

## **CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITATEA UTILIZĂRII NĂMOLULUI DE EPURARE CA FERTILIZANT ORGANIC AL SOLURILOR ACIDE GRELE**

### **RESEARCH ON THE POSSIBILITY TO USE SEWAGE SLUDGE AS ORGANIC FERTILIZER OF HEAVY ACID SOILS**

FLORIAN TRĂȘCĂ<sup>1</sup>, DANIELA MIHĂILESCU<sup>1</sup>,  
NICOLAE IONESCU<sup>1</sup>, GEORGETA TRĂȘCĂ<sup>1</sup>,  
GINA MINCĂ<sup>1</sup>, IULIA CIODARU<sup>1</sup>

#### **ABSTRACT**

**In organic farming performed on heavy acid soils, use of sewage sludge as pedo-meliorating is a beneficial alternative not negligible, given that not jeopardize the quality of soil and agricultural products results.**

**Under this context, the paper shows the effect of sewage sludge amendment and fertilizer applied to a luvisol (at a specific rotation that includes legumes), on the level of grain and industrial crops production, and changes in concentrations of heavy metals – components devoid of biosolids.**

**The results of research highlight the possibility of economic management of these wastes, with positive effects on agriculture.**

**Key word:** sewage sludge fertilization, heavy acid soils.

**Cuvinte cheie:** nămol de epurare, fertilizare, soluri acide grele.

#### **INTRODUCERE**

Agricultura practică pe solurile acide, grele, cu o compoziție chimică defavorabilă plantelor, reduce drastic profitabilitatea fermierilor, ca urmare a creșterii accentuate a costului de producție necesar pedoameliorării, secvență obligatorie în vederea menținerii unei anumite variabilități a plantelor cultivate și implicit a nivelului recoltelor obținute.

Pe de altă parte, gestionarea deșeurilor organo-minerale rezultate din procesarea apelor uzate urbane constituie una din problemele prioritare ale regimului apei în marile colectivități umane, datorită cantităților deloc neglijabile care se procesează.

Dar, valorificarea nămolurilor se poate face pe variate direcții, însă se pare că, în actuala conjunctură, cea mai eficientă cale este utilizarea în agricultura

---

<sup>1</sup> S.C.D.A. Pitești, județul Argeș. E-mail: scda.pitesti@gmail.com

durabilă ca pedoameliorator organic al solurilor acide, deși sunt considerate adevărate bombe chimice din cauza conținutului de metale grele care au o perioadă de rezidență în sol destul de ridicată, de ordinul zecilor de ani.

Această lucrare are ca scop de a demonstra că nămolul rezultat din apele uzate urbane poate fi utilizat cu eficiență ridicată ca fertilizant organic al solurilor acide, cu un pH mai mic de 6, fără a avea un impact negativ asupra lanțului trofic, în condițiile în care legislația din CE și România precizează că administrarea se poate realiza numai pe solurile slab acide spre neutru, respectiv care au un pH mai mare de 6,0.

În acest context, în cele ce urmează sunt prezentate date privind efectul pedoameliorator al nămolului rezultat din apele uzate urbane epurate asupra solurilor acide grele, cu un impact direct asupra sistemului sol – plantă.

### MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

Pentru rezolvarea obiectivului propus s-a realizat la S.C.D.A. Pitești - Albota o experiență în câmp cu următoarele caracteristici:

- tipul de sol: luvosol;
- tipul de asolament: de 4 ani, porumb – grâu – soia – grâu;
- tipul de experiență: bifactorială;
- tipul factorilor: îngrășăminte minerale (P și N) și nămoluri procesate în stația de epurare a apelor uzate din Pitești;
- graduările factorului îngrășăminte minerale cu P și N, specifice fiecărei culturi: fără îngrășăminte, doze reduse și optime;
- graduările factorului nămol: 0, 5, 10, 25 și 50 t/ha/an;
- efectul aplicării nămolului: direct (2 ani de aplicare) și remanent (2 ani).

Analizele fizico-chimice ale sistemului sol – plantă au fost efectuate conform metodologiei standardizate, iar datele analitice obținute au fost analizate statistic utilizând analiza varianței, prezentându-se în lucrare gradul de asigurare statistică a datelor.

Indicii de bioaccesibilitate pentru sol se definesc ca un raport dintre formele mobile și cele totale ale nutrientului (macro sau metal greu) luat în considerare.

Indicii de fertilitate individuală pentru nutrienți s-au calculat ca raport între conținutul de forme mobile existent în sol și necesarul optim pentru plante.

Indicele relativ de contaminare/poluare cu metale grele pentru plante s-a calculat după Davies and Carlton Smith, citați de Mihalache și colab. (2006).

Percentilele (quartilele) s-au calculat cu ajutorul deviației standard și a valorilor medii.

Calculul de risc de depășire a concentrațiilor optime pentru sistemul sol – plantă, care în parte este standardizat, s-a făcut utilizând testele de normalitate, precum și metoda Monte-Carlo, iar simularea s-a făcut pentru N=1000.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

### NĂMOLUL DIN APELE UZATE URBANE

#### Compoziția chimică a nămolului

Datele analitice obținute, redate în tabelul 1, reliefează următoarele aspecte:

– nămolul este un îngrășământ organic, cu un domeniu de variație a conținutului de carbon organic de 54-70 %;

– nămolul poate fi considerat un îngrășământ organic cu azot mineral (ioni nitrici și de amoniu), având în jur de 75,8 ppm N mineral direct accesibil plantelor;

– nămolul este un îngrășământ organic cu potasiu (0,35%) și cu zinc (1362 ppm);

– conținutul de metale grele bioaccesibil, din totalul prezent în nămolul activ, este după cum urmează: plumb – 57,95%, cupru – 15%, zinc – 2,36%, cadmiu – 17,32%, nichel – 19,44%, mangan – 5,68%.

Ca atare, datorită structurii sale chimice, cât și cantităților de macro- și microelemente prezente, asemănătoare gunoiiului de grajd, nămolul rezultat de la epurarea apelor uzate urbane poate fi utilizat în agricultură, pe de o parte, ca pedoameliorator al însușirilor fizico-chimice (reacție și însușiri de fertilitate etc.) defectuoase ale solurilor acide grele sau ca îngrășământ organic, alternativă ecologică la îngrășămintele minerale.

*Tabelul 1*

**Compoziția chimică a nămolului, rezultat de la epurarea apelor uzate urbane din municipiul Pitești (s.u.)**  
(The chemical composition of sewage sludge resulting from Pitești)

Nr. crt.	Forme totale		Forme mobile	
	Indicatorul chimic	Valoare	Indicatorul chimic	Valoare
1	pH	7,16		
2	Corg., %	53,8 – 69,5	N – NO <sub>3</sub> , ppm	29,1
3	N <sub>t</sub> , %	2,29	N – NH <sub>4</sub> , ppm	46,7
4	P <sub>t</sub> , %	1,33	P – AL, ppm	76
5	K <sub>t</sub> , %	0,35	K – AL, ppm	93
6	Na, %	0,047	Na – AL, ppm	78,4
7	Ca, %	1,38	-	-
8	Mg, %	0,21	-	-
9	Pb, ppm	88	Pb, ppm	51
10	Cu, ppm	116	Cu, ppm	17,4
11	Zn, ppm	1362	Zn, ppm	32,2
12	Cd, ppm	4,1	Cd, ppm	0,71
13	Ni, ppm	36	Ni, ppm	7,0
14	Mn, ppm	317	Mn, ppm	18
15	Cr, ppm	112,4	-	-
16	Co, ppm	5,1	-	-

### Relații de dependență între recolte și dozele de nămol

Producția de cereale și plante tehnice obținută pe luvosolul pedoameliorat cu nămol din apele uzate urbane este dependentă atât de doza de biosolid aplicată, cât și de fertilitatea solului, așa cum rezultă din figura 1.

Datele prezentate arată că:

- relația de dependență dintre producția relativă și dozele de nămol aplicate este directă (redată sub forma unor drepte);
- în condiții de fertilitate minerală mediocră, nivelul recoltelor obținute pe solul pedoameliorat cu doze maxime de nămol este egal sau mai ridicat decât cel obținut doar în condiții de fertilitate minerală optimă;
- între producțiile relative de grâu din anul II de aplicare a nămolului și din anul II de remanență există mici diferențe, ceea ce demonstrează menținerea efectului aplicării biosolidului și în al doilea an de remanență.

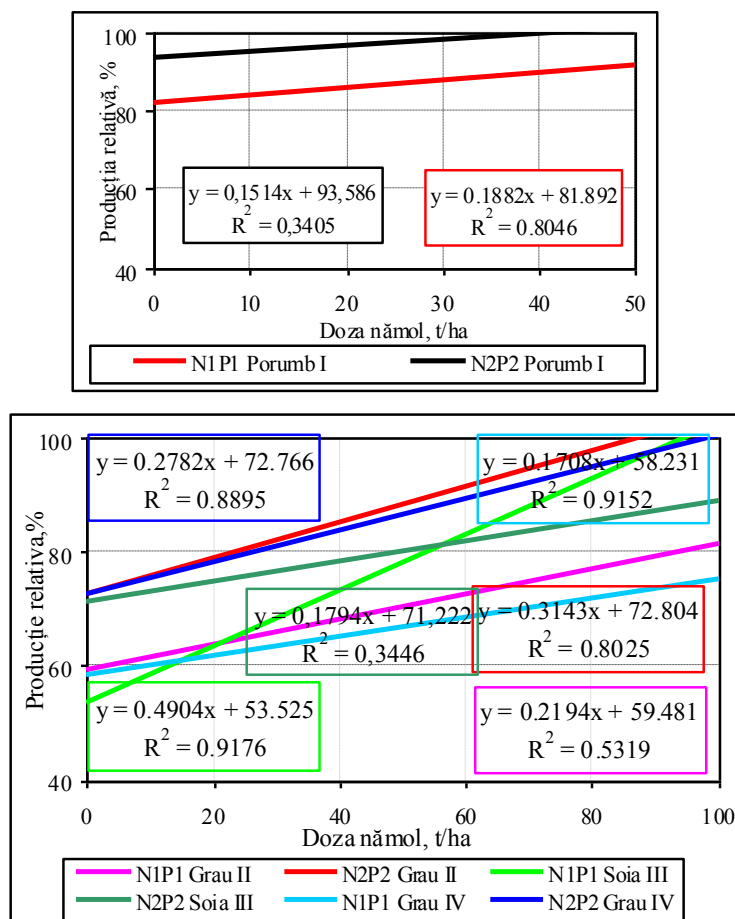


Fig. 1 – Relația de dependență dintre dozele de nămol și producția obținută pe luvosolul pedoameliorat cu nămol

(The relationship between sewage sludge dose and crop obtained on pedo-meliorated luvosol)

## SOLUL

### Compoziția chimică a luvosolului

Efectul aplicării în agricultură a nămolului rezultat de la epurarea apelor reziduale urbane, ca substitut parțial/total al fertilizanților minerali, s-a testat pe luvosolul de la Albota - Argeș, sol de tip acid, cu multiple efecte nocive asupra dezvoltării plantelor, ca urmare a acidității ridicate (tabelul 2).

Tabelul 2

Principalele însușiri agrochimice ale luvosolului de la Albota - Argeș  
(The agrochemicals properties of Albota - Argeș luvosol)

Nr. crt.	Însușiri agrochimice	Val.	Nr. crt.	Forme totale	Conc.
1	pH	5,29	7	CSC, me/100g	11,14
2	Aluminiu mobil, ppm	29,80	8	P total, %	0,05
3	Mangan sch. ppm	488,00	9	Potasiu, %	0,45
4	Suma bazelor, me/100 g	8,56	10	Zinc, ppm	97,00
5	Ah, me/100 g	2,58	11	Mangan, ppm	822,00
6	V, %	76,84			

### Fertilitatea solului

#### Impactul nămolului și al fertilizării minerale asupra însușirilor chimice ale solului

În condițiile în care agricultura ecologică durabilă tinde să ia locul celei intensive, studiul calității solului pedoameliorat cu nămol în diferite situații de fertilizare minerală a apărut ca o necesitate și a fost segmentat ținând cont de cele două aspecte principale ale problematicei legate nu numai de îmbunătățirea calității solului, dar și de evitare a poluării acestuia de către metalele grele prezente în nămol.

În tabelul 3 este prezentată statistica descriptivă privind influența biosolidului și a îngrășămintelor minerale asupra însușirilor agrochimice ale solului (aciditate și macronutrienți) și care reliefează următoarele:

- datele de statistică descriptivă reliefează aspecte legate de centralitatea și dispersia datelor experimentale;
- media datelor indică valori mai mari pentru aciditate și nutrienți în anii de aplicare față de anii de remanență, diferențele fiind însă mici;
- la potasiu (K) direct accesibil plantelor, s-au înregistrat valori medii destul de ridicate, domeniul de variație timp de 4 ani fiind de 50 ppm, destul de redus față de cantitatea de biosolid aplicată;
- în condiții de aplicare a nămolului sau de remanență, valorile înregistrate pentru concentrațiile de macronutrienți din sol se situează peste percentila de 70%;

- limitele domeniului de variație este mai mare în anul II față de anul I de aplicare/remanență a biosolidului pentru însușirile agrochimice monitorizate, iar în cazul potasiului în anii de remanență, acesta practic aproape se dublează;
- domeniul 10-99 al centilelor indică valori mai mari în anul II de aplicare/remanență pentru aciditate (actuală și potențială), în timp ce pentru potasiu, diferențele dintre anii de aplicare/remanență sunt mult mai mici.

Tabelul 3

**Statistică descriptivă privind fertilitatea luvosolului  
de la Albota - Argeș pedoameliorat cu nămol (forme mobile)**  
[(Descriptive statistics regarding Albota - Argeș luvosol fertility,  
pedoameliorated with sewage sludge (mobile forms)]

Faza: recoltă

Nr. crt.	Indicatori statistici	Aplicarea					Remanență				
		Ani	pH	Al <sup>3+</sup>	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	Ani	pH	Al <sup>3+</sup>	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>
<b>Măsura centralității</b>											
1	Medie	1	5,09	23,2	43,3	249,8	1	5,11	59,6	47,3	222,9
2		2	5,01	59,5	54,3	271,1	2	5,03	54,86	92	262
<b>Măsura dispersiei</b>											
1	Limite domeniu	1	0,34	20,9	29	219	1	0,15	49,7	29	122
2		2	0,55	35,4	59	323	2	0,47	92,51	86	190
3	Percentile: domeniu 10-99	1	0,21	19,7	23	205	1	0,32	39,1	39	122
4		2	0,35	29,3	45	234	2	0,39	68,3	80	141
5	Percentila 80	1	5,15	31,4	51,5	328	1	5,20	70,4	50	252
6		2	5,24	72,6	67	377	2	5,15	77,25	118	308
7	Percentila 90	1	5,20	32,5	55	363	1	5,25	75,9	54,5	288
8		2	5,26	76,6	78	398	2	5,21	89,01	132	332
9	Percentila 95	1	5,24	35,9	57,8	370,2	1	5,31	84,2	59,7	293,3
10		2	5,27	79,2	81,9	437,4	2	5,26	98,73	143	352
11	Percentila 99	1	5,30	41,1	63,8	420,2	1	5,40	94,53	64,9	322,6
12		2	5,38	87,4	93,4	506,4	2	5,36	116,96	165	390,0
13	Deviația standard	1	0,09	7,7	8,8	73,2	1	0,12	15,0	7,54	42,8
14		2	0,16	12	16,8	101,1	2	0,14	26,68	31,3	55,3

### Incadrarea solului pedoameliorat cu nămol în clase de fertilitate

Cu ajutorul bazei de date experimentale obținute, s-a încercat încadrarea în subclase de fertilitate a luvosolului pedoameliorat cu nămol provenit de la epurarea apelor uzate urbane, utilizând testul Tukey pentru departajare.

Analizând datele prezentate în tabelul 4, rezultă următoarele aspecte:

- încadrarea în 4 clase de fertilitate a formelor solubile în AL pentru fosfor și potasiu, în anii de aplicare a nămolului;
- reducerea numărului de clase de fertilitate pentru P<sub>AL</sub> și K<sub>AL</sub> în perioada de remanență;

- formele totale de materie organică (MO) și azot total se încadrează în 4 clase de fertilitate în primul an de aplicare a biosolidului și în 5 clase în anul al doilea;
- în condiții de remanență, numărul claselor de fertilitate scade la 3 pentru materie organică și rămâne neschimbat pentru azotul total, ca urmare a intensificării procesului de descompunere a materiei organice.

*Tabelul 4*

**Efectul aplicării nămolului din apele uzate urbane și a remanenței acestuia asupra încadrării în clase de fertilitate a luvosolului de la Albota Argeș  
(testul Tukey HDS,  $\alpha = 0,05$ )  
(Effect of applying sewage sludge and its residual effect of framing in fertility classes on Albota – Argeș luvosol)**

Clasa de fertilitate	Aplicare				Remanență			
	P, ppm	K, ppm	Co, %	Nt, %	P, ppm	K, ppm	Co, %	Nt, %
Primul an								
I	30-38	144-209	1,83-2,02	0,155-0,179	41-48	200-238	1,47-1,57	0,200-0,207
II	39-47	210-275	2,03-2,22	0,180-0,204	49-56	239-277	1,58-1,68	0,208-0,215
III	48-55	276-341	2,23-2,42	0,205-0,229	57-64	278-316	1,69-1,79	0,216-0,223
IV	56-64	342-407	2,43-2,62	0,230-0,254	65-72	-	-	0,224-0,231
Al doilea an								
I	26-41	147-237	1,62-1,80	0,179-0,192	55-83	186-235	1,39-1,54	0,135-0,154
II	42-57	238-328	1,81-1,99	0,193-0,206	84-112	236-285	1,63-1,78	0,155-0,170
III	58-73	329-419	2,00-2,18	0,207-0,220	113-141	286-335	1,79-1,94	0,171-0,186
IV	74-89	420-510	2,19-2,38	0,221-0,234	-	336-385	-	0,187-0,202
V	-	-	2,39	0,235-0,248	-	-	-	

### **Indici sintetici de calitate ai solului (macronutrienți)**

#### ***Indici de bioaccesibilitate a macronutrienților***

Bioaccesibilitatea elementelor nutritive are un rol preponderent în nutriția plantelor, situație în care acestui indice trebuie să i se acorde o importanță deosebită.

Din datele prezentate în tabelul 5 rezultă următoarele aspecte principale:

- prin aplicarea nămolului, indicele de bioaccesibilitate al nutrienților crește, dar nu direct proporțional, iar în condiții de remanență valoarea indicilor se păstrează la nivelul anilor de aplicare;
- nivelul indicilor de bioaccesibilitate a macronutrienților crește în condiții de secetă severă;
- indicele de bioaccesibilitate al fosforului crește moderat prin acumularea de nămol în sol, în timp ce în condiții de secetă severă (al II-lea an de

remanență), creșterea este accentuată, ca urmare a influenței temperaturilor ridicate asupra proceselor implicate în evoluție;

– indicele de bioaccesibilitate al potasiului crește dependent de doza de nămol în anii de aplicare, în primul an de remanență acesta scade față de martor, indiferent de doza de nămol aplicată.

Tabelul 5

**Influența fertilizării minerale și a aplicării nămolului asupra modificării indicilor de bioaccesibilitate a macronutrienților din luvosolul de la Albota - Argeș, %**  
(Influence of mineral fertilization and sewage sludge application on macronutrients bioaccessibility indices for Albota - Argeș luvosol,%)

Nr. crt.	Doze		Aplicare				Remanență			
	Îngrășă-minte kg/ha	Nămol t/ha	Primul an		Al doilea an		Primul an		Al doilea an	
			P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	6,00	3,27	4,33	4,08	6,00	3,42	10,00	5,43
2	N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	7,00	3,58	5,00	5,18	6,71	2,22 <sup>0</sup>	9,17	4,90
3		10	7,17	3,91	5,11	7,95	6,43	2,65	10,86	4,85
4		50	9,17*	4,47	7,80*	9,34*	6,25	1,87 <sup>0</sup>	15,33	4,95
5	N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	6,83	5,85	5,50	5,92	6,5	2,22 <sup>0</sup>	10,00	4,43
6		10	6,00	6,07*	6,00	9,51*	7,71*	3,47	13,38	5,74
7		50	6,56	5,95	6,54*	10,22*	7,56*	2,27 <sup>0</sup>	14,67	5,53
DL 5 %			2,03	2,72	2,03	4,63	1,37	1,06	5,63	1,35

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole

N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole

### Indici de fertilitate (macronutrienți)

Datele analizelor chimice au fost utilizate pentru stabilirea indicilor de fertilitate individuală și globală a solului pedoameliorat cu nămol, așa cum se observă în tabelele 6 și 7, acestea reliefând următoarele:

– luvosolul pune la dispoziția plantelor în condiții de fertilitate redusă, din punct de vedere al acidității, doar 42,4% din condițiile optime de dezvoltare pentru cultura de porumb, 44,1 pentru cea de grâu, 51,2% pentru cultura de soia și 51,2 % pentru cultura de grâu în condiții de secetă (anul II de remanență) ;

– biosolidul aplicat în doze maxime pe solurile acide fertilizate optim reduce aciditatea față de condițiile inițiale în proporție de peste 13% pentru cultura porumbului și cu aproximativ 16,5% pentru cultura grâului, respectiv 5% în condiții de secetă severă pentru aceeași cultură;

– pentru cultura de porumb este asigurat din sol peste 85% din necesarul de P<sub>AL</sub>, 74,3% pentru grâu, 67,7% pentru cultura de soia și de 166,7% pentru cultura de grâu în condiții termohidrice extreme;

– luvosolul pune la dispoziția cerealelor și plantelor tehnice tot necesarul de potasiu pentru dezvoltarea optimă a plantelor.



**Cercetări privind posibilitatea utilizării nămolului de epurare ca fertilizant organic 301  
al solurilor acide grele**

– excesul de macroelemente aduse prin pedoameliorarea solului determină trecerea unei părți în forme dificil schimbabile, iar o altă parte rămâne direct accesibilă plantelor.

Tabelul 6

**Influența fertilizării și a aplicării nămolului asupra  
indicilor de fertilitate (individuală) a luvosolului de la Albota - Argeș (%)**  
[Influence of mineral fertilization and application of sewage sludge on  
fertility indices (individual) from Albota - Argeș luvosol, %]

Nr. crt.	Doze		Primul an				Al doilea an			
	Îngrășă- minte kg/ha	Nămol t/ha	pH	Co	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	pH	Co	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	42,4	57,2	85,7	109,1	44,1	50,6	74,3	111,4
2	N <sub>x</sub> P <sub>z</sub>	0	42,9	56,3	100,0	140,9	40,0	51,9	100,0	133,3
3		10	48,3	58,1	122,9	162,9	44,1	58,8	131,4	222,7
4		50	52,9	63,4	157,1	209,8	53,5	64,4	222,9*	290,2*
5	N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	35,3	65,0	117,1	234,8*	31,8	60,0	125,7	165,9
6		10	44,1	72,5*	137,1	248,5*	37,6	64,1	188,6*	281,1*
7		50	55,3*	77,8*	168,6*	275*	60,6	74,7	242,9*	356,1*
DL 5 %			10,9	14,5	53,8	119,2	41,1	47,9	103,1	164,6

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole  
N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole

Tabelul 7

**Efectul remanent al aplicării nămolului asupra indicilor de fertilitate (individuală)  
a luvosolului de la Albota - Argeș (%)**  
[Residual effect of sewage sludge application on fertility indices (individual)  
from Albota – Argeș luvosol, %]

Nr. crt.	Doze		Primul an				Al doilea an			
	Îngrășă- minte kg/ha	Nămol t/ha	pH	Co	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	pH	Co	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	51,2	49,1	67,7	120	51,2	46,3	166,7	168,9
2	N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	43,0	47,2	65,1	134,3	50,6	46,3	152,8	152,6
3		10	50,6	50,6	69,8	128,6	39,4	43,4	211,1	168,9
4		50	45,9	57,2*	78,9*	142,9	53,5	57,5*	383,3*	216,3
5	N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	35,9	50	69,0	111,4	40,6	48,4	166,7	137,8
6		10	42,4	53,4	73,7	154,3	38,8	45,6	297,2	200
7		50	37,7	55,9	77,2	194,3*	56,5	56,6	366,7*	262,2
DL 5 %			15,7	7,9	10,9	46,3	17,6	11,6	186,6	169,5

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole  
N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole

## METALE GRELE

Ca urmare a compoziției sale, aplicarea nămolului pe soluri generează și o acumulare de metale grele, cu diferite influențe asupra sistemului sol – plantă.

*Nivelul de contaminare al solului cu metale grele*

Stabilirea gradului de contaminare al solului cu metale grele a fost urmărit cu ajutorul indicelui de contaminare individuală, datele obținute sunt prezentate sintetic în tabelele 8 și 9, pentru condițiile de aplicare și de remanență și reliefează următoarele aspecte:

– indicii de contaminare individuală pentru metalele grele testate se situează la niveluri sub indicele de poluare, indiferent de anii de aplicare sau de remanență;

– valorile cele mai scăzute ale indicatorilor de contaminare individuală sunt pentru ionii de cadmiu, iar cele mai ridicate pentru ionii de nichel, inserierea în ordine crescătoare fiind următoarea:

$$\text{Cd} < \text{Zn (în primul an)} < \text{Cu} < \text{Pb} < \text{Ni}$$

– fertilizarea cu fosfor are un efect pozitiv asupra indicelui de contaminare cu metale grele, nivelul fiind dependent de doza de nămol aplicată.

Tabelul 8

**Nivelul de contaminare cu metale grele al luvosolului de la Albota - Argeș, în anii de aplicare a nămolului în diferite condiții de fertilitate**  
(Contamination level with heavy metals from Albota - Argeș luvosol during application of sewage sludge under different fertility)

Îngrășăminte kg/ha	Nămol t/ha	Primul an						Al doilea an					
		c.f.u.*	c.u.	c.m.	c.s.	c.f.s.	Ind. cont. sol acid	c.f.u.	c.u.	c.m.	c.s.	c.f.s.	Ind. cont. sol acid
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,585	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,562
N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	Cd	Pb, Cu, Zn	Ni	-	-	0,570	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,529
	10	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,608	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,681
	50		Cd, Cu	Pb, Ni, Zn	-	-	0,759	Cd	Cu	Pb, Zn	Ni	-	0,773
N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,582	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,574
	10	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,643	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,709
	50		Cd, Cu	Pb, Zn	Ni	-	0,811	Cd	Cu	Pb, Zn	Ni	-	0,816

\*contaminare foarte ușoară (c.f.u.); contaminare ușoară (c.u.); contaminare medie (c.m.); contaminare severă (c.s.); contaminare foarte severă (c.f.s.).

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole.

N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole.

*Tabelul 9*

**Efectul remanent al aplicării nămolului asupra nivelului de contaminare cu metale grele  
al luvosolului de la Albota - Argeş**

(Residual effect of sewage sludge application on heavy metal contamination level  
from Albota - Argeş luvosol)

Îngră- şă- minte kg/ha	Nă- mol t/ha	Primul an de remanență a nămolului						Al doilea an de remanență a nămolului					
		c.f.u.*	c.u.	c.m.	c.s.	c.f.s.	Ind. cont. sol	c.f.u.	c.u.	c.m.	c.s.	c.f.s.	Ind. cont. sol
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	Cd	Pb, Cu	Zn, Ni	-	-	0,485	Cd	Cu,Zn	Pb	Ni	-	0,700
N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	Cd	Cu, Zn	Pb,Ni	-	-	0,484	Cd	Cu,Zn	Pb, Ni	-	-	0,447
	10	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,529	Cd	Cu,Zn	Ni	Pb	-	0,670
	50	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,515	Cd		Cu, Zn, Ni	Pb	-	0,862
N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	Cd	Pb, Cu, Zn	Ni	-	-	0,449	Cd	Cu,Zn	Ni	Pb	-	0,825
	10	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,530	Cd	Cu, Zn	Pb, Ni	-	-	0,657
	50	Cd	Cu	Pb, Zn, Ni	-	-	0,564	Cd	Cu	Ni, Zn	Pb	-	0,936

\* contaminare foarte ușoară (c.f.u.); contaminare ușoară (c.u.); contaminare medie (c.m.);  
contaminare severă (c.s.); contaminare foarte severă (c.f.s.).

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole.

N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășămintă chimice, specifică culturii agricole.

**Indici sintetici de calitate ai solului (metale grele)**

***Indici de bioaccesibilitate a metalelor grele***

În tabelele 10 și 11 sunt prezentate date privind evoluția factorului de bioaccesibilitate pentru metalele grele din sol, care reliefează următoarele aspecte:

– la doze mari de nămol, în condiții de fertilitate fosfatică optimă, în primul an de aplicare, Pb, Zn, Cd și Ni înregistrează o ușoară scădere a factorului de bioaccesibilitate, ceea ce sugerează nu numai creșterea exportului, ci și tendința de trecere în forme dificil schimbabile;

– prezența ionilor fosforici determină menținerea ionilor de plumb (Pb) sub formă mobilă, cu implicații practice directe, indiferent de anul de aplicare a biosolidului;

– factorul de bioaccesibilitate a cupru (Cu) înregistrează în anul II de aplicare o tendință de scădere prin aplicarea nămolului, ceea ce sugerează legarea formelor accesibile plantelor de către materia organică în cantități ce nu pot fi neglijabile;

– materia organică are o tendință de legare a cadmiului (Cd) în forme dificil schimbabile, astfel că factorul de bioaccesibilitate scade cu creșterea dozei de biosolid;

– efectul remanent al aplicării nămolului asupra factorului de bioaccesibilitate a metalelor grele indică o scădere pentru plumb (Pb) și nichel (Ni) în primul an în condițiile aplicării îngrășămintelor minerale, iar în anul al doilea, variațiile sunt aleatorii;

– pentru Cu, Zn, Cd și Mn, în cei 2 ani de remanență, variațiile acestui procentaj sunt aleatorii. Cauzele sunt multiple, fiind legate preponderent de structura luvosolului.

Tabelul 10

**Influența aplicării nămolului și a fertilizării minerale asupra modificării indicelui de bioaccesibilitate a metalelor grele din luvosolul de la Albota - Argeș, %**  
(Influence sewage sludge application and mineral fertilization on heavy metals bioaccessibility index from Albota - Argeș luvosol, %)

Nr. crt.	Doze		Primul an						Al doilea an					
	Îngrășă-minte kg/ha	Nămol t/ha	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	31,4	24,0	4,2	49,0	23,1	59,9	25,6	21,2	2,4	60,4	20	53,1
2	N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	47,7	25,4	4,2	46,3	20,6	66,1	33,1*	19,0	3,4	64	18,2	54,0
3		10	48,3	29,7	4,0	54,0	21,4	66,4	28,1	20,7	4,5	33,5 <sup>0</sup>	14,3	64,9
4		50	56,2*	37,3*	6,6	33,4	18,6	70,5	29,3	19,6	5,2	32,1 <sup>0</sup>	11,4 <sup>0</sup>	62
5	N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	56,5*	27,3	16,3*	71,6	20	72,5	29,1	16,3	3,6	57,9	16,4	53,9
6		10	54,6*	27,0	14,5	70,6	16,7 <sup>0</sup>	72,9	27,8	13,2 <sup>0</sup>	6,5	34,2 <sup>0</sup>	13,2 <sup>0</sup>	54,5
7		50	44,6	27,0	11,8	47,2	15,1 <sup>0</sup>	7,2	31,4*	11,3 <sup>0</sup>	9,7*	37,3	10,3 <sup>0</sup>	55,1
DL 5 %			23,1	9,4	11,9	31,6	4,9	35,2	5,7	6,6	4,5	24,2	5,8	38,0

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole.

N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole.

Tabelul 11

**Efectul remanent al aplicării nămolului asupra modificării indicelui de bioaccesibilitate a metalelor grele din luvosolul de la Albota - Argeș, %**  
(Residual effect of sewage sludge application on heavy metals bioaccessibility index from Albota – Argeș luvosol, %)

Nr. crt.	Doze		Primul an						Al doilea an					
	Îngrășă-minte kg/ha	Nămol t/ha	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn	Pb	Cu	Zn	Cd	Ni	Mn
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	49,6	20,6	2,6	96	23,9	62,1	34,5	24,8	5,9	58,8	20,2	44,7
2	N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	35,4	20	3,3	55,3	24,3	59,3	42,6	27,0	6,0	92,1	38,1	51,9
3		10	39,3	21,7	8,1	95,4	30,3	62,5	27,2	23,4	9,7	62,7	33,8	59,5
4		50	48,6	28,7*	19,4*	95	31,8	58,0	22,7	28,0	24,8	53,9	21,2	53,1
5	N <sub>z</sub> P <sub>p</sub>	0	75,3	21,0	4,2	80,2	27,9	72,3	22,5	20,8	4,8	67,3	24,1	56,4
6		10	39,3	23,5	3,8	95,0	31,3	73,7	33,5	22,5	11,9	55,2	32,0	69,1
7		50	35,8	29,6*	22,8*	98,1	29,4	56,7	27,8	26,0	21,7	74,2	17,5	60,1
DL 5 %			24,1	5,9	14,8	33,0	8,0	14,3	18,0	5,6	18,3	32,4	15,5	12,6

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole.

N<sub>z</sub>P<sub>p</sub> – Doza optimă de îngrășăminte chimice, specifică culturii agricole.

### *Indice specific de contaminare cu metale grele a solurilor acide*

Datorită faptului că solurile acide mențin metalele grele testate sub formă direct accesibilă plantelor ca urmare a solubilității ridicate la  $pH < 6$ , cu implicații majore directe asupra sistemului sol – plantă – animale – om, se propune limitarea indicilor de contaminare individuală pentru sistemul Pb – Cd – Ni, cu impact deosebit asupra solurilor acide grele, la o valoare însumată de maxim 1. Valoarea acestui indice se calculează cu relația:

$$[Pb]/75 + [Cd]/2 + [Ni]/75 \leq 1$$

Din datele prezentate în tabelele 8 și 9 rezultă că aplicarea biosolidului indică lipsa poluării luvosolului prin aplicarea nămolului, ceea ce sugerează că aceste tipuri de soluri au posibilitatea intrinsecă de limitare a efectului acidității asupra balanței de metale grele.

### **Relații de dependență între însușirile chimice ale solului**

În tabelul 12 sunt redate sintetic conexiunile dintre metalele grele și principalele caracteristici agrochimice ale luvosolului fertilizat cu îngrășăminte și nămol, care pot fi directe sau antagonice, semnificative sau nesemnificative.

Tabelul 12

**Relația de dependență dintre principalele caracteristici agrochimice și formele mobile de metale grele din luvosolul de la Albota - Argeș**  
(Relationship between the main agrochemical characteristics and heavy metals mobile forms in the Albota - Argeș luvosol)

Faza: recoltă

Metal greu	Aplicare								Remanență							
	Primul an				Al doilea an				Primul an				Al doilea an			
	pH	Al	MO	P	pH	Al	MO	P	pH	Al	MO	P	pH	Al	MO	P
Pb	D	n	D	D	D	N	D	D	d	n	d	d	d	n	d	d
Cu	D	N	d	D	n	d	N	N	d	n	D	D	D	n	D	d
Zn	d	d	D	D	d	n	D	D	n	n	D	D	d	n	D	d
Cd	d	d	D	D	d	n	D	D	n	n	D	d	d	d	d	d
Ni	n	n	N	N	n	d	N	N	n	n	n	n	N	d	N	n
Mn	N	D	d	d	N	D	n	N	n	n	n	n	n	d	n	n

D – acțiune directă, semnificativă

N – acțiune antagonică, semnificativă

d – tendință directă, dar nesemnificativă

n – tendință antagonică, dar nesemnificativă

Sub formă de drepte de densități de probabilitate (6), în figura 2 sunt prezentate relațiile de dependență dintre aciditatea potențială a solului, exprimată prin ionii de aluminiu (Al) mobil și conținutul de metale grele bioaccesibile.

Datele ilustrează o relație preponderent inversă cu însușirile agrochimice testate în cazul Cu, Ni și Mn, iar pentru Pb, Zn și Cd este ușor crescătoare, ceea ce demonstrează și un alt aport pentru stratul arat.

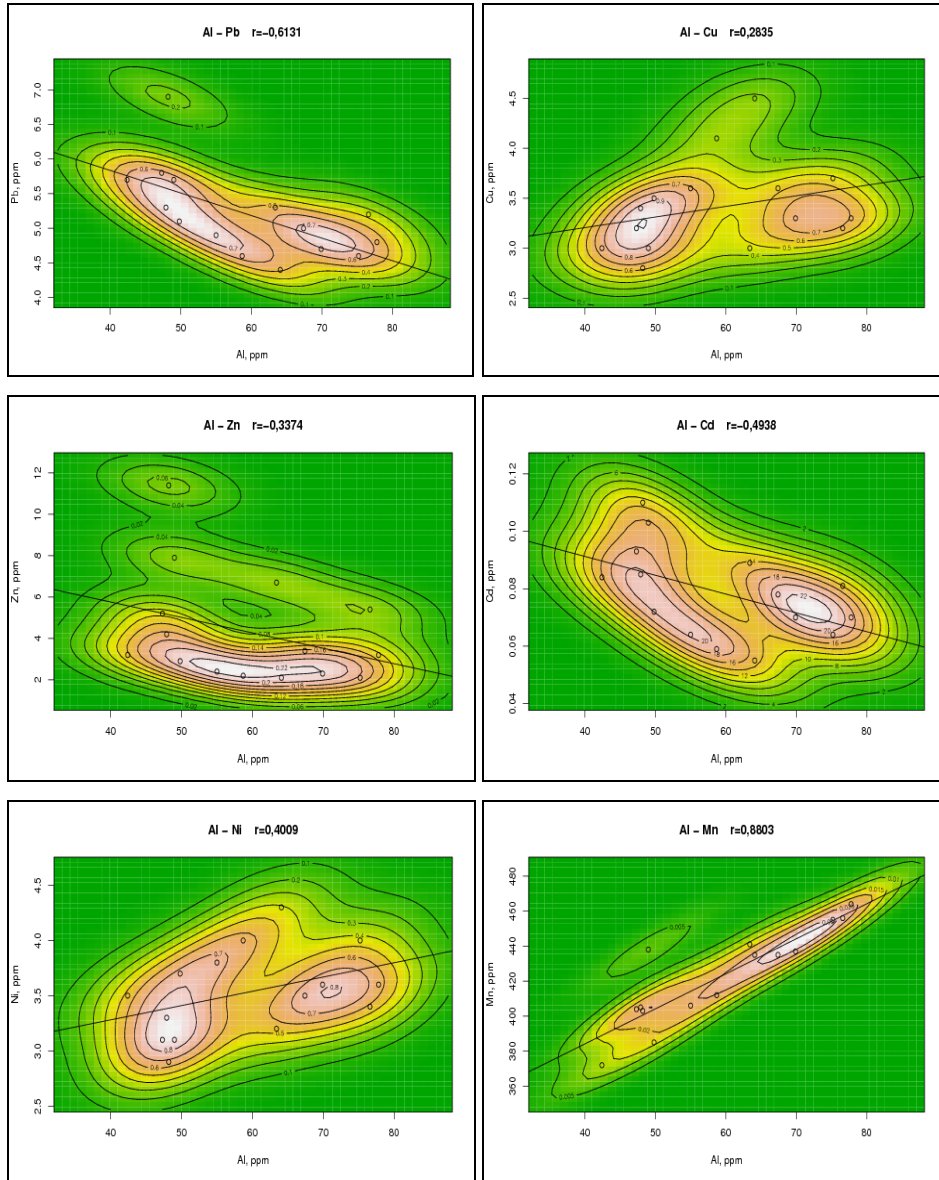


Fig. 2 – Relații de dependență între aciditatea potențială și conținutul de metale grele din luvosolul de la Albota - Argeș pedoameliorat cu nămol  
(Relationship between potential acidity and heavy metal content from Albota - Argeș luvosol, pedo-meliorated with sewage sludge)

### Risc de depășire a valorilor optime ale însușirilor solului

Urmărind probabilitatea de risc de depășire a valorilor naturale ale unor însușiri agrochimice ale solului pedoameliorat cu nămol, din datele prezentate în tabelul 13 rezultă că aciditatea se reduce, iar fertilitatea fosfatică și cea potasică se îmbunătățește, în condițiile în care probabilitatea de poluare a solului cu metale grele este inexistentă.

Din datele prezentate rezultă următoarele aspecte:

- depășirea acidității actuale a solului și a concentrației macroelementelor (forme mobile) indiferent de perioada de aplicare sau remanență;
- riscul de depășire a concentrației de macroelemente și a acidității este amplificat de condițiile de secetă, datorită intensificării procesului de mineralizare, generator de aciditate actuală.

Din cele prezentate rezultă faptul că prin aplicarea nămolului de la epurarea apelor uzate urbane pe solurile acide grele există riscul de depășire a concentrației de macroelemente mobile.

Aplicând aceeași metodologie de calcul pentru metalele grele rezultă clar că în condițiile pedoameliorării solurilor acide cu nămol din apele uzate urbane nu există risc de depășire a valorilor concentrațiilor maxime admise prin Ord. MAPPM 344/2004, în condițiile în care aplicarea este limitată la maxim 10 t biosolid/ha/an.

Tabelul 13

**Influența aplicării nămolului asupra probabilității de depășire a valorilor optime de aciditate și macronutrienți din luvosolului de la Albota - Argeș, %**  
(Influence of sewage sludge application on the exceeding probability of the optimal values for acidity and macronutrients in the Albota – Argeș luvosol,%)

Nr. crt.	Fertilizanți	Primul an			Al doilea an		
		pH	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>	pH	P <sub>AL</sub>	K <sub>AL</sub>
Ani de aplicare							
1	Nămol, 5 t/ha	100	63,06	86,39	100	73,40	94,70
2	Nămol, 10 t/ha	100	81,98	95,08	100	96,94	93,30
3	Nămol, 25 t/ha	100	91,54	94,86	100	99,99	94,84
4	Nămol, 50 t/ha	100	99,94	99,04	100	99,85	95,26
Ani de remanență							
1	Nămol, 5 t/ha	100	98,95	91,40	100	100	100
2	Nămol, 10 t/ha	100	92,74	99,99	100	100	100
3	Nămol, 25 t/ha	100	99,99	99,97	100	100	100
4	Nămol, 50 t/ha	100	92,52	98,50	100	100	100

Din datele prezentate rezultă clar efectul pozitiv al aplicării nămolului din apele uzate urbane pe solurile acide cu un pH sub 6,0 unități, nivelul de contaminare fiind redus.

## PLANTĂ

**Compoziția chimică a recoltelor**

Caracterizat printr-un conținut ridicat de N, P, K, nămolul rezultat de la epurarea apelor uzate urbane, aplicat pe solurile acide, determină îmbunătățirea calității nutriției plantelor cultivate, așa cum arată numeroase lucrări de specialitate, la legume, cereale sau plante tehnice și pomi fructiferi, datele fiind sintetizate într-o multitudine de lucrări (Alloway, 1995; Kabata-Pendias și Pendias 1986; Kabata-Pendias și You Hung (2001).

Efectul benefic al fertilizării cu nămol se referă nu numai la nivelul recoltelor, ci și la calitatea acestora.

Datele statistice privind dispersia macroelementelor în boabele de cereale și plante tehnice prezentate în tabelul 14 evidențiază următoarele:

- medii ale concentrațiilor de macronutrienți mai mari în anul al doilea față de primul an de aplicare; în anii de remanență media este mai mare la cultura de soia față de cea de grâu, excepție fac ionii de Ca;
- limite domeniu de variație mai mari în anul al doilea de aplicare față de primul an, în timp ce în anii de remanență domeniul de concentrație este mai redus în anul al doilea față de primul an, cu excepția ionilor de Ca;
- în condiții de aplicare a nămolului sau de remanență, valorile înregistrate pentru concentrațiile de macronutrienți din boabe se situează peste percentila de 80%.

Tabelul 14

**Date statistice privind dispersia macroelementelor din recoltele de cereale și plante tehnice obținute pe luvosolul de la Albota - Argeș fertilizat cu nămol**  
(Statistics on the dispersion of macro-elements from the crops  
obtained on the Albota – Argeș luvosol fertilized with sewage sludge)

Faza: *recoltă*

Indicatori statistici	Aplicare					Remanență				
	Ani	N	P	Ca	K	Ani	N	P	Ca	K
<b>Măsura centralității</b>										
Medie	1	1,51	0,529	0,06	0,369	1	3,69	0,621	0,04	2,70
	2	1,989	0,786	0,093	0,359	2	1,68	0,36	0,07	0,41
<b>Măsura dispersiei</b>										
Limite domeniu	1	0,56	0,24	0,05	0,06	1	0,48	0,36	0,01	0,67
	2	0,58	0,38	0,06	0,19	2	0,44	0,19	0,02	0,4
Percentile domeniu 10 - 90	1	0,455	0,205	0,05	0,05	1	0,33	0,280	0,01	0,42
	2	0,475	0,325	0,035	0,155	2	0,32	0,15	0,02	0,26
Percentila 80	1	1,65	0,60	0,08	0,39	1	3,81	0,720	0,04	2,73
	2	2,14	0,88	0,11	0,41	2	1,79	0,42	0,07	0,50
Percentila 90	1	1,675	0,61	0,08	0,40	1	3,84	0,775	0,05	2,72
	2	2,17	0,94	0,11	0,425	2	1,84	0,44	0,08	0,54
Percentila 95	1	1,78	0,65	0,09	0,40	1	3,92	0,8	0,05	2,96
	2	2,28	0,99	0,12	0,46	2	1,89	0,47	0,08	0,58
Percentila 99	1	1,89	0,70	0,10	0,42	1	4,01	0,87	0,05	3,07
	2	2,40	1,08	0,13	0,51	2	1,97	0,51	0,08	0,65
Deviația standard	1	0,161	0,073	0,017	0,022	1	0,139	0,108	0,004	0,16
	2	0,175	0,124	0,02	0,067	2	0,13	0,06	5E-3	0,10



### Indice sintetic de contaminare/poluare fitotoxică cu metale grele a recoltelor

Un indice sintetic care poate da informații utile referitoare la posibilitatea contaminării/poluării cu metale grele a recoltelor este indicele relativ de poluare cu metale grele, care ia în considerație efectele cumulative ale Cu, Ni și Zn.

Pentru recoltelor obținute pe solurile acide, se propune utilizarea unui indice relativ de poluare fitotoxică, a cărui expresie este:

$$I_p = (Cu/30)^2 + (Ni/50) + (Zn/140)$$

Din datele prezentate în tabelul 15 se remarcă următoarele:

- lipsa poluării cu metale grele a recoltei de porumb;
- prin aplicarea nămolului în anul II, recolta de grâu are tendințe ușoare de poluare, în funcție de doza de nămol aplicată;
- recolta de soia a fost ușor poluată, existând poluare chiar la varianta nefertilizată (fond), ceea ce demonstrează că aplicarea nămolului nu este responsabilă de acest fenomen;
- efectul remanent al aplicării nămolului asupra culturii de grâu nu determină apariția poluării cu Cu, Zn și Ni.

Tabelul 15

**Efectul aplicării nămolului asupra modificării indicelui relativ de contaminare/poluare fitotoxică cu metale grele în recoltelor obținute pe luvosolul de la Albota - Argeș**  
(Effect the sewage sludge application on heavy metals contamination/pollution phytotoxic relative index in crops obtained for the Albota - Argeș luvosol)

Faza: *recoltă*

Nr. crt.	Doze		Aplicare		Remanență	
	Îngrășămintele kg/ha	Nămol t/ha	Primul an	Al doilea an	Primul an	Al doilea an
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	0,17	0,52	1,26	0,39
6	N <sub>x</sub> P <sub>y</sub>	0	0,17	0,52	1,49	0,37
8		10	0,20	0,70	1,19	0,49
10		50	0,29*	0,84	1,28	0,33
11	N <sub>p</sub> P <sub>z</sub>	0	0,17	0,63	1,64*	0,24
13		10	0,20	0,77*	1,44	0,33
15		50	0,25*	0,89*	1,17	0,34
DL 5 %			0,07	0,25	0,33	0,13

N<sub>x</sub>P<sub>y</sub> – Doza redusă de îngrășămintele chimice, specifică culturii agricole

N<sub>p</sub>P<sub>z</sub> – Doza optimă de îngrășămintele chimice, specifică culturii agricole

### Risc fitotoxic și zootoxic

Cu ajutorul bazei experimentale de date referitor la compoziția chimică a recoltelor, s-a calculat riscul de depășire a concentrațiilor de macronutrienți, micronutrienți și metale grele, stabilite de Ord. 249/358 al MSF/MAAP/2003, referitor la utilizarea cerealelor și plantelor tehnice ca furaje.

Datele obținute indică lipsa acestor tipuri de risc pentru recoltele obținute pe soluri acide fertilizate cu biosolid.

Din datele experimentale prezentate rezultă clar efectul pozitiv al pedoameliorării solurilor acide cu biosolid – nămol provenit de la epurarea apelor uzate urbane, cu efecte benefice asupra întregului sistem sol – plante.

Cercetările vor continua în vederea autorizării biosolidului ca îngrășământ organic, ce poate fi utilizat într-o agricultură biologică, durabilă cu multiple avantaje economice.

## CONCLUZII

- Nămolul de la epurarea apelor uzate urbane poate fi utilizat ca pedoameliorator al solurilor acide, nivelul recoltelor obținute justificând acest lucru.

- Pedoameliorarea solurilor acide cu nămol nu poluează solul sau plantele cu metale grele, nitriți sau nitrați, dacă sunt respectate o serie de condiționări cum ar fi: calitatea nămolului, doza optimă, perioada de revenire, asolamentul folosit, perioada de aplicare etc.

- La stabilirea dozei de nămol, se vor avea în vedere toți factorii limitativi, dar cu precădere conținutul acestuia în metale grele și azot, în raport cu concentrația maximă admisă standardizată.

- Pentru evaluarea gradului de poluare/contaminare cu metale grele a solurilor acide, se propune un indice de poluare a cărui valoare se calculează utilizând formula:

$$[\text{Pb}]/75 + [\text{Cd}]/2 + [\text{Ni}]/75 \leq 1$$

- Cerealele și plantele tehnice pot fi cultivate pe solurile acide pedoameliorate cu nămol, datele analitice obținute cu privire la compoziția chimică a acestora indicând nedepășirea VLMA standardizat.

- Pentru evaluarea nivelului de contaminare/poluare cu metale grele a plantelor crescute pe solurile acide pedoameliorate cu biosolid, se propune utilizarea unui indice sintetic, redat matematic sub forma:

$$I_p = (\text{Cu}/30)^2 + (\text{Ni}/50) + (\text{Zn}/140)$$

- Cercetările se vor continua în vederea autorizării biosolidului ca îngrășământ organic, ce poate fi utilizat într-o agricultură biologică, durabilă, pe solurile acide, cu multiple avantaje economice.

## REFEDRINȚE BIBLIOGRAFICE

- AILINCĂI, C., JITĂREANU, G., BUCUR, D., AILINCĂI, DESPINA, 2007 – *Influence of sewage sludge on maize yield and quality and soil chemical characteristics*. Journal of Food, Agriculture and Environment, 5 (1): 310-313, ISSN 1459-0255.
- ALLOWAY, B.J., 1995 – *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic & Professional, London, 11-37.
- KABATA-PENDIAS ALINA, HENRYK PENDIAS, 1984 – *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 6 Ed., ISBN 9780849366390.

**Cercetări privind posibilitatea utilizării nămolului de epurare ca fertilizant organic 311  
al solurilor acide grele**

---

KABATA-PENDIAS, ALINA and YOU HUNG, H., 2001 – *Trace elements in soils and plants*.  
3 ed., Raton Mouth, CRC Press, 413 p.

MIHALACHE, M., DUMITRU, M., RADUCU, DANIELA, GAMENTI, EUGENIA, 2006 –  
*Valorificarea în agricultură a nămolurilor orășenești*. Edit. SOLNESS.

Programe expert online:

1. HyperStat Online (Statistical Analysis Software).
2. Normal Distribution. Java Program by David Lane. [www.davidmline.com](http://www.davidmline.com)
3. Normal Percentile Calculator. [www.bayes.bgsu.edu](http://www.bayes.bgsu.edu).
4. Simple Interactive Statistical Analysis (SISA).
5. Statistical Software: SYSTAT 12, NCSS – 2000, WebStat, SAS, StatPages.net.
6. Wessa P, 2008 – Statistics and Forecasting Software Office for Research Development and Education. Version 1.1.23 – r2. [www.wessa.net](http://www.wessa.net).

*Prezentata Comitetului de redacție la 20 iunie 2011*