

Estimarea conținutului de metale grele în plantele de trifoi alb (*Trifolium repens*) recoltate din pajiștile permanente din zona Copșa Mică

Vera Carabulea, Nicoleta Olimpia Vrînceanu, Dumitru-Marian Motelică, Georgiana Plopeanu,
Bogdan Ștefan Oprea, Mihaela Costea

Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului – ICPA
București

Autor corespondent: vera.carabulea@icpa.ro

Rezumat

Această lucrare prezintă stabilirea impactului emisiilor cu metale grele (Cd, Pb și Zn) asupra solului și plantelor de trifoi alb (*Trifolium repens* L.) din zona Copșa Mică. În urma activităților de teren au fost recoltate probe de sol și plantă din vegetația pajiștilor permanente din localitățile: Copșa Mică, Axente Sever, Valea Viilor, Micăsasa, Târnava, Șeica Mică și Șeica Mare. Punctele de recoltare de unde au fost recoltate probe de sol și plante de trifoi alb (*Trifolium repens* L.) din familia leguminoaselor au fost poziționate cu ajutorul GPS-ului.

Acest studiu arată acumularea metalelor grele în sol și plantele de trifoi alb din pajiștile permanente. Valorile conținutului total de cadmiu (Cd) au variat în sol între 0,32 și 11,77 mg/kg, plumbul (Pb) a avut valori de la 19 la 294 mg/kg iar zincul (Zn) a variat între 42 și 684 mg/kg. Concentrația de cadmiu în plantele de trifoi alb variază între 0,029 și 3,528 mg/kg. Conținutul de plumb a înregistrat valori cuprinse între 0,106 și 4,769 mg/kg, iar valorile zincului au fost între 15 și 186 mg/kg.

Cuvinte cheie: metale grele; poluare; sol; *Trifolium repens* L.

Introducere

Poluarea solului cu metale grele este o problemă din ce în ce mai discutată la nivel mondial deoarece, pe lângă toxicitatea ridicată, acestea persistă în sol o perioadă lungă de timp, alterând ecosistemul (Memić și colab., 2023; Anaman și colab., 2022; Patra, 2022).

Unele metale grele (Zn, Cu), care sunt micronutrienți esențiali pentru plante, atunci când sunt în concentrații mari devin toxice, iar Cd și Pb chiar și în concentrații mici sunt periculoase. Aceste metale se pot acumula în părțile plantelor utilizate în nutriția umană și animală, care devin toxice și pentru organismele vii (Pietrelli et al., 2022; Sabir et al., 2022; Castro-Bedriñana et al., 2021).

Studii efectuate de Stravinskienė & Račaitė (2014) au arătat că poluarea solului cu metale grele (Cd și Zn) are efect inhibitor asupra dezvoltării lăstarilor și rădăcinilor de trifoi alb. Efectul inhibitor al zincului asupra creșterii lăstarilor a fost considerabil mai mic în comparație cu efectul cadmiului.

Bidar și colab. (2009) arată că bioacumularea metalelor grele dintr-un sol poluat în plantele de *Trifolium repens* L. Are loc în principal în rădăcini (Cd > Zn > Pb) față de părțile aeriene ale plantelor.

În studiile efectuate de Murtić și colab. (2021) se arată că *Trifolium repens* L. prezintă un factor ridicat de bioacumulare a metalelor grele (Ni, Cr, Cd și Pb), iar Sotiriou și colab. (2023) arată că are capacitate mai mare de a acumula cadmiu și zinc în comparație cu plumbul.

Cercetările realizate de Sotiriou și colab. (2023) evidențiază că această specie, în biomasa uscată, are o capacitate mai mare de a acumula cadmiu și zinc în comparație cu plumbul. Prin

urmare, consumul de biomasă uscată de trifoi alb la animale ar putea provoca efecte toxice grave sau chiar ar putea duce la deces.

Studiul nostru se referă la zona Copșa Mică, unde principala activitate a fost metalurgia neferoasă a celor două platforme industriale: S.C. SOMETRA S.A. cu profil de metale neferoase și feroase și CARBOSIN S.A. cu profil chimic. Chiar dacă activitățile metalurgice au fost sistate, solul rămâne în continuare încărcat cu metale grele.

Material și metodă

Această lucrare prezintă un studiu realizat în anii 2023-2024 privind bioacumularea metalelor grele în partea vegetală a plantelor de trifoi alb (*Trifolium repens* L.) în corelație cu solul poluat din pajiștile permanente din zona Copșa Mică.

Estimarea bioacumulării metalelor grele în plantele de trifoi alb (*Trifolium repens* L.) a fost realizată pe baza unui set de probe de sol și plante, recoltate din pajiștile permanente pe raza localităților: Copșa Mică, Axente Sever, Șeica Mică, Valea Lungă, Micăsasa, Târnavă și Valea Viilor din județul Sibiu. Punctele de recoltare au fost poziționate cu ajutorul GPS-ului, stabilindu-se pentru fiecare punct coordonatele, altitudinea precum și distanța față de coș. Probele de sol au fost recoltate cu sonda agrochimică, pe adâncimea 0-20 cm, apoi uscate la temperatura camerei, mojarate și trecute printr-o sită de 0,2 mm. Din aceleași puncte au fost recoltate și probele de plante care au fost supuse condiționării (uscate, tocate și măcinate).

Conținuturile totale de metale grele din sol (Cd, Pb și Zn) au fost determinate prin digestie cu apă regală folosind metoda cu microunde. Conținuturile de metale mobile au fost extrase cu soluție DTPA din sol (10 g) cu 20 ml de soluție de extracție (0,05 M DTPA, 0,002 M CaCl₂ și TEA), conform SR ISO 14870:2002. Conținutul total de metale grele din plante a fost determinat folosind spectrometrie de absorbție atomică ICE3000 (1M).

Rezultate și discuții

Rezultatele studiului efectuat în zona Copșa Mică, privind valorile parametrilor statistici care caracterizează tendința centrală și variabilitatea conținutului total de metale grele (Cd, Pb și Zn) în sol sunt prezentate în tabelul 1. Valorile conținutului total de cadmiu în sol, la adâncimea de 0-20 cm, variază între 0,32 mg/kg (valoare minimă) și 11,77 mg/kg, cu un coeficient de variație de 99,7%. Conținutul total de plumb este între 19 și 294 mg/kg, cu o medie de 87 mg/kg și un coeficient de variație de 77,7%. Conținutul total de zinc are valori cuprinse între 42 și 684 mg/kg, cu un coeficient de variație de 75,7%. Conform Ordinului 756/1997 valorile medii ale conținutului total de cadmiu în sol (3,97 mg/kg) depășesc pragul de alertă pentru folosințe sensibile, iar cele ale conținutului total de plumb în sol (138,7 mg/kg) depășesc pragul de intervenție pentru folosințe sensibile.

Tabelul 1. Valorile parametrilor statistici care caracterizează tendința centrală și variabilitatea conținutului total de cadmiu, plumb și zinc în sol (n = 15)

Variabilă	Minimă	Maximă	Mediană	Media geometrică	Media aritmetică	Abatere standard	Coeficient de variație
	mg/kg su						
Cd _{sol}	0,32	11,77	2,26	2,29	3,97	3,96	99,7%
Pb _{sol}	19	294	87,0	96,4	138,7	107,8	77,7%
Zn _{sol}	42	684	206,0	205,3	279,5	211,5	75,7%

su – substanță uscată

În tabelul 2 sunt redate rezultatele conținuturilor de metale mobile (forma extractibilă în DTPA). Valorile conținutului de cadmiu mobil variază între 0,23 mg/kg (valoare minimă) și 10,50 mg/kg (valoare maximă), cu o concentrație medie de 2,93 mg/kg și coeficient de variație de 115,7%. Conținutul de plumb mobil are valori cuprinse între 3,6 și 175,0 mg/kg, cu o medie aritmetică de 48,5 mg/kg și un coeficient de variație de 104,5%, iar conținutul de zinc mobil are valori cuprinse între 3,9 și 340,3 mg/kg, cu 103,9 mg/kg valoarea medie și un coeficient de variație de 113,3%.

Tabelul 2. Valorile parametrilor statistici care caracterizează tendința centrală și variabilitatea conținutului de cadmiu, plumb și zinc în sol – forme extractibile în DTPA (n=15)

Variabilă	Minimă	Maximă	Mediană	Media geometrică	Media aritmetică	Abatere standard	Coeficient de variație
	mg/kg su						
Cd _{DTPA}	0,23	10,50	1,71	1,58	2,93	3,39	115,7%
Pb _{DTPA}	3,6	175,0	31,6	27,8	48,5	50,7	104,5%
Zn _{DTPA}	3,9	340,3	43,0	49,6	103,9	117,7	113,3%

su – substanță uscată

Una din cele mai frecvente plante identificate în pajiștile permanente din zona Copșa Mică este trifoiul alb (*Trifolium repens* L.) din familia leguminoaselor. Variabilitatea conținutului de metale grele acumulat în plantele de trifoi alb este redată în tabelul 3. Conținutul de cadmiu în plantă variază între 0,029 mg/kg (valoare minimă) și 3,528 mg/kg (valoare maximă), cu o valoare medie de 0,795 mg/kg și un coeficient de variație foarte mare – 127,3%. Valorile conținutului de plumb în plantă sunt cuprinse între 0,106 mg/kg (valoare minimă) și 4,769 mg/kg (valoare maximă), media aritmetică fiind de 1,278 mg/kg, iar cele ale conținutului de zinc între 15,0 mg/kg (valoare minimă) și 186,0 mg/kg (valoare maximă), cu o medie aritmetică de 78,5 mg/kg. Acumularea metalelor grele în partea aeriană a plantelor de *Trifolium repens* L. variază în funcție de natura metalului și distanța față de sursa de poluare.

Tabelul 3. Valorile parametrilor statistici care caracterizează tendința centrală și variabilitatea conținuturilor de cadmiu, plumb și zinc în plantele de *Trifolium repens* L. (n=15)

Variabilă	Minimă	Maximă	Mediană	Media geometrică	Media aritmetică	Abaterea standard	Coeficient de variație
	mg/kg su						
Cd _{plantă}	0,029	3,528	0,340	0,319	0,795	1,012	127,3%
Pb _{plantă}	0,106	4,769	1,007	0,773	1,278	1,245	97,4%
Zn _{plantă}	15,0	186,0	68,2	59,4	78,5	55,5	70,7%

su – substanță uscată

Estimarea bioacumulării metalelor grele în plantele de *Trifolium repens* L. este reprezentată grafic prin drepte de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de metale grele din sol, conținutul de metale mobile din sol – forma extractibilă DTPA și conținutul de metale din plante.

Valoarea coeficientului de corelație liniară obținut pentru dependența dintre conținutul total de cadmiu din sol (figura 1a), conținutul mobil de cadmiu din sol (figura 1b) și conținutul de cadmiu din plante este semnificativ, indicând o corelație strânsă între cele două variabile. Valoarea coeficientului de corelație este $r = 0,6814^{**}$ pentru conținuturile totale de cadmiu și respectiv $r = 0,7640^{***}$ pentru formele extractibile în DTPA.

Ecuatiile de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de plumb din sol (figura 2a), conținutul de plumb mobil din sol (figura 2b) și conținutul de plumb din plantele de *Trifolium repens* L. recoltate din zona Copșa Mică sunt prezentate în figura 2. Indicele de corelație liniară este foarte semnificativ ($r = 0,8106^{***}$) pentru conținutul total de plumb și semnificativ ($r = 0,6947^{**}$) pentru conținutul mobil de plumb din sol.

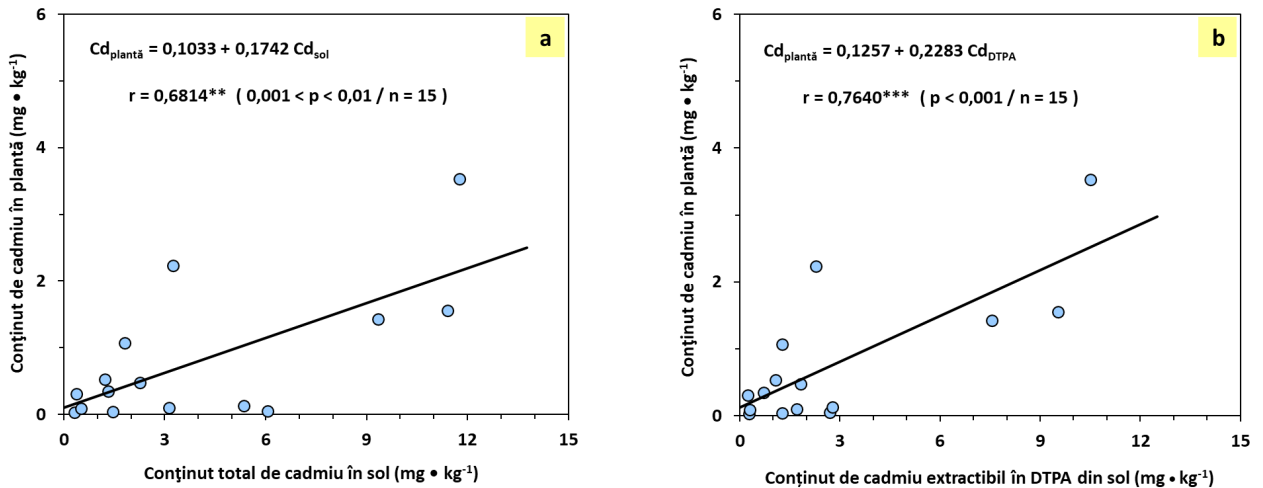


Figura 1. Reprezentare grafică pentru drepte de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de cadmiu din sol (a), conținutul de cadmiu extractibil în DTPA din sol (b) și conținutul de cadmiu din plantele de *Trifolium repens* L.

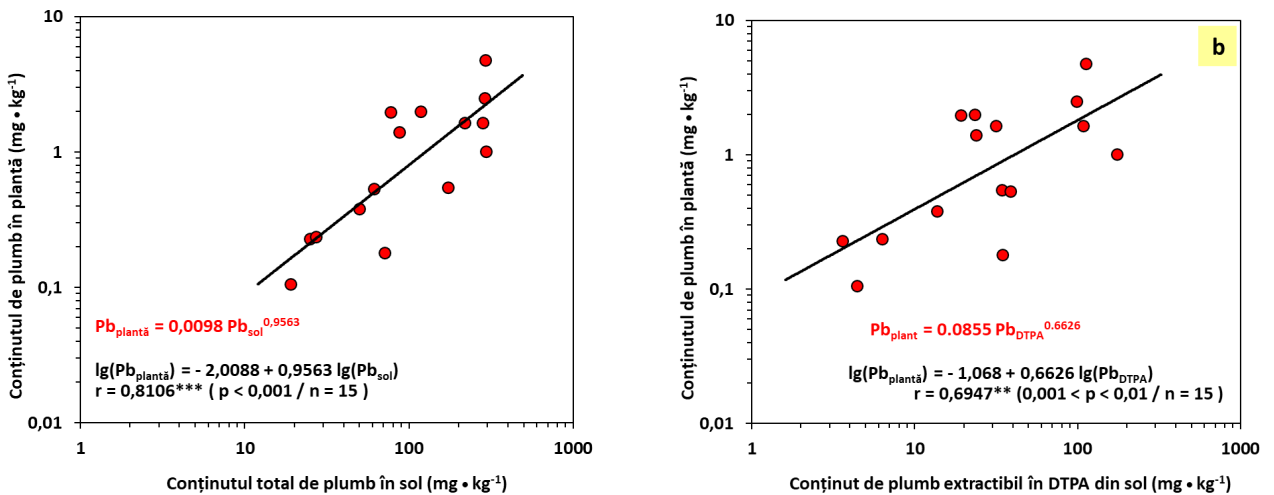


Figura 2. Reprezentare grafică pentru drepte de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de plumb din sol (a), conținutul de plumb extractibil în DTPA din sol (b) și conținutul de plumb din plantele de *Trifolium repens* L.

Transferul conținutului de zinc din sol în plantele de *Trifolium repens* L. este redat prin ecuații de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de zinc din sol (figura 3a), conținutul de zinc mobil din sol (figura 3b) și conținutul de zinc din partea aeriană a plantelor (figura 3). Indicele de corelație liniară este semnificativ ($r = 0,6303^*$) pentru conținutul total de zinc din sol și foarte semnificativ ($r = 0,8032^{***}$) pentru conținutul mobil de plumb din sol.

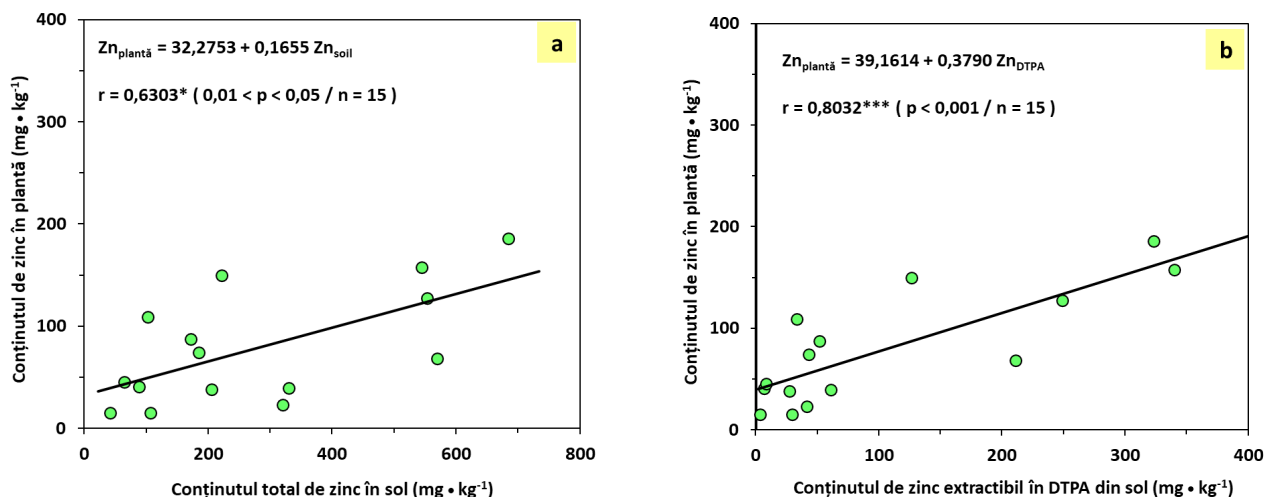


Figura 3. Reprezentare grafică pentru drepte de regresie care estimează dependența stocastică dintre conținutul total de zinc din sol (a), conținutul de zinc extractibil în DTPA din sol (b) și conținutul de zinc din plantele de *Trifolium repens* L.

Concluzii

Acest studiu arată potențialul de bioacumulare a metalelor grele (Cd, Pb și Zn) din sol în plantele de trifoi alb (*Trifolium repens* L.), una din cele mai răspândite specii din pășiștile permanente din zona luată în studiu. Rezultatele obținute arată existența unor corelații semnificative între concentrațiile metalelor din sol și cele acumulate în plante. Ecuțiile liniare au avut cele mai bune rezultate pentru bioacumularea conținuturilor totale și mobile de metale grele din sol în plantele de trifoi alb.

Bibliografie

- Anaman R., Peng C., Jiang Z., Liu X., Zhou Z., Guo Z., Xiao X. 2022. *Identifying sources and transport routes of heavy metals in soil with different land uses around a smelting site by GIS based PCA and PMF.* Science of the Total Environment, 823, 153759.
- Bidar G., Garçon G., Pruvot C., Dewaele D., Cazier F., Douay F., Shirali P. 2007. *Behavior of Trifolium repens and Lolium perenne growing in a heavy metal contaminated field: plant metal concentration and phytotoxicity.* Environmental Pollution, 147(3), 546-553.
- Castro-Bedriñana J., Chirinos-Peinado D., Garcia-Olarte E., Quispe-Ramos R. 2021. *Lead transfer in the soil-root-plant system in a highly contaminated Andean area.* PeerJ, 9, e10624.
- Memić S., Bektić S., Huseinović S. 2023) *Effect of Soil Composition on Heavy Metal Uptake and Distribution in White Clover (Trifolium repens L.).* Journal of Applied Life Sciences International, 26(5), 87-95.
- Murtić S., Zahirović Ć., Čivić H., Sijahović E., Jurković J., Avdić J., Šahinović E., Podrug A. 2021. *Phytoaccumulation of heavy metals in native plants growing on soils in the Spreča river valley, Bosnia and Herzegovina.* Plant, Soil & Environment, 67(9).
- Patra D. K., Acharya S., Pradhan C., Patra H. K. 2021. *Poaceae plants as potential phytoremediators of heavy metals and eco-restoration in contaminated mining sites.* Environmental Technology & Innovation, 21, 101293.
- Pietrelli L., Menegoni P., Papetti P. 2022. *Bioaccumulation of heavy metals by herbaceous species grown in urban and rural sites.* Water, Air, & Soil Pollution, 233(4), 141.

Sabir M., Baltrėnaitė-Gedienė E., Ditta A., Ullah H., Kanwal A., Ullah S., Faraj T. K. 2022. *Bioaccumulation of heavy metals in a soil – plant system from an open dumpsite and the associated health risks through multiple routes*. Sustainability, 14(20), 13223.

Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Sawicki J., Skiba D., Pszczółkowski P., Barbaś P., Vambol V., Messaoudi M., Farhan A. K. 2023. *White Clover (Trifolium repens L.) Cultivation as a Means of Soil Regeneration and Pursuit of a Sustainable Food System Model*. Land, 12(4), 838.

Sotiriou V., Michas G., Xiong L., Drosos M., Vlachostergios D., Papadaki M., Mihalakakou G., Kargiotidou A., Tziouvalekas M., Salachas G., Giannakopoulos E. 2023. *Effects of heavy metal ions on white clover (Trifolium repens L.) growth in Cd, Pb and Zn contaminated soils using zeolite*. Soil Science and Environment, 2(1).

Stravinskienė V., Račaitė M. 2014. *Impact of cadmium and zinc on the growth of white clover (Trifolium repens L.) shoots and roots*. Pol J Environ Stud, 23(4), 1355-1359.