کاربرد روش سزیم-۱۳۷ به‌منظور برآورد فرسایش و رسوب در خاک‌های حوزه آبخیز طاسران کبودرآهنگ

تورج اسدی[1]، مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس
سیدصابر شاهوئی، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
محمد اسدی، کارشناس پژوهشکده کشاورزی و منابع طبیعی همدان
امیرمنصور شهسوار، مربی مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۱۷ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۹/۱۱/۱۵

چکیده

سزیم-۱۳۷یک رادیو نوکلویید مصنوعی با تشعشع گاما و نیمه عمر ۳۰/۱۷ سال است که به‌عنوان محصول جانبی ناشی از آزمایش‌های هسته‌ای دهه‌های گذشته، تولید و در استراتوسفر رها شده است. این ماده بعدها به تروپوسفر منتقل شده و به‌همراه نزولات جوی به سطح زمین رسیده است. میزان سزیم-۱۳۷ خاک رابطه‌ای مستقیم و مثبت با شکل توزیع و میزان نزولات جوی دارد. پس از ۴۰ سال که از اولین کاربرد سزیم-۱۳۷ سپری شده، امروزه این روش ابزار مهمی در تحقیقات فرسایش خاک محسوب می‌شود. با توجه به توانمندی بالایی که این روش از نقطه نظر دقت در برآورد و سهولت جمع‌آوری داده‌ها نسبت به سایر روش‌های برآورد فرسایش دارد، می‌توان این روش را در گستره وسیعی از عرصه‌های مختلف، جای‌گزین سایر روش‌ها نمود. این مقاله کار با روش سزیم را در حوزه آبخیز طاسران ارائه نموده و امتیازات عمده این روش را که به‌لحاظ نظری و عملی نسبت به سایر روش‌ها و همچنین زمینه‌های مناسب کار با آن را مورد بحث قرار می‌دهد. در این تحقیق با کمک عکس‌های هوائی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، حوزه آبخیز طاسران بررسی شد. تعداد ۱۵ دامنه جهت مطالعه در نظر گرفته شد که از این تعداد ۱۲ دامنه برای اراضی تپه ماهور با درصد شیب‌های متفاوت و از نوع شیب مرکب و شیب یک‌نواخت و سه دامنه مابقی در اراضی دشت‌های دامنه‌ای، که دارای شدت فرسایش متفاوت بودند، انتخاب شد. در هر نوع شیب در موقعیت‌های مختلف (فوقانی، میانی، تحتانی، سطح بالای تپه، شانه شیب، شیب برگشتی، پای شیب، پنجه شیب) بسته به‌طول شیب تعدادی نمونه برداشت شد. برای اندازه‌گیری سزیم– ۱۳۷ از دستگاه گاماسپکترومتر استفاده گردید. میزان فرسایش سطحی و انباشت خاک در هر نقطه با استفاده از رابطه پیشنهادی کاچانوفسکی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان متوسط فرسایش خاک در موقعیت‌های شیب مرکب (شانه شیب برابر ۶۸/۴۲، قسمت مسطح شیب برابر ۴۵/۴ و قسمت شیب برگشتی برابر ۵۱/۱۶ تن در هکتار در سال) و در موقعیت‌های شیب یک‌نواخت (بخش فوقانی شیب برابر ۷۹/۶، بخش میانی شیب برابر ۶۵/۳ و بخش پایین شیب ۸۴/۲۳ تن در هکتار در سال) و در موقعیت پای شیب که منطقه دینامیک است، فرآیند انباشت خاک غالب‌تر از فرسایش خاک بود .

واژه‌های کلیدی: پخش سیلاب، توپوگرافی، عکس هوائی، گاما اسپکترومتر

مقدمه

فرسایش خاک یکی از معضلات بزرگ حوزه‌ها و تمامی عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی جهان است که می‌تواند باعث تخریب اراضی، کاهش حاصل‌خیزی خاک‌ها، بروز سیل و عواقب ناگوار دیگری شود. تمامی این موارد به‌نوبه خود زندگی بشر را تهدید می‌کند. نظر به اهمیت مسئله فرسایش، پژوهش‌گران در سراسر جهان از دیر باز در پی

[1] t.asadi@iauba.ac.ir

این بوده‌اند تا با استفاده از روش‌های مختلف بتوانند میزان فرسایش خاک را محاسبه کنند. براین پایه، روش‌های مختلفی از جمله مدل‌های فیزیکی، تجربی و مدل‌های ریاضی جهت نیل به اهداف، ابداع شده و در نقاط مختلف جهان مورد آزمون قرار گرفته است. هر یک از این مدل‌ها دارای محاسن و معایبی بوده و به مشخصات اقلیمی و فیزیکی منطقه و نظر کارشناسی مجری طرح بستگی داشته است.

یکی از این روش‌ها استفاده از عنصر رادیو نوکلوئید سزیم-۱۳۷ است. سزیم یک عنصر قلیایی با خصوصیات شیمیایی مشابه سدیم، پتاسیم و دیگر عناصر گروه I در جدول تناوبی است. عنصر سزیم-۱۳۷ منبع طبیعی نداشته و حاصل ریزش آزمایش‌های اتمی انجام شده در فضا در دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ می‌باشد. این آزمایش‌ها تا سال ۱۹۶۳ ادامه یافت ولی از آن پس به‌علت عقد پیمان‌های عدم گسترش آزمایش‌های اتمی، متوقف گردیده است (Walling و Quine، ۱۹۹۰). جذب این عنصر توسط گیاه، بسیار جزئی و قابل چشم‌پوشی است و پس از ریزش از جو، به‌شدت جذب ذرات کلوییدی رس و مواد آلی خاک شده و با این ذرات قویاً تشکیل کمپلکس داده و عمدتاً به‌شکل غیرتبادلی در می‌آید. آب‌شویی آن از درون خاک نیز اندک است. به‌طور کلی تحرک سزیم-۱۳۷ در خاک به‌صورت شیمیایی و بیولوژیکی بسیار کم بوده و فقط به‌صورت فیزیکی همراه ذرات کلوئیدی در خـــاک جا به‌جا می‌شود (Walling و Quine، ۱۹۹۲). پراکنش مجدد آن اصولاً همراه با تحولات فیزیکی خاک نظیر فرسایش و شخم است و به‌همین علت می‌تواند به‌عنوان یک نشان‌دار مناسب برای تعیین جا به‌جایی خاک از طریق فرسایش آبی یا بادی مورد استفاده قرار گیرد. اساس محاسبه فرسایش به‌روش سزیم رادیواکتیو بر مبنای مقایسه مقدار سزیم-۱۳۷ (برحسب بکرل بر مترمربع) موجود در خاک در معرض فرسایش با یک سطح مرجع است. کاهش نسبی سزیم-۱۳۷ در خاک نسبت به‌سطح مرجع، نشان‌دهنده فرسایش، و افزایش نسبی سزیم-۱۳۷ نشان‌دهنده رسوب یا افزوده شده به خاک است. در کشورهای مختلف جهان از جمله انگلستان، کانادا، استرالیا، ایسلند، چین و آمریکا تحقیقات زیادی بر روی آن انجام شده و هم اکنون مراحل تکوین و تکامل خود را می گذراند (Loughmor و همکاران، ۱۹۸۳). در ایران نیز برای اولین بار یوسف‌کلافی (۱۳۷۳) با استفاده از روش سزیم-۱۳۷ فرسایش سطحی را در مراتع اندازه‌گیری کرد و نتایج را با مدل فرمول جهانی تلفات خاک مقایسه نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش سزیم-۱۳۷ به‌سهولت و دقت قابل قبولی می‌تواند فرسایش سطحی را روی یک شیب محاسبه نماید. همچنین این مطالعه نشان داد که سرعت و نحوه اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از این روش، سریع وآسان است. همچنین پاک‌پرور (۱۳۷۳)، روش سزیم-۱۳۷ را به‌منظور بررسی فرسایش سطحی در عرصه‌های هم‌گن به‌کار برد و به این نتیجه رسید که محاسبه فرسایش با استفاده از این روش نسبت به محاسبه نقطه‌ای، دقت بالائی دارد و افزون بر این، به‌لحاظ صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها دارای ارجحیت است. مصباح (۱۳۷۵)، فرسایش سطحی را در بردکل شیراز با استفاده از روش فوق برآورد کرد. مقایسه نتایج حاصل با داده‌های معادله جهانی تلفات خاک، حکایت از توانایی روش سزیم-۱۳۷ در برآورد سریع، آسان و دقیق فرسایش سطحی در آبخیزهای کوچک دارد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور سنجش توانایی برآورد کمی فرسایش سطحی با کاربرد سزیم-۱۳۷، حوزه آبخیز طاسران در ۴۵ کیلومتری شمال باختر کبودر آهنگ همدان با مساحت ۱۰۷۰ کیلومتر مربع انتخاب شد. این حوزه در قلمرو حوزه آبخیز دریاچه نمک بوده و میانگین متوسط بارندگی سالیانه آن ۳۲۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد است. هدف از این تحقیق در درجه اول بررسی توانایی روش سزیم-۱۳۷ در برآورد فرسایش در یک حوزه آبخیز نسبتاً وسیع بوده است و در مرحله بعد، برآورد فرسایش سطحی در اراضی تپه ماهوری که قابلیت مرتعی شدن داشته ولی به‌علت افزایش روزافزون جمعیت کشور، برای دست‌یابی به تولید بیش‌تر، به زیرکشت رفته‌اند.

ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و قابلیت اراضی و هم‌چنین عکس‌های هوائی منطقه مورد مطالعه، محل نمونه‌گیری‌ها مشخص شد. سپس با بازدید صحرایی، دو محل جهت گرفتن نمونه‌های شاهد، انتخاب شد و با استفاده از استوانه با قطر ۱۰ سانتی‌متر نمونه‌های دست نخورده‌ای تا عمق ۲۷ سانتی‌متر از این دو نقطه گرفته شد و به‌کمک یک

چاقوی تیز به قطعات با ارتفاع سه سانتی‌متر برش داده شدند. سپس هر قطعه جهت اندازه‌گیری میزان سزیم و توزیع پروفیلی میزان سزیم به‌صورت جداگانه جهت آماده‌سازی نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت. از مشخصه‌های نقاط شاهد می‌توان گفت که باید دارای پوشش گیاهی دائم در طول سال باشد، نسبتاً مسطح باشد، در طول ۵۰ سال اخیر فرسایش و رسوبی در آن انجام نشده باشد و تقریباً دارای همان ارتفاع محل مطالعه باشد.

سپس از نقاط مورد مطالعه در شیب مرکب و ساده، نمونه‌هایی با وزن ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم به‌روش برداشت از لایه‌های ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. با توجه به این‌که روند تغییرات سزیم-۱۳۷ در عمق‌های مختلف خاک در ارتباط با بعضی ازمشخصه‌های خاک از جمله عمق خاک، بافت خاک و درصد رس خاک می‌باشد، لازم است در هر مطالعه‌ای که از روش سزیم-۱۳۷ استفاده می‌شود، کمینه نمونه‌های شاهد با روش فوق برداشت شوند. بعد از برداشت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از خشک شدن و توزین، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. پس از این‌که وزن نمونه‌های بالای ۲ میلی‌متر و پایین ۲ میلی‌متر به‌دست آمد، ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم از نمونه زیر ۲ میلی‌متر انتخاب و درون ظروف بیکرمارنیلی (ظرف پلاستیکی که ابعاد آن به قطر ۶/۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۸/۷ سانتی‌متر و مخصوص دستگاه گاما اسپکترومتر است) ریخته شد. کار تجزیه نمونه‌های سزیم-۱۳۷ با استفاده از دستگاه گاما اسپکترومتر، با همکاری سازمان انرژی اتمی انجام شد. نحوه تجزیه نمونه‌ها بدین صورت است که نمونه در زیر دستگاهی قرار می‌گیرد که مستقیماً به یک کامپیوتر که کار شمارش را انجام می‌دهد متصل است. بعد از گذشت حدود ۲۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ ثانیه (که به نوع نمونه و میزان فعالیت سزیم-۱۳۷بستگی دارد) نقطه اوج منحنی شمارش، تشکیل شده و بر روی گراف در کانال ۶۶۲ کیلو الکترون ولت (طیف مربوط به سزیم) میزان اکتیویته سزیم-۱۳۷ اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود (Kachanoski و Dejong، ۱۹۸۴). واحد بکرل در سیستم SI، برای توصیف فعالیت سزیم است. بکرل به افتخار آنتوان بکرل فیزیک‌دان فرانسوی و کاشف پدیده پرتوزایی برگزیده شده است. برای محاسبه اکتیویته سزیم از معادله زیر استفاده شد.

$$A = \frac{Ap}{DEtz} \qquad (۱)$$

که در آن، Ap سطح زیر منحنی پیک خالص سزیم، DE ضریب کارآیی دتکتور آشکارساز اشعه ایکس و از جنس ژرمانیوم است که مقدار عددی این ضریب از تجزیه نمونه‌های استاندارد به‌دست می‌آید، Z درصد تابش اشعه، T زمان شمارش (ثانیه) است.

علاوه بر اکتیویته نمونه، اطلاعات دیگری از قبیل کارآیی دستگاه، میزان تابش اشعه، تاریخ تجزیه، زمان شمارش و سطح زیر منحنی باید از کامپیوتر استخراج گردد. در نهایت کل سزیم-۱۳۷ تصحیح نشده در نمونه با استفاده از مساحت زیر منحنی (AP) طبق معادله زیر محاسبه شد.

$$UCSS = AP \times (\frac{10^5}{t \times DE}) \qquad (۲)$$

که در آن، $UCSS$ سزیم-۱۳۷ تصحیح نشده موجود در نمونه فرعی (میلی‌بکرل)، DE کارآیی دتکتور، AP سطح زیر منحنی پیک خالص سدیم، T زمان شمارش (ثانیه) است.

محاسبه میزان سزیم-۱۳۷ بر واحد وزن و سطح: با استفاده از داده‌های مربوط به اکتیویته نمونه‌ها و هم‌چنین نتایج حاصل از مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها، بایستی اکتیویته نمونه‌ها با عامل زمان اصلاح شود. منظور از عامل زمان این است که با توجه به‌میزان تخریب در واحد زمان، سزیم-۱۳۷ با داشتن فاصله زمانی از نمونه‌گیری تا آنالیز هر نمونه و با استفاده از معادله زیر، اکتیویته اصلاح شده هر نمونه، محاسبه شد تا زمان انجام تجزیه‌ها تاثیری در نمونه‌های تجزیه نشده در زمان‌های مختلف نداشته باشد.

$$CCSS = UCSS \times e^{KT} \qquad (۳)$$

که در آن، $CCSS$ سزیم-۱۳۷تصحیح شده در نمونه فرعی (میلی‌بکرل)، $UCSS$ سزیم-۱۳۷تصحیح نشده در نمونه فرعی (میلی‌بکرل)، E عدد نپر، T زمان شمارش (ثانیه)، و K ثابت تجزیه رادیو ایزوتوپ سزیم-۱۳۷ است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$K = Ln(2) / T_0 \qquad (۴)$$

که در آن، T_0 نیمه عمر سزیم-۱۳۷برابر ۳۰/۱۷ سال است. بعد از مشخص شدن سزیم تصحیح شده در نمونه فرعی، برای محاسبه فعالیت سزیم در نمونه فرعی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$CASS = \frac{CCSS}{SSw} \qquad (۵)$$

که در آن، CASS فعالیت سزیم (میلی‌بکرل بر گرم)، SSW وزن نمونه فرعی (گرم)، CCSS رادیو ایزوتوپ سزیم-۱۳۷ تصحیح شده در نمونه فرعی (میلی‌بکرل) است.

سپس بعداز این‌که اکتیویته اصلاح شده به‌دست آمد با تقسیم آن بر وزن نمونه مورد آزمایش، مقدار سزیم برحسب بکرل برگرم و با داشتن سطح نمونه‌گیری (بر حسب سانتی‌مترمربع یا مترمربع) مقدار سزیم-۱۳۷ نمونه بر حسب بکرل بر مترمربع یا میلی‌بکرل بر سانتی‌متر مربع محاسبه می‌گردد.

$$CIS = CASS\left[\frac{Cfw}{HAS}\right] \qquad (۶)$$

که در آن، CIS مقدار سزیم موجود در نمونه (میلی‌بکرل بر سانتی‌مترمربع)، $CASS$ فعالیت سزیم (میلی‌بکرل بر گرم)، Cfw وزن تصحیح شده اجزای کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر خاک (کیلوگرم)، و HAS سطح مقطع افقی نمونه (سانتی‌مترمربع) است.

در نهایت برای محاسبه تلفات خاک و میزان رسوب‌گذاری در اراضی کشاورزی، Kachanoski (۱۹۸۷) رابطه‌های زیر را ارائه نمود.

$$E = BD \times P[1 - (\frac{CM}{Co})^{\frac{1}{n}}] \qquad (۷)$$

که در آن، E میزان فرسایش (کیلوگرم بر مترمربع)، CM سزیم باقی‌مانده در لایه شخم (بکرل بر مترمربع)، C_0 سزیم نقطه مرجع (بکرل بر مترمربع)، P ضخامت لایه‌ای که سزیم در آن وجود دارد (متر)، BD وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر مترمکعب)، DP میزان رسوب‌گذاری در واحد زمان (کیلوگرم)، H بیشینه عمق انتشار سزیم در محل ترسیب، و T مدت زمان بارش سزیم به منطقه تا زمان نمونه‌برداری (از سال۱۹۶۰تا انجام تحقیق برابر با ۴۳ سال است).

$$Dp = BD \times (\frac{H - P}{T}) \qquad (۸)$$

که در آن، D_P میزان رسوب‌گذاری در واحد زمان (کیلوگرم)، BD وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)، T مدت زمان بارش سزیم به منطقه تا زمان نمونه‌برداری (از سال۱۹۶۰تا انجام تحقیق برابر ۴۳ سال است)، P ضخامت لایه‌ای که سزیم در آن وجود دارد ۰متر)، و H بیشینه عمق انتشار سزیم در محل ترسیب است. Dijong و همکاران (۱۹۸۳)، برای محاسبه رسوب در نقاط رسوب‌گذاری رابطه زیر را ارائه نمودند.

$$Dp = BD \times P[\frac{Co - Cm}{Co \times 43}] \qquad (۹)$$

نتایج و بحث

بر پایه نتایج به‌دست آمده از آنالیز و تجزیه و تحلیل دو نمونه شاهد از دو عمق مختلف از پروفیل خاک، میزان سزیم-۱۳۷در حوزه در نقاط شاهد ۱ و ۲ به‌ترتیب ۲۵۰۸/۰۴ و ۲۴۶۴/۲۵ بکرل بر مترمربع و میانگین آن برابر ۲۴۸۶/۱۴ بکرل بر مترمربع به‌دست آمده است. در واقع تفاوت میزان سزیوم در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه از دو

عامل ناشی می‌شود. ۱) ارتفاع محل نمونه‌برداری از سطح دریا، با توجه به این‌که میزان مواد رادیواکتیوی که در هر محل ته‌نشین شده است، رابطه مستقیمی با میزان بارندگی محل دارد، محل نمونه‌گیری در شاهد ۱ نیز از نظر ارتفاع بالاتر از نقطه دیگر و بر همین اساس میزان بارندگی در آن بیش‌تر بوده است. بنابراین میزان سزیم-۱۳۷در شاهد ۱ بیش‌تر است. ۲) بافت خاک: تحقیقات اولیه دانشمندان نشان می‌دهد که سزیم بعد از وارد شدن به سطح زمین به‌سرعت به سطح رس‌ها و کلوئیدهای خاک جذب می‌شود (Ritchie و Mc Henry، ۱۹۹۰). بنابراین میزان سزیم در لایه‌های مختلف خاک و در کل نیم‌رخ، رابطه مستقیمی با درصد رس خاک دارد. نتایج حاصل از مطالعه بافت خاک در عمق‌های مختلف نیم‌رخ در دو نقطه مورد اندازه‌گیری، گویای همین نکته است، به‌طوری که درصد رس در نقطه شاهد ۱ بیش از نقطه شاهد ۲ بوده است. پس از تجزیه و تحلیل نقاط شاهد، در مناطق تحت فرسایش و رسوب‌گذاری اقدام به نمونه‌برداری به طریق حجمی شد. نقاطی که در آن‌ها طی ۳۰ تا ۴۰ سال اخیر فرسایش رخ داده باشد، میزان سزیم کاهش و در نقاطی که رسوب‌گذاری اتفاق افتاده باشد، قاعدتاً از نظر سزیم غنی‌تر شده است. بنابراین با ایجاد رابطه‌ای بین افزایش یا کاهش سزیم و هدررفت یا ته نشست خاک می‌توان میزان فرسایش و رسوب‌گذاری را محاسبه کرد.

جدول ۱- تعیین مقدار سزیم کل ورودی در دو نقطه مرجع ۱ و ۲ در منطقه مورد مطالعه طاسران

شماره نمونه	محل پروفیل شاهد	وزن خاک هوا خشک کم‌تر از ۲ میلی‌متر (کیلوگرم)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	سطح مقطع نمونه (سانتی‌متر مربع)	فعالیت سزیم اصلاح شده (بکرل بر کیلوگرم)	فعالیت کل سزیم اصلاح شده در نمونه فرعی (بکرل بر کیلوگرم)	مقدار سزیم (بکرل بر متر مربع)
۱	مرتع بین گندوز و نیرآباد	۰/۴۵	۰-۳	۲۲۵/۵	۱۱/۸۳	۲۶/۳	۵۲۴/۸۳
۲		۰/۵۷۶	۳-۶	۲۲۵/۵	۹/۱۵	۱۵/۹	۴۰۶/۱۳
۳		۰/۶۶۸	۶-۹	۲۲۵/۵	۸/۶۱	۱۲/۸۹	۳۸۱/۸۴
۴		۰/۶۴۱	۹-۱۲	۲۲۵/۵	۶/۰۵	۱۱/۰۱	۳۱۲/۹۶
۵		۰/۶۸۷	۱۲-۱۵	۲۲۵/۵	۶/۴	۹/۳۲	۲۳۸/۹
۶		۰/۶۶۴	۱۵-۱۸	۲۲۵/۵	۵/۹۸	۹/۰۱	۲۶۵/۳
۷		۰/۶۸۱	۱۸-۲۱	۲۲۵/۵	۳/۲۲	۴/۷۳	۱۴۲/۸۴
۸		۰/۹۴۰	۲۱-۲۶	۲۲۵/۵	۲/۷۲	۲/۹	۱۲۰/۳
۹		۰/۷۲۰	۲۶-۳۱	۲۲۵/۵	۲/۵۹	۳/۶	۱۱۴/۹۴
جمع کل							۲۵۰۸/۰۴
۱	قبرستان شیرین سو	۰/۷۷۲	۰-۳	۲۲۵/۵	۱۵/۲۸	۱۹/۸	۶۷۷/۸۵
۲		۰/۷۰۳	۳-۶	۲۲۵/۵	۱۱/۹۵	۱۷/۰۱	۵۳۰/۲۸
۳		۰/۶۶۲	۶-۹	۲۲۵/۵	۱۰/۸۷	۱۶/۴۳	۴۸۲/۳۳
۴		۰/۸۱۲	۹-۱۲	۲۲۵/۵	۱۰/۲۹	۱۲/۶۸	۴۵۶/۵۹
۵		۰/۶۲۵	۱۲-۱۵	۲۲۵/۵	۳/۵۷	۵/۷۲	۱۵۸/۵۳
۶		۰/۴۷۰	۱۵-۱۸	۲۲۵/۵	۱/۴۱	۳/۰۱	۶۲/۷۳
۷		۰/۸۳۰	۱۸-۲۱	۲۲۵/۵	۱/۰۹	۱/۳۲	۴۸/۵۸
۸		۰/۸۹۰	۲۱-۲۶	۲۲۵/۵	۱/۰۶	۱/۲	۴۷/۳۶
جمع کل							۲۴۶۴/۲۵

نتایج نشان داد که میزان متوسط فرسایش خاک در موقعیت‌های مختلف شیب مرکب (شیب مسطح ۴۵/۴، شانه شیب ۶۸/۴ و شیب برگشتی ۵۱/۱۶)تن در هکتار در سال و در موقعیت‌های پای شیب و پنجه شیب، که منطقه دینامیک هستند، فرآیند انباشت خاک غالب‌تر از فرسایش خاک بود. اما میزان متوسط فرسایش خاک، در موقعیت‌های مختلف شیب یک‌نواخت (قسمت فوقانی ۷۹/۶ و قسمت میانی ۶۵/۳ و قسمت تحتانی ۸۴/۲ تن درهکتار درسال) به‌دست آمد. با توجه به این‌که نقاط مورد اندازه‌گیری به‌شکل خاص در حوزه پراکنده بود، می‌توان از این روش برآیندی

از میزان فرسایش متوسط خاک با تمام عوامل تشدید کننده و محدود کننده از قبیل جنس سنگ، شیب، پوشش، و .... برآورد نمود.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی نقاط شاهد ۱ و ۲ در منطقه مورد مطالعه طاسران

محل نمونه برداری	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	غلظت سزیم (بکرل بر متر مربع)	درصد کربن آلی	درصد آهک	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	CEC (میلی‌اکی والان در صدگرم)
مرتع بین گندوز و نیرآباد	۰-۳	۵۴۲/۸۳	۷/۲	۲۰/۸	۲۱	۲۵	۵۴	۴
	۳-۶	۴۰۶/۱۳	۶/۱	۲۲/۳	۲۴	۱۸	۵۲	۲۵
	۶ -۹	۳۸۱/۸۴	۲/۹	۲۴/۱	۳۱	۱۶	۵۱	۲۷/۲
	۹ - ۱۲	۳۱۲/۹۶	۲/۹	۲۴/۳۶	۳۶	۱۵	۴۹	۲۷/۱
	۱۲ -۱۵	۲۸۳/۹	۲	۲۲/۸	۳۱	۱۷	۵۲	۲۶/۲
	۱۵ -۱۸	۲۶۵/۳	۲/۱	۲۳/۵	۳۰	۱۶	۵۴	۲۴
	۱۸ -۲۱	۱۴۲/۸۴	۱/۴	۲۳/۹	۳۲	۱۵	۵۳	۲۵/۶
	۲۱ -۲۶	۱۲۰/۳	۱/۱	۲۴/۱	۳۳	۱۸	۴۹	۲۴
قبرستان شیرین سو	۰ -۳	۶۷۷/۸۵	۳/۵۱	۴۶/۴	۲۶	۲۹	۴۵	۱۸/۳
	۳ -۶	۵۳۰/۲۸	۲/۷	۵۳/۲	۲۹	۲۸	۴۳	۲۱/۳
	۶ -۹	۴۸۲/۳۳	۲/۳	۴۹/۹	۲۴	۲۷	۴۹	۲۲/۱
	۹ -۱۲	۴۵۶/۵۹	۱/۸	۴۷/۹	۲۷	۲۶	۴۷	۲۰/۹
	۱۲ -۱۵	۱۵۸/۵۳	۱/۴	۵۳/۸	۳۰	۲۵	۴۵	۲۰/۴
	۱۵ -۱۸	۶۲/۷۳	۱/۰۵	۶۶/۴	۳۲	۲۶	۴۲	۱۸/۵
	۱۸ -۲۱	۴۸/۵۸	۰/۹۶	۶۰/۲	۳۳	۳۱	۳۶	۱۸/۲
	۲۱ -۲۶	۴۷/۳۶	۰/۸۱	۶۴/۳	۲۹	۴۰	۳۱	۱۷/۰۴

اندازه‌گیری‌ها نشان داد که روند تغییرات سزیم-۱۳۷ در نقطه مرجع به‌صورت شکل ۱ و ۲ ارائه شده است. چنان‌چه مشاهده می‌شود، این مقادیر از بالا به پایین در نیم‌رخ، کاسته می‌شود. این مورد نشان‌دهنده این است که نقطه مرجع درست انتخاب شده است. با توجه به این‌که سزیم-۱۳۷ در موقعیت شانه شیب تا عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک موجود بوده و نسبت به نقطه مرجع که سزیم در آن تا عمق ۲۵ سانتی‌متری وجود داشته، نتیجه‌گیری می‌شود که ۱۵ سانتی‌متر از خاک سطحی، فرسایش یافته و به پایین‌دست منتقل شده است. در موقعیت شیب برگشتی، سزیم-۱۳۷ تا عمق ۲۰ سانتی‌متری موجود است. فرسایش خالص از این موقعیت در مقایسه با نقطه مرجع، ۵ سانتی‌متر بوده است.

در موقعیت پای شیب عمق، وجود سزیم-۱۳۷ مشابه نقطه مرجع بوده و لذا براساس داده‌های موجود، رسوب و فرسایش را در سال‌های اخیر نشان نمی‌دهد. درموقعیت پنجه شیب مقدار سزیم-۳۷ بیش‌تر از نقطه مرجع بوده و نشان‌دهنده این است که در این موقعیت فرآیند انباشت خاک کاملاً مشهود است. تعیین شدت فرسایش یا رسوب سالیانه از طریق تقسیم کل فرسایش یا رسوب به‌دست آمده در هر موقعیت، بر تعداد سال (از سال ۱۹۶۳ تاکنون معادل ۴۲ سال) به‌دست می‌آید. باید توجه داشت که با استفاده از روش سزیم-۱۳۷ مقـدار فرسایش خالص در خاک را می‌توان محاسبه کرد.

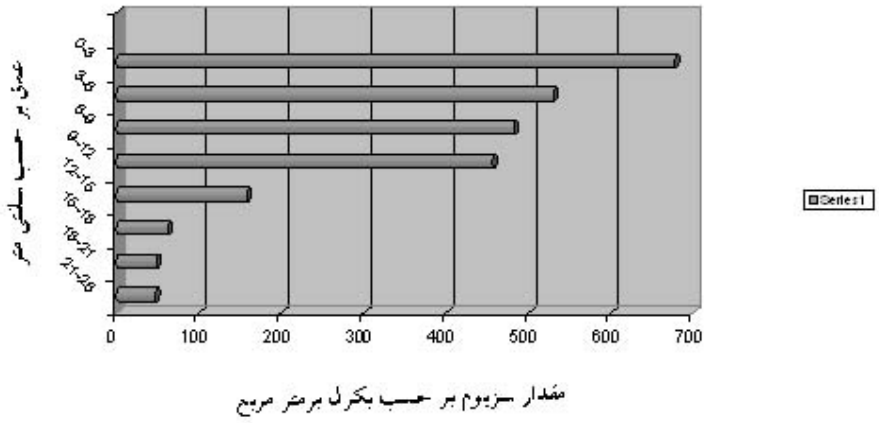
مطالعات فرسایش خاک به‌کمک سزیم-۱۳۷ نشان داد که بیش‌ترین مقدار فرسایش در موقعیت شانه شیب بوده و پس از آن موقعیت شیب برگشتی دارای مقادیر کم‌تر فرسایش بوده است. روش سزیم-۱۳۷ در برآورد فرسایش سطحی خاک، روشی کمی است که صرف‌نظر از دیدگاه‌های کیفی و تجربی، شدت فرسایش خاک را در دوره‌های چندین ساله برآورد می‌کند. از این‌رو به‌دلیل امکان‌پذیری استفاده از این روش برای دوره‌های طولانی مدت، اغلب عوامل مؤثر در

ایجاد فرآیندهای فرسایش را شامل می‌شود. نتایج حاصل از تحقیق انجام شده مبین این نکته است که این روش از یک‌سو به کار صحرایی کم‌تر نیاز داشته و نمونه‌برداری به فصل و زمان خاصی وابسته نیست و از سوی دیگر دست‌یابی به نتایج مورد نظر در کم‌ترین زمان امکان‌پذیر است.

تقسیم‌بندی عرصه‌های مورد نظر برای انجام مطالعات اجمالی در زمینه فرسایش سطحی خاک به واحدهای هم‌گن و نمونه‌برداری از بخش کوچکی از هر کدام از آن‌ها، موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها شده و به این ترتیب نتایج نیز با ضریب اطمینان بیش‌تری قابل تعمیم به سایر قسمت‌های هر واحد می‌باشد. برخلاف محاسن شمرده شده نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که روش سزیم-۱۳۷ دارای محدودیت‌هایی به‌شرح زیر است.

۱. با توجه به نیمه‌عمر سزیم-۱۳۷ و هدررفت آن از نقاط فرسایشی، روزی فرا خواهد رسید که پرتوزائی سزیم-۱۳۷ کم‌تر از حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری شده و قابل آشکارسازی نخواهد بود. بنابراین در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌علت فرونشست کم سزیم-۱۳۷ در تشخیص هدررفت خاک محدودیت عمده وجود خواهد داشت.

۲. محدودیت دیگر روش سزیم-۱۳۷ در نقاطی است که فرسایش بادی و آبی تواماً اتفاق بیافتد. فرسایش بادی باعث می‌شود تا مقادیر متفاوتی رسوب در نقاط مطالعاتی و نقطه مرجع ته‌نشست شود. این امر باعث خطا در تعیین موجودی کل نقطه مرجع و مقایسه نادرست نقاط مرجع با نقاط تحت مطالعه می‌شود.



شکل ۲- رابطه عمق با میزان سزیوم در پروفیل ۲

جدول۳- نتایج میزان فرسایش در موقعیت شانه شیب در منطقه طاسران

شماره نمونه	درصد تلفات سزیم خاک نسبت به مرجع	میزان فرسایش برآورد شده با سزیم-۱۳۷ (ton/ha/yr)	ملاحظات
(۹)	-۳۵/۹	۴۰/۲	شیب کم و مرتعی
(۱۰)	-۵۳/۱	۶۸/۱	
(۱۱)	-۵۷/۹	۷۷/۷	
(۱۷)	-۴۱/۵	۴۸/۴	شیب کم و مرتعی
(۱۸)	-۵۶/۹	۷۵/۸	
(۲۳)	-۵۲/۷	۶۷/۳	
(۳۵)	-۶۲/۹	۸۹/۰۵	
(۳۶)	-۵۹/۲	۸۰/۵۹	
(۵۰)	-۶۶/۸	۹۸/۸	شیب زیاد و عملیات خاک‌ورزی زیاد
(۶۷)	shoulder	-۵۲/۸	۶۷/۶
(۶۸)	shoulder	-۳۵/۱	۳۹/۱
میانگین			میانگین۶۸/۴۲

جدول ۴- نتایج میزان فرسایش در موقعیت پای شیب منطقه طاسران

شماره نمونه	درصد تلفات سزیم خاک نسبت به مرجع	میزان فرسایش بر آوردشده باسزیم-۱۳۷ (ton/ha/yr)	ملاحظات
(۱۴)	-۷/۴۶	۷/۰۳	
(۱۵)	-۵/۵	۵/۱۳	
(۳۸)	+۴/۴	___	۴/۰۱ تن در هکتار ترسیب
(۶۵)	+۲۲/۸	___	۲۰/۷تن در هکتار ترسیب

جدول ۵- نتایج میزان فرسایش در موقعیت شیب برگشتی در حوزه طاسران

شماره نمونه	درصد تلفات سزیم خاک نسبت به مرجع	میزان فرسایش برآورد شده با سزیم-۱۳۷ (ton/ha/yr)	ملاحظات
(۱۲)	-۴۹/۸	۶۲/۱	
(۱۳)	+۱۷/۲	___	۱۵/۶ تن در هکتار ترسیب
(۱۹)	-۴۶/۶	۵۶/۶	
(۲۰)	-۲۷/۹	۲۹/۵	
(۲۳)	-۵۲/۷	۶۷/۳	تشکیلات حساس به فرسایش
(۳۷)	-۴۵/۰۸	۵۳/۹	
(۵۱)	-۳۴/۰۹	۳۷/۶	
(۶۶)	+۲۰/۲۲	___	۱۸/۳ تن در هکتار ترسیب
میانگین		میانگین۵۱/۱۶	

منابع مورد استفاده

۱. پاک‌پرور، م. ۱۳۷۳. استفاده از سزیوم-۱۳۷ در مطالعه فرسایش. سمینار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۴۵ صفحه.

۲. یوسف‌کلافی، س. ۱۳۷۳. استفاده از سزیوم-۱۳۷ دراندازه‌گیری فرسایش سطحی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۰ صفحه.

۳. مصباح، س.ح.، آ. کوثر، س. فیض‌نیا و ح. احمدی. ۱۳۷۵. برآورد فرسایش سطحی با کاربرد سزیم-۱۳۷ در آبخیز بردکل شیراز. پنجمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

4. Dejong, E., C.B.M. Begg and R.G. Kachanoski. 1983. Estimates of soil erosion and deposition for some Saskatchwean soils. Can. J. soil sci., 63:607-617.
5. Kachanoski. R.G and E. Dejong. 1984. Predicting the temporal relationship between soil Cs-137 and erosion rate. J. Environ. Qual., 13(2):301-304.
6. Kachanoski R.G. 1987. Comparison of measured soil Cs-137 losses and erosion rates. Can. J. Soil Sci., 67:199-203.
7. Longmor, M. E., B.M . O leary, C.W. Rose and A.L. Chandica. 1983. Mapping soil erosion and accumulation with the fallout isotope Cs-137. Austral. J. Soil Res., 21:373-385.
8. Loughran. R.H., G.L. Elliot. B.L. Campbell. 1990. The calculation of net soil loss using cs-137 soil erosion on agriculture land. Soil erosion on agricultural lands. John Wiley and Sons, Ltd, 119-126.
9. Ritchie. J.C., J. R. Mc Henry. 1990. Application of radioactive fallout Cs-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns. A review. J. Environ. Qual., 19:215-233.
10. Walling D.E., T.A. Quine. 1990. Use of Cs-137 to investigation patterns and rates of soil erosion on arabie fields. Soil erosion on agriculture land, 33-53.
11. Walling D.E., T.A. Quine. 1992. The use of Cs-137 measurements in soil erosion surveys. Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. Oslo symposium.

Considering the ability of Cs-137 method application to calculate soil sediment and deposition in Taseran watershed of Kabodar Ahang

Tooraj Asadi[1], Scientific Board, Department of Soil Science, Bandar Abbas Unit, Islamic Azad University, Iran
Seyed Saber Shahooei, Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Kordestan University, Iran
Mohammad Asadi, BSc, Agriculture and Natural Resources Research Institute, Hamedan, Iran
Amir Mansour Shahsavar, Scientific Board, Department of Soil Science, Roud Hen Unit, Azad University, Iran

Received: 08 October 2010 **Accepted**: 03 February 2011

Abstract

Due to the importance of water erosion in reducing soil fertility many studies have been done on the quantity of this destructive phenomenon. Tamura and Rogowosky found a meaningful relation between water erosion and Cs-137 loss in soil matrix. This report was the first of application of Cs-137 method to estimate soil erosion since 1974. From 1974, the method has changed gradually and now is used in many studies. In this study, aerial photographs with scale of 1:20000 and topographic maps with scale of 1:50000 were used. 12 transects on the hilly lands (compound and uniform slopes) and 3 transects on the piedmont plain were studied. Surface samples were collected from different slope situations. The situations were collected from different slope situations. The situations were summits, shoulders, back slopes, foot slopes and toe slopes; gamma spectrometer was used to determine the Cs-137 of the samples. Soil erosion and sediment were calculated by Cochanouski (1993) Equation. Results showed that in summit, shoulder and back slope of the compound slopes, erosion is 68.42, 45.46 and 51.16 Ton/ha/yr respectively. On the same situations of uniform slopes 79.6, 65.3 and 84.23 ton /ha/yr of soil losses were expected. In non-erosional situations (toe slopes), soil loss has been deposited. In foot slopes, i.e. dynamic sites, sedimentation process is more dominant than destructive ones. The correlation between USLE and Cs-137 models were statistically signification with % 95 probability.

Key words: Arial photo, Flood spreading, Gamma spectrometer, Topography

[1] t.asadi@iauba.ac.ir