مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

تاثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر نگهداشت سزیم ۱۳۷ در خاک

الهام علی‌دوست*[۱]، حسین اسدی[۲]، نجات پیرولی بیرانوند[۳]، سید علی موسوی[۴]، لیلا بلوری[۳]
۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان . ۳- عضو هیات علمی پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی کرج. ۴- مربی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان. نویسنده مسئول: elham_alidoost@yahoo.com

چکیده: پرتوزاهای محیطی و به ویژه سزیم ۱۳۷، جایگاه ویژه‌ای در پژوهش‌های خاک دارند. روندیابی الگوهای مکانی و زمانی بازتوزیع خاک و منشایابی رسوبات ریزدانه، از جمله کاربردهای مهم سزیم ۱۳۷ در زمینه فرسایش خاک است. باتوجه به اهمیت توسعه پایدار کشاورزی که بر حفظ کیفیت خاک از طریق مدیریت ماده آلی تاکید دارد، می‌توان از تکنیک سزیم ۱۳۷ به منظور مطالعه چگونگی بازتوزیع کربن آلی خاک استفاده نمود. هدف این مطالعه، بررسی تاثیر مقدار کربن آلی و نوع بافت خاک بر میزان نگهداشت سزیم ۱۳۷ در خاک و نیز مطالعه تاثیر نوع پوشش گیاهی بر مقدار آن است. بنابراین، ۵۰ نمونه از خاک‌های سطحی و زیرسطحی جمع‌آوری شده و آنالیزهای آزمایشگاهی مربوطه انجام گردید. بررسی‌ها نشان دادند که همبستگی معنی‌داری بین فعالیت سزیم ۱۳۷ و مقدار کربن آلی، درصد رس و نیتروژن خاک وجود دارد. همچنین مقدار فعالیت سزیم ۱۳۷ در خاک سطحی جنگل به_طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک زیرسطحی بود. این نتایج نشان‌دهنده جذب شدید سزیم در خاک سطحی توسط ذرات کلوئیدی خاک مانند رس و کربن آلی و انتقال آهسته آن به اعماق پایین‌تر است.

واژگان کلیدی: عمق خاک، کربن آلی، مقدار رس، نیتروژن.

Effect of some soil physicochemical properties on ^{137}Cs retention in soil

Elham Alidoust[1], Hossein Asadi[2], Nejat Pirvali[3], Ali Moussavi[4], Leila Blouri[3]
1- PhD student of Soil Physics, Faculty of Agricultural Sciences, Isfahan University of Technology
2- Associate Professor, Soil Science Dep., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan
3- Scientific research member, Agricultural, Medical & Industrial Research School
4- Lecturer, Irrigation Eng. Dep., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan
5- elham_alidoost@yahoo.com

Abstract: Environmental radionuclides, particularly ^{137}Cs, are important in soil studies. Main applications of ^{137}Cs in the field of soil erosion, involve temporal and spatial patterns of soil redistribution routing and fine sediment source fingerprinting. According to sustainable agricultural development which focuses on maintaining soil quality by organic carbon management, ^{137}Cs technic can be used to study soil carbon redistribution. The aim of this research was to investigate the influence of soil organic carbon, soil texture and vegetation type on the retention of ^{137}Cs in the soil. Fifty surface and subsurface soil samples were collected and were analyzed for their properties. The data showed that there are significant correlation between the activity of ^{137}Cs and organic carbon, clay content and soil nitrogen. The activity of ^{137}Cs in the forest surface soil was significantly greater than subsurface soil. The results indicated a strong absorption of ^{137}Cs by fine soil colloidal particles such as clay minerals and organic carbon in the topsoil and slow movement of it to deeper layer.

Key words: soil depth, organic carbon, clay content, nitrogen

مقدمه

سزیم ۱۳۷ عنصر پرتوزایی با نیمه عمر ۳۰/۱۷ سال است که در اثر آزمایش سلاح‌های اتمی و نیز انفجار هسته‌ای، در طول دهه ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰ وارد اتمسفر شد. سزیم در اثر ریزش‌های جوی، به سطح خاک رسیده و به شدت و سرعت جذب اجزای کلوئیدی خاک مانند کانی‌های رسی و ماده آلی خاک سطحی می‌شود [۱]. انتقال شیمیایی و بیولوژیکی این عنصر، محدود بوده و فرض می‌شود که عامل عمده انتقال سزیم در خاک، فرآیندهای فیزیکی جابجا کننده اجزای خاک مانند فرسایش و عملیات خاک‌ورزی است [۲].

خاک و پوشش گیاهی، مخزن بسیار مهمی در چرخه سزیم ۱۳۷ محسوب می‌شوند. جنگل‌ها، محیط‌های پیچیده‌ای هستند که ظرفیت دریافت و نگهداری بالای پرتوزاها را برای مدت طولانی دارند. این ظرفیت نگهداری بستگی به ویژگی‌های خاک و نوع پوشش گیاهی دارد. اراضی جنگلی، انتقال پرتوزاها را از منطقه محدود می‌کنند و نقش مهمی در کاهش ورود این آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی و چرخه غذایی دارند. راندمان تثبیت پرتوزاها در خاک بستگی به نوع گونه‌ها، تراکم توده جنگلی، سن جنگل و نیز شرایط اقلیمی منطقه دارد [۳].

محققان بیان کردند که ۸۰ درصد سزیم ناشی از انفجار چرنوبیل در ۱۵ سانتیمتر فوقانی خاک تجمع نموده است. در خاک‌های دست نخورده، سزیم در لایه‌های کف جنگل توزیع شده و انتقال آن به افق‌های معدنی زیرین، تابع معدنی شدن هوموس خاک است [۴]. انتقال سزیم در افق‌های معدنی بسیار کند بوده و به شدت به نوع خاک، به ویژه نوع بافت خاک [۵] و مقدار ماده آلی خاک [۶] بستگی دارد.

در مطالعات بسیاری، از سزیم۱۳۷ به منظور منشایابی رسوبات ریزدانه در حوضه‌های فرسایش‌پذیر استفاده شده است. صحّت نتایج به دست آمده در پژوهش‌هایی که بر استفاده انحصاری از پرتوزای سزیم ۱۳۷ تاکید دارند، منوط به قدرت تفکیک منابع مختلف رسوب با استفاده از این ردیاب است. زیرا در بعضی از مناطق، کم بودن فعالیت سزیم ۱۳۷ و یا کوچک بودن حوضه مورد مطالعه، باعث توزیع یکنواخت این ردیاب در سطح حوضه شده که این امر مانع از تمایز قابل قبول منابع رسوب از یکدیگر می‌گردد. بنابراین لازم است که در چنین مطالعاتی این موضوع در نظر گرفته شده و علاوه بر سزیم، از ترکیبی از سایر ردیاب‌ها نیز استفاده شود [۷، ۸ و ۹].

این پژوهش، با هدف مطالعه تاثیر مقدار ماده آلی و نوع بافت خاک بر میزان نگهداشت سزیم ۱۳۷ در خاک و نیز بررسی تاثیر نوع پوشش گیاهی بر مقدار آن، انجام شد.

مواد و روش‌ها

خاک‌های مورد مطالعه در این پژوهش، از یکی از زیرحوضه‌های رودخانه ناورود واقع در شهرستان تالش استان گیلان جمع-آوری شدند. این منطقه به وسعت ۴/۵ کیلومتر مربع و در موقعیت جغرافیایی "۱۵ '۳۶ °۴۸ تا "۲۰ '۳۸ °۴۸ طول شرقی و "۳۵ '۳۸ °۳۷ تا "۱۲ '۳۷ °۳۷ عرض شمالی قرار دارد. حوضه مورد مطالعه، از نظر زمین‌شناسی دارای سازندهای کنگلومرایی و

حساس به فرسایش بوده و دارای پوشش جنگلی و مرتعی است. بارش در این منطقه کوهستانی که دارای اقلیم سرد و مرطوب است، به صورت برف و باران رخ می‌دهد. رژیم بارندگی منطقه، پاییزه بوده و میانگین بارندگی سالانه حوضه تقریباً ۶۳۳ میلی‌متر است.

نمونه‌های خاک از پنج کاربری شامل خاک سطحی جنگل، مرتع با پوشش کامل، مرتع تخریب شده، خاک زیرسطحی و رسوبات نهشته سده در خروجی حوضه برداشت شد. از هر یک از کاربری‌های مطرح شده ۱۰ نمونه و در مجموع ۵۰ نمونه جمع‌آوری شده و پس از انتقال به آزمایشگاه و هواخشک شدن، آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی انجام شد. سزیم ۱۳۷ به روش گاماسپکترومتری [۱۰]، کربن آلی به‌روش والکی- بلک و نیتروژن به‌روش کلدال تعیین شدند [۱۱]. همچنین توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری و با قرائت ۲۴ ساعته انجام شد [۱۲].

داده‌های آزمایشگاهی ابتدا از نظر نوع توزیع آماری با آزمون‌های Shapiro-Wilk و Anderson-Darling مورد بررسی قرار گرفته و سپس همبستگی بین مقدار سزیم ۱۳۷ و ماده آلی و نیز اجزای بافت خاک مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین برای مقایسه تاثیر نوع پوشش گیاهی و عمق خاک بر نگهداشت سزیم در خاک، پس از انجام تجزیه واریانس یک طرفه، از آزمون توکی به منظور مقایسه میانگین سه کاربری خاک سطحی جنگل، مرتع و خاک زیرسطحی استفاده شد. کلیه تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS20 انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از توصیف آماری متغیرهای مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. در ابتدا توزیع آماری متغیرها با استفاده از آزمون‌های Shapiro-Wilk و Anderson-Darling بررسی شد. نتایج این آزمون‌ها نشان دادند که توزیع متغیرها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند. بنابراین به منظور افزایش کارایی و صحت کاربرد آزمون های آماری، متغیرها با استفاده از تبدیل باکس کاکس، نرمال شدند. در این تبدیل توانی، یک متغیر تصادفی غیرنرمال به توان خاصی رسانده می‌شود تا تقریب مناسبی از توزیع آماری نرمال به‌دست بیاید.

پس از حصول اطمینان از نرمال شدن متغیرها، همبستگی بین سزیم ۱۳۷ و سایر متغیرها، مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار سزیم ۱۳۷ و کربن آلی (۰/۶۳)، ازت (۰/۵۴) و درصد رس (۰/۴۶) وجود دارد. همچنین همبستگی منفی معنی‌داری بین سزیم ۱۳۷ و درصد شن خاک (۰/۳۴-) به‌دست آمد. در پژوهشی نیز که در سه مزرعه در آمریکا انجام شد، محققان دریافتند که بین سزیم ۱۳۷ و کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۶۸، ۰/۵۵ و ۰/۲۱) وجود دارد [۱۳]. با افزایش کربن آلی خاک، فعالیت سزیم ۱۳۷ نیز افزایش می‌یابد که این امر دلالت بر جابجا شدن سزیم و کربن آلی خاک از مسیرهای فیزیکی مشابه دارد. اثبات شده است که سزیم ۱۳۷ به شدت جذب اجزای ریز خاک شده و در اثر حرکت این ذرات، در خاک جابجا می‌شود. در این مطالعه نیز بین سزیم ۱۳۷ و درصد کربن آلی و ذرات رس،

همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد. همچنین وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین مقدار سزیم و درصد شن خاک می-تواند نشان دهنده بی‌تاثیر بودن جزء شن در جذب و نگهداشت سزیم ۱۳۷ در خاک باشد.

به منظور بررسی تاثیر نوع کاربری بر مقدار تجمع سزیم ۱۳۷ در خاک، نمونه‌های جمع‌آوری شده از سطح جنگل، سطح مرتع و خاک زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس این سه گروه داده، مبیّن وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ بود (جدول ۲). مقایسه میانگین به روش توکی نشان داد که فعالیت سزیم در خاک جنگل بیشتر از خاک مرتع است. اما این اختلاف، معنی‌دار نیست. در حالی‌که فعالیت سزیم در خاک سطحی جنگل بطور معنی‌داری بیشتر از خاک زیرسطحی است (شکل ۱). چنین روندی در مقدار کربن آلی خاک نیز مشاهده شد. با توجه به همبستگی بالای بین کربن آلی خاک و سزیم۱۳۷، وجود اختلاف معنی‌دار بین خاک سطحی و زیرسطحی، می‌تواند موید انتقال کند سزیم ۱۳۷ از خاک سطحی به اعماق پایین‌تر باشد که تابع معدنی شدن هوموس خاک است. در مطالعه‌ای که در بلغارستان انجام شد پژوهشگران دریافتند که مقدار تجمع سزیم ۱۳۷ در خاک جنگلی، بستگی به نوع پوشش، نوع هوموس و ارتفاع منطقه دارد و مقدار آن از سطح به عمق کاهش می‌یابد. البته فعالیت سزیم ۱۳۷ در منطقه مورد مطالعه در بلغارستان (۲۸۷ تا ۸۲۷ بکرل بر کیلوگرم)، بسیار بیشتر از مقدار آن در این مطالعه بود [۳].

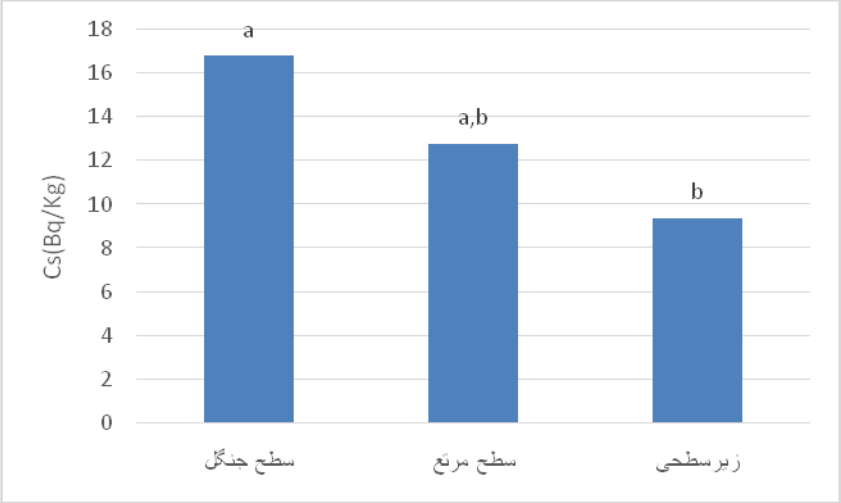
همچنین از نتیجه به دست آمده در این بخش می‌توان در پژوهش‌های منشایابی رسوبات استفاده کرد. همان‌طور که در نتایج بیان شد، سزیم ۱۳۷ قادر به تمایز خاک سطحی و زیرسطحی می‌باشد، در حالی‌که قابلیت تفکیک خاک‌های سطحی جنگل و مرتع را ندارد. بنابراین بهتر است در پژوهش‌های منشایابی، این متغیر همراه با سایر ردیاب‌ها مورد استفاده قرار گیرد تا در مجموع تفکیک منابع رسوب به خوبی صورت گرفته و پس از تعیین منبع عمده تولید رسوب، عملیات حفاظتی در منطقه انجام شود [۷، ۸ و ۹].

جدول ۱- توصیف آماری متغیرهای مورد بررسی

متغیر	واحد	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
سزیم ۱۳۷	(Bq/kg)	۱۱/۲۷	۶/۲۰	۱/۲۷	۲۷/۸۰
کربن آلی	(%)	۲/۲۴	۱/۰۴	۰/۸۸	۵/۶۷
نیتروژن	(%)	۰/۱۷۳	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۳۶
رس	(%)	۳۳/۰۲	۹/۲۱	۱۱	۵۸
سیلت	(%)	۴۲/۸۸	۸/۴۱	۱۹	۵۵
شن	(%)	۲۴/۱	۱۵/۰۷	۸	۷۰

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه خاک‌های سطحی جنگل، مرتع و خاک زیرسطحی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروهی	۶/۵۸۶	۲	۳/۲۹۳	۳/۶۷۲	۰/۰۳۹
درون گروهی	۲۴/۲۱۱	۲۷	۰/۸۹۷		
کل	۳۰/۷۹۸	۲۹			



شکل ۱- مقایسه میانگین خاک سطحی جنگل و مرتع و خاک زیرسطحی از نظر فعالیت سزیم ۱۳۷

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت پرتوزاهای محیطی در پژوهش‌های فرسایش و رسوب، در این مطالعه رابطه بین فعالیت سزیم ۱۳۷ با ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کلی حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقدار سزیم ۱۳۷ و کربن آلی خاک، درصد رس و نیتروژن خاک بود. همچنین مقدار فعالیت سزیم در خاک سطحی جنگل به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک زیرسطحی بود. این یافته ها تاکیدی بر جذب سزیم ۱۳۷ توسط کلوئیدهای آلی و رسی خاک بوده و بیانگر مشابه بودن مکانیسم انتقال سزیم و ماده آلی در خاک می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از شرکت آب منطقه‌ای گیلان به جهت حمایت مالی طرح و پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای برای اندازه‌گیری سزیم ۱۳۷ تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] X. Zhang, Y. Long, X. He, J. Fu and Y. Zhang, "A simplified 137Cs transport model for estimating erosion rates in undisturbed soil", Journal of Environmental Radioactivity. 99, 1242-1246 (2008).

[2] F. Abbaszadeh Afshar, A. Ayoubi and A. Jalalian, "Soil redistribution rate and its relationship with soil organic carbon and total Nitrogen using 137Cs technique in a cultivated complex hillslope in western Iran", Journal of Environmental Radioactivity. 101, 606-614 (2010).

[3] M. Zhiyanski, J. Bech, M. Sokolovska, E. Lucot, J. Bech and P.M. Badot, "Cs-137 distribution in forest floor and surface soil layers from two mountainous regions in Bulgaria", Journal of Geochemical Exploration. 96, 256–266 (2008).

[4] J.C. Graham and S.L. Simon, "A study of 137Cs in soil profiles from the Marshall Islands", Science of the Total Environment. 183 (3), 255–268 (1996).

[5] S. Forsberg, K. Rosen, V. Fernandez and H. Juhan, "Migration of caesium-137 and strontium-90 in undisturbed soil profiles under controlled and close-to-real conditions", Journal of Environmental Radioactivity. 50, 235–252 (2000).

[6] K. Rosen, I. Oborn and H. Lonsjo, "Migration of radiocaesium in Swedish soil profiles after the Chernobyl accident 1987–1995", Journal of Environmental Radioactivity. 46, 45–66 (1999).

[7] A.L. Collins, Y. Zhang, D. McChesney, D.E. Walling, S.M. Haley and P. Smith, "Sediment source tracing in a lowland agricultural catchment in southern England using a modified procedure combining statistical analysis and numerical modelling", Science of the Total Environment. 414, 301–317 (2012).

[8] J. Lamba, K.G. Karthikeyan and A.M. Thompson, "Apportionment of suspended sediment sources in an agricultural watershed using sediment fingerprinting", Geoderma. 239–240, 25–33 (2015).

[۹] ا. علی‌دوست، ح. اسدی، ن. پیرولی بیرانوند، ع. موسوی و ل. بلوری، "کاربرد روش انگشت‌نگاری چندپارامتری به منظور منشایابی رسوبات، مطالعه موردی: غرب استان گیلان" مجله تحقیقات آب و خاک ایران، (۴۳)۴، ۲۹۵-۲۸۹ (۱۳۹۱).

[10] ISO 11929-1. Determination of the detection limits and decision threshold for ionizing radiation measurements. Part 1: Fundamentals and application to counting measurements without the influence of sample treatment. (2000)

[11] D.L. Sparks, (ed.) "Methods of soil analysis, part 3-chemical methods. Agronomy monograph", Vol 9. ASA and SSSA, Madison, WI.(1996).

[12] G.W. Gee and D. Or, "Particle-Size Analysis. Methods of Soil Analysis: Physical methods", 5,255-293 (2002).

[13] J.C. Ritchie, G.W. McCarty, E.R. Venteris and T.C. Kaspar, "Soil and soil organic carbon redistribution on the landscape", Geomorphology. 89, 163–171 (2007).