din sol în țesut, astfel încât sistemul radicular devine un canal permisibil pentru trecerea metalelor din sol în plante, țesut aerian unde se acumulează. Plantele tinere din specia de *Trifolium pratense* au fost tolerante la cantitățile biodisponibilizate de metale grele din soluția solului și au bioacumulat cantități mai mari de Cr, Cu, Fe, Mn și Pb în partea aeriană decât plantele mature. Biomasa rezultată de pe varianta fertilizată cu nămol conține un metal toxic care se acumulează în cantitate de 12 - 16 ori mai mare decât LMA fapt pentru care se recomandă ca în cazul în care se optează pentru înierbare prin această variantă, biomasa rezultată să fie încadrată în categoria deșeurilor cu conținut ridicat de metale.

8. Tratarea stratului de zgură și cenușă cu nămol și tuf a determinat reducerea acumulării metalelor în rădăcini cu 30 - 40% pentru bioacumularea de fier, 60 - 70% pentru bioacumularea de metale toxice Pb și Cr și cu 20 - 30% pentru bioacumularea de metale Cu și Mn față de rădăcinile plantelor crescute pe cenușa netratată. În plus gradul de reducere al bioacumulărilor de metale grele în partea aeriană a plantei a fost dependent de natura și cantitatea de tuf adăugată. Eficiența de reducere cea mai mare s-a obținut la doze de tuf modificat de 2,5/ha amestecat cu doza optimă de nămol. Adaosul de tuf vulcanic modificat a determinat reducerea conținutului de Pb bioacumulat în partea aeriană la valori situate sub 0,5 mg/kg s.u., limită stabilită ca maximă prin norme naționale și europene. Având în vedere conținutul extrem de redus de Pb, sub CMA din plante mature recoltate de pe variante fertilizate cu doze optime de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic modificat, biomasa poate fi reutilizată ca adaos de material hidrocarbonat pentru composturi, sau în amestecuri însilozate;

9. În cazul utilizării plantelor din specia *Onobryhis viciifolia* pentru înierbare, s-a constatat că adaosul de nămol orășenesc fermentat a determinat în cazul culturii acumularea unor cantități mai mari de metale în țesutul aerian al plantei. Astfel pentru doze de nămol stabilite ca optime de 25 t/ha s.u. se constată că plantele acumulează în partea aeriană cu 10 - 15% mai mult Fe și Cr, cu 45 - 52% mai mult Pb și Cu și cu 80 - 87% mai mult Ni și Zn, față de cantitatea de metale bioacumulată în partea aeriană a plantei crescute pe varianta nefertilizată. Biomasa rezultată conține o cantitate de plumb de până la 12 ori mai mare decât LMA, fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria deșeurilor cu conținut de metale. Cu această concentrare de metale, biomasa va trebui dirijată spre deșeuri cu conținut de metale grele periculoase cu respectarea normelor de protecție pentru evitarea răspândirii în zone limitrofe depozitelor.

10. Adaosul de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic modificat a determinat reducerea mai mare a metalelor toxice Cr, Cu, Ni și Pb în țesutul plantei atât în rădăcini cât și în partea aeriană, vs. eficiența de reducere care s-a obținut în cazul bioacumulărilor de metale din țesutul plantelor crescute pe varianta tratată cu nămol în amestec cu tuf nemodificat. Tratamentul a determinat o eficiență de reducere a bioacumulării de metale în partea de rădăcinii cu 24,0 - 30,0% pentru crom, cu 40,0 - 50,0% pentru cupru, cu 50,0 - 75,0% pentru metalul nichel și cu 56,0 - 80,0% pentru metalul plumb. Se limitează accesul de metale și în partea aeriană până la 64% pentru crom și de până la 84% pentru plumb, față de cantitatea bioacumulată în plantele cultivate pe varianta experimentală nefertilizată. Adaosul de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic modificat a determinat ca în plante - partea aeriană din specia *Onobryhis viciifolia* să se acumuleze o cantitate cuprinsă în domeniul 2,9 - 6,5 mg/kg de Cr, Cu și Ni, de 24,5 mg/kg s.u Zn și de 0,5mg/kg Pb. Pentru cantitatea maximă admisă în plante de Cu, Cr și Ni nu sunt reglementări naționale sau la nivel de UE, iar cantitatea de Zn și Pb bioacumulată se încadrează în aceste reglementări, drept pentru care biomasa rezultată se poate reintroduce în circuitul natural;

11. Adaosul de compost pentru obținerea unui strat vegetal de plante leguminoase din specia *Onobryhis viciifolia* a determinat ca în rădăcini să crească acumularea de metale în mod similar cu cea obținută la fertilizare cu nămol, pentru Cr cu 63,0%, pentru Cu cu 23,7%, pentru Ni cu 65,0% și pentru Pb cu 88,8% vs. cantitățile bioacumulate în aceeași parte a plantelor crescute pe variante nefertilizate cu compost. Aceste majorări ale cantităților de metale acumulate în partea de rădăcină se datorează solubilizării unor specii metalice din topsol. În partea aeriană accesul metalelor este însă limitat, astfel că în cazul metalelor Cr, Cu și Ni, acumulările din partea aeriană sunt 2,3; 1,5; 4,5 ori mai reduse decât la partea de rădăcini. În cazul plumbului cantitățile bioacumulate în rădăcină și parte superioară la plante crescute pe topsol fertilizat cu compost sunt similare;

12. Adaosul de tuf modificat în amestec cu doza optimă de compost a determinat reduceri mari ale metalelor atât la nivel de rădăcină și ca urmare directă și translocarea este influențată în sensul micșorării bioacumulării în partea aeriană. Nivelul de acumulare a metalelor în țesutul aerian al plantei *Onobrychis viciifolia*, în cazul utilizării unui tratament cu compost 50 t/ha și tuf vulcanic modificat 5t/ha, a fost de 0,2 - 0,3mg/kg s.u. Ni respectiv Pb., 2,9 - 4,8 mg/kg s.u. Cr respectiv Cu, de 35,0-45,0 mg/kg s.u. Zn și de 2977-3910 mg/kg s.u. Fe. Pentru cantitatea maximă admisă în plante de Cu, Cr, Fe și Ni nu sunt reglementări naționale sau la nivel de UE, iar cantitatea de Zn și Pb bioacumulată se încadrează în aceste reglementări, drept pentru care biomasa rezultată se poate reintroduce în circuitul natural;

13. Agentul de fertilizare organic, nămol a determinat formarea în zona rizosferei plantelor din specia *Lolium perenne* a unor compuși metalici solubili care pot fi ușor transferați odată cu soluția solului în rădăcini. Plantele prezintă sisteme de diminuare sau chiar de limitare a accesului de metale din partea de rădăcini în partea aeriană sau dimpotrivă pot constitui canale permisibile pentru a fi translocate cantități majorate din sol în diferite părți ale plantei. Controlul concentrației de metale din biomasă parte aeriană se poate realiza prin utilizarea unei cantități potrivite de fertilizant, nămol-orășenesc, care să asigure pe de o parte o recoltă așteptată și în același timp să nu determine acumulări mari de metale în țesut. Cantitatea de metale bioacumulată în țesuturi, partea aeriană a plantelor recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă este cuprinsă în domeniul 4,3 - 8,9 mg/kg pentru Cr, Cu și Ni, de 0,4 mg/kg pentru Pb, de 24,5 mg/kg pentru Zn și de 543 mg/kg pentru Fe, biomasa este dirijată pentru reutilizare, reciclare sau spre halda de deșeuri. Biomasa rezultată de pe varianta optimă conține cantități reduse de metale Cr,Cu, Ni și Fe, care oricum nu sunt reglementate prin norme și o cantitate de plumb și Zn mai mică decât limitele CMA, fapt pentru care se recomandă ca aceasta să fie încadrată în categoria materiei reutilizabilă în sectorul agrozootehnic, ca atare sau în nutrețuri. Depășirea dozei optime de agent de fertilizare organic, nămolul orășenesc, a determinat creșterea cantităților de metale bioacumulate;

14. Adaosul de tuf nemodificat/modificat în amestec cu doza optimă de nămol a determinat acumulări mari ale plumbului în partea aeriană. Nivelul de acumulare a plumbului depășește de 10 ori nivelul admis de normele interne sau

internaționale, fapt pentru care biomasa rezultată trebuie înscrisă în circuitul deșeurilor periculoase;

15. S-a determinat o doză optimă de compost de 50 t/kg s.u. Această cantitate a fost suficientă pentru îmbogățirea topsoilului inert de zgură și cenușă cu nutrienți valoroși ce permit instalarea unui covor vegetal stabil, cu o acumulare de metale toxice. Pb depășește de 20 de ori CMA, fapt pentru care biomasa a fost propusă ca deșeu cu conținut de metale toxice. Datorită faptului că biomasa rezultată de pe varianta fertilizată cu compost la doza optimă în amestec cu 5t/ha tuf nemodificat/modificat mai conține cantități de plumb de 13-20 ori mai ridicate decât normele CMA, aceasta trebuie dirijată spre depozite de deșeuri cu conținut de metale periculoase, sau spre fermentare anaerobă în amestec cu ale materiale organice biodegradabile;

16. Cantitatea de metale acumulată în boabe și paie de orz și ovăz crește în ordinea $Cr \equiv Cu < Mn \equiv Zn < Fe$

Domeniile de concentrații de metale pentru boabe și paie de orz:

- Crom și cupru 3,2 - 4,5 mg/kg s.u.;
- Mangan și zinc 21,0 - 32,0 mg/kg s.u.;
- Fier 129 - 324 mg/kg s.u.,

Domeniile de concentrații de metale pentru boabe de ovăz:

- Crom și cupru 1,8 - 2,1 mg/kg s.u.;
- Mangan și zinc 9,0 - 35,0 mg/kg s.u.;
- Fier 34,5 mg/kg s.u.,

Domeniile de concentrații de metale pentru paie de ovăz:

- Crom și cupru 8,1 - 13,5 mg/kg s.u.;
- Mangan și zinc 59,0 - 85,0 mg/kg s.u.;
- Fier 104,5 mg/kg s.u.,

17. Adaosul de agent de fertilizare a determinat reducerea biodisponibilității nichelului și plumbului în sol astfel încât aceste metale nu au mai fost identificate în paie și boabe de orz. Paiele de ovăz acumulează nichel și plumb, în cantitate de până la 9 mg/kg. Boabele de ovăz nu acumulează nichel, dar acumulează plumb la un nivel de 2,1 mg/kg, valoare peste limita maximă admisă. Recolta de boabe și paie de orz de pe varianta fertilizată cu doza optimă de compost se poate utiliza în hrana animalelor, iar recolta de boabe de ovăz se poate utiliza la o nouă însămânțare. Paiele de ovăz trebuie încadrate în categoria deșeurilor periculoase și tratate ca atare;

18. Paiele de orz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat: crom în cantitate de 5,89 - 6,82mg/kg s.u., cupru în cantitate de 3,78 - 4,71 mg/kg s.u., fier în cantitate de 341 - 345 mg/kg s.u., mangan în cantitate de 36 - 40 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 35 - 45 mg/kg s.u., iar metalele Ni și Pb sld. Paiele de ovăz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat cantități mai reduse decât paiele de orz și anume: crom în cantitate de sld - 2,55mg/kg s.u., cupru în cantitate de 1,36 - 1,75 mg/kg s.u., fier în cantitate de 162 - 176 mg/kg s.u., mangan 25 - 28 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 60 - 64 mg/kg s.u., iar metalele Ni sld - 1,4 mg/kg

s.u. și Pb sld - 0,17 mg/kg s.u. Paiele celor două cereale se pot recicla în circuite naturale;

19. Boabele de orz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat: în cantitate mai redusă decât paiele corespondente, crom în cantitate de 3,24 - 3,27mg/kg s.u., fier în cantitate de 140 - 141 mg/kg s.u., mangan 25 - 27,5 mg/kg s.u., Zn în cantitate de 25 - 35 mg/kg s.u. Cuprul se acumulează în boabe în cantitate similară cu cantitatea acumulată în paiele de orz și anume în domeniul 4,17 - 4,57 mg/kg s.u. Ni s-a acumulat în cantități mai mari decât în paiele corespondente, până la 4,5 mg/kg s.u. și Pb nu se acumulează în cantități detectabile. Boabele de ovăz recoltate de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat au acumulat cantități mai reduse de metale decât paiele de ovăz pentru metalele Cu, Fe, Mn și Zn. Boabele nu acumulează crom și plumb în limite detectabile, dar acumulează nichel în domeniul 1,2 - 4,0 mg/kg s.u. Cantitatea de Cu, Cr, Fe, Mn, Zn acumulată în boabele de ovăz este mai redusă decât cantitatea acumulată în boabele de orz. Cantitățile de plumb bioacumulate în boabele de ovăz recoltate de pe variante tratate cu doze optime de fertilizator organo-zeolitic sunt sub 0,5 mg/kg s.u. (limita maximă admisă pentru hrana omului și a animalelor) pentru anumite variante de tratare și în anumite cazuri ele nu mai sunt detectate.

Cantitatea de zinc bioacumulată în paiele și boabele de cereale recoltate de pe topsolul tratat cu doza optimă de compost și tuf vulcanic nemodificat/modificat a fost sub nivelul maxim admis de norme UE.

Atât paiele cât și boabele se pot folosi în sectorul zootehnic, pentru așternut, însilozări sau hrană proaspătă.

În concluzie:

A. Studiile efectuate pe culturi de plante de pajiști au demonstrat că:

- tratarea topsolului cu fertilizant organic și tuf a determinat parametri biologici mai ridicați, respectiv un grad de acoperire mai mare a suprafețelor cultivate cu plante leguminoase și graminee, plante sănătoase care își încheie ciclul de viață și o cantitate de biomasă mai mare decât parametrii plantelor respective crescute pe topsoluri fertilizate doar cu fertilizant organic;
- Adaosul de tuf vulcanic modificat la doze optime de fertilizant organic, a determinat un grad de acoperire mai mare cu vegetație, o vegetație mai stabilă și sănătoasă și o cantitate mai mare de masă verde vs. adaosul de tuf vulcanic nemodificat la doze optime de fertilizant organic;
- Plantele leguminoase studiate, trifoiul și sparceta au prezentat un grad de acoperire cu strat vegetal mai mare decât plantele graminee și totodată cantități mai ridicate de biomasă;
- Culturile de plante recoltate de pe variantele fertilizate cu nămol orășenesc în doze optime de 25 t/ha în absența/prezența tufului

vulcanic au fost mai ridicate vs. recoltele care au rezultat de pe variante fertilizate cu compost la doze de 50 t/ha în absența/prezența tufului vulcanic;

- Plantele leguminoase recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic sau fertilizant organic în amestec cu tuf nemodificat nu se încadrează în tipuri de hrană acceptate prin norme, deoarece prezintă bioacumulări de plumb de 3 - 16 ori mai ridicate decât normele admise;
- Plantele leguminoase recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic în amestec cu tuf modificat acumulează crom, cupru, nichel sub 5 mg/kg su, iar Pb și Zn sub limitele impuse de normele în vigoare și pot fi reintroduse în circuite agricole;
- Plantele graminee recoltate de pe variante tratate cu fertilizant organic sau fertilizant organic în amestec cu tuf nemodificat/modificat nu se încadrează în tipuri de hrană acceptate prin norme, deoarece prezintă bioacumulări de plumb de 5 - 20 ori mai ridicate decât normele admise.

B. Studiile efectuate pe culturi de cereale au arătat:

- În cazul fertilizărilor cu compost în prezența/absența tufului, cultura ovăzului prezintă un grad de acoperire mai mare a suprafețelor cultivate decât orzul. Cu toate acestea plantele de ovăz nu cresc atât de viguroase ca cele de orz și ca urmare recolta de paie de ovăz este inferioară celei de orz;
- Plantele de ovăz însă fructifică mai bine în cazul tratamentului cu compost și tuf nemodificat/modificat;
- Adaosul de tuf nemodificat cu fertilizantul organic nu influențează sporul cantității de paie, dar tuful modificat poate aduce sporuri de până la 3 ori mai mari decât în absența lui din tratamentul topsolului;
- În cazul tratamentelor topsolului cu compost în amestec cu tuf indigen nemodificat/modificat, paiele și boabele celor două cereale, acumulează cantități de Cr, Cu, Ni $\leq 0,5$ mg/kg su, iar de Pb și Zn sub limitele impuse de normele în vigoare și pot fi reintroduse în circuite agricole.

V. Caracterizarea biomasei obținută, din punct de vedere al cantităților recoltate și a bioacumulărilor de metale în diferite fenofaze de dezvoltare: plante tinere, plante mature, plante în perioada de fructificare, etc și în diferite părți de țesut: paie, boabe, etc.

Caracterizarea biomasei de plante rezultate s-au efectuat în 2 etape distincte:

1. Evaluarea comparativă a cantității de biomasă rezultată din culturi cu plante leguminoase de pajiști

- 1.1. Prin prelucrarea statistică a datelor obținute experimental pentru recoltele de trifoi, conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă obținută. Din Testul Duncan aplicat la

- nivel de 5% a rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă, că varianta experimentală tratată cu 25 t/ha nămol orășenesc amestecat cu tuf modificat în cantitate de 2,5 t/ha, face parte din clasa superioară A. Din testul Student a rezultat pentru trifoiul recoltat, că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de nămol 25 t/ha și tuf modificat în cantitate de 2,5 t/ha este foarte semnificativ. Cantitate de biomasă recoltată de pe această variantă a fost cu 45% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta de topsoil tratată cu nămol în amestec cu tuf nemodificat.
- 1.2. În cazul în care cantitatea de nămol orășenesc utilizat pentru fertilizare crește de la 15 t/ha la 25 t/ha, cantitatea de biomasă verde recoltată pentru planta din specia *Onobrychis viciifolia*, crește cu peste 50%, de la 21,23 g/vas de vegetație la 42,7 g/vas de vegetație. Se remarcă însă că o creștere a cantității de nămol orășenesc ca agent de fertilizare peste 25 t/ha s.u. nu a determinat majorarea așteptată de biomasă. Utilizarea dozei optime de nămol în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat, a determinat o recoltă de trifoi de până la 1/5 - 3/5 din cantitatea care rezultă de pe soluri normale, fertilizate. Prin prelucrarea statistică a datelor obținute experimental pentru recoltele de sparceta, se confirmă că varianta experimentală tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orășenesc face parte dintr-o clasă superioară A. Din testul Student a rezultat că sporul cantității de biomasă obținut la varianta tratată cu doza optimă de 25 t/ha nămol orășenesc este foarte semnificativ. S-a stabilit o corelația dintre cantitatea de nămol orășenesc fermentat anaerob utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură și cenușă, în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă recoltată, reprezentată de ecuația $Y = 1,3674 + 2,1828x - 0,0234x^2$, cu un coeficient de corelație multiplă **R=0.97**. Conform coeficientului de determinație, $D = R^2 \cdot 100$, variația cantității de biomasă între 0 - 54,2 g/vas, a fost influențată în proporție de 94% de doza de nămol.
- 1.3. Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha, în amestec cu fertilizantul organic, nămolul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 75% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. Din calculul statistic al datelor obținute experimental, conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă, rezultată din cultura de *Onobrychis* spp. Din Testul Duncan aplicat la nivel de 5% a rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă rezultată, că varianta experimentală tratată cu doza optimă de nămol orășenesc de 25/ha, în amestec cu tuf nemodificat face parte din clasa superioară B, iar în cazul în care amestecul fertilizant conține tuf modificat, face parte din clasa superioară C. Din testul Student a rezultat pentru cultura de sparceta că sporul cantității de biomasă

- obținut din varianta tratată cu nămol, în amestec cu tuf vulcanic nemodificat/modificat este foarte semnificativ.
- 1.4. Agentul de fertilizare, compostul, utilizat în doza de 50 t/ha a determinat creșterea cantității de biomasă cu 34% vs. cantitatea de biomasă de 27,47g/vas de vegetație rezultată din varianta fertilizată cu 25t/ha compost. Creșterea dozei de compost de la 50 t/ha la 100 t/ha nu a justificat o creștere semnificativă a biomasei recoltate. Rezultatele prezentate confirmă în plus selectarea ca doză optimă cantitatea de 50 t/ha. compost. Corelația dintre cantitățile de compost utilizat pentru fertilizarea materialului inert din haldele de zgură și cenușă în scopul instalării unui strat vegetal de plante din specia *Onobrychis viciifolia* și cantitatea de biomasă rezultată din variantele experimentale este redată de ecuația exprimată printr-o regresie liniară $Y = 24,4621 + 0,2348x$, cu un coeficient de regresie $r = 0.89$ foarte semnificativ și $r^2 = 0,79$. Variația cantității de biomasă este influențată în proporție de 79% de doza de compost. Intervalul de încredere a dreptei de regresie, pentru $\alpha = 5\%$, indică o probabilitate de 0,95.
 - 1.5. Din prelucrarea statistică a rezultatelor experimentale, conform testului F, a rezultat că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative în ceea ce privește cantitatea de biomasă de sparceta recoltată. Din Testul Duncan aplicat la nivel de 5% a rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă, că varianta experimentală tratată cu doza optimă selectată de 50 t/ha compost, în prezența tufului vulcanic nemodificat/modificat face parte din clase superioare B, respectiv A. Din testul Student a rezultat pentru sparceta că sporul cantității de biomasă obținută la varianta tratată cu compost și tuf nemodificat/modificat este foarte semnificativ.
 - 1.6. Cantitatea de biomasă verde crește cu 57% la utilizarea dozei optime de compost, cu 77% în cazul fertilizării cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat și cu 84% în cazul utilizării dozei optime de compost în amestec cu tuf modificat vs. cantitatea de biomasă obținută pentru varianta netratată.

2 Evaluarea comparativă a cantității de biomasă rezultată din culturi cu plante graminee:

2.1. Studiu comparativ privind cantitățile de biomasă rezultată din culturi de plante graminee de pajiști

- a. Recolta de graminee *Lolium perenne*, masă verde, rezultată de pe suprafața nefertilizată este redusă, dar cea rezultată de pe varianta tratată cu o doză de 25t/ha de nămol orășenesc a determinat creșterea semnificativă a producției de biomasă, cu 31% mai ridicată, vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată. Stratul vegetal de iarbă se usucă însă treptat în perioadele de secetă prelungite, motiv pentru care s-a utilizat ca rezervor de apă in situ, tuful vulcanic indigen.
- b. Adaosul de tuf nemodificat/modificat în absența fertilizantului organic a determinat o creștere a biomasei cu 30 - 36% vs. cantitatea recoltată de pe varianta nefertilizată, dar nu asigură elemente nutritive necesare

creșterii plantelor. Cantitatea de biomasă verde crește cu până la 70,0%, în cazul variantei fertilizate cu nămol sau compost pe bază de nămol orășenesc în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, vs. cantitatea de biomasă recoltată de pe varianta nefertilizată.

- c. Calculul statistic al datelor rezultate din cele 12 variante urmărite în experimentul de înierbare a haldelor de zgură și cenușă, cu plante graminee *Lolium* spp., a confirmat că există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă recoltată de pe variantele studiate. Din testul Student aplicat la nivel de 5% pentru variantele studiate, în absența/prezența tufului nemodificat/modificat, cu doze diferite de nămol orășenesc, a rezultat pentru specia *Lolium perenne* că sporul cantității de biomasă obținută la varianta tratată cu doza optimă de nămol orășenesc, în prezența tufului nemodificat/modificat și a variantei tratate cu doza optimă de compost și tuf modificat este foarte semnificativ.

2.2. Studiu comparativ privind cantitățile de biomasă rezultată din culturi cu plante graminee și culturi de cereale

- 1.2.1. În cazul în care plantele selectate pentru înierbare sunt cerealele orz și ovăz, a rezultat că recolta de paie și boabe obținută de pe varianta fertilizată cu doza optimă stabilită de compost de 50 t/ha se caracterizează prin:

- i. recolte de paie mai mari pentru culturi de orz decât pentru culturile de ovăz;
- ii. recolte de boabe mai mari cu 25% pentru culturi de ovăz decât pentru culturile de orz;

- 1.2.2. Tuful vulcanic ca adaos la doza optimă de compost a constituit rezervorul de apă, de azot asimilabil și microelemente. S-a stabilit potrivit valorilor indicatorilor biologici pe de o parte și în concordanță cu prețuri de cost accesibile, variante de tratament optime:

- ❖ varianta A la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf nemodificat sau
- ❖ varianta B la doza optimă = 50 t/ha compost în amestec cu 5 t/ha tuf modificat.

Varianta B prezintă costuri suplimentare datorate procesului de obținere a tufului vulcanic modificat, dar a determinat valori superioare ale parametrilor biologici.

Din calculul statistic al datelor obținute experimental conform testului F, rezultă că între variantele urmărite în experiment, există diferențe foarte semnificative, în ceea ce privește cantitatea de biomasă și boabe, pentru cele două cereale, recoltate de pe variantele studiate. Din Testul Duncan la nivel de 5%, a rezultat în urma comparațiilor cantităților de biomasă, că varianta experimentală tratată cu 50 t/ha compost amestecat cu tuf modificat, face parte din clasa B, iar varianta tratată cu 50 t/ha compost cu tuf nemodificat, face parte dintr-o clasă inferioară C sau D. Din Testul Student a rezultat atât pentru cantitatea de paie cât și de boabe de ovăz sau orz, că sporul obținut la varianta tratată cu compost și tuf modificat este foarte semnificativ. Sporul obținut la varianta tratată cu compost și tuf nemodificat, pentru cantitatea de

paie de ovăz este semnificativ, iar pentru boabe este foarte semnificativă. Pentru orz sporul obținut la varianta tratată cu doza optimă de compost și tuf nemodificat pentru boabe și paie nu este asigurat statistic.

Adaosul de tuf vulcanic indigen nemodificat în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 27 - 29% mai mare pentru cele două cereale față de cantitatea recoltată de pe suprafața netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat, în amestec cu compostul, a determinat o cantitate de biomasă recoltată cu 37% mai mare pentru paie de ovăz și cu 76% mai mare pentru paie de orz, față de cantitatea recoltată de pe suprafața netratată. Adaosul de tuf vulcanic indigen modificat/nemodificat, în cantitate de 5 t/ha în amestec cu compostul aplicat în doza optimă, a determinat o cantitate recoltată de boabe de ovăz cu 73 - 74% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta netratată. În cazul recoltei de orz boabe, tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf vulcanic indigen modificat, s-a determinat o cantitate recoltată de 18% mai mare față de cantitatea recoltată de pe varianta tratată cu doza optimă de compost în amestec cu tuf nemodificat.

Se propune promovarea parametrilor inovativi UC, TC și TF și introducerea deliberată a acestora în practică.

Parametrii UC, TC și TF constituie instrumente de analiză și evaluare sistematică pentru: optimizarea proceselor de vegetare prin introducerea materialelor fertilizante recuperate din activități antropice, în prezența/absența unor materiale naturale ajutătoare de tip tuf vulcanic indigen ca atare și modificat, selectarea speciilor de plante care permit îniebarea rapidă și instalarea unor ecosisteme pe haldele de zgură și cenușă, verificarea calității recoltelor rezultate, pe fenofaze și/sau diferite părți ale plantelor, cu scopul reciclării nepericuloase a acestora.

1. *Factorul de transfer TF* redă biodisponibilitatea metalelor din sol, din zona rizosferei, pentru plante. Acest parametru este influențat de specia de plantă, faza de vegetație, gradul de poluare cu metale grele, tratamentele aplicate solurilor poluate, etc.

1.1. Factorul de transfer este mare pentru plante leguminoase, când acestea sunt cultivate pe topsoluri poluate, cu conținut ridicat de metale grele, de tipul depozitelor de zgură și cenușă. Accesul metalelor sol-rădăcină, favorizat de prezența nămolului pentru plantele leguminoase din specia *Trifolium spp.* cultivate pe topsol fertilizat, este confirmat de un factor de tranfer majorat vs. cel pentru metalul corespondent de pe soluri netratate. Tuful vulcanic modificat în amestec cu agentul de fertilizare, nămolul, a determinat efecte de reducere mari ale factorului de transfer pentru Pb, Fe, Mn și Cu, efecte antagonice de majorare a accesului de Zn în țesutul plantei și nu influențează transferul de Cr și Ni. Valorile mici ale factorului de transfer în special pentru plumb este în concordanță cu valoarea redusă a acestui metal care ulterior va fi translocat în partea aeriană a plantei.

1.2. Variația factorului de transfer pentru graminee din specia *Lolium perenne* a demonstrat faptul că cromul și cupru se reduc la adaos de agent fertilizant organo-zeolitic la doze optime, cu 79 - 90% vs. factorul determinat la culturi de graminee recoltate de pe variante netratate. Prin tratament cu fertilizant organo-zeolitic planta va prelua doar 10% din cantitatea de Ni și Fe din solul poluat și până la 50% din zincul prezent. Factorul de transfer al plumbului este supraunitar în cazul solului netratat. Prin

tratament cu fertilizant organo-zeolitic, factorul de transfer devine subunitar, planta va prelua cantități de 100 ori mai mici decât plantele crescute pe soluri netratate. Cu toate acestea în partea aeriană a plantei se vor transloca cantități mari de plumb, rădăcina fiind de fapt în acest caz un canal permisibil pentru acest metal.

1.3. *Factorul de transfer* determinat pentru cereale, redă faptul că orzul preia cantități mai mari din metalele: Cr, Ni, Pb, Fe, și Zn în rădăcini decât ovăzul, în cazul recoltelor de pe variantele de sol fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, în schimb ovăzul are o afinitate mai mare pentru cupru. Orzul prezintă un factor de transfer supraunitar pentru metalele plumb și zinc, în cazul variantelor fertilizate cu fertilizant organo-zeolitic, un factor subunitar situat în domeniul 0,2 - 0,52 pentru metalele cupru, crom, fier și 0,03 pentru nichel. Ovăzul prezintă factorul de transfer subunitar situat în domeniul 0,12 - 0,78 pentru metalele cupru, crom, fier și zinc și în domeniul 0,01 - 0,06 pentru nichel și plumb. Indiferent de gradul de acces al metalelor din sol în rădăcină cerealele orz și ovăz posedă mecanisme probabile la nivel de rădăcini, care limitează accesul metalelor prin translocare în părțile aeriene.

2. *Factorul de translocare TC* a metalelor în partea aeriană a plantelor este funcție de metabolismul specific al plantei, corelat cu prezența speciilor metalice ce pot accesa spre aceste părți de țesut din rădăcini în paie sau boabe de orz sau ovăz, este subunitar, arătând că din rădăcini se translocă doar o cotă parte din cantitatea acumulată.

2.1. *Variația factorului de translocare TC pentru orz*

Adaosul de fertilizant organo-zeolitic fie nu are acțiune asupra fenomenelor de translocare ca de exemplu din rădăcini în boabe în cazul metalelor crom și zinc, sau acționează prin efecte de reducere a translocării metalelor cupru și fier spre boabe, sau de majorare a translocării de crom și fier în paie vs. fenomenele de translocare din aceste părți ale plantelor crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

2.2. *Variația factorului de translocare pentru ovăz*

Adaosul de fertilizant organo-zeolitic are acțiune de reducere a fenomenelor de translocare de crom, fier și zinc în boabe vs. fenomenele de translocare în boabele plantelor crescute pe variante fertilizate doar cu compost sau nefertilizate și de cupru din rădăcini în paie sau boabe.

Se manifestă fenomene ale majorării translocării de zinc și fier în paie vs. fenomenele de translocare din paiele plantelor crescute pe variante fertilizate cu compost sau nefertilizate.

Tratamentul stratului de zgură și cenușă cu fertilizant organo-zeolitic nu mai permite ca plumbul și nichelul să traverseze țesutul rădăcinii pentru acumulare în partea aeriană, paie sau boabe.

3. *Coeficienții de preluare UC a metalelor în boabe sunt mai mici ca cei din paie*

3.1. Valorile parametrului UC pentru paie crescute pe topsolul poluat, sunt în general supraunitare, deci plantele acumulează cantități de metal mai mari decât cele crescute pe soluri normale.

3.2. Adaosul de materie organică a determinat modificări importante în gradul de acumulare a metalelor în paie: de reducere sau majorare a bioacumulării metalelor vs. cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoluri corespondente, poluate, nefertilizate.

3.3. Valorile subunitare ale coeficientului UC confirmă faptul că în paie se acumulează cantități mai mici de metale decât cantitatea acumulată în paie recoltate de pe topsoluri nepoluate, iar paiele se pot utiliza ca material de așternut în adăposturi de animale sau ca adaos ligno-celulozic pentru compostare.

3.4. Compostul acționează ca agent de reducere a bioacumulării metalelor Cu, Fe, Ni, Pb și Zn în boabe, pentru ambele cereale. Adaosul de amendament de tipul tuf vulcanic modificat la doza optimă de compost utilizat pentru fertilizarea culturilor de ovăz, a determinat coeficienți de preluare a metalelor Cr, Cu subunitari, respectiv acumulări ale acestor metale inferioare celor de pe soluri normale. Având în vedere și faptul că boabele de ovăz nu acumulează Pb și Ni la limita de detecție, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor. Boabele de orz nu acumulează Ni și Pb, două metale toxice pentru organisme. Cantitatea de Zn acumulată nu depășește valorile normelor UE. Coeficienții de preluare a metalelor Cu, Cr, Fe în boabe de orz sunt de 1,3 - 3,2 ori mai mari decât unitatea, fapt ce demonstrează că acumulările acestor metale depășesc cantitatea acumulată de pe soluri normale. Având în vedere faptul că pentru aceste metale nu se depășesc concentrațiile raportate în literatură din recolte de pe soluri normale și nu există o legislație în vigoare privind CMS, se propune utilizarea recoltelor la hrana animalelor.

II. Utilizarea nămolului orășenesc ca agent de fertilizare a determinat:

Promovarea agentului de fertilizare nămolului orășenesc în amestec cu 1/10 greutate tuf vulcanic indigen de Mârșid modificat și introducerea deliberată a acestuia în practică

*III. Varianta de ecologizare avansată este indicată depozitelor de zgură și cenușă rezultată din arderea lignitului în termocentrale și a determinat formarea de straturi vegetale prin efecte de sinergism. **Extrapolarea în practică este însă subiectul unor cercetări viitoare privind urmărirea comportării în timp a sistemului, care să introducă modelul propus în condiții impuse de studiul de laborator la sistemul real.***

IV. Utilizarea agenților, agentului de fertilizare nămolului orășenesc în amestec cu 1/10 greutate tuf vulcanic indigen de Mârșid modificat, a determinat eficiențe de reducere a metalelor toxice în biomasă parte aeriană a plantelor leguminoase de pajiști, trifoi și sparceta și în paie și boabe de cereale orz și ovăz.

Din rezultatele obținute se deduce necesitatea conținutului studiului, printr-o examinare atentă a modificărilor din sistemul topsol-fertilizant organo-zeolitic, pe bază de nămol orășenec fermentat anaerob, sau compost pe bază de nămol orășenesc cu adaos de Tuf-Aln, pentru elucidarea mecanismul prin care acționează tuful suportat, fie de a împiedica formarea complexilor biosolubili, fie de a îndepărta din soluția solului.

CONTRIBUȚII ORIGINALE:

- Utilizarea de agenți de fertilizare pe bază de deșuri antropice biodegradabile nepericuloase, de nămol orășenesc fermentat anaerob și compost pe bază de nămol orășenesc cu deșuri vegetale agricole;

- Obținerea de straturi vegetale sănătoase și stabile pe depozite de deșuri antropice periculoase, în scopul stabilizării acestora și a conversiei ecologice, prin adaos de materie organică fertilizantă și amendamente anorganice;

- Formarea de biomasă de plante de pajiști, care prezintă bioacumulări reduse de metale grele: Cr, Cu, Ni, Zn și Pb;

- Eficiențele de reducere a metalelor în paie și boabe de cereale orz și ovăz de pe soluri tratate cu nămol orășenesc fermentat anaerob;

- Studiul comparativ privind eficiența de reducere a bioacumulării de metale din **plante** datorită procesului de tratare cu nămol orășenesc în absența/prezența tufului vulcanic indigen nemodificat/modificat cuprinde un număr de 3 dispozitive de lucru dintre care 2 pentru culturi de leguminoase trifoi și sparceta 1 pentru plante graminee de pajiști și 3 dispozitive de lucru, dintre care 1 pentru culturi de plante leguminoase sparceta și 2 pentru plante graminee, iarbă și cereale orz și ovăz.

Rezultatele acestui studiu au condus la următoarele concluzii:

-Se acordă ponderea necesară studiului comparativ privind eficiențele de reducere a bioacumulărilor de metale din biomasa recoltată de pe variantele studiate. Pe această bază este posibilă trecerea treptată controlată a rezultatelor cercetărilor în practică.

-Studiul analizează avantajele rezultate din estimările cadru ale parametrilor inovativi și promovează o concepție generală asupra problematicii abordate.

-Termenul global de reconstrucție ecologică este configurat prin plantele selectate și tratamentele efectuate pentru refacerea peisajului depozitelor de zgură, în paralel cu găsirea soluțiilor de obținere a biomasei, care poate fi reintegrată fără pericol în circuite agricole. Utilizarea parametrilor inovativi pentru caracterizarea biomasei obținute este astfel puternic motivată de rezultatele rapide, clare și exacte privind comportarea în procesul de ecologizare a componentelor plante-topsoluri.

Studiul analitic privind reducerea avansată a acumulării plumbului în procesul de vegetare permite o evaluare sintetică a rezultatelor. Se stabilește o dependență dintre biomasa obținută și doza optimă de agent de fertilizare cu adaos de tuf. Ecuația propusă se poate aplica in situ, în cadrul strategiilor de vegetare.

Având în vedere complexitatea problematicii propuse pentru studiu, teza a fost concepută și abordată ca o preocupare absolut necesară și obligatorie care să preceadă implementarea efectivă a parametrilor inovativi propuși în condiții aplicative de monitorizare on-line și de proiectare/operare a procesului de ecologizare avansată a depozitelor de zgură și cenușă, având ca finalitate concretă refacere ecologică, conservarea depozitelor de zgură și cenușă pentru generațiile viitoare și recuperarea biomasei formate în circuite zootehnice și/sau agricole.

Mai mult rezultatele experimentelor de fitostabilizare/fitoremediere a haldelor de zgură și cenușă efectuate la nivel de laborator care au condus la sublinierea interdependenței dintre caracteristicile topsolului, speciile de plante utilizate și nutriția lor ce a fost stimulată prin adaosuri de fertilizatori și

amendamente de tipul tufului vulcanic indigen, au determinat elaborarea unei strategii optime de proces. Aplicarea acestei strategii de fitostabilizare/fitoremediere in situ în cazul haldei de zgură și cenușă, CET Arad, a determinat instalarea unui strat vegetal stabil, cu ajutorul unei culturi de plante leguminoase, perene și anume ghizdeiul.

BIBLIOGRAFIE

1. <http://ro.wikipedia.org>.
2. Academia Română, Institutul de Geografie, C.N. Transelectrica S.A., România, Mediul și rețeaua electrică de transport – Atlas geografic, Ed. Casa Oamenilor de Știință, 2003.
3. Curs de Ecologie și Protecția Mediului, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Cluj – Napoca, 2008.
4. <http://www.unep.org>.
5. A.L.Negulescu, Exploatarea stațiilor de epurare a apelor uzate orășenești, Editura AgroTehnica, 2004, p.120-160.
6. G.Burtică, I.Vlaicu, R.Pode, Tehnologii de tratare a efluenților industriali, Editura Politehnică Timișoara, 2000.
7. **N.L.Jurj**, G.Burtică, F.Dumescu, Caracterizare influent-efluent la o stație de epurare de capacitate mică, U.V"V.Goldiș"Arad, Studia Universitatis "V.Goldiș", partea 2-a,nr.19, p.13,2009, BDI, C.E.E.O.L.Service (press).
8. **N.L.Jurj**, Stații de epurare de capacitate mică, Conferința Națională Practici și Experiențe în Protecția Mediului, Arad, 2011.
9. **N.L.Jurj**, G.Burtică, F.Dumescu, Stații de epurare de capacitate mică, U.V"V.Goldiș"Arad, Studia Universitatis "V.Goldiș", partea 2-a,nr.19, p.13,2009 BDI, C.E.E.O.L.Service (press).
10. S.Masu, V.Rus, **N.L.Jurj**, N.Dragomir, S.Uruioc, Heavy Metals In Plants Grown On New Fly Ash Deposits, The 17th Symposium on Analytical and Environmental Problems, septembrie, 2011, Szeged, Ungaria, p.123-128.
11. Georgeta Burtica, I. Vlaicu, Florica Manea Sustainable development and environmental education, Environmental Engineering and Management Journal. – 2005. – Vol. 4, Nr 2. – p.135-140.
12. M.Henze, Y.Corneau, Wastewater Characterization in Biological wastewater treatment: principles, modeling and design,. Henze M. van Loosdrecht M.C.M., G.Ekama, D.Brdjanovic, (Eds.), IWA Publishing, London, 2008, p.34-52.
13. Ordinul nr. 344/2004 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și in special a solurilor, când se utilizează nămolurile de epurare în agricultură,publicat în [Monitorul Oficial nr. 959 din 19 octombrie 2004](#).
14. Ordinul 1215/2003 pentru aprobarea Normativului tehnic privind incinerarea deșeurilor, publicat în Monitorul Oficial nr. 150 din 7 martie 2003.
15. T.Bucur, Tehnologii ecologice de protecția mediului, Editura Mira Design, Sibiu, 2003
16. www.lenntech.com/sludgetreatment.htm.
17. M.Dima, V.Meglei, B.Dima, C.Badea, Bazele epurării biologice a apelor uzate, Editura Tehnopress, Iași, 2002.
18. N.A.Ali, M.Ater, G.I.Sunahara, P.YRobidoux, Phytotoxicity and bioaccumulation of copper and chromium using barley (Hordeum vulgare L.) in spiked artificial and natural forest soils, Ecotoxicology and Environmental Safety, 2004, 57, p. 363-374.
19. A.Ruttens, M.Mench, J.V.Colpaert, J.Boisson, R.Carleer, J. Vangrosveld, Phytostabilization of ametal combined sandy soil. I: Influence of compost and/or inorganic metal immobilizing soil amendments on phytotoxicity and plant availability of metals, Environmental Pollution, 2006,144, p. 524-532.
20. M.Petre, V.Petre, Mic dicționar de ecologie, Editura Printech, București,2004

21. W.Rate, K.M.Lee, P.A.Freuch, Application of biosolids in mineral sands mine rehabilitation use of stockpiled topsoil decreases trace element uptake by plants, *Bioresource Technology*, 2004, 91, p. 223 – 238.
22. Unified Facilities criteria, Domestic wastewater treatment, Departments of the army and the Air Force, 1988, p.15-19
23. EPA Using biosolids for reclamation and remediation of disturbed soils, 2002, p. 2-27.
24. Environment Practice Specifications Construction : For Construction Site, Infrastructure Upgrade and Maintenance Works, Integrated Environmental management Series, Ed3, 2005, Published by Department of Water Affairs and Forest, Pretoria, Republic of South Africa, 39-45.
25. E.Otabong, L.Sadovnikova, O.Iakimenko, I. Nelsson, J. Persson , Sewage sludge: soil conditioner and nutrients source. II. Availability Cu, Zn, Pb and Cu to barley in a pot experiment, *Acta Agriculture Scandinavica Sect B: Soil and Plant Science*, 1997, 47, 65-72.
26. G.Pu, M.Bell, G.Barry, P.Want, T.Cokley, Effects of land application of two different biosolids on plant growth and nitrogen mineralization in a red ferrosol soil in subtropical Australia, *Simposia ICSC 2004*, p. 1-7 Benefits, *Internet Resou*, 1-5.
27. G.R.Conway, *The doubly green revolution*, Penguin Books, London, 1980.
28. A.Anon, *The Use of Sewage Sludge on Agricultural Land*. ADAS Booklet 2409.MAFF Publications, London, 2004.
29. S.Y.Bengson, Reclamation of copper Tailings in Arizona utilising Biosolids, *The official publication of the American Society of Mining and Reclamation*, 2004, 1, 2, p. 3-6.
30. A.Bhogal, F.A.Nicholson, B.J.Chambers, M.A.Shepherd, Effects of past sewage sludge addition on heavy metal availability in light textured soils. Implications for crop yields and metal uptakes, *Environ. Pollut*, 2003 , 2, p. 413-423.
31. J.Gzyl, Ecological impact and remediation of contaminated sites around lead smelters in Poland, *Journal of Geochemical Exploration* , 1995, 52, p. 251-258.
32. R.Van.Herwijnen, T.R.Hitchings, A.Al-Tabbaa, A.J.Moffat, M.L.Jons, S.K.Ouki, Remediation of metal contaminated soil with mineral-amended composts, *Environmental Pollution*, 2007, 150, p. 347-357.
33. A.Piotrowska-Cyplik, Z.Czarnecki, Phytoextraction of heavy metals by hemp during anaerobic sewage sludge management in the non-industrial sites. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2003, 12, p. 779-784.
34. Directiva nr. 86/278/EEC privind protecția mediului și în particular a solului, atunci cand nămolul de la stațiile de epurare este utilizat în agricultură, modificată prin Directiva 91/692/CEE și Regulamentul (CE) nr. 807/2003.
35. Directiva cadru a apei 2000/60/EC.
36. Directiva substanțelor periculoase din apă 76/464/EEC.
37. I,Bercu, Studii și cercetări privind tehnologia și valorificarea nămolurilor din stațiile de epurare orășanești - Teza de doctorat, UT București, 2011, p. 6.
38. **L. Jurj**, G.Burtică, M Murariu, E Săvescu, Amorsarea unei stații de epurare de capacitate mică, U.V"V.Goldiș"Arad, *Studia universitatis "V.Goldiș"*, (acceptata spre publicare), BDI, C.E.E.O.L.Service (press).
39. C.M.Dima, *Epurarea apelor uzate urbane*, Editura Junimea, Iași. 1998, p. 431-510.
40. Degremont, *Water Treatment Handbook*, Fifth Editions, 1979, p.468-534, p. 1121-1146.

41. C.Staniloiu, Contribuții la optimizarea proceselor de epurare la instalațiile de capacitate mică Teza doctorat, UPT Timisoara Facultatea de Hidrotehnică, 2006.
42. Ș.Peterfi, A.Ionescu, *Tratat de alergologie*, Vol.3, Editura Academiei RSR, 1979.
43. M.Henze, P.Harremoes, J.C.Jansen, E.Arvin, *Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes*, Second Editions, Ed. Springer, 1996, p.74-95.
44. J.Wang, X.Wang, Z.Zhau and J.LI, Organics and nitrogen removal and sludge stability in aerobic granular sludge membrane bioreactor, *Appl Microbiol Biotechnol*, 2008, 79, p. 679-685.
45. V.Rojanschi, T.Ognean, *Cartea operatorului din stațiile de epurare*, Editura Tehnică, București, 1997, p.107-118.
46. D.Căilean, G.Barjoveanu, C.P.Musteret, N.Sulitanu, L.R. Manea, C.Teodosiu, Reactive dyes removal from wastewater by combined advanced treatment, *Environmental Engineering and Management Journal* 8 (3), p. 503-811.
47. Legea Apelor nr. 107/1996, cu completările și modificările ulterioare.
48. L.J.Sikora, Metal Uptake by Crops Grown over Entrenched Sewage Sludge, *Journal of agricultural and food chemistry*, 1980, 28, p. 1980-1985.
49. A.Sêkara , M.Poniedzialek , J.Ciura , E.Jêdrszczyk , Cadmium and Lead Accumulation and Distribution in the Organs of Nine Crops: Implications for Phytoremediation, *Polish Journal of Environmental Studies*, 2005, 14, p. 509-516.
50. G.S.Mahdi, A.Mahdi, B.C.Behera, N.Verma, A.Sonone, U. Makhija, Barley Is A Healthful Food: A Review, *EJEAFChe* 7 (13), 2008, p. 2686-2694.
51. www.mediu.ro.
52. Ordinul nr. 756/1997 pentru aprobarea Reglementării privind evaluarea poluării mediului emis de Ministerul Apelor Pădurilor și Protecției Mediului, publicat în M.O nr. 303 bis din 6 noiembrie 1997.
53. Ordinul nr. 1.182/1270/2005 privind aprobarea Codului de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole, emis de Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, în comun cu Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale, publicat în M.O. nr. 224 din 13 martie 2006.
54. Normativ pentru compostarea deșeurilor municipale organice, elaborat în baza contractului nr. M/6/19.04.2005 încheiat cu Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor.
55. M.M.Valdrighi, A.Pera, M.Agnolucci, S.Frassinetti, D.Lunardi, G. Vallini, Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58, 1996, p. 133-144.
56. G.Vallini, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [Volume 58, Issues 2-3](#), July, 1996, p. 133-144.
57. S.E.Garrido Hoyos, J.Vilchis Juárez, C. André Ramonet, J.García López, A.Alvarez Rios, E. Gorostieta Uribe, *Resources, Conservation and Recycling*, 2002, 34 (3).
58. M.Mustin, *Le compost gestion de la matiere organique*, Ed. Francais Dubusc, Paris, 1987.
59. R.A.G.Hackett, A.C.Easton, B.J.S.Duff, Composting of pulp and paper mill fly ash with wastewater treatment sludge. *Bioresource Technology*, 1999, 70.
60. M.S.Aggelides, Londra, A. P. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. *Bioresource and Technology*.
61. A.A.Zopras, E.Kapetanios, A.G.Zopras, P.Karlis, A.Vlyssides, I. Haralambus, M.Loizidou, Compost produced from organic fraction of municipal solid waste,

- primary stabilized sewage sludge and natural zeolite. *Journal of Hazardous Materials B77*, 2000.
62. K.Y.Chiang, H.J.Huang, C.N.Chang, Enhancement of heavy metal stabilization by different amendments during sewage sludge composting process, Department of Environmental Engineering and Science Feng-Chia University, *J Environ. Eng. Manage.*, 17(4), 2007, p. 249-256.
 63. [O.Bouzaiane](#), [H.Cherif](#), [N.Saidi](#), [N.Jedidi](#), [A.Hassen](#), Effects of municipal solid waste compost application on the microbial biomass of cultivated and non-cultivated soil in a semi-arid zone *Waste Manag Res*, 2007, 25, p. 334-342.
 64. Bernal, S.M.Tiquia, N.F.Y.Tam, I.J.Hodgkiss, Effects of bacterial inoculum and moisture adjustment on composting of pig manure, 1998.
 65. HG nr. 188/2002, NTPA 001/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate și NTPA 002/2002 Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare;
 66. Hotărârea nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate.
 67. S.L.Brown, C.L.Henry, R.L.Chaney, H.Compton, P.S.DeVolder, Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas. *Plant Soil Environ*, 249, 2003, p. 203-215.
 68. A.N.Dayegamiye, A.Drapeau, M.r.Lavendiere, Effects des apports de composts de résidus menagers sur les rendements des cultures et certaines propriétés du sol, *Agrosol*, 6, 2005, p. 135-144
 69. M.J.McFarland, *Biosolids Engineering*, cap 1 *Biosolids Management Practices and Regulatory*, Mc Graw Hill, NY, 2000, p. 1-81.
 70. R.Ikanpour, H.H.J.Cocs, P.J.Kearney, J.H.Clark, A.B. Pincince, G.T.Daigger, Regulations for Biosolids Land Application in U.S. and European Union, *J. Residuals Science and Technology* 1, 2004, p. 209-214.
 71. F.Morar, S.Măsu, *Biotehnologii de reciclare a produselor reziduale*, Ed Politehnica, 2012.
 72. D.C.Adriano, A.L.Page, A.A.Elseewi, A.C.Chang, I.Straughan, Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: a review, *J. of Environ.l Qual.*, 1980, 9, p. 333-344.
 73. K.W.[Smilde](#), Heavy-metal accumulation in crops grown on sewage sludge amended with metal salts, [Plant and Soil](#), 1981, [62](#), p. 3-14.
 74. [R.P.Singh](#), [A.K.Gupta](#), [M.H.Ibrahim](#), [A.K.Mittal](#), [Coal fly ash utilization in agriculture: its potential benefits and risks](#), [9, 4](#), 2010, p. 345-358.
 75. M.L.A.Silveiro, L.R.F.Alloni, L.R.G.Guilherme, Biosolids and heavy metals in Soils, *Sciencia agricola*, vol. 60, no. 4, 2003.
 76. W.X.Wang, R.C.H.Dei, Kinetics measurements of metal accumulation in two marine macroalgae, *Marine Biology*, 1000, 135 (1), 11-23.
 77. A.Vassilev, J.Vangronsveld, I.Yordanov, Cadmium Phytoextraction, Present State, Biological Backgrounds and Research Needs, *Bulg. J. Plant Physiol*, 28 (3-4), 2002, p. 68-95.
 78. A.Mășu, M.Morariu, *Biotehnol de reciclare*, Editura Politehnica, 2012.
 79. D.M.Medelete, Cercetări privind tehnologia și eficiența economică a pajiștilor în zona subcarpatică a Olteniei, Teză de doctorat, UT Craiova, 2009.
 80. C.N.Mulligan, R.N.Yong, Natural attenuation of contaminated soils, *Environment International*, 2004, 30, p. 587 - 601.

81. N.Dragomir, Tehnologii de cultivare a pajiștilor și plantelor furajere, Editura Eurobit, Timișoara, 2005.
82. J.S.Angle, N.A.Linacre, EPT Discussion Paper 133, Ecological Risks of Novel Environmental Crop Technologies Using Phytoremediation as an Example, Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Intitute, 2005, Washington D.C., USA.
83. P.Ștefan, Pedologie, Editura Ceres, București, 1980, p.42-4734,5-362.
84. R.Lăcătușu, Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals, European Soil, Research Institute for Soil Science and Agrochemistry, Bucharest, Romania, Research Report no. 4, 2002, p. 393-402.
85. W.Friesl, J.Friedl, K.Plantzer, O.Horak, M.H.Gerzabek, Remediation of contaminated agricultural soils near a former Pb/Zn smelter in Austria: Batch, pot and field experiments, Environmental Pollution, 2006, 144, p. 40-50.
86. R.Berazain, de la Fuente, V.Sanchez-Mata, D.Rufo, L.Rodriguez, N.Amils, R.Nickel localization on tissues of hyperaccumulator species of Phyllanthus L. (Euphorbiaceae) from ultramafic areas of Cuba, Biological Trace Element Research ,2007, 115, p. 67-86.
87. T.R.Guo, G.P.Zhang, Y.H.Zhang, Psysiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminium, copper and cadmium, Coloid and Surfaces B: Biointerfaces, 2007, 57, p. 182-188.
88. S.Turlea, S.O.S. Natura în pericol, Editura Politică, București, 1989.
89. A.Warhurst, Environmental best practice in metals production. Mining and its environmental impact. Edited by R.E. Hester and R.M. Harrison, Issies in environmental science and technology. Royal society of Chemistry, Letchworth, England, 1994, p. 133-159.
90. N.Basta , A.Mc.Gowen, R.Gradwohl, Remediation of smelter conaminated soli by chemical immobilization, Oklahoma State University, Department of Plant and Soil Science, Stillwater, OK 74078, USA, 2002.
91. N.Calace, E.Nardi, B.M.Petronio, M.Pielotii, Bioresource Technology, 2007, 98, p. 2003-2999
92. C.M.Chen, M.C.Liu, Ecological risk assesement on a cadmium contaminated soil landfill-apreliminary evaluation based on toxicity tests on local species and site-specific information, Science of the Total Environment, 2006, 359, p. 120-129
93. C.Cluis, Junk-greedy Greens: Phytoremediation as a new option for soil decontamination, Bio Tech Journal, 2004. 2, p. 61-67.
94. M.Ghosh, S.P.Singh A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its products, Applied ecology and environmental research, 2005, 1,1-18.
95. M.Lambert, B.A. Leven , M.R. Green, New Methods of Cleaning Up Heavy Metals in Soils and Water, Environmental Science and Technology Briefs for Citizen, Kansas State University, Manhattan, KS 66506, 2002, p. 1-3.
96. T.A.Martin, M.V.Ruby, Reviw of in situ Remediation Technologies for lead, zinc, and cadmium in soil, Willey Periodicals Inc. published on line in Willey Interscience, 2004, p. 35-43.
97. U.S. Environmental Protection Agency, a Report to Congress on Wastes from the Combustion of Coal by Electric Utility Power Plants (EPA530-SW-88-002) (PDF) Wahington D.C., 1988.
98. J.C.H.M.Vangronsveld, C.D.Cunningham, Introduction to the concepts. In: J.C.H.M. Vangrosveld and S.D. Cunningham, eds. Metal-contaminated soils: In situ inactivation and phytorestoration, R.G. Landes Company, Georgetown, 1998, p. 1-15.

99. Y.Uysal, F.Taner, The Effect of Cadmium Ions on the Growth rate of the Freshwater Macrophyte Duckweed *Lemna minor*, *Ecoloji*, 3007,16 (62), p. 9-15.
100. J.S.Weis, P.Weis, Metal uptake transport and release by plants implications for phytoremediation and restoration, *Environment International*, 2004,29, p. 1029-1039.
101. Hotărârea de Guvern nr. 349 din 21 aprilie 2005 privind depozitarea deseurilor.
102. Directiva 1999/31/CE din 26 aprilie 1999 privind rampele de gunoi.
103. S.P.McGrath, F.J.Zhao, E.Lombi, Plant and rhizosphere processes involved in phytoremediation of metal-contaminated soils, *Plant and Soil*, 2001, 232, 207-214.
104. G.Mathe-Gaspar, A.Anton, Phytoremediation study: Factors influencing heavy metal uptake of plants, *Acta Biologica Szegediensis*, 2005,49,(1-2), p. 69-70.
105. C.N.Mulligan, R.N.Yong, Natural attenuation of contaminated soils, *Environment International*, 2004, 30, 587 – 601.
106. R.Clemente, C.Almela, M.P.Bernal, A remediation strategy based on active phytoremediation followed by natural attenuation in a soil contaminated by pyrite waste, *Environmental Pollution*, 2006. 143, 397- 406.
107. R.J.Haynes, Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs, *Journal of Environmental Management* 90, 2 08 p. 43-53.
108. R.L.Suwalka, Utility of fly ash in agriculture: A review, *Agricultural Review*, 2003, 24, 197-203.
109. J.G.S.Mala, B.U.Nair R.Puvanakishnan, Bioaccumulation and biosorption of chromium by *Aspergillus niger* MTCC 2594, *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 52, 2006, 179-186.
110. wwwcet.arad.ro.
111. www.arpmV5.ro.
112. R.Fordham, A.G.Biggs, Principles of vegetable crop production. Collins, London, 1985.
113. M.Dumitru, Procese de poluare a solului în România. Prezent și viitor. În folosirea rațională și conservarea solurilor românești. C. Hera și I. Oancea, editori. Editura Academiei Române București, 2002, p. 65-82.
114. L.Carlson, C.Adriano, C.Domiy, Environmental impact of coal combustion residues *J. Environ, Qual*, 1993, Vol 22.
115. L.Badea, A.Cioacă, D.Bălțeanu, G.Miculescu, M.Sandu, S.Roată, M.Constantin, Studiu de evaluare globală a impactului ecologic produs de extracția lignitului în Bazinul Minier al Olteniei, Raport manuscris, Institutul de Geografie București, 1994.
116. F.G.Bell, D.Gense, A.W.Bell, Rehabilitation of industrial areas case histories from England and Germany, *Environmental Geology*, nr. 40 (1-2), (2000), p. 121-134.
117. A.D.Bradshaw, The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems in Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Edited by W.R. Jornal, M.E. Gilpin, and J.D.Aber. Cambridge University Press, Cambridge, U.K, 1990, p. 53-74.
118. M.Agrawal, S.B.Agrawal, Environmental pollution and plant responses, CRC Press LLC, Boca Raton, 1999.
119. M.Dumitru, D.M.Motelică, N.Vrânceanu, S.Cîrstea, G.Apostoiu, Management of Degraded Soils în Romania. Proceedings of SPUSH 2001 Integrated Soil

- Management of Problem and Degraded Soils, including Salt Affected Soils, 7-11 May, 2001, Vaencia, Spain, p.39.
120. J.Jankowski, C.R.Ward, D.French, S.Groves, Mobility of trace elements from selected Australian fly ashes and its potential impact on aquatic ecosystems, *Fuel*, 2006, 85, 243-256.
 121. A.Isa, M.Yunusaa, P.Loganathanb, S.P.Nissankac, V.Manoharana, M.D.Burchettd, Application of Coal Fly Ash in Agriculture: A Strategic Perspective Critical Reviews, *Environmental Science and Technology*, 2012, 42, p. 559-600.
 122. S.Jala, D.Goyal, Fly ash as a ameliorant for improving crop production/a review, *Bioresource Technology*, 2006, 97, p. 1136-1147.
 123. S.K.Maiti, J.Shishir, Bioacumulation and translocation of metals in the natural vegetation growing om fly ash lagoons: a field study from Santaldih thermal power plant, West Bengal, India, *Environ. Monit. Assess*, 2008, 136, p. 355-370.
 124. O.Ianculescu, R.Racovițeanu, G.Ionescu, *Epurarea apelor uzate*, Editura Matrix Rom, București, 2001, p 109-119
 125. C.E.Preda, Impactul poluanților produși de termocentralele pe cărbune asupra solurilor, Teza de doctorat, Universitatea București – Facultatea de Geografie, 2011,
 126. M.A.Marmandiu, R.Popescu, C.Ploscariu, M.Moșneag, Studiul actual al cercetărilor privind produsele reziduale de la centralele termoelectrice, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.
 127. N.Basta, A.McGowen, R.Gradwohl, Remediation of smelter conaminated soli by chemical immobilization, Oklahoma State University, Department of Plant and Soil Science, Stillwater, OK 74078, USA, 2002.
 128. S.Mășu, C.Bogatu, N.Dragomir, Some aspects regarding revegetation of mining dump with pillared tuf, The 15th Symposium on analytical and environmental problems 22 septembrie 2008, Szeged, Hungary, 142-145.
 129. M.Alexander, Biodegradation and bioremediation, academic Press, 1994, p.131-148.
 130. A.J.M. Baker, P.L.Walker, Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, In *Heavy metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects*, CRC Press Inc., Boca Ration, 2000.
 131. Jr.J.Cairns, The status of theoretical and applied science of restoration ecology. *Environ Prof.* 13, 1991, p. 186-194.
 132. V.Căpitanu, M.Toti, C.Bălăceanu, V.Vaida, P.Sârbu, T.Vasiu, Influența emisiilor termocentralei Mintia – Deva asupra calității solurilor și unele preocupări manageriale prezente și de perspectivă privind protecția mediului ambiant. *Știința Solului XXXIV*, nr. 1, 2000, p.135-144.
 133. J.A.Cooke, M.S.Johnson, Ecological restoration of land with particular reference to the minimg of metals and industrial minerals. A review of theory and practice. *Environ. Rev.*, 2000, p.1041-71.
 134. S.Mășu, C.Bogatu, B.Lixandru, L. Andres, Some aspects concerning phytoremediation of soils polluted with heavy metals and treated with biosolids, The XIII. International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary , 2006, p. 195-198
 135. M.Dumitru, *Reconstrucție ecologica. Elemente tehnologice, metode si practici8 de se recultivare si depoluare* , Ed. Eurobit, Timisoara, 2005.
 136. V.Oros, *Reabilitare ecologica a siturilor poluate industrial*, Ed Universității, Brașov, 2002.

137. B.Robinson, R.Schulen, B.Novack, S.Roulier, M.Menon, B.Clothier, S.Green, T.Mills, Phytoremediation for the management of metals flux in contaminated sites, *For. Sonw. Landsc. Res.* 2006, 80, 2, p. 221 – 234.
138. A.Sagiroglu, A.Sasmaz, A.O.Sen, Hyperaccumulator plants of the Keban mining district and their possible impact on the environment, *Polish Journal of Environmental Studies*, 2008, 15, p. 317–325.
139. T.Vamerali, M.Bandiera, G.Mosca, Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land: A review, *Environmental Chemistry Letters*, 2010, 8, p. 1-17.
140. S.Mășu, **L.N.Jurj**, Studii pentru limitarea bioacumulării metalelor grele în biomasa dezvoltată pe depozitele de cenușă de lignit, *Revista de Chimie, București*, 2012, 63, 12, p.1306-1311,
141. F.Morariu, S.Mășu, D.Popescu, Behaviour of *Onobrychis Viciifolia* Growing on Fly Ash Experimental Parcels, *Animal Science and Biotechnologies*, 2011, 44 (1), p. 489-492.
142. <http://gazetadeagricultura.info/plante/plante-furajere/1603-sparceta.html>.
143. I.Moga, C.Mateiaș, *Cultura plantelor furajere*, volum realizat de OJCA Dâmbovița, 2000, p. 67-93.
144. L.Muntean, M.Pavotti, I.Oltean, The study of genetic resources of the red clover (*Trifolium pretense*) in connection with the content of amino acids, *Lucrarile 38th Croation Symposium on Agriculture, Opatija*, 19-21, 2003, p.115-116.
145. G.Sin, Tehnologiile moderne pentru cultura plantelor de câmp, *Editura Ceres, București*, p.35-48, p. 193-298.
146. N.Dragomir, *Ovazul tehnologie de cultură, Tehnologii de cultură*, *Revista Ferma* 03.02.2009/
147. L.Mitrovici, P.Pavlovici, D.Lakusic, L.Djurdjevic, B.Stevanovic, O.Kostic, G.Gajic, The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigenos* for the revegetation of fly ash deposits, *Science of the total environment*, 2008, 407, p. 338- 347.
148. N.Moreno, X.Querol, A.Alastuey, A.García-Sánchez, Mobilization of heavy metals in polluted soils by addition of zeolitic material synthesized from coal fly ash, *International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky, .WASP 137, paper 28*, 2001, p. 247-265.
149. E.Pilon – Smits, Phytoremediation, *Annu. Rev. Plant. Biol.*, 2005, 56, p. 15 – 39.
150. L.M.Cozmuta, A.Peter, A.Mihaly-Cozmuta, C.Varga, M.Marian, D.Boltea, Adsorption of different metal ions by a natural zeolitic tuff, *CECE, 6th International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis, November 5-8, 2009, Pecs, Ungaria*.
151. G.W.Suter *Ecological Risk Assessment*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1993.
152. J.Vangrosveld, H.Clijsters, *Toxical effects of metals. In plant and the chemical elements*, Ed. M.G. Farago, 1994, (VCH Weinheim Germany), p. 149-177.
153. R.R.Brooks, J.Lee, Reeves and Jaffre, Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants, *J. Geochem. Explor*, 1977, p.49-57;
154. M.G.Clemens, U.Kramer, A long way a head, understanding and engineering, plant metal accumulation, *Trends in Plant Science*, 7, p. 309-315.
155. M.L.Adams, F.J.Zhao, S.P.McGrath, F.A.Nicholson, B.J.Chambers, Predicting Cadmium Concentration in wheat and Barley Grain Using Soil Properties, *J. Environ. Qual.*, 2004, 33, p. 532-541.

156. E.Epstein, J. M.Taylor, R. L.Chanex, Effects of sewage Sludge compost applied in soil physical and chemical proprieties, *J. Environement Quality*, 1976, 5, p. 422 – 426.
157. T.Abe, M.Fucami, M.Ogasawara, Cadmium accumulation in the shoots and roots of 93 weed species, *Soil Science and Plant Nutrition*, 2008, 54, p. 566-573.
158. L.Jurca, Investigații privind consecințele poluanților minerali asupra unor țesuturi și organe la bovinele sacrificate pentru consum în județul Alba, Universitatea de științe agricole și medicină veterinară Cluj Napoca, Facultatea de Medicină Veterinară, Teza de doctorat, 2011.
159. N.A.Ali, M.Ater, G.I.Sunahara, P.Y.Robidoux, Phytotoxicity and bioaccumulation of copper and chromium using barley (*Hordeum vulgare* L.) in spiked artificial and natural forest soils, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2004, 57, p. 363-374.
160. S.Andrade, L.Contreras, J.W.Moffett, J.A.Correa, Kinetic of copper accumulation in *Lessonia nigrescens* (Phycophyce) under conditions of environmental oxidative stress, *Aquatic Toxicology*, 2006, 76, p. 398-401.
161. A.Badora, Bioaccumulation of Al, Mn, Zn and Cd in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Against a Background of Unconventional Binding agents, *Polish. Journal of Environmental Studie,s*, 2002, Vol. II, no. 2, p. 109-116.
162. A.Gibon, Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level, *Livestock Production Science*, 2005, 96 , p.11-31.
163. G.Gisbert, R.Ros, A.D.Haro, D.J.Walker M.P.Bernal, R.Serrano, A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for ohytoremediation, *Biophys Commun*, 2003, p.303, p. 440-445.
164. H.Greman, Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil: expectations and limitations, *Geophysical Research Abstracts*, 2005, 7 (1), p. 117-121.
165. T.R.Guo, G.P.Zhang, Y.H.Zhang, Psysiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminium, copper and cadmium, *Coloid and Surfaces B: Biointerfaces*, 2007, 57, p. 182-188.
166. J.Gzyl, Ecological impact and remediation of contaminated sites around lead smelters in Poland, *Journal of Geochemical Exploration* , 1995, 52, p. 251-258.
167. A.Battaglia, N.Calace, E.Nardi, B.M.Petronio, M. Pietroletti, Reduction of Pb and Zn bioavailable forms in metal polluted soils due to paper mill sludge addition, Effects on Pb and Zn transferability to barley, *Bioresource Technology*, 2007, 98: p. 2993–2999.
168. A.Chlopecka, J.R.Bacon, M.J.Wilson, J.Kay, Heavy metal in environment, *Journal Environmental Quality*, 1996, p. 25, p. 69-79.
169. A.A.Erakhruhen, Phytoremedation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation in developing countries, *Educational Research and Review*, 2007, vol. 2 (7), p. 151-156.
170. M.M.Lasat, Phytoextraction of toxic Metals: A Review of Biological Mecanism, *J. Environ. Qual.*, 2002, 31, p. 109 – 120.
171. M.J.M.Notten, A.J. P. Oosthoek, J. Rozema, R. Aerta, Heavy metal concentration in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient, *Environmental Pollution* 138, 2005, p. 178-196.
172. K.Shah, J.M.Nongkynrih, Metal hyperaccumulation and bioremediation, *Biologia Plantarum* ,2007, 51 (4), p. 616–634.

173. A.Aksoy, U.Sahin, *Elaeagnus angustifolia* as a biomonitor of heavy metals pollution, *Journal of Botany*, 1999, p. 23, p. 83-87.
174. R.Berazain, D.Sanchez-Mata, L.Rufo, Rodriguez ,R.Amils, Nickel localization on tissues of hyperaccumulator species of *Phyllanthus* L. (*Euphorbiaceae*) from ultramafic areas of Cuba, *Biological Trace Element Research* ,2007, p. 115, p. 67-86.
175. J.Freytag, Bestimmung von Trsansferfaktoren Boden/Pflanze einger Elemente und Untersuchungen uber deren Abhangigkeit von ausgewählten, Bodeneigenschaften, *Hamburger Bodenkundliche Arbeiten* 1986, 1, p. 43-51.
176. M.Puschenreiter, O.Horak, Influence of differen soil parameters on the transfer factor soil to plant of Cd, Cu, and Zn for wheat and rye, *Die Bodenkultur* 2000, 51 (1) , p. 3-10
177. M.Puschenreiter, O.Horak, W.Friesl, W.Hartl, Low cost agricultural measures to reduce heavy metal transfer into the food-a review, *Plant and Environ.*,2005,51, 1,p. 1-11.
178. A. Hernández, J.Becerril, C.Garbisu, Assessment of the phytoextraction potential of high biomass crop plants, *Environement Pollutions*, 2008,152(1), p.32-40.
179. P.Zuhang, Z.Huiling, S.Wensheng, Biotransfer of heavy metals along a soilplant-insect-chicken food chain: Field study, *Journal of Environmental Science* 21, 2009, p. 849
180. A.S.Knox, D.Adriano, Cadmium availability in remediated soil: availability indices, In proc 4th Int. Symp. Exhib. Environmental contamination in Central and Eastern Europe, Published by Institute for International Cooperative environmental research Florida, State University, Tallahassee FL, CD, 1998 , p. 355-368.
181. L.J.Liu, M.Qian, G.Cai, J.Zang, Q.Yhu, Uptake and translocation of Cd in different rice cultivars and the relatiuon with Cd accumulation rice grain, *J. Hazard Matteredials*, 2007, p. 143, p. 443-447.
182. V.Pavel, L.Vasile, Studii privind comportarea metalelor grele în sol și a unor alternative de remediere, Teză de doctorat, 2005.
183. M.Gavrilescu, Removal of heavy metals from the environment by biosorbtion, *Engineering in Life Sciences*, 4, 2004, p. 219-232.
184. M.Gavrilescu, *Environmental Biotechnology: Achievement Opportunities and Challenges*, *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, Global Science Books, 2010, p.1-36.
185. A.Tessier, A., P.G. Campbell, M. Bisson, Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals, *Anal. Chem.* 1979, 51, p. 848-851.
186. R.A.Sutherland , F.M.G.Tack, Fractionation of Cu, Pb and Zn in certified reference soils SRM 2710 and SRM 2711 using the optimized BCR sequential extraction procedure, *Advances in Environmental Research*, 2003, 8, p.37-50.
187. E.F.Covelo, M.L.A.Couce, P.M.Miramontes, Sorption kinetics of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn on different soils, 7th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Uppsala, Sweden, June 15-19, 2003, Conference Proceedings, p. 57-58.
188. E.F.Covelo, F.A.Vega, M.L.Andrade, "Simultaneous sorption and desorption of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in acid soils. II. Soil ranking and influence of soil characteristics," *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 147, 3862-870.
189. D.Deming, Y.M.Nelson, L.W.Lion, M.L.Shuler, W.C.Ghiorse, Adsorption of Pb and Cd onto metal oxides and organic material in natural surface coatings as determined by selective extractions: new evidence for the importance of Mn and Fe oxides, *Water Research*, 2000 34 (2), p. 427 -436.

190. N.Dinev, V.Koutev Management of the bioavailability of heavy metals by organic and mineral amelioration of polluted soils, *Ecology and future, Journal of Ecological Science*, 2003, 2, p. 135-137.
191. A.Garcia-Sanchez, A.Alastuey, X.Querol, Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils, *The Science of The Total Environment*, 2000, 242 (1-3), p. 179 -186.
192. M.Kaasalainen, Y.Halla, Use of sequential extraction to asses metal partitioning in soils, *Environmental Pollution*, 2003. 126, p. 225-231.
193. G.J.Reinds, J.E.Groenenberg, W.Vries, Critical loads of copper, nickel, zinc, arsenic, chromium and selenium for terrestrial ecosystems at a European scale, *Alterra – rapport, Wageningen UR Library Catalogue (ISSN 1566-7197 ; 1355)*, 2006, p.1-46.
194. S.A.Wasay, S.A.Barrington, S.A.Tokunaga, Retention Form of Heavy Metals in Three Polluted Soils, *J. Soil Contamination*, 2008, 7 (1), p. 103 -119.
195. I.Mirsal, *Soil pollution origin, monitoring&remediation*, 2nd Editions, Ed. Springer, 2008.
196. I.Sherameti, A.Varma, *Soil Biologi- Soil heavy metals*, Ed.Springer Berlin, 2009, p. 19-30.
197. I. Sherameti, A.Varma, *Detoxification of heavy metals*, Ed. Springer Berlin, 2011, p. 35-90.
198. L.C.Ram, R.E.Masto, S.Singh, R.C.Tripathi, S.K.Jha S, N.K.Srivastava, A.K.Sinha, V.A.Selvi, A.Sinha, *An Appraisal of Coal Fly Ash Soil Amendment Technology (FASAT) of Central Institute of Mining and Fuel Research (CIMFR), Engineering and Technology*, 2011, 76, p. 703-714.
199. M.O.Neill, K.Lombard, B.Onkin, A.Ulery, M.Shukla, *Power Plant combustion Byproducts For Improved Crop Productivity of Agricultural Soils*, Project Number 02-CBRS-W09 Final Report, 2006, p. 1 – 95.
200. T.J.FEL, *Some aplication on the fly ash in Cehoslovakia*, Symposium on the use of ash. Ancara, 9-11 November, 1979.
201. I.Neamțu, N.Rujenescu, I.Lazău, D.Becherescu, *Utilizarea cenușii de termocentrală în producția de țigle din beton*, Universitatea Constantin Brâncuși-Facultatea de Inginerie.
202. M.Bărbuță, M.Hârja. D.Gabor, *Betoane polimerice cu cenușă de termocentrală*, *Revista Română de materiale*, 2010, 40(1), p. 3-14.
203. A.Bărbat, A.Marton, *Tufurile vulcanice zeolitice*, editura Dacia, Cluj Napoca, 1989, p.5-223.
204. D.W.Breck, *Zeolite Moleculare Sieves*, Wiley-Interscience, 1974.
205. M.Cruceanu, E.Popovici, N.Bâlba, N.Naum, L.Vlădescu, R.Russu, A.Vasile, *Site Moleculare Zeolitice*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1986.
206. www.zeolit.ro.
207. D.Bergero, M.Boccignone, F.Di.Natale, G.Fornesis, G.B.Palmegiano, *Zeolite Meeting, International Simposium and Exhibition on Natural Zeolites*, Abstract,Sofia, 1995.
208. E.Alvarez-Ayuso, A.Garcia-Sanchez, *Speiolite as a feasible soil additive for the immobilization of cadmium and zinc*,*The Science of the Total Environment*, 2003, 305, p. -12.
209. A.Badora, G.Furrer, A.Grunwald, R.Schulin, *Immobilization of Zinc and camium in polluted soils by polynuclear Al₁₃ and Al – montmorillonit*, *Journal of Soil Contamination*, 1998.7(5), p. 537 -754.
210. J.Boisson, A.Ruttens, M.Mench, J.Vangronsveld, *Evaluation of hydroxyapatite as a metal immobilizing soil additive for the remediation of*

- polluted soils. Part. 1. Influence hydoroxyapatite on metal exchangeability in soil plant growth and plant metal accumulation, *Environmental Pollution*, 1999, 104 (2), p. 225-233.
211. S.B.C.Brown., E.Lombi, M.M.Claughlin, S.M.Cgrath, J.Colpaert, J.Vangronsveld, An inter-laboratory study to test the ability of amendmets to reduce the availability of Cd, Pb, and Zn in situ, *Environmental Pollution*, 2006, 138, p.34-45.
212. A.Butorac, M.Mesic, T.Filipar, J.Budorac, F.Basic, I.Kisic, The influence of special natural amendmets based on zeolite tuff and different lime materials on some soil chemical properties, *Rostlinna Vyroba*, 2002, 48, (3), p.133-139.
213. J.Kumpiene, A.Lagerkvist, C.Maurice, Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendmets – A review, *Waste Management*, 2008, 28, p. 215 – 225.
214. P.J.Leggo, B.Ledesert, G.Christie, The role of clinoptilolite in organo-zeolitic-soil systems used for phytoremediation, *Science of total Environment*, 2006, 363, 1-10.
215. L.R.Nissen, N.WLepp, R.Edwards, Synthetic zeolites as amendmets for sewage sludge-based compost, *Chemosphere*, 2000, 41, (1-2), p. 265-269.
216. L.A.Oste, T.M.Lexmond, W.H.Van Riemsdijk, Metal Immobilization in Soils Using Synthetic Zeolites, *Journal of Environmental Quality*, 2003, 31, p. 813-821.
217. W.Shi, H.Shaoa, H.Li.M. Shaoa, S.Du, Progress in the remediation of hazardous heavy metal-polluted soils by natural zeolite, *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 170, p. 1-6.
218. B.Vandecasteele, G.D.Laing, F.M.G.Tack, Effect of submergence – emergence sequence and organic matter or aluminosilicate amendment on metal uptake by woody wetland plant species from contaminated sediments, *Environmental Pollution*, 2007, 145, p. 329-338.
219. S.Mășu, G.Burtica, **N.L.Jurj**, M.Albulescu, Aspects of sustainable development: Fly Ash Deposits, Biosolids, Contaminated Biomass, *Studia UBB Chemia, Cluj Napoca*, L VII, (3), 2012, p.249-258.
220. S.Mășu, L.Andres, V.Rus, C.Bogatu, D.Botău, D.Cocheci, L.Demetrovici, D.Chira, Prepararea tufului vulcanic indigen modificat de tip Tuf-Aln, Romania, 122630 B1, 30.10.2009, *Buletin Oficial de Proprietate Industriala, Oficiul de Stat pentru Inventii și Mărci*.
221. G.Bidar, G.Garcon, C.Pruvot, D.Dewaele, F.Cazier, F.Douay, P.Shirali, Behavior of *Trifolium repens* and *Lolium perenne* growing in a heavy metal contaminated field. Plant metal concentration and phytotoxicity, *Environmental Pollution*, 2007, 147, p. 1-8.
222. D.A.Wikum, G.F.Shanholtzer, Cover Application of the Braun-Blanket Scale for Vegetation Analysis in Land Development Studies, *Environ. Manage.*, 1974, 2, 323.
223. N.Cepoiu, *Metode statistice aplicate in experientele agricole si biologice/ Ed. Agro-silvica*, 1968.
224. Ordin pentru aprobarea Normei sanitare veterinare și pentru siguranța alimentelor privind substanțele nedorite din hrana pentru animale nr. 18/2007, emis de ANSVSA, publicat în M. O. nr. 130/2007.
225. Ordinul nr. 19/2009 al ANSVSA, publicat în M.O.,partea I, nr.420/19.VI.2009.
226. Directiva 87/EC/2005 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor emisiilor gazelor cu efect de seră.
227. Directiva 70/524/EEC privind aditivii din hrana animalelor.

278 Bibliografie

228. R.K.Sharma, M.Agrawal, F.Marshall, Bull. Environ. Contam. Toxicol, 2006,77,312-318.
229. G.U.Yule, The application of the Method of Correlation to Social and Economic Statistic, in „Bulletin de l'Institut International de Statistique“. T.XVIII. Paris. 1909.