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)

امکان‌سنجی استفاده از رادیونوکلوئید بریلیوم-۷ در برآورد توزیع مجدد خاک در دو شرایط اقلیمی ایران

مارال خدادادی[۱*]، منوچهر گرجی[۲]، معین مفتاحی[۱]، علی سامانی بهرامی[۱] و علی کشاورز[۲]
۱. پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ایران،
۲. گروه علوم خاک، دانشگاه تهران، کرج، ایران
نویسنده مسئول:mkhodadadi@nrcam.org

چکیده: در دهه‌های اخیر، رادیونوکلوئیدهای ریزشی در برآورد فرسایش و رسوب به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هرچند تاکنون مطالعات فرسایش و رسوب، با استفاده از سزیم-۱۳۷ و تا حدودی سرب-۲۱۰ صورت گرفته است اما نیاز به پژوهش بیشتر در ارتباط با امکان استفاده از بریلیوم-۷ در اقالیم مختلف می‌باشد. مطالعه حاضر جهت بررسی امکان استفاده از رادیوایزوتوپ بریلیوم-۷ برای برآورد فرسایش خاک در دوره زمانی کوتاه مدت، در دو منطقه دیم کشور سرفیروزآباد (استان کرمانشاه) و میاندورود (استان مازندران) به ترتیب با اقالیم نیمه خشک و مرطوب انجام شد. در سرفیروزآباد، نمونه‌برداری پس از ریزش ۱۵۰ میلی‌متر بارندگی در ۴۰ روز در اردیبهشت، ۱۳۹۰ و در میاندورود، نمونه‌برداری پس از وقوع ۳۰۶ میلیمتر بارندگی در ۵۶ روز در آبان ماه ۱۳۹۰ از منطقه صورت پذیرفت. در سرفیروزآباد، مقدار فرسایش خالص و نسبت تحویل رسوب به ترتیب ۶/۸ تن در هکتار در سال و ۸۰ درصد برآورد شد. با وجود بارندگی بیشتر در منطقه مورد مطالعه در میاندورود نسبت به سرفیروزآباد، غلظت بریلیوم-۷ در نمونه-های خاک بسیار کمتر بود، بطوریکه استفاده از روش بریلیوم-۷ در این منطقه امکان‌پذیر نبود. دلیل این امر را می توان در، منشاء متفاوت توده‌های هوا در دو منطقه، ارتفاع متفاوت دو منطقه و وجود یک الگوی فصلی ریزش برای بریلیوم-۷ با بیشترین مقدار در بهار و کمترین مقدار در زمستان نسبت داد. در هر حال نیاز به بررسی بیشتر جهت بررسی امکان اجرای این روش در سایر نقاط با اقالیم مختلف می‌باشد.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، رادیونوکلوئیدهای ریزشی، الگوی فصلی ریزش بریلیوم-۷، اقیلم نیمه خشک، اقلیم مرطوب، ایران

Feasibility of Using the ^{7}Be Radionuclide for Estimating Soil Redistribution Rates in two climatic condition of Iran

M. Khodadadi[1,*], M. Gorji[2], M. Meftahi[1], A. Bahrami Samani[1] and Ali Keshavarz[2]
1- Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Iran
2- Dept. of Soil Sciences, University of Tehran, Karaj, Iran
3- mkhodadadi@nrcam.org:

Abstract: Over the past decades, the fallout radionuclides are increasingly being used to quantify soil erosion and sedimentation rates. Although studies using ^{137}Cs and to some extent $^{210}Pb_{ex}$ are now well-documented, there is a need for further work aimed at exploring the use of ^{7}Be, in different climates. The research was conducted in two dryfarming regions; Sarfiroozabad (Kermanshah Province) and Miandoroud (Mazandaran Province), with semiarid and humid climates respectively, to investigate feasibility of using the ^{7}Be technique for estimating soil erosion over short timescales. In Sarfiroozabad, soil sampling performed in April 2011, after occurring 150 mm rainfall in 40 days and in Miandoroud Soil sampling was done in November 2011, after 306.8 mm rainfall in 56

days. The net soil loss was estimated to be 6.8 t ha^{-1} yr^{-1} resulting Sediment Delivery Ratio of 80% in Sarfiroozabad. ^{7}Be activity in soil samples of Miandoroud was much lower than those of Kermanshah, despite the fact that rainfall was almost twice, therefore ^{7}Be technique could not be used in the study area. The reasons can be different air mass origins in two areas, different altitude in two regions and a clear seasonal pattern of rainfall with a maximum in the spring and a minimum in the winter. However, there is a need for further investigation to assess possibility of using the tracer in different climates.

Keywords: Soil erosion, Fallout radionuclides, ^{7}Be seasonal fallout pattern, Semi-arid climate, Humid climate, Iran.

مقدمه

استفاده از رادیونوکلوئیدهای سزیم-۱۳۷(^{137}Cs)، سرب-۲۱۰ اضافی ($^{210}Pb_{ex}$) و بریلیوم-۷ (^{7}Be) در برآورد فرسایش و رسوب در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است [۱]. مزیت اصلی روش بریلیوم-۷ نسبت به روش‌های سزیم-۱۳۷ و سرب-۲۱۰، تخمین فرسایش خاک پس از هر واقعه و ارزیابی تأثیر عملیات و یا مدیریت حفاظت خاک در یک دوره زمانی کوتاه می‌باشد. در این پژوهش قابلیت استفاده از روش بریلیوم-۷ برای مطالعه فرسایش و رسوب در دو منطقه نیمه خشک و نیمه مرطوب ایران بررسی شد. بویژه نیاز به پژوهش بیشتر در ارتباط با استفاده از بریلیوم-۷ در مناطق خشک و نیمه خشک، توسط مبیت و همکاران [۱] نیز تصریح گردیده است.

بریلیوم-۷، رادیونوکلوئید طبیعی با منشاء کیهانی می‌باشد که در سطوح بالای آتمسفر از تشعشات کیهانی بر مولکول‌های نیتروژن و اکسیژن به وجود می‌آید[۲]. بنابراین می‌توان فرض نمود که در یک تاریخ مشخص، غلظت بریلیوم-۷ در آتمسفر در یک منطقه کوچک تقریباً یکنواخت باشد [۳]. تغییرات فصلی غلظت بریلیوم-۷ در قسمت‌های پایینی جو مشاهده شده است، که اغلب علت آن را به تأثیر تغییرات در میزان تبادل هوا بین استراتوسفر و تروپوسفر نسبت می‌دهند [۴]. بریلیوم-۷ به ذرات معلق در جو متصل و توسط ریزش‌های خشک و مرطوب به سطح زمین می‌رسد[۵]. ریزش بریلیوم-۷ بستگی به میزان وقوع بارندگی دارد و موجودی بریلیوم-۷ ممکن است در مناطق خشک و نیمه خشک خیلی کم باشد، که این امر در مناطق گرم یا اقلیم‌های با دوره خشک طولانی می‌تواند مشکل‌ساز گردد [۱]. رادیونوکلوئید بریلیوم-۷ پس از ریزش، به سرعت در چند میلی‌متری سطح خاک تثبیت و به ندرت در اعماق بیش از ۳ سانتی‌متری مشاهده می‌شود [۶]. این رادیونوکلوئید دارای نیمه عمر بسیار کوتاه‌تر (۵۳/۳ روز) نسبت به سزیم-۱۳۷ و سرب-۲۱۰ است که توان ارزیابی فرآیندهای فرسایش در دوره-های زمانی کوتاه‌تر، به‌ویژه بعد از یک واقعه خاص و یا یک دوره کوتاه با بارندگی سنگین را دارا است. فعالیت بریلیوم-۷ به راحتی توسط آشکارساز استاندارد ژرمانیم (High Pure Germanium ‘‘P type’’ detector) در ۴۴۷/۶ کیلو الکترون ولت قابل اندازه‌گیری است.

بریلیوم-۷ از دهه ۱۹۹۰ برای تخمین فرسایش و رسوب پس از یک دوره بارندگی شدید، به‌ویژه در مقیاس کرت چندین متر مربع تا مزارع چند هکتاری استفاده شده است [۷]. مطالعات موفقیت‌آمیز استفاده از روش بریلیوم-۷ توسط چندین پژوهشگر از جمله والبرینک و موری [۸]، ویلسون و همکاران [۷] و اسکولر و همکاران [۹ و ۱۰]، سپولودا و همکاران [۶] و شی و همکاران [۱۱] گزارش شده است. از استفاده از روش بریلیوم-۷ در مناطق نیمه خشک در سایر نقاط دنیا اطلاعات کمی موجود است. در یکی از معدود مطالعات، بریلیوم-۷ در باران در منطقه نیمه خشک آمریکا توسط ایوب و همکاران [۱۲] اندازه‌گیری شد و امکان استفاده از آن در این مناطق تایید شد، لیکن از استفاده مستقیم بریلیوم-۷ در این مناطق جهت برآورد فرسایش و رسوب اطلاعی در دسترس نمی باشد.

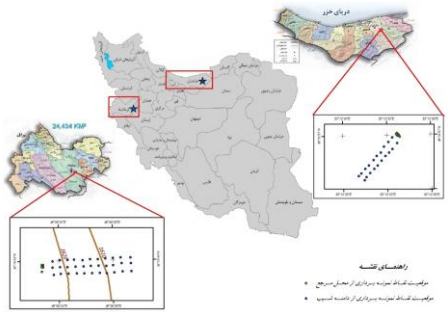
با توجه به مدیریت نامناسب اراضی، به‌ویژه در دیم‌زارهای کشور از جمله تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم بازده و شخم در جهت شیب، تخمین دقیق فرسایش خاک در این اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعه حاضر جهت بررسی امکان استفاده از رادیوایزوتوپ بریلیوم-۷ برای برآورد فرسایش خاک در دوره کوتاه مدت، در دو منطقه دیم کشور سرفیروزآباد (استان کرمانشاه) و میاندورود (استان مازندران) انجام شد. استان کرمانشاه دارای دشت‌های مهم کشاورزی بوده که حدود ۸۰ درصد اراضی کشاورزی استان به‌صورت دیم می‌باشد. وجود بخش قابل توجهی از این اراضی در مناطق شیب‌دار و مدیریت ناصحیح، فرسایش شدید خاک در کلیه اشکال آن را ایجاد نموده است. از اینرو منطقه سرفیروزآباد، به دلیل تنوع کشت و مدیریت‌های زراعی و وفور اشکال مختلف تخریب خاک، برای این پژوهش انتخاب گردید. همچنین منطقه میاندورود با و به دلیل میانگین بارندگی زیاد و اراضی شیب دار جهت بررسی امکان استفاده از رادیوایزوتوپ بریلیوم-۷ برای برآورد فرسایش خاک انتخاب گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در استان کرمانشاه: در منطقه ماهیدشت استان کرمانشاه، یک دامنه شیب به وسعت ۱ هکتار در ۱۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمانشاه برای مطالعه فرسایش با استفاده از روش بریلیوم-۷ انتخاب گردید. مزرعه با کاربری دیم در موقعیت جغرافیایی ۱۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱). کمینه، بیشینه و میانگین ارتفاع مزرعه به ترتیب ۱۶۰۷، ۱۶۲۲ و ۱۶۱۵ متر و کمینه، بیشینه و میانگین شیب به ترتیب ۰/۲، ۱۶ و ۸ درصد می‌باشد. طول شیب برابر با ۲۰۰ متر بودهو عملیات خاک‌ورزی در جهت شیب صورت می‌گیرد. میانگین بارندگی سالیانه و درجه حرارت سالیانه به ترتیب ۴۸۰ میلی‌متر و ۱۴/۸۶ درجه سانتی‌گراد است. الگوی بارش مدیترانه‌ای بوده و بیشتر بارندگی در فصول سرد سال و به‌ویژه در اسفند و فروردین ریزش می‌کند [۱۳]. گیاهان زراعی عمده شامل گندم، جو و نخود است که به صورت دیم کشت می‌شوند.

منطقه مطالعاتی در استان مازندران: یک دامنه شیب واقع در شرق ساری با وسعت ۰/۶ هکتار جهت بررسی قابلیت استفاده از روش بریلیوم-۷ انتخاب گردید. مزرعه با کاربری دیم در موقعیت جغرافیایی۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در یک کیلومتری روستای کیاپی، ازتوابع بخش میاندورود قرار دارد. متوسط بارندگی

سالیانه منطقه ۷۸۵ میلی‌متر است. دامنه شیب زیر کشت کلزا به صورت دیم می‌باشد و عملیات خاک‌ورزی در جهت شیب صورت می گیرد (شکل۱). متوسط ارتفاع و شیب در دامنه شیب به ترتیب ۲۲۰ متر از سطح دریا و ۱۰ درصد و طول شیب ۱۳۰ متر می‌باشد.



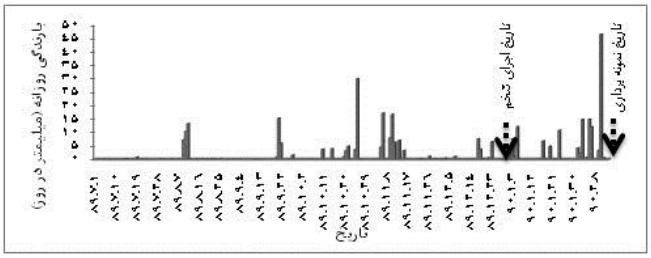
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان‌های کرمانشاه و مازندران، نقاط نمونه‌برداری از محل مرجع و بر روی دامنه شیب

فرضیات روش بریلیوم-۷: روش بریلیوم-۷ دارای دو پیش فرض می‌باشد: ۱) توزیع مکانی بریلیوم-۷ در منطقه یکنواخت است، ۲) بریلیوم-۷ که از قبل در خاک موجود می‌باشد بطور یکنواخت در منطقه توزیع شده است. فرض اول فقط در مقیاس مزرعه محقق می‌شود. تأمین فرض دوم عموماً مشکل‌تر است و تنها در سه حالت زیر محقق می‌گردد: ۱) بعد از یک دوره طولانی بدون بارندگی که بریلیوم-۷ موجود در خاک از طریق واپاشی حذف گردیده باشد، ۲) بعد از یک دوره بارندگی با شدت کم که در منطقه فرسایش ایجاد ننموده باشد و در نتیجه تغییر در توزیع مجدد بریلیوم ورودی رخ نداده باشد، و ۳) بعد از شخم مزرعه که بریلیوم موجود در لایه شخم مخلوط می‌گردد و فعالیت بریلیوم از پیشتر موجود به کمتر از سطح قابل شمارش برسد [۱۴].

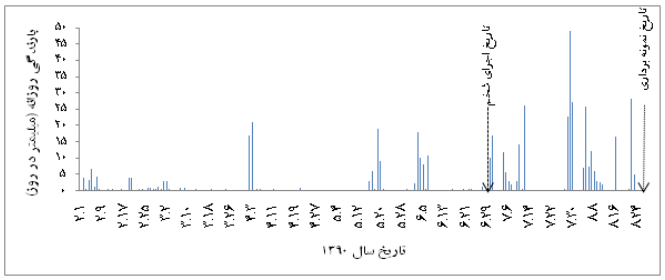
بر اساس آمار بارندگی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، شرط اول به دلیل وجود بارندگی در طول زمستان در منطقه محقق نمی‌گردد. حالت دوم نیز به دلیل وجود بارندگی با شدت نسبتا بالا و احتمال تغییر در توزیع بریلیوم-۷ ورودی محقق نمی-گردد. بنابراین بر اساس حالت سوم در دامنه شیب مطالعاتی در تاریخ ۸۹/۱۲/۲۸ شخم سنتی در جهت شیب و تا عمق ۲۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت. پس از ریزش ۱۵۰ میلی‌متر بارندگی بین ۲۸ اسفند ۱۳۸۹ تا ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۰ و به‌ویژه وجود یک بارندگی با شدت بیش از ۴۵ میلی‌متر در روز، نمونه‌برداری در تاریخ ۹۰/۲/۱۳ در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. در منطقه ساری، در دامنه شیب مطالعاتی در تاریخ ۹۰/۶/۳۰ شخم سنتی صورت گرفت(شکل ۳).. پس از ریزش ۳۰۶/۸ میلیمتر بارندگی بین ۳۰ شهریور تا ۲۶ آبان ۱۳۹۰، نمونه برداری در تاریخ ۹۰/۸/۲۶ در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت.

تعیین میزان فعالیت رادیونوکلوئیدها در محل مرجع: محاسبه فرسایش به وسیله روش بریلیوم-۷، بر اساس مقایسه مقدار رادیونوکلوئید موجود در خاک فرسایش یافته با یک سطح مرجع است. در روش بریلیوم-۷ پیدا کردن محل مرجع نسبت به روش‌های سزیم-۱۳۷ و سرب-۲۱۰ ساده‌تر می‌باشد، زیرا می‌توان از یک محل مسطح بالای همان شیب و یا در

مجاورت منطقه که عملیات خاک‌ورزی در آن مشابه منطقه مورد مطالعه صورت می‌پذیرد، به عنوان محل مرجع استفاده نمود [۱۴، ۱۰، ۶ و ۱]. بریلیوم-۷ در خاک‌های دست نخورده در سطح خاک تمرکز داشته و دارای توزیع نمایی می‌باشد. نمونه‌های خاک باید از اعماق بسیار کم جمع‌آوری گردند زیرا خاک سطحی وجود بریلیوم-۷ در لایه‌های زیرین را به سرعت محدود می‌نماید، عموماً اعماق افزایشی ۲ میلی‌متر نیاز می‌باشد. از دستگاه نمونه‌بردار جزء به جزء نازک (Fine Soil Increment Collector) که توسط بخش علوم خاک آژانس بین‌المللی انرژی اتمی [۱] طراحی و در داخل کشور ساخته شد، استفاده گردید(شکل ۴). از این رو در هر دو دامنه شیب، یک محل مسطح بالای دامنه شیب به عنوان مرجع انتخاب گردیدکه علایم فرسایش و رسوب نشان نداده و عملیات خاک‌ورزی مشابه منطقه مورد مطالعه در آن صورت پذیرفته بود (شکل ۱). نمونه‌های جزء به جزء با فواصل عمقی ۲ میلی‌متر از چهار نقطه به فاصله ۱ متر جمع آوری گردید. همچنین جهت تعیین توزیع مکانی رادیونوکلوئید در محل مرجع نمونه‌های کلی (Bulk sample) از یک شبکه ۳×۲ به فاصله ۱ متر جمع آوری شد.



شکل ۲- بارندگی روزانه در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه



شکل۳- بارندگی روزانه در ایستگاه سینوپتیک ساری

نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری توزیع مکانی بریلیوم-۷: در دامنه شیب واقع در استان کرمانشاه نمونه‌های خاک در سه ترانسکت به فواصل حدود ۱۵ متر و در هر ترانسکت به فواصل تقریبی ۲۰ متر جهت تعیین توزیع مکانی رادیونوکلوئید و تغییرات مکانی آنها، در اثر فرآیند توزیع مجدد خاک صورت گرفت (شکل ۱). نمونه‌های کلی با استفاده از مته‌ای به قطر ۱۰/۶ سانتی‌متر از عمق ۰-۴ سانتی‌متر با دو تکرار جمع‌آوری گردید. در دامنه شیب مطالعاتی واقع در استان ساری، نمونه‌های خاک در دو ترانسکت و در هر یک به فواصل تقریبی ۱۲ متر جمع‌آوری گردید (شکل۱). جهت کاهش خطای اندازه‌گیری بریلیوم-۷ نمونه‌ها از عمق ۰-۲ سانتی‌متر با دو تکرار جمع‌آوری گردید.

شکل ٤- مراحل جمع آوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه نمونه بردار جزء به جزء با فواصل عمقی ۲ میلی‌متر.

آماده‌سازی نمونه‌ها و اندازه‌گیری فعالیت بریلیوم-۷ در نمونه‌های خاک: ابتدا نمونه‌ها هوا خشک شده، سپس در داخل آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و توزین گردید. سپس کلوخه‌ها خرد شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. مواد باقیمانده بر روی الک شستشو داده شد و سنگریزه‌های بزرگتر از ۲ میلی‌متر جدا و وزن سنگریزه‌ها پس از شستشو و خشک کردن، تعیین گردید. خاک نرم به‌طور کامل مخلوط شده و یک نمونه فرعی تهیه گردید و نمونه‌ها در ظروف ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد. جهت همگن‌سازی نمونه‌ها از یک شیکر سه بعدی استفاده گردید و نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت مخلوط گردید. فعالیت بریلیوم-۷ در نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه گاما اسپکترومتر نوع P تعیین گردید. نمونه بر روی آشکارساز ژرمانیم قرارگرفته و اشعه گامای ساطع شده در۴۷۷ کیلوالکترون ولت شمارش گردید.

ایجاد ارتباط بین تلفات رادیونوکلوئید بریلیوم-۷ و میزان فرسایش و رسوب: از مدل توزیع پروفیل ارایه شده توسط بلاک و همکاران [۱۴] برای تخمین توزیع مجدد خاک با استفاده از داده‌های بریلیوم-۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

برآورد توزیع مجدد خاک در کرمانشاه: متوسط موجودی بریلیوم-۷ در شش نمونه کلی محل مرجع برابر با ۴۰ ±۳۲۶ بکرل بر متر مربع بود. مقدار موجودی بریلیوم-۷ در نقاط نمونه‌برداری شده بین ۸۷ تا ۳۹۶ بکرل بر مترمربع متغیر بود. لازم به ذکر است که به دلیل غلظت کم بریلیوم-۷ در نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه، زمان شمارش حداقل ۲۴ تا ۵۴ ساعت در نظر گرفته شد. با این وجود عدم قطعیت در مورد آشکارسازی نمونه‌ها زیاد و در حدود ۲۰ درصد تخمین زده شد. مقدار فرسایش خالص ۰/۶۸ کیلوگرم بر متر مربع، بیانگر وضعیت بحرانی فرسایش در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نسبت تحویل رسوب، حدود ۸۰ درصد برآورد گردید که بیانگر این است که بخش زیادی از ذرات فرسایش یافته در دوره با بارندگی شدید به خارج از دامنه شیب منتقل شده است. با توجه به شیب زیاد دامنه (حداکثر ۱۶ درصد)، انجام عملیات شخم و شیار در جهت شیب و عدم وجود پوشش گیاهی، مقدار زیاد فرسایش خاک منطقی به نظر می‌رسد. برای جزئیات بیشتر به مقاله خدادادی و همکاران [۱۵] مراجعه شود.

برآورد توزیع مجدد خاک با در ساری: فعالیت رادیونوکلوئید به علت غلظت بسیار کم بریلیوم-۷ که منجر به طولانی شدن زمان شمارش و عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها شد و در اکثر نمونه‌ها کمتر از کمترین حد آشکارسازی بود. فعالیت بریلیوم-۷ در نمونه‌های منطقه ساری، استفاده موفقیت آمیز آن در دوره زمانی مورد مطالعه در فصل پاییز را تامین ننمود.

مقایسه نتایج دو منطقه مطالعاتی: با وجود بارندگی بیشتر در منطقه مورد مطالعه واقع در استان مازندران (حدود دو برابر نسبت به کرمانشاه)، غلظت بریلیوم-۷ در نمونه‌های خاک بسیار کمتر از منطقه مورد مطالعه کرمانشاه بود. هرچند بررسی منابع نیز نشان می‌دهد که یک رابطه مثبت بین مقدار کل بارندگی با غلظت بریلیوم-۷ ریزش شده وجود دارد [۱۶، ۱۷] که با غلظت بریلیوم-۷ در دو منطقه مطابقت ندارد. همچنین در اغلب مطالعات بین ریزش بریلیوم-۷ و ارتفاع رابطه مثبت وجود دارد [۱۶، ۱۸]. بعلاوه در بیشتر مطالعات یک الگوی قوی فصلی ریزش برای بریلیوم-۷ مشاهده شده است. الگوی تغییرات فصلی با بیشترین مقدار در تابستان و کمترین در زمستان در اندازه‌گیری‌ها در فرانسه [۱۶]، کویت [۱۹] و سوئد [۲۰] مشاهده شده است. یک الگوی دیگر تغییرات فصلی با بیشترین مقدار در بهار نیز توسط دایش و همکاران [۲۱] در انگلستان و علی و همکاران [۱۸] در پاکستان مشاهده شده است. دلیل این امر در تغییرات بریلیوم-۷ وابسته به تغییرات فصلی منبع آن یعنی تشعشعات کیهانی، که با چرخه خورشید تغییر می‌کند [۲۲] و همچنین تبادلات بین استراتوسفر- تروپسفر در نتیجه فعالیت انتقال همرفت است که هر دو عامل در فصل تابستان بیشتر می‌باشند [۲۳].

سه دلیل برای عدم تطابق مقدار فعالیت بریلیوم-۷ با مقدار بارندگی در دو منطقه نیمه خشک و مرطوب مورد مطالعه متصور است. دلیل اول، جریانات متفاوت توده‌های هوا و منشاء متفاوت آنها، در دو منطقه مورد مطالعه در استان‌های کرمانشاه و مازندران که احتمالا منجر به ریزش متفاوت بریلیوم-۷ در دو منطقه مورد مطالعه گردید. دلیل دوم را می‌توان در ارتفاع متفاوت دو منطقه دانست، ارتفاع منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه ۱۶۱۵ متر و در استان مازندران ۲۲۰ متر از سطح دریا بود. از آنجایی که بین ریزش بریلیوم-۷ و ارتفاع رابطه مثبت وجود دارد [۱۶، ۱۸]، منجر به ریزش کمتر بریلیوم- ۷ در منطقه مورد مطالعه در استان مازنداران شده است. دلیل سوم، وجود یک الگوی فصلی قوی در ریزش بریلیوم-۷ است. یک الگوی تغییرات فصلی با بیشترین مقدار در بهار در پاکستان مشاهده شده است [۱۸]. نمونه برداری از منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه در فصل بهار و در استان مازنداران در فصل پاییز صورت گرفت، که می‌تواند دلیل ریزش کمتر بریلیوم-۷ در ساری باشد.

نتیجه‌گیری

با وجود بارندگی بیشتر در منطقه مورد مطالعه در استان مازندران نسبت به کرمانشاه (حدود دو برابر)، غلظت بریلیوم-۷ در نمونه‌های خاک بسیار کمتر از منطقه مورد مطالعه در کرمانشاه بود. دلیل این امر را می توان در، جریانات و منشاء متفاوت توده‌های هوا، ارتفاع متفاوت دو منطقه و وجود یک الگوی فصلی ریزش برای بریلیوم-۷ با بیشترین مقدار در بهار و کمترین در زمستان، نسبت داد. در هر حال نیاز به بررسی بیشتر جهت بررسی امکان اجرای این روش در سایر نقاط با اقالیم مختلف و فصول مختلف می‌باشد. همچنین به دلیل نیمه عمر کوتاه بریلیوم-۷، نمونه‌ها باید در مدت زمانی کوتاه، قبل از کاهش فعالیت آن به کمتر از سطح قابل اندازه‌گیری، شمارش شوند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد از چندین آشکارساز استفاده گردد و یا اینکه تعداد نمونه‌ها محدود شود.

فهرست منابع

1. L., Mabit, M. Benmansour and D.E. Walling, "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 (2008).
2. A. Ioannidou and C. Papastefanou, "Precipitation scavenging of 7Be and 137Cs radionuclides in air", Journal of Environmental Radioactivity. 85, 121-136 (2006).
3. C. Doering, R. Akberand and H. Heijins, "Vertical distribution of 210Pb excess, 7Be and 137Cs in selected grass covered soils in Southeast Queensland", Australian Journal of Environmental Radioactivity. 87, 135-147 (2006).
4. H.W. Feely, R.J. Larsen and C.G. Sanderson, "Factors that cause seasonal variations in Beryllium-7 concentration in surface air", Journal of Environmental Radioactivity. 9, 223–249 (1989).
5. C. Papastefanou, "Residence time of tropospheric aerosols in association with radioactive nuclides", Applied Radiation and Isotopes. 64, 93–100 (2006).
6. A. Sepulveda, P. Schuller, D.E. Walling and A. Castillo, "Use of 7Be to document soil erosion associated with a short period of extreme rainfall", Journal of Environmental Radioactivity. 99, 35-49 (2008).
7. C.G. Wilson, G. Matisoff and P.J. Whiting, "Short-term erosion rates a 7Be inventory balance", Earth Surface Processes and Landforms. 28, 967-977 (2003).
8. P.J. Wallbrink and A.S. Murray, "Distribution and variability of 7Be in soils under different surface cover conditions and its potential for describing soil redistribution processes", Water Resources Research. 32, 467–476 (1996).
9. P. Schuller, D.E. Walling, A. Iroume and A. Castillo, "Use of beryllium-7 to study the effectiveness of woody trash barriers in reducing sediment delivery to streams after forest clear cutting", Soil and Tillage Research. 110, 143–153 (2010).
10. P. Schuller, D.E. Walling, B. Mancilla, A. Castillo and R.E. Trumper, "Use of beryllium-7 to document soil redistribution following forest harvest operations", Journal of Environmental Quality. 35, 1756–1763 (2006).
11. A. Shi, A. Wen, X. Zhang and D. Yan, "Comparison of the soil losses from 7Be measurements and the monitoring data by erosion pins and runoff plots in the Three Gorges Reservoir region, China", Applied Radiation and Isotopes. 69, 1343–1348 (2011).
12. J.J. Ayub, D.E. Di Gregorio, H. Velasco, H. Huck, M. Rizzotto, and F. Lohaiza, "Short-term seasonal variability in 7Be wet deposition in a semiarid ecosystem of central Argentina", Journal of Environmental Radioactivity. 100, 977–981 (2009).
13. Agricultural Planning and Economics Researches Institute, "Mahidasht, Sanjabi plain study: (phase 1) volume 2, 3, 4 and 5, climate, topography, soil and land use study", TAM Consulting Engineering, Ministry of Jihad Agriculture, Iran (2004).
14. W. Blake, D.E. Walling and Q. He, "Fallout beryllium-7 as a tracer in soil erosion investigations", Applied Radiation and Isotopes. 51(5), 599–605 (1999).
۱۵. م. خدادادی، م. گرجی، م. قنادی مراغه، ع. سامانی بهرامی، ح. م. سید حسینی، ق. ا. زاهدی امیری و م. مفتاحی، "استفاده از رادیونوکلوئید بریلیوم-۷ در برآورد توزیع مجدد خاک در زمین‌های دیم استان کرمانشاه"، مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد دوم، شماره چهارم، (۱۳۹۳).

16. L. Bourcier, O. Masson, P. Laj, J.M. Pichon, P. Paulat, E. Freney and K. Sellegri, "Comparative trends and seasonal variation of 7Be, 210Pb and 137Cs at two altitude sites in the central part of France", Journal of Environmental Radioactivity. 102, 294-301 (2011).
17. S. Talpos and V. Cuculeanu, "A study of the vertical diffusion of 7Be in the atmosphere", Journal of Environmental Radioactivity. 36, 93-106 (1997).
18. N. Ali, E.U. Khan. P. Akhter, M.A. Rana, M.U. Rajput, N.U. Khattak, F. Malik and S. Hussain, "Wet depositional fluxes of 210Pb- and 7Be-bearing aerosols at two different altitude cities of North Pakistan", Atmospheric Environment. 45, 5699-5709 (2011).
19. D. Al-Azmi, A.M. Sayed and H.A. Yatim, "Variations in 7Be concentrations in the atmosphere of Kuwait during the period 1994 to 1998", Applied Radiation and Isotopes. 55, 413-417 (2001).
20. A. Aldahan, G. Possnert and I. Vintersved, "Atmospheric interactions at northern high latitudes from weekly Be-isotopes in surface air", Applied Radiation and Isotopes. 54, 345–353 (2001).
21. S.R. Daish, A.A. Dale, C.J. Dale, R. May and J.E. Rowe, "The temporal variations of 7Be, 210Pb and 210Po in air in England", Journal of Environmental Radioactivity. 84, 457-467 (2005).
22. G.W. Phillips, G.H. Share, S.E. King, R.A. August, A.J. Tylka, J.r. Adams, J.H., Panasyuk, M.I., Nymmik, R.A., Kuzhevskij, B.M., Kulikauskas, K.S., Zhuravlev, D.A., Smith, A.R., Hurley and D.L., McDonald, "Correlation of upper-atmospheric 7Be with solar energetic particle events", Geophysical Research Letters. 28 (5), 939-942 (2001).
23. D. Todorovic, "The effect of tropopause height on the content of radioactive debris in surface atmosphere", Environment International. 23 (6), 815-818 (1997).