

RADIONUCLIZI (FRN) UTILIZAȚI ÎN STUDII DE REDISTRIBUIRE A SOLULUI**Andra-Rada IURIAN, Constantin COSMA***Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului*

Abstract: Fallout radionuclides (frns) used in soil redistribution studies. Soil erosion is a serious environmental problem. Traditional methods used to measure soil erosion are time consuming and usually engage many costs. Due to their fixation on soil particles, the fallout radionuclides (FRNs) ^{137}Cs , ^{210}Pb and ^7Be are being found the most suitable soil tracers over a range of different timescales to obtain quantitative information on soil erosion and sediment redistribution rates. Beginning with the early 1960s, most of the studies are based on ^{137}Cs technique. The FRN methodology used to determine soil redistribution rates is based on a comparison between the radionuclides inventories for the sampling points with the inventory at the reference area. This simple comparison allows appreciating soil redistribution pattern, erosion and deposition areas.

Many models for erosion/deposition evaluation have been developed in the past years, based on empirical or theoretical considerations. It is very important to distinguish cultivated and uncultivated soils in making the selection of the proper model to be applied for a specific field. Using mathematical models requires additional parameters, which can severely bias the results of soil erosion calculations, if not accurate chosen. The present work makes a review of the FRNs techniques which can be employed in soil redistribution studies, using different radionuclides for cultivated or uncultivated fields, also considering the influence of the involved parameters.

Key words: erosion, radionuclides, ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^7Be .

Introducere

La nivel global, schimbările climatice și utilizarea neadecvată a practicilor agricole tinde să crească și să accelereze degradarea terenurilor. Eroziunea solurilor este fenomenul prin care particulele materiale de sol sau rocă de la suprafața solului sunt desprinse, apoi transportate de la locul de origine și depuse selectiv în alte locuri (Dîrja, 2002). Problema majoră în controlul procesului de eroziune este dificultatea determinării magnitudinii acestuia. În literatură sunt menționate patru cauze principale: marea varietate în timp și spațiu a eroziunii, incapacitatea efectuării unor măsurători precise pentru determinarea ratelor de eroziune, problema extrapolării datelor de la parcele mici la o scară mai mare și conversia eroziunii în unități monetare și de producție (impactul). Mulți ani până acum, eroziunea solului a fost măsurată cu metodele convenționale, cum ar fi parcelele de eroziune sau alte tehnici. Principalele probleme asociate acestor metode sunt: nevoia obținerii unor rezultate pe termen lung, pentru a produce rezultate acceptate statistic și obținerea unor rezultate punctuale, aplicabile numai condițiilor experimentale ale parcelei studiate. În plus, este foarte dificilă aplicarea rezultatelor la o scară mai mare, cum ar fi bazinele hidrografice. De mulți ani s-a făcut simțită nevoia apariției unei metode noi, capabilă să asigure toate informațiile necesare studiului eroziunii solului. Această metodă ar trebui să asigure informații corecte asupra eroziunii solului și să redea caracteristica spațială a eroziunii și depozitării solului pe terenul studiat.

Radionuclizii care se depun pe sol, și în mod special ^{137}Cs , constituie un potențial pentru estimarea proceselor de eroziune și sedimentare la o scară mai mare și cu rezultate integrate spațial. Distribuția zonală a radionuclizilor poate fi legată de redistribuția solului, asigurând baza unor estimări cantitative a eroziunii solului (dacă inventarul radionuclizilor este redus) și sedimentării (dacă inventarul radionuclizilor este redus ridicat), în comparație cu o valoare de referință, obținută într-o zonă neperturbată din apropiere (loc de referință). Radionuclizii care ajung pe sol prin depunere (FRN), și în mod special ^{137}Cs , au fost folosiți cu succes pentru a cuantifica procesele de eroziune și sedimentare începând cu 1960 (Yamagata și colab., 1963; Rogowski și Tamura, 1965).

O revizuire completă a articolelor care utilizează ^{137}Cs pentru studiul eroziunii a fost făcută de Ritchie și McHanry (1990) și revizuită în 2004 cu toate publicațiile de până la 1 decembrie 2000, ca și contribuție la proiectele internaționale ale Agenției Internaționale de la Viena (IAEA): “The

assessment of soil erosion through the use of Cs-137 and related techniques as a basis for soil conservation, sustainable agricultural production, and environmental quality” (D1.50.05) și “Soil erosion and sediment assessment studies by environmental radionuclides and their applications to soil conservation measures” (F3.10.01), coordonate de Secțiunile IAEA, Soil and Water Management & Crop Nutrition (FAO) și Isotope Hydrology. Unul dintre principalele rezultate ca urmare a implementării celor două proiecte a fost standardizarea metodologiilor utilizate în aceste studii, pentru a preîntâmpina dificultățile inițiale generate de faptul că diferite grupuri nu au reușit să își compare rezultatele din cauză că acestea erau obținute prin metode diferite. Aceste metode standardizate au fost publicate într-un ghid (Zapata, 2002). Tehnica a fost testată cu succes în multe medii diferite pe cinci continente, inclusiv în zonele unde nu era de așteptat să poată fi aplicată. În urma acestui proiect, tehnica ^{137}Cs este acum recunoscută ca și tehnică nucleară care poate fi utilizată în studii de conservare a solului.

Primele studii care utilizează radionuclizii în determinarea ratelor de eroziune din România au început în 1996 în estul țării, în cadrul proiectului de cercetare coordonat de Agenția Internațională de la Viena (IAEA), “Assessment of Soil Erosion through the Use of ^{137}Cs and Related Techniques as a Basis for Soil Conservation, Sustainable Production and Environmental Protection”. Ioniță și colab. (2000) au realizat măsurători privind distribuția spațială a ^{137}Cs în bazinele Roșcani și Timbru din regiunea Podișului Moldovei. Tehnica ^{137}Cs a fost utilizată cu succes la evaluarea gradului de înaintare a ravenelor și pentru estimarea gradului de sedimentare al bazinului hidrografic, în aceeași regiune a Podișului Moldovei. Tehnica ^{137}Cs a fost validată cu succes în România, pentru studii de eroziune și sedimentare efectuate în diverse bazine din Podișul Moldovei, însă nu există măsurători de ^{137}Cs realizate pentru cercetarea redistribuției solului în alte zone ale României.

Materiale și metode

Estimarea ratelor de eroziune și sedimentare este bazată pe compararea inventarului în puncte singulare din teren cu aceea de la o poziție stabilă din teren, cunoscută sub denumirea de “zonă de referință”, unde nu a apărut nici eroziunea și nici depunerea (Fig. 1a). Inventarul radionuclizilor de interes reflectă depunerea totală, cu luarea în considerare a dezintegrării radioactive ulterioare. Pentru o zonă cu depozitare (Fig. 1c), inventarul ^{137}Cs este mai mare decât inventarul de referință, iar acolo unde apare eroziunea (Fig. 1b), inventarul ^{137}Cs este mai mic decât cel din zona de referință. Această simplă comparație permite aprecierea caracteristicii redistribuției solului și identificarea zonelor de eroziune și depozitare. Fig. 1 de mai jos redă trei profile tipice de distribuție a ^{137}Cs pentru un sol degradat necultivat din zona Jucu, jud. Cluj, și inventarul de ^{137}Cs aferent fiecărui profil. Se poate observa distribuția exponențială a profilului în zona de referință.

Anumite caracteristici ale radionuclizilor (^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, ^7Be) utilizați în studii ale eroziunii și redistribuției solului le oferă acestora potențial pentru astfel de cercetări:

- ca urmare a depunerilor globale și uniforme pe sol, tehnica radionuclizilor poate fi aplicată la nivel mondial, deși o atenție specială trebuie luată în considerare în cazul ^{137}Cs de la Chernobyl;
- sunt fixați rapid și puternic de suprafața solului sau de particulele mici de sediment, iar redistribuția ulterioară din teren apare în principal datorită proceselor fizice ;
- prin cunoașterea timpului de înjumătățire al radionuclizilor se permite determinarea ratelor de redistribuție a solului pe diferite scale temporale;
- nu interacționează chimic cu alte elemente prezente în sol.

^{137}Cs este un radionuclid artificial ($T_{1/2} = 30.2$ ani), generat ca și produs de fisiune în urma testelor cu arme nucleare din anii 1950-1970 sau în urma accidentelor nucleare (accidentul de la Chernobyl, 1986). ^{137}Cs rezultat din testele sau bombele nucleare a fost eliberat în stratosferă și distribuit global, înainte de a fi depozitat pe suprafața pământului, în principal în asociere cu precipitațiile.

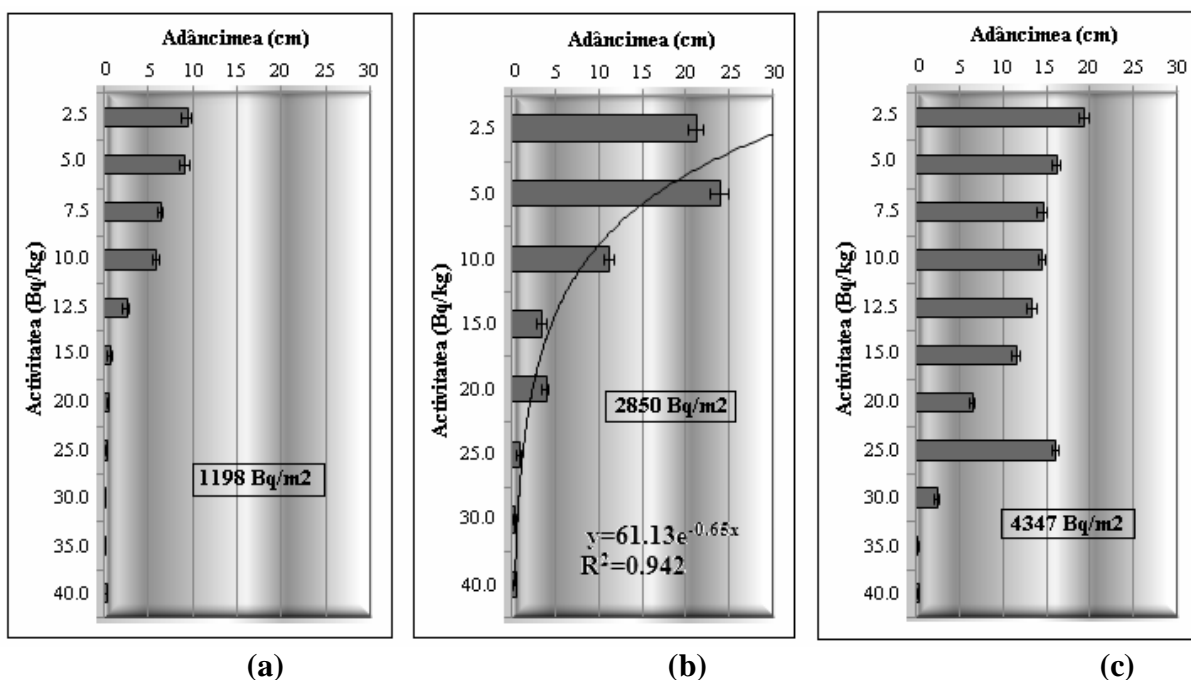


Fig. 1. Profile tipice de distribuție a ^{137}Cs în sol: (a) zonă de referință; (b) zonă cu eroziune; (c) zonă cu depozitare.

^{210}Pb reprezintă o extensie în utilizarea radionuclidului (^{137}Cs) utilizat anterior pentru datarea depozitelor de sediment pentru a asigura un traser al redistribuției solului și sedimentelor pe termen lung. ^{210}Pb este un radioizotop natural ($T_{1/2}=22.3$ ani) din seria dezintegrării ^{238}U . Este un produs al dezintegrării ^{226}Ra , care se găsește în aproape toate solurile și care produce radioizotopul gazos de viață scurtă ^{222}Rn ($T_{1/2}=22.3$ ani). Utilizarea tehnicii ^{210}Pb în estimarea redistribuției solului presupune determinarea ^{210}Pb total, dar și a ^{226}Ra , pentru a calcula ^{210}Pb în exces, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$. Aceste determinări se pot dovedi dificile și necesită un timp mai îndelungat, dacă se folosește spectrometria gamma.

^7Be este un radionuclid cosmogenic natural produs în partea superioară a atmosferei prin reacții de spalație ale azotului și oxigenului. Acest radionuclid are viață scurtă ($T_{1/2}=53.3$ zile), relativ la ^{137}Cs și ^{210}Pb , ceea ce înseamnă că oferă potențial pentru cercetarea proceselor de eroziune care apar pe parcursul unor perioade scurte de timp, evenimente meteorologice intense sau scurte perioade de ploi abundente (tabelul 1). ^7Be este în general fixat rapid în primii câțiva milimetri de sol și rar este detectat la adâncimi mai mari de 3 cm.

Primul pas în aplicarea metodei radionuclizilor implică stabilirea unei strategii de colectare adecvată, care implică atât selectarea unei zone reprezentative pentru colectare probe cât și alcătuirea unei scheme, a unui desen cu punctele individuale de unde se vor colecta profilele de sol, cu o anumită densitate între acestea. Acestea reflectă în definitiv obiectivele studiului și caracteristicile specifice terenului. Pentru determinarea valorilor inventarului radionuclizilor de interes este necesară atât colectarea unor probe compacte, cât și în secțiune, fiind necesare informații despre distribuția în adâncime a acestora. Prepararea probelor este simplă, fiind similară fiecăruia dintre radionuclizii menționați. Probele de sol sunt de obicei uscate în etuvă sau la aer, mărunțite ușor, omogenizate și mojarate la dimensiuni mai mici de 2 mm. Deoarece toți acești radionuclizi sunt emițători de radiații gamma, cu ajutorul spectrometrelor gamma se poate stabili concentrația sau activitatea masică a acestora. Analiza gamma a fracțiilor fine de sol sau sediment (<2 mm) se realizează în laborator prin spectrometrie gamma, utilizând detectorii cu cristal de germaniu hiperpur.

Tabelul 1Compararea avantajelor și limitărilor ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ și ^7Be pentru documentarea eroziunii solului

Radionuclid	Originea radionuclidului	Energia de emisie (keV)	Timp de înjumătățire	Intervalul temporal de măsură	Estimarea eroziunii	Colectarea probelor	Aria studiată	Echipment necesar	Măsurători de laborator	Măsurători in situ
^{137}Cs	Artificial	662	30.2 ani	50 de ani	Termen mediu ^a	Simplă	De la parcele la bazine de recepție	Detector HPGe normal	Ușoare	Ușoare
$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	Natural, cu origine terestră	46.5	22.3 ani	100 de ani	Termen lung	Simplă	De la parcele la bazine de recepție	Detector HPGe de tip „P”, cu interval larg de energii	Dificile	Limitate și nesigure
^7Be	Natural, cu origine cosmică	477.6	53.3 zile	≤ 6 luni	Termen scurt	Necesită colectare incrementală fină pe adâncime	La scală locală, de la parcelă la întreg câmpul	Detector HPGe normal	Ușoare	Necesită un timp de măsurare cel puțin dublu față de cel al ^{137}Cs ^b

^aÎn unele țări europene (inclusiv România), principalele depuneri de ^{137}Cs pe sol au survenit în urma accidentului reactorului de la Chernobyl. În aceste zone este posibilă estimarea eroziunii solului începând cu anul 1986, reprezentând o scală temporală de aproximativ 20 ani, mult mai scurtă decât cea asigurată prin ^{137}Cs depus în urma bombelor nucleare,

^bPe baza măsurătorilor in situ realizate de către Agenția Internațională de la Viena în bazinul Mistelbach (Austria) în august 2007 (Mabit, 2008).

Pentru a obține estimări cantitative ale ratelor de eroziune și depozitare din măsurătorile radionuclizilor prezenți în mediu, au fost dezvoltate mai multe modele teoretice de conversie, atât pentru soluri cultivate cât și pentru soluri necultivate. Modelul Proporțional și trei modele de diferență masică (MBM I, MBM II, MBM III) (Walling și colab., 2002) sunt în general utilizate pentru solurile cultivate, în timp ce Distribuția Profilului și Modelul Difuziei și al Migrației sunt utilizate pentru soluri necultivate (Walling și colab., 2002). Fiecare model are anumite avantaje și limitări. Modele simple, cum ar fi Modelul Proporțional sau Modelul Distribuției Profilului sunt ușor de utilizat, dar nu furnizează tot timpul rezultate de încredere, deoarece acestea nu reprezintă toate procesele importante implicate. Modele mai îmbunătățite, cum ar fi modelele MBM II și MBM III și Modelul Difuziei și al Migrației ar trebui să asigure estimări mai de încredere ale ratelor de redistribuire ale solului, dar necesită parametri adiționali și mai multe informații asupra comportării radionuclizilor în sol (Zapata, 2002).

Concluzii

Creșterea utilizării la nivel mondial a radionuclizilor pentru estimarea eroziunii solurilor și a redistribuției sedimentelor pe un interval larg de medii agricole sau neagricole a demonstrat clar validitatea și potențialul acestei abordări. Mai mult, multitudinea de studii efectuate până acum, asigură o bază pentru identificarea posibilelor avantaje și limitări asociate fiecărui radionuclid. Deși studiile privind utilizarea ^{137}Cs și câteva studii extinse la $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ sunt acum bine documentate, rămâne nevoia unor cercetări viitoare privind utilizarea ^7Be . În ciuda problemelor de interpretare care pot apărea atunci când apar multiple evenimente erozionale într-o perioadă scurtă de timp, ^7Be oferă un potențial important în asigurarea unor mijloace noi de estimare a eroziunii și redistribuirii solului asociată cu evenimentele extreme sau cu scurte perioade de ploi abundente și de stabilire a efectelor schimbării modului de utilizare al terenului și al măsurilor specifice de conservare. Din cauza scalei temporale scurte pentru care poate fi aplicat, ^7Be poate reprezenta un complement valabil utilizării ^{137}Cs și $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$.

Utilizarea radionuclizilor în studii de eroziune și sedimentare are un potențial considerabil, care nu a fost încă în totalitate exploatat. Eroziunea solului este o problemă de mediu foarte

serioasă. Metodele tradiționale utilizate pentru măsurarea eroziunii solului necesită timp îndelungat, iar rezultatele obținute pentru o parcelă experimentală nu se pot compara tot timpul între ele. Această metodă reprezintă o alternativă valabilă în comparație cu metodele tradiționale. Selectarea și aplicarea unui anumit radionuclid pentru documentarea sau investigarea eroziunii și redistribuției solului trebuie să reflecte obiectivele cercetării, avantajele și limitele fiecărei abordări, precum și resursele materiale și umane disponibile. Dintre avantajele metodei radionuclizilor se menționează următoarele:

- tehnica asigură informații retrospective; ratele eroziunii de altădată pot fi estimate din probe colectate în prezent;

- tehnica asigură atât informații despre eroziune, cât și despre depozitare, permițând astfel cuantificarea eroziunii nete și a transportului particulelor de sol;

- metoda integrează toate procesele implicate în mișcarea particulelor de sol;

- tehnica nu necesită programe costisitoare și o muncă intensă de monitorizare pe termen lung;

- colectarea probelor este relativ simplă și fără a implica mari costuri, putând fi efectuată într-un timp scurt, în funcție de densitatea de colectare și de mărimea zonei studiate;

- deranjarea terenului în timpul colectării este minimă;

- utilizarea concomitentă a doi sau chiar trei radionuclizi poate asigura informații prețioase privind istoria erozională a zonei studiate, generând informații pe diferite scale temporale.

Dacă pe viitor radionuclizii vor fi utilizați pe o scară mai largă, contribuind în mod direct în luarea deciziilor pentru conservarea solurilor, o altă provocare va fi promovarea tranziției în aplicarea acestora din instrumente de cercetare în instrumente de decizie gata a fi aplicate, precum și promovarea utilizării acestora ca și indicator cheie al calității solurilor.

Mulțumiri

Această lucrare a fost realizată cu suportul financiar al proiectului POSDRU CUantumdoc „Studii doctorale pentru performanțe europene în cercetare și inovare” ID79407, proiect finanțat de Fondul Social European și Guvernul României.

Bibliografie

1. Dîrja M., Budiu V., Tripon D., Păcurar I., Neag V., 2002 - *Eroziunea hidrică și impactul asupra mediului*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, p. 1
2. Ioniță I., Mărgineanu R., 2000 - *Application of the 137-Cs for measuring soil erosion/deposition rates in Romania*, Acta Geologica Hispanica, 35(3-4):311-319
3. Mabit L., Benmansour M., Walling D. E., 2008 - *Comparative advantages and limitations of the fallout radionuclides 137Cs, 210Pbex and 7Be for assessing soil erosion and sedimentation*, Journal of Environmental Radioactivity, 99:1799–1807
4. Ritchie J. C., McHenry J. R., 1990 - *Application of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns: A Review*, J. Environ. Qual. 19:215-233
5. Rogowski A. S., Tamura T., 1965 - *Movement of by runoff, erosion and infiltration on the alluvial Captina silt loam*, Health Physics, 11:1333-1340
6. Walling D. E., He Q., Appleby P. G., 2002 - *Conversion models for use in soil-erosion, soil-redistribution and sedimentation investigations*. In: Zapata F. (Ed.), Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation using Environmental Radionuclides. Kluwer Ac. Publ., Dordrecht, The Netherlands, pp. 111-164 (Chapter 7)
7. Yamagata N., Matsuda S., Kodaira K., 1963 - *Run-off of caesium-137 and strontium-90 from rivers*, Nature, 200:668-669
8. Zapata F. (Ed.), 2002 - *Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation using Environmental Radionuclides*, Kluwer Ac. Publ., Dordrecht, The Netherlands, 219 p.

Date de contact

Andra-Rada IURIAN: Universitatea Babeş-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului, str. Fântânele, nr. 30, Cluj-Napoca, 400294, România, e-mail: iurian.andra@ubbcluj.ro

Constantin COSMA: Universitatea Babeş-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului, str. Fântânele, nr. 30, Cluj-Napoca, 400294, România, e-mail: constantin.cosma@ubbcluj.ro