

**UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRONOMICE
ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ BUCUREȘTI**

Facultatea de Agricultură

TEZĂ DE DOCTORAT

*Posibilități de valorificare în agricultură a compostului
obținut din gunoi menajer și nămol de canalizare*

Conducător științific:

Prof. Dr. MIHAIL DUMITRU

Doctorand:

Ing. CALCIU IRINA CARMEN

București – 2008

CUPRINS

1.	<i>CAPITOLUL 1: Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea în agricultură a composturilor preparate din nămol orășenesc și materiale reziduale menajere.....</i>	24
1.1.	<i>Aspecte introductive.....</i>	24
1.1.1.	<i>Necesitatea studiilor și cercetărilor în utilizarea practică a unor reziduuri urbane...</i>	24
1.1.2.	<i>Tipuri și cantități de reziduuri organice urbane de consistență solidă.....</i>	26
1.2.	<i>Modalități de eliminare și/sau valorificare a reziduurilor municipale solide.....</i>	31
1.2.1.	<i>Modalități de eliminare a reziduurilor municipale solide.....</i>	31
1.2.1.1.	<i>Depozitare în spații special amenajate.....</i>	31
1.2.1.2.	<i>Incinerare.....</i>	32
1.2.2.	<i>Modalități de valorificare a unor materiale organice reziduale orășenești.....</i>	32
1.2.2.1.	<i>Descompunere anaerobă.....</i>	32
1.2.2.2.	<i>Descompunere aerobă.....</i>	33
1.2.2.3.	<i>Igienizare cu lapte de var.....</i>	33
1.2.2.4.	<i>Alte metode de igienizare și tratare.....</i>	33
1.2.2.5.	<i>Uscare.....</i>	33
1.2.2.6.	<i>Compostare.....</i>	34
1.2.2.6.1.	<i>Importanța compostării.....</i>	34
1.2.2.6.2.	<i>Condiții de lucru și etape specifice ale procedeeleor de compostare.....</i>	37
1.2.3.	<i>Valoare comparativă a costurilor rezultate utilizând diferite metode de eliminare a materialelor organice reziduale.....</i>	51
1.3.	<i>Valoare agronomică și comercială, caracteristici ale diferitelor materiale organice reziduale urbane.....</i>	52
1.3.1.	<i>Valoare agronomică și comercială.....</i>	52
1.3.2.	<i>Caracteristici ale materialelor organice reziduale.....</i>	54
1.3.2.1.	<i>Caracteristici chimice ale materialelor organice reziduale urbane.....</i>	54
1.3.2.1.1.	<i>Materie organică.....</i>	58
1.3.2.1.2.	<i>Conținut al celor mai importanți nutrienți.....</i>	59
1.3.2.1.3.	<i>Conținut de metale grele.....</i>	62
1.3.2.1.4.	<i>Componenți organici toxici.....</i>	66
1.3.2.2.	<i>Caracteristici fizice ale materialelor reziduale urbane.....</i>	67
1.3.2.2.1.	<i>Consistență.....</i>	68

1.3.2.2.2.	Capacitate de agregare sau structurare.....	69
1.3.2.2.3.	Permeabilitate pentru apă.....	69
1.3.2.2.4.	Capacitate de reținere și accesibilitate a apei.....	70
1.3.2.3.	Agenți patogeni.....	71
1.4.	Efecte ale aplicării reziduurilor organice urbane asupra solului și plantei...	72
1.4.1.	Consecințe asupra solului.....	73
1.4.1.1.	Consecințe asupra caracteristicilor chimice.....	73
1.4.1.1.1.	Conținut de materie organică.....	73
1.4.1.1.2.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra conținutului de nutrienți din sol.....	76
1.4.1.1.3.	Acumulare de metale grele în sol după aplicarea reziduurilor organice.....	82
1.4.1.1.4.	Acumularea de compuși organici în sol după aplicarea reziduurilor organice.....	84
1.4.1.2.	Consecințe asupra proprietăților fizice.....	84
1.4.1.2.1.	Consecințe asupra capacității de structurare a solului.....	85
1.4.1.2.2.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra stării de așezare a solului.....	88
1.4.1.2.3.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra accesibilității apei din sol.....	92
1.4.1.2.4.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra permeabilității pentru apă a solului.....	93
1.4.1.2.5.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra unor caracteristici mecanice ale solului.....	95
1.4.1.2.6.	Consecințe ale aplicării reziduurilor asupra unor proprietăți termice ale solului.....	95
1.4.1.3.	Consecințe ale aplicării reziduurilor urbane asupra unor proprietăți microbiologice	95
1.4.2.	<i>Efecte cantitative și calitative asupra producției vegetale ale aplicării la sol a materialelor organice reziduale de proveniență urbană.....</i>	97
1.4.2.1.	Efecte cantitative asupra biomasei vegetale.....	97
1.4.2.2.	Efecte calitative asupra biomasei vegetale.....	97
1.4.3.	<i>Consecințe ale aplicării reziduurilor urbane asupra calității apei.....</i>	100
2.	CAPITOLUL 2: Obiective, material și metode utilizate în experimentare.....	102
2.1.	Obiective.....	102
2.2.	Material experimentat.....	102
2.2.1.	<i>Compost obținut din deșeuri menajere urbane.....</i>	103
2.2.1.1.	Caracteristici fizice ale compostului preparat din deșeuri menajere urbane.....	103
2.2.1.2.	Caracteristici chimice ale compostului preparat din deșeuri menajere urbane.....	105
2.2.2.	<i>Compost obținut din nămol orășenesc de canalizare.....</i>	106
2.2.2.1.	Caracteristici fizice ale compostului preparat din nămol orășenesc de canalizare.....	106
2.2.2.2.	Caracteristici chimice ale compostului preparat din nămol orășenesc de canalizare...	108
2.2.3.	<i>Materiale de sol utilizate în experimentare.....</i>	108

2.3.	<i>Metodologie de lucru utilizată în experimentare.....</i>	110
3.	<i>CAPITOLUL 3. Rezultate obținute.....</i>	115
3.1.	<i>Studiu privind efectul dozelor de compost menajer asupra solului și plantei</i>	115
3.1.1.	<i>Efecte directe ale aplicării dozelor de compost menajer asupra solului și plantei.....</i>	115
3.1.1.1.	Efecte directe ale aplicării dozelor de compost menajer asupra principalelor caracteristici fizice ale solului.....	115
3.1.1.2.	Efecte directe ale dozelor de compost menajer asupra principalelor caracteristici agrochimice ale solului.....	127
3.1.1.2.1.	Efecte directe asupra conținutului solului în cationi schimbabili.....	127
3.1.1.2.2.	Efecte directe asupra unor însușiri agrochimice ale solului.....	128
3.1.1.2.3.	Efecte directe asupra concentrației de metale grele din sol.....	133
3.1.1.3.	Efecte ale aplicării dozelor de compost menajer asupra recoltei obținute din punct de vedere cantitativ și calitativ.....	138
3.1.1.3.1.	Efecte ale aplicării dozelor de compost menajer asupra cantității producției.....	138
3.1.1.3.2.	Efecte ale aplicării dozelor de compost menajer asupra calității producției.....	143
3.1.2.	<i>Efecte remanente ale aplicării diferitelor doze excesive de compost menajer asupra solului și plantei.....</i>	151
3.1.2.1.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost menajer asupra principalelor caracteristici fizice ale solului.....	151
3.1.2.2.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost menajer asupra principalelor caracteristici agrochimice ale solului.....	162
3.1.2.2.1.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost menajer asupra conținutului de cationi schimbabili din sol.....	162
3.1.2.2.2.	Efecte remanente ale aplicării dozelor excesive de compost menajer asupra unor însușiri agrochimice ale solului.....	163
3.1.2.2.3.	Efecte remanente ale aplicării dozelor excesive de compost menajer asupra conținutului în metale grele din sol.....	165
3.1.2.3.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost menajer asupra recoltei obținute	168
3.1.2.3.1.	Efecte remanente ale încorporării în sol a dozelor excesive de compost menajer asupra cantității recoltei obținute.....	168
3.1.2.3.2.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost menajer asupra calității recoltei..	175
3.2.	<i>Studiul efectului dozelor de compost orășenesc asupra solului și plantei.....</i>	197
3.2.1.	<i>Efecte directe ale aplicării dozelor de compost orășenesc asupra solului și plantei cultivate în vase de vegetație.....</i>	198
3.2.1.1.	Efecte directe ale aplicării dozelor de compost orășenesc asupra principalelor caracteristici fizice ale solului.....	198
3.2.1.2.	Efecte directe ale dozelor de compost orășenesc asupra principalelor caracteristici agrochimice ale solului.....	204

3.2.1.2.1.	Efecte directe asupra conținutului solului în cationi schimbabili.....	204
3.2.1.2.2.	Efecte directe asupra unor însușiri agrochimice ale solului.....	205
3.2.1.2.3.	Efecte directe ale diferitelor doze excesive de compost orășenesc asupra conținutului de metale grele din sol.....	206
3.2.1.3.	Efecte directe ale aplicării dozelor de compost orășenesc asupra recoltei.....	207
3.2.1.3.1.	Efecte directe ale dozelor excesive de compost orășenesc asupra cantității recoltei...	208
3.2.1.3.2.	Efecte directe ale aplicării dozelor de compost orășenesc asupra calității recoltei.....	209
3.2.2.	<i>Efecte remanente ale aplicării diferitelor doze excesive de compost orășenesc asupra solului și plantei.....</i>	211
3.2.2.1.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost orășenesc asupra stării fizice.....	212
3.2.2.2.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost orășenesc asupra principalelor caracteristici agrochimice ale solurilor experimentate.....	218
3.2.2.2.1.	Efecte remanente ale dozelor excesive de compost orășenesc asupra conținutului de cationi schimbabili pe cele două tipuri de sol experimentate.....	218
3.2.2.2.2.	Efecte remanente ale aplicării dozelor excesive de compost orășenesc asupra unor însușiri agrochimice ale celor două tipuri de sol.....	219
3.2.2.2.3.	Efecte remanente ale aplicării dozelor excesive de compost orășenesc asupra concentrației de metale grele din cele două tipuri de sol.....	222
3.2.2.3.	Efecte remanente ale aplicării diferitelor doze excesive de compost orășenesc asupra cantității și calității producției obținute.....	224
3.2.2.3.1.	Efecte remanente ale aplicării diferitelor doze excesive de compost orășenesc asupra cantității producției obținute.....	224
3.2.2.3.2.	Efecte remanente ale aplicării diferitelor doze excesive de compost orășenesc asupra calității recoltei obținute.....	229
4.	<i>CAPITOLUL 4: Concluzii și recomandări pentru aplicarea în agricultură a compostului preparat din deșeuri menajere și nămoluri orășenești.....</i>	235
Anexa 1:	Lista tabelelor în L. română.....	241
Anexa 2:	Lista figurilor în L. română.....	249
Anexa 3:	Rezumat în L. engleză /Summary of Ph. D. Thesis.....	253
Anexa 4:	Lista tabelelor în L. engleză.....	262
Anexa 5:	Lista figurilor în L. engleză.....	269
Bibliografie.....		274

Rezumat

Titlul tezei de doctorat: Posibilități de valorificare în agricultură a compostului obținut din gunoi menajer și nămol de canalizare

Introducere

Materialele organice reziduale provenind, în special, din activitatea urbană sunt recunoscute mai mult ca surse de poluare a mediului înconjurător decât de elemente nutritive cu efecte potențial benefice asupra solului și producției vegetale. Depozitarea, reciclarea și utilizarea unor astfel de materiale reziduale reprezintă una dintre cele mai dificile probleme, în special, pentru marile aglomerări urbane, dar nu lipsită de importanță nici în comunitatea rurală. Una dintre soluțiile posibile pentru a le elimina din zonele respective și de a le conferi o destinație utilă este aceea de a le introduce ca verigă în sistemele tehnologice de cultivare a solului din diferitele domenii ale agriculturii, în condițiile protecției mediului înconjurător și a păstrării unor costuri rezonabile.

Introducerea însă, ca verigă în sistemul tehnologic agricol, a unor cantități excesiv de mari de reziduuri organice provenite din activitatea urbană, adică utilizarea terenurilor arabile ca posibil "spațiu de evacuare", îndeosebi în jurul stațiilor centrale de epurare din apropierea marilor aglomerări urbane, necesită studii și cercetări detaliate, de lungă durată, care au ca scop principal combaterea poluării și protecția celor mai importante resurse ale mediului înconjurător.

Necesitatea studiilor și a cercetărilor în utilizarea în agricultură a unor reziduuri urbane

Este unanim acceptat, că materialele organice reziduale, de tipul deșeurilor menajere și a nămolului orășenesc de canalizare, au conținuturi importante de materie organică și elemente nutritive, care ar putea fi valorificate prin aplicare pe terenurile agricole. Procesul de reciclare a diferitelor categorii de materiale reziduale prin introducerea în agricultură, după o etapă pregătitoare extrem de importantă privind modul de igienizare, adică de tratare și prelucrare, a stârnit interes, atât în comunitatea științifică și a practicienilor, cât și în cea a administrațiilor locale, și nu în ultimul rând a organismelor și instituțiilor de protecție a mediului înconjurător.

În țările cu economie dezvoltată, ca urmare a unor investiții foarte mari în domeniul protecției mediului, încă din anii '70, au fost inițiate cercetări complexe, multidisciplinare privind introducerea materialelor organice reziduale ca verigă a sistemelor tehnologice agricole, fiind astfel utilizate, atât în sfera productivă, cât și în zonele de refacere ecologică după desfășurarea unor activități industriale, de exemplu, în exploatarea miniere. În țara noastră, aceste preocupări s-au intensificat mai ales după 1980, fiind organizate experiențe pe modele: în laborator, în casă de vegetație, în câmp experimental. Rezultatele obținute au fost monitorizate și evaluate, fiind utilizate în elaborarea diferitelor tehnologii de valorificare practică.

Studiile și cercetările trebuie continuate, pentru că astfel, în special comunitatea practicienilor, va înțelege și în final va accepta, necesitatea utilizării în agricultură a unor astfel de materiale valoroase din punct de vedere agronomic și economic, ca pe o soluție viabilă de eliminare a cantităților uriașe de reziduuri organice din jurul marilor aglomerări urbane, în care solul este utilizat ca „spațiu de evacuare”, fără a fi afectate negativ componentele principale de mediu.

În acest context obiectivele urmărite în prezenta lucrare reprezintă o continuare a cercetărilor efectuate anterior în acest domeniu.

Obiective ale lucrării:

Obiectivul principal al lucrării a fost acela de a estima efectele aplicării unor doze excesive de compost preparat din deșeuri menajere și nămol orășenesc de canalizare asupra solului și recoltei, în vederea stabilirii unor recomandări în ceea ce privește posibila valorificare a unor astfel de reziduuri ca îngrășăminte organice pe terenurile agricole, în condițiile utilizării solului ca „spațiu de evacuare” și a protecției mediului înconjurător.

În acest context au fost stabilite următoarele **obiective concrete**:

➤ *Efecte ale aplicării dozelor excesive de compost preparat din deșeuri menajere pe Preluosolul roșcat (cu diferite stări de așezare și niveluri de aprovizionare cu apă), asupra:*

- stării fizice și chimice a solului;
- conținutului de elemente nutritive din plantă;
- concentrației de metale grele translocate în plantă;
- recoltei obținute.

➤ *Efecte ale aplicării dozelor excesive de compost preparat din nămol orășenesc de canalizare pe Faeoziomul cambic și Luvosolul albic asupra:*

- stării fizice și chimice a solului;
- conținutului de elemente nutritive din plantă;
- concentrației de metale grele translocate în plantă;
- recoltei obținute.

Material și metode

Teza de doctorat a fost structurată în două părți principale: prima parte constituie un studiu documentar privind stadiul actual al cercetărilor în domeniu, iar în partea a doua sunt prezentate rezultatele obținute în studiile caz efectuate, care au urmărit aprecierea efectului dozelor excesive de compost obținut din deșeuri menajere și nămol orășenesc de canalizare asupra solului și plantelor test din perioada de experimentare.

1. Studiu documentar privind stadiul actual al cercetărilor asupra utilizării în agricultură a composturilor obținute din materiale reziduale menajere și nămol orășenesc de canalizare.

În ultimii ani, pe plan mondial a fost atins un nivel critic în privința acumulării cantităților uriașe de reziduuri urbane, care în principal au ca surse majore: industria și canalizarea, acestea fiind colectate de la stațiile de epurare, și activitatea gospodărească și stradală, reziduurile fiind colectate din puncte speciale de predepozitare. În condiții corespunzătoare, aceste materiale sunt biodegradabile, astfel încât pot fi considerate ca „biofertilizanți” sau „condiționatori” și utilizate pentru solurile agricole și neagricole.

Reziduurile municipale solide au o compoziție variată. Nutrienții, metalele grele, componenții organici toxici și agenții patogeni sunt principalele grupe de constituenți ai reziduurilor municipale solide care controlează sau limitează valorificarea și/sau eliminarea prin diferite procedee. Pentru valorificarea în agricultură a acestor materiale reziduale în condițiile protecției mediului înconjurător, pe parcursul anilor, au fost elaborate și permanent perfecționate diferite procedee de igienizare și tratare în funcție de condițiile specifice locale: descompunerea anaerobă sau aerobă, igienizarea cu lapte de var, compostarea, etc.

Compostarea reprezintă descompunerea materiei organice, în condiții aerobe controlate de temperatură, sub acțiunea microorganismelor. Prin procesul de mineralizare, reziduurile organice sunt parțial descompuse, în timp ce substanțele nutritive pentru plante sunt transformate în forme mai accesibile. mare parte dintre agenții patogeni și componenții organici toxici sunt distruși, iar mirosurile neplăcute sunt reduse, chiar înlăturate.

În vederea desfășurării procesului de compostare sunt necesare condiții specifice de lucru și trebuie parcurse anumite etape în funcție de proveniența reziduurilor organice respective.

Utilizarea în agricultură a materialelor organice de tipul reziduurilor municipale de consistență solidă ca îngrășăminte organice necesită studii foarte detaliate privind caracteristicile lor chimice, fizice și biologice. ***În determinarea valorii lor nutritive, agronomice și comerciale caracteristicile chimice ale acestor materiale au rol decisiv, ca și în cunoașterea stării lor de 'sănătate', adică a nivelului de nocivitate și/sau toxicitate în raport cu diferiții compuși.***

Studiile și cercetările, efectuate până în prezent, au arătat că nămolurile orășenești și deșeurile menajere necompostate/compostate conțin cantități ridicate de materie organică și alte elemente nutritive (azot, fosfor, potasiu, cationi bivalenți de Ca, Mg). De aceea, aplicarea lor pe terenurile agricole ar putea conduce la creșterea conținutului de materie organică din sol, a capacității sale de tamponare și de schimb cationic.

Prin urmare, ar putea fi considerate ca adevărate resurse de materie organică și fosfor, fiind necesare cu atât mai mult cu cât, pe de-o parte nivelul cerințelor este ridicat în raport cu fondul geochimic al solurilor, iar pe de alta că resursele de îngrășăminte minerale și organice tradiționale sunt reduse și costisitoare. *Mai mult decât atât, aceste materiale au reacție alcalină (7,5-8,0) și ar putea fi utilizate ca amendamente pe solurile slab-moderat acide.*

Literatura de specialitate, însă, atrage atenția că în paralel cu efectele benefice apar adesea și consecințe negative care limitează sever aplicarea necontrolată pe sol a acestor materiale. *Efectele negative sunt datorate cu precădere unor componenți chimici care se găsesc în concentrații ridicate, depășind limitele maxim admisibile (metale grele, etc.), ca și a unor componenți organici toxici, săruri solubile, care pot polua, atât solul, cât și alte componente ale mediului înconjurător, cum ar fi: corpurile de apă de suprafață și freatică, vegetația.*

De aceea, în viitor această problematică va trebui să intre mai mult în atenția comunităților științifice, să se dezvolte programe complexe de cercetare care să contribuie, nu numai la identificarea acestor substanțe chimice, dar și a modului de translocare din sol în plantă și a consecințelor asupra produselor agroalimentare, asupra sănătății oamenilor și animalelor. Acest aspect, în țara noastră a fost, în trecut, foarte puțin luat în considerare, intrând în atenția comunităților științifice, doar în ultimii ani.

Pentru a avea valoare agronomică și să constituie un mediu optim de creștere a plantelor este necesar ca aceste materiale reziduale necompostate/compostate să îndeplinească pe lângă caracteristicile chimice și următoarele caracteristici fizice: conținut cât mai redus de apă deci consistență cât mai ridicată, capacitate ridicată de stocare a apei și a nutrienților, permeabilitate ridicată pentru aer și apă, capacitate de structurare pentru a deveni rezistente la procesele erozionale, și cantitate cât mai mică de materiale minerale grosiere.

În literatura de specialitate sunt abordate la ora actuală numeroase aspecte privind problematica acestor reziduuri organice, consecințele lor asupra mediului înconjurător, îndeosebi asupra solului și producției vegetale, fiind precizate, atât efecte pozitive, cât și cele negative.

Importanța materiei organice în sol este unanim acceptată, iar consecințele sale pozitive asupra proprietăților chimice ale solului au fost subliniate în numeroase studii. Cantitatea și calitatea materiei organice care se acumulează în sol depinde de numeroși factori, printre care: concentrația de material organic din produsul rezidual solid, concentrația componentelor nutritivi, nivelul dozelor de material organic rezidual aplicate pe unitatea de suprafață, metoda de incorporare și frecvența de aplicare, tipul de sol și celelalte componente ale sistemului tehnologic agricol adică: rotația a culturilor, lucrarea a solului, regim de irigație, etc. și nu în ultimul rând de condițiile climatice locale.

Azotul este un nutrient valoros pentru plante, dar în același timp poate constitui un posibil poluant, contaminat al apelor freactice. Din acest motiv s-au efectuat cercetări pentru a studia procesele de transformare a azotului din aceste produse reziduale organice în urma aplicării lor în soluri și în comportarea sa în nutriția plantelor, dintre acestea cele mai importante fiind: amonificarea, nitrificarea și denitrificarea.

Fosforul constituie unul dintre nutrienții cei mai importanți ai producției vegetale, iar produsele organice reziduale orășenești pot constitui o sursă fezabilă. Reacțiile de sorpție, desorpție și capacitatea solului de tamponare a fosforului sunt factori importanți, atât din punct de vedere agronomic, cât și al protecției mediului pentru managementul adecvat al fosforului.

Potasiul, având un grad ridicat de solubilitate, se regăsește în fracțiunea solidă a materialelor reziduale în concentrații reduse. În momentul aplicării pe terenurile agricole a „biosolidelor” însă, formele schimbabile ale potasiului reprezintă sursa primară pentru planta cultivată.

Concentrația de *metale grele* în reziduurile municipale solide reprezintă, de regulă, factor limitativ deosebit de important pentru aplicarea pe terenurile agricole, datorită efectelor potențial negative asupra biomasei vegetale și transferului lor în produse alimentare, în întreg lanțul trofic.

Efecte pozitive ale materialelor organice, în general și a celor orășenești în particular, asupra unor însușiri fizice, cum ar fi: stabilitatea elementelor structurale, forma și mărimea lor, densitatea aparentă, spațiul macro- și microporos și distribuția după mărime a porilor și astfel, **permeabilitatea pentru apă și aer**, acumularea - cedarea apei către plante, citează numeroși autori.

Efectul pozitiv al materialelor organice în general, și al celor provenite din activitatea urbană, în special, asupra proprietăților fizice, chimice și biologice ale solului se răsfrânge și asupra producției vegetale, care în cele mai multe cazuri înregistrează creșteri, existând în acest sens un volum bogat de informații în literatura de specialitate. Rezultatele obținute în aceste studii au evidențiat, în mod cert, efecte pozitive ale utilizării composturilor preparate din reziduuri municipale solide ca fertilizanți organici. Acestea au fost datorate, după cum precizează autorii, atât conținutului ridicat în materie organică și nutrienți în forme accesibile pentru plante, cât și îmbunătățirii proceselor de structurare a particulelor elementare de sol în agregate hidrostabile.

În concluzie, se poate aprecia că produsele reziduale orășenești în stare compostată ar putea fi utilizate drept “condiționatori de sol”, pentru ameliorarea și îmbunătățirea stării de fertilitate și productivitate a solului, făcând astfel posibil de aplicat o nouă componentă tehnologică cu o mai mare capacitate de restaurare decât de degradare a solului și în consecință de protecție a mediului înconjurător, dacă materialele respective îndeplinesc condițiile de calitate din punct de vedere chimic, fizic, biologic și sanitar.

2. Rezultate obținute în studiul efectelor aplicării dozelor excesive de compost preparat din deșeuri menajere și nămol orășenesc de canalizare asupra solului și plantei.

Material și metodă

Experiențele au fost realizate în casa de vegetație a Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului-ICPA București, pe vase de vegetație având capacitatea de 10 l. Au fost urmărite și analizate două cicluri experimentale.

Ciclul I experimental a fost organizat pe o perioadă de 5 ani în care s-a urmărit *efectul direct și remanent* al aplicării unor doze excesive de compost preparat din deșeuri menajere asupra stării fizico-chimice a *Preluvosolului roșcat* și cantității și calității recoltei.

Experiența organizată în casa de vegetație a fost de tipul 4 x 3 x 3 în patru repetiții cu trei factori:
- *doza de compost menajer* cu patru graduări, 0, 5, 10, 20 %g/g, reprezentând echivalentul a aproximativ: 0, 150, 300, respectiv 600 t·ha⁻¹ s.u., încorporate în sol;

- *starea de așezare* cu trei graduări: afânată, mediu tasată și tasată;

- *nivelul de aprovizionare cu apă* cu trei graduări: 60, 80, respectiv 100 % din capacitatea totală a solului și respectiv a amestecurilor din vasele de vegetație.

În *anul II* de experimentare, la amestecurile realizate în primul an s-au adăugat aceleași doze de compost menajer, corespunzătoare la 0, 5, 10, 20 %g/g. Practic în acest an cantitatea de material organic rezidual încorporată în *Preluvosolul roșcat* a fost dublată la 0, 10, 20, 40 %, echivalentul a 0, 300, 600, respectiv 1200 t·ha⁻¹ s.u.

În *anul III* de experimentare s-a urmărit efectul remanent.

În *anul IV* de experimentare au apărut modificări în organizarea experienței: s-a renunțat la varianta de aprovizionare cu apă de 60 % din capacitatea totală a solului din vas (CT), deci factorul C – starea de aprovizionare cu apă a avut două graduări, 80, respectiv 100 % CT. Astfel, experiența a fost organizată trifactorial, de tipul 4 x 3 x 2, în patru repetiții.

În *anul V* de experimentare au apărut din nou modificări în organizarea experienței: fiind trifactorială de tipul 4 x 2 x 2, fiecare variantă experimentală realizându-se în patru repetiții. Factorii studiați au fost aceiași, cu deosebirea că starea de așezare a avut 2 graduări - afânată (1,00/1,20) și respectiv tasată (1,20/1,40), iar nivelul de aprovizionare cu apă a fost realizat corespunzător lui pF_{1,6} și pF_{1,2}.

În primii doi ani au fost analizate efectele directe ale încorporării dozelor excesive de compost menajer în sol, în următorii trei ani fiind studiate efectele remanente ale tratamentelor aplicate.

În cei cinci ani de experimentare au fost utilizate ca plante test: *ovăzul, soia, fasolea/porumbul și morcovul*. Au fost prelevat eşantioane de sol și plantă la sfârșitul perioadelor de vegetație, în fiecare an de experimentare. Datele obținute au fost prelucrate prin analiză de varianță, ANOVA.

Compostul menajer a avut o structură de tip monogranular, materialul a fost alcătuit din fracțiuni "elementare" separate, procesele de agregare, alipire și cimentare a particulelor primare și a elementelor structurale aflându-se într-o fază incipientă. Din punct de vedere chimic s-a constatat reacție slab-alkalină, conținut ridicat de materie organică, deși procentul de impurități este mare, conținut ridicat în elemente nutritive, concentrație ridicată de metale grele, dar sub limita de alertă stabilită (cu excepția plumbului) pentru materialele reziduale utilizate în experimentare.

Preluvosolul roșcat utilizat în experimentare a fost recoltat din perimetrul localității Periș, județul Ilfov din orizontul de suprafață, pe adâncimea de 0 – 20 cm. Solul a avut textură mijlocie fină (luto-argiloasă) și structură grăunțoasă medie. În general, acest sol prezintă proprietăți fizice, fizico-mecanice și de aerație relativ bune. Rezultatele obținute în urma analizelor chimice efectuate au evidențiat conținut redus de humus, reacție slab acidă, aprovizionare moderată cu azot și fosfor, iar în ceea ce privește prezența metalelor grele, nu au fost depășite limitele de alertă pentru nici unul dintre elementele respective.

Aplicarea dozelor excesive de compost menajer la *Preluvosolul roșcat* a determinat modificări directe importante în starea sa fizică, în compoziția granulometrică, cu efecte indirecte asupra celorlalte proprietăți, regimuri și procese fizice. Aportul de materie organică adus în sol a avut în general efecte directe și remanente pozitive asupra stării de compactitate, condițiilor potențiale de aerație, permeabilității pentru apă. Incorporarea unor astfel de materiale organice reziduale pe soluri susceptibile la diferite procese privind degradarea fizică, cum este de ex., destructurarea, compactarea, crustificarea, etc., ar putea contribui la ameliorarea acestora și la îmbunătățirea în ansamblu a stării fizice.

Aplicarea dozelor de 0, 5, 10, 20 %g/g compost menajer în sol în anul I de experimentare și dublarea acestora în anul următor a determinat efecte directe și remanente importante asupra stării agrochimice a *Preluvosolului roșcat*.

A fost înregistrată modificarea reacției solului de la slab acidă la slab alcalină, efect benefic pentru îmbunătățirea accesibilității unor nutrienți necesari (fosfor, calciu, potasiu, mangan, fier, etc.) pentru planta cultivată. Au avut loc acumulări importante de carbon organic, azot, fosfor, potasiu, chiar și la trei ani de la incorporarea dozelor de material rezidual. Starea de așezare tasată a determinat scăderea statistic semnificativă a conținutului în diferiți nutrienți, datorită mineralizării mai puțin intense a materiei organice.

Asigurarea nivelurilor de aprovizionare cu apă de 80, respectiv 100 % (din CT a solului și amestecurilor din a vasul de vegetație) a determinat crearea unor condiții mai bune pentru accelerarea proceselor de mineralizare și astfel acumularea mai mare de nutrienți; potasiul mobil însă a înregistrat scăderi drastice, datorită mobilității ridicate pe care o prezintă în soluția solului.

Aplicarea dozelor excesive de compost menajer în *Preluvosolul roșcat* a determinat acumularea de concentrații mari de metale grele (Ni, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn), mult peste limitele de alertă, în primii doi ani experimentali. Din punct de vedere practic acest lucru este foarte important, întrucât un astfel de material rezidual ar putea crea probleme în urma aplicării pe terenurile agricole, datorită posibilei acumulări în sol a unor elemente potențial poluante peste limitele de alertă (Ni, Cd, Zn, Cr, Cu, Pb), care pot afecta în sens negativ starea de fertilitate și productivitate a solului și calitatea recoltei.

Aplicarea, însă, a unei doze de 20 % g/g, care reprezintă echivalentul a aproximativ 600 t/ha s.u., pe un sol cu un fond genetic moderat favorabil, în care și concentrațiile inițiale de metale grele sunt reduse, poate fi acceptată, dacă limita maxim admisibilă pentru elementele cele mai nocive, cum ar fi de exemplu, Cd și Hg (nedeterminat aici) nu este depășită. În cazul de față, chiar materialul de sol utilizat în experimentare prezintă concentrații inițiale de Pb și Cr mari, de aceea creșterile înregistrate după încorporarea chiar a dozei de 10 % (echivalentul a 300 t/ha s.u.) compost menajer, sunt relativ mari.

Prin urmare, se recomandă ca aplicarea repetată a reziduurilor menajere pe terenurile agricole din vecinătatea stațiilor de epurare să se realizeze în mod controlat, să nu se depășească aproximativ 600 – 700 t·ha⁻¹.

Din punct de vedere al acumulării macronutrienților în plantă, în urma aplicării dozelor dublate de compost menajer nu apar modificări în sens negativ ale acestor conținuturi, ele încadrându-se, în general, în limite normale. Creșterea cantității de compost menajer încorporat în substratul de sol a determinat acumulări importante de azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, indiferent de starea de așezare, sau aprovizionare cu apă, chiar și după trei ani de remanență.

Rezultatele obținute au evidențiat că fertilizarea cu compost obținut din gunoi menajer nu a provocat efecte directe semnificative ale compoziției chimice a plantelor, dacă s-au aplicat doze de 150 t/ha, dar aplicarea unor doze mai mari a determinat depășirea nivelului de 0,5 mg·kg⁻¹ cadmiu, limită la care planta poate fi utilizată ca furaj. *Urmărind efectul remanent al dozelor excesive de compost menajer asupra transferului de metale grele în planta cultivată, se poate spune că doza dublată de 10 % g/g, echivalentul a 600 t/ha s.u., ar putea fi acceptată, dacă inițial solul nu este încărcat cu metale grele.*

După trei ani de remanență, transferul în rădăcina de morcov a fost scăzut, fiind determinat de caracteristicile fizice și chimice ale amestecurilor de sol și compost menajer. Aplicarea compostului menajer la Preluvosolul roșcat în condițiile unei stări de așezare mediu tasată (densități aparente echivalente $1.30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) a fost mai favorabilă comparativ cu stările de așezare afânată sau tasată, concluzie de un real interes practic. Pentru obținerea unor sporuri de producție satisfăcătoare, chiar în condițiile utilizării solului ca "spațiu de evacuare" este necesară menținerea unei stări de compactitate care să nu depășească prin efectuarea diverselor lucrări tehnologice $1.30 \text{ g}/\text{cm}^3$, corespunzătoare unui sol mediu tasat.

Ciclu II experimental a fost organizat pe o perioadă de 3 ani în care s-a urmărit *efectul direct și remanent* al aplicării unor doze excesive de compost preparat din nămol orășenesc de canalizare asupra stării fizico-chimice a solului și cantității și calității recoltei.

Experiența organizată în casa de vegetație a fost de tipul 2×6 în patru repetiții cu doi factori: --
- tipul de sol: *Cernoziom cambic* și *Luvosol albic*

- doza de compost orășenesc cu șase graduări: 0, 5, 10, 20, 30, 40 %g/g, reprezentând echivalentul a aproximativ 0, 150, 300, 600, 900, 1200 t/ha s.u..

Au fost utilizate ca plante test: *salata, fasolea/porumbul masă verde și porumbul*.

Compostul orășenesc utilizat în experimentare a fost caracterizat prin structură monogranulară, elementele structurale aflându-se într-o stare slabă de alipire. Din punct de vedere chimic compostul preparat din nămol orășenesc de canalizare a avut reacție slab - alcalină, conținut mare de materie organică, a fost bine aprovizionat cu elemente nutritive, concentrațiile în metale grele au fost destul de mari, dar nu au depășit limita maxim admisibilă decât în cazul Cr.

Cernoziomul cambic utilizat în experimentare a fost recoltat din perimetrul localității Fundulea, județul Ilfov. Solul a avut o textură mijlocie fină (luto-argiloasă) și o structură glomerulară mică și medie bine dezvoltată. În general, acest sol are proprietăți fizice, fizico-mecanice, hidrofizice și de aerație favorabile, fiind bine afânat, permeabil, având capacitate bună pentru apă și aer, pretabile la diferite tehnologii agricole, activitate microbiologică moderat-intensă. *Cernoziomul cambic* utilizat în experimentare a prezentat conținut redus de humus, mijlociu de azot total, acumulări mari de fosfor mobil și foarte mari de potasiu mobil. Solul a avut reacție slab acidă, complexul adsorbiv este dominat de prezența cationilor de Ca^{2+} . Concentrația de metale grele a depășit limitele de alertă în cazul cobaltului, nichelului, dar mai ales a cromului, de cca. 2 ori.

Luvosolul albic a fost recoltat din perimetrul localității Albota, județul Argeș, din orizontul de suprafață. Solul a avut o textură mijlocie, lut mediu, iar structura a fost grăunțoasă. Solul are proprietăți fizice, fizico-mecanice, hidrofizice și de aerație mai puțin favorabile. Chimic, solul a prezentat reacție moderat acidă, conținut redus de humus, fosfor și potasiu, moderat de azot total. Concentrația de metale grele a depășit limitele de alertă doar în cazul cromului.

Efectul încorporării dozelor excesive de compost orășenesc s-a manifestat puternic chiar și în al treilea an de experimentare, prin creșterea statistic semnificativă a conținutului de macroagregate hidrostabile la ambele tipuri de sol analizate. De asemenea, dispersia prezintă valori statistic semnificativ mai mici la doze care depășesc 20 % compost orășenesc, în cazul amestecurilor realizate cu *Luvosol albic*, iar indicele de instabilitate structurală scade.

Încorporarea unor doze excesive de compost orășenesc, care depășesc 20 %, echivalentul a cca. 600 t/ha a determinat modificări importante asupra compactității. Acestea, s-au resimțit puternic și la doi ani de la realizarea tratamentelor organice. Aportul important de materie organică în cele două soluri, care în mod natural sunt moderat compactate, a determinând realizarea unei stări de așezare mai laxe, cu efecte benefice asupra altor însușiri, procese și regimuri, permițând dezvoltarea în condiții mai favorabile a sistemului radicular al plantei cultivate.

Din punct de vedere al porozității și aerației, amestecurile realizate cu diferite doze de compost orășenesc au prezentat condiții mai favorabile pentru dezvoltarea sistemului radicular al plantei de cultivate. Există însă, un risc potențial ca aplicarea unor doze excesive de compost orășenesc, mai mari de 20 % (mai mult de 600 t/ha s.u.) în soluri slab afânate să afecteze sistemul macroporos în sensul creșterii proporției porilor cu dimensiuni mai mari de 50μ (macroporozitatea) prin care apa de infiltrație poate se mișca mai rapid, antrenând în adâncime prin levigare cantități importante de nutrienți.

Permeabilitatea pentru apă, indiferent de tipul de sol și doza de compost orășenesc aplicată este foarte mare. Încorporarea dozelor excesive de material organic rezidual a avut ca efect direct creșterea permeabilității pentru apă la ambele soluri. Totuși se recomandă să nu se aplice doze mai mari de 20 %, echivalentul a 600 t/ha s.u., având în vedere valorile mai mici ale conductivității hidraulice saturate înregistrate în variantele cu proporție mai mare de material organic rezidual. Efectele remanente urmărite în următorii doi ani nu au confirmat această tendință. Cu toate acestea, din punct de vedere practic, încorporarea unor astfel de materiale reziduale bogate în materie organică în soluri ușor tasate are efecte benefice asupra permeabilității pentru apă, fiind create condiții favorabile de pătrundere și mișcare a apei în sol, cu risc redus de apariție a unor procese negative.

Datorită conținutului bogat în cationi bivalenți, Ca^{++} și Mg^{++} și a modificărilor pozitive pe care le produce în sol, în ceea ce privește conținutul de cationi schimbabili, compostul obținut din nămol orășenesc de canalizare ar putea fi recomandat ca bun amendament pentru solurile ușor acide, dar mai ales moderat acide.

*Aplicarea cantităților excesive de compost orășenesc, în solurile *Chernoziomului cambic* și *Luvosolului albic* a avut efecte directe și remanente puternice.*

Aportul de materie organică având conținut ridicat de elemente nutritive a determinat acumularea în cele două soluri a unor cantități mari de macronutrienți necesari creșterii și dezvoltării plantelor cultivate.

Efectul direct al acumulării metalelor grele în sol și a translocării acestora în plantă nu a determinat modificarea în sens negativ a conținuturilor în aceste elemente, limitele de alertă nefiind depășite decât cu unele excepții, cum ar fi Pb, concentrația acestuia fiind foarte mare chiar în variantele netratate organic.

În anii de remanență nu au fost acumulate în exces metalele grele, concentrațiile acestora nu au depășit nivelurile zootoxice admise pentru niciunul din cele două sol analizate.

În ceea ce privesc recoltele obținute la plantele test, efectul aplicării dozelor excesive de compost preparat din nămol orășenesc de canalizare, după cei trei ani de experimentare, s-a dovedit a fi benefic. Au fost înregistrate creșteri statistice semnificative ale recoltei odată cu doza de compost orășenesc aplicată, ca efect direct și remanent al încorporării unor cantități importante de materie organică bogată în elemente nutritive în forme accesibile plantei de cultură, atât în *Cernoziomul cambic*, cât și în *Luvosolul albic*.

Compostul orășenesc analizat ar putea fi valorificat în agricultură ca îngrășământ organic, dar se recomandă ca doza aplicată să nu depășească 20 %, echivalentul a cca, 600 t/ha, în aceste condiții existând riscul înrăutățirii, atât a unor caracteristici fizice, cum ar fi cele legate de porozitate, aerație și permeabilitate pentru apă, cu implicații indirecte asupra altor însușiri, procese și regimuri în sol, cât și chimice privind acumularea de metale grele și alți compuși toxici. Astfel, respectând, atât condițiile de igienizare pentru transformarea deșeurilor respective în adevărați „biofertilizanți”, cât și condițiile de protecție a solului și altor resurse de mediu, terenurile agricole ar putea fi folosite ca „spații de evacuare” cel, puțin în jurul centrelor urbane, unde se produc cele mai mari cantități de reziduuri organice.