اندازه گیری سزیوم ـ 137 پایه در غرب ایران و رابطه آن با بارندگی سالانه

سید صابرشاهویی و حسین خالدیان[1] *

چکیده

بعضی از مواد پرتوزا مانند سزیوم –137 در طبیعت وجود ندارند. این مواد از طریق آزمایش‌های هسته‌ای دهه‌های 70-1960 میلادی پس از وارد شدن به جوفوقانی همراه با بارندگیها به سطح زمین آن رسیده و جذب رسها و ذرات ریز خاک شده‌اند. مطالعات و تحقیقات گذشته نشان داده اند که اندازهٔ این مواد در خاک بستگی به میزان بارندگی دارد. بیشتر جابجایی آنها همراه بانقل و انتقال ذرات خاک تنها هنگام فرسایش صورت می‌پذیرد. بنابراین، با سنجش اندازهٔ این مواد در خاک امکان بررسی فرایند فرسایش و رسوبگذاری فراهم می‌شود. از آنجا که دست یابی به نقاط شاهد برای تعیین سزیوم مرجع کاری دشوار و پرهزینه است، با بدست آوردن رابطه واسنجی سزیوم – 137 پایه با بارندگی برای مناطقی که اندازهٔ بارندگی آنها مشخص است، می توان سزیوم- 137 مرجع را محاسبه و مقدار هدر رفت خاک را برآوردکرد. در این تحقیق اقدام به اندازه گیری سزیوم –137 در ایستگاههای هواشناسی نواحی غرب ایران شده است. نیمرخ خاک در مجاورت ایستگاه های هواشناسی موردنظر حفر و نمونه‌های خاک لایه به لایه برداشت شدند. نمونه‌های خاک کوچک تر از 2 میلی متر قطرجداسازی و با دستگاه سنجشگر ژرمانیوم سزیوم- 137 آنها اندازه‌گیری شد. بیشترین اندازهٔ سزیوم-137 مشاهده شده مرجع در ایستگاه هواشناسی مریوان به دست آمده است که 2895 بکرل بر مترمربع می‌باشد. رابطهٔ تغییرات اندازهٔ بارش سالانه (P) برحسب میلیمتر وموجودی سزیوم-137(A) برحسب بکرل بر متر مربع طبق معادلهٔ $A = 0/8818\ P^{1/1976}$ بدست آمده است که با $R^2 = 0/88$ در سطح 0/001 معنی‌دار می‌باشد.

واژه های کلیدی: سزیوم- 137، مواد پرتوزا، بارندگی، فرسایش خاک

مقدمه

منشأ سزیوم-137 آزمایشهای هسته‌ای دهه‌های، 70- 1960 میلادی است. حادثهٔ نیروگاه چرنوبیل در اکراین در تاریخ 26 آوریل 1986 نیز باعث شد مقداری مواد پرتوزا وارد جو زمین گردد. از آنجا که خاکسترهای این انفجار وارد چرخهٔ بزرگ آبی نشد، سطح گسترش آن در ایران محدود به نواحی شمالی بوده و اندازهٔ آن در دیگر مناطق کشور چندان قابل توجه نیست. این ماده پرتوزا ابتدا درجو زمین وارد شده سپس جریان هوا و کنش و واکنش ابرها آن را در لایهٔ تروپوسفر پخش می کند. بارندگی باعث انتقال آن به زمین شده وپس از قرار گرفتن در خاک جذب رسها، مواد آلی و دیگر ذرات کلوئیدی موجود در خاک می‌شود. بنابراین، میزان مواد پرتوزا در هر نقطه تابع اندازهٔ بارندگی آن محل می‌باشد، که با سنجش آن وترسیم معادلهٔ تغییرات سزیم-137 بر حسب بارندگی می‌تواند برای مناطق دارای آمار بارندگی دراز مدت مورد استفاده قرار گیرد. کمبود آمار به ویژه در مورد مطالعات فرسایش خاک، باعث می‌شود که طراحی سازه‌ها و اجرای طرحهای کاشتن گیاهان حفاظت کنندهٔ خاک همواره با مشکل مواجه گردد، بطوریکه عموماً از روشهای تجربی استفاده می‌شود. بنابراین، برای رفع این مشکلات می‌توان با سهولت بیشتری از داده های سزیم مرجع استفاده، و اندازه فرسایش خاک را در مناطق مختلف برآورد کرد. فعالیتهای تحقیقاتی انجام گرفته طی سالیان گذشته در کشور های مختلف با استفاده از خواص سزیوم –137 در فرسایش خاک بیانگر این است که اندازهٔ بارندگی و میزان مواد پرتوزای موجود در خاک (از جمله سزیوم –137) رابطه مستقیم دارند. Walling و Quine (1993) عنوان نموده است که میزان سزیوم –137 درارتباط با اندازهٔ بارندگی در آن محل است. شاهویی

1- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه کردستان، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان

*- وصول: 83/6/10 و تصویب: 83/10/24

(1375) برای ناحیهٔ گرگان، که بارندگی سالانه آن 600 میلیمتر است، اندازهٔ کل سزیوم را 3300 بکرل بر متر مربع بدست آورده است. خالدیان (1374)، برای حوزهٔسد قشلاق سنندج، اندازهٔ کل سزیوم –137 را 2389 بکرل بر مترمربع محاسبه کرده است. مصباح (1374)، برای ناحیهٔ بردکن در استان فارس، با بارندگی سالانه 445 میلیمتر، اندازهٔ کل سزیوم –137 را 2161 بکرل بر مترمربع بدست آورده است. یوسف کلافی(1373) برای منطقهٔ قزوین، اندازهٔ کل سزیوم –137 را 337 بکرل بر کیلوگرم خاک بدست آورده است.

بطور کلی پژوهشهای صورت گرفته کم و بیش ارتباط بین میزان مواد پرتوزا و اندازهٔ بارندگی سالانه را مشخص می‌کنند. اما تحقیقات کاملی که بتواند این همبستگی را در یک منطقه بخصوص کشور ارائه دهد صورت نگرفته است. دلایل استفاده از سزیوم –137 در مطالعات فرسایش عبارتند از:

1- نیمهٔ عمر آن کوتاه است (حدود 30/17 سال) بنابراین در دورهٔ مورد نظر مطالعه فرسایش و رسوب قابل بررسی است.

2- هسته اتم سزیوم امواج گاما ساطع می‌کند. این خاصیت اتم های سزیوم امکان اندازه‌گیری و ثبت اشعه ساطع شده را به وسیله سنجشگر فراهم نموده، در محور انرژی بر روی 662 کیلو الکترون ولت از سایر مواد پرتوزا قابل تفکیک است.

3- سزیوم -137 منشا طبیعی ندارد، درصد بسیار اندکی از آن جذب گیاه می‌شود و مورد شستشوی داخلی قرار می‌گیرد، بنابراین کاهش آن در مقایسه با سزیوم مرجع تنها در ارتباط با جابجایی و فرسایش خاک می‌باشد.گرچه Furmann و همکاران (2003) جذب سزیوم با غلظت 8/7 -0/3 بکرل بر گرم و اثر دفع آلودگی ریشه 5 نوع گیاه از تیرهٔcruciferae را گزارش کرده‌اند. اما غلظت به کار برده شده حدود 200 برابر غلظت متعارف در خاک بوده و بنابر این در کمپلکس جذب ریشه که از قوانین تبادل یونی تبعیت می‌کند جذب و تبادل صورت می‌گیرد اما در شرایط متعارف تأثیری ندارد.

منطقه مورد مطالعه

محل مورد مطالعه ناحیه غرب ایران است که بخشهایی از استانهای کردستان، آذربایجان غربی، همدان و کرمانشاه را در بر می‌گیرد. شکل 1 موقعیت منطقه و جدول 1 مشخصات ایستگاههای هواشناسی مورد مطالعه در این تحقیق را نشان می‌دهد.

مواد و روشها

در این تحقیق پس از انتخاب محلهای مورد نظر که بخشی از ایستگاههای هواشناسی شهرهای غرب ایران واقع در استانهای آذربایجانغربی، کردستان، کرمانشاه و همدان می‌باشد، اقدام به حفر نیمرخ در مجاورت ایستگاههای مذکور گردید وسپس با استفاده از ابزاری که جهت اجرای این برنامه طراحی وساخته شده نمونه‌های خاک در سطح400 سانتی‌متر مربع بصورت لایه به لایه، در لایه های10-5 سانتی متری، جمع آوری و پس از خشک کردن، توزین و عبور از الک 2 میلی‌متری به آزمایشگاه بخش و اندوگراف سازمان انرژی اتمی انتقال داده شد. سپس با استفاده از دستگاه طیف سنج گاما از نوعHPG[1] با بازدهٔ 85 درصد اقدام به سنجش اندازهٔ مواد پرتوزای موجود در خاک گردید. زمان شمارش بستگی به شدت فعالیت ماده پرتوزای مربوطه دارد[2] . پس از آن میزان فعالیت سزیوم–137 موجود در خاک در روی نمودار مربوطه (شکل پیوست 2) بر روی کانال ^{kev} 662 (کیلوالکترون ولت) محاسبه و میزان سزیوم 137 تصحیح نشده با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه **گردید.**

(رابطهٔ 1)

$$UCSS = AP\ (\times 10^5)\ /(T \times DE)$$

$UCSS$[3] = اندازهٔ کل سزیوم تصحیح نشده (برحسب میلی بکرل[4])درنمونه فرعی

Ap[5] = سطح اوج منحنی سزیوم –137 (662 الکترون ولت) درنمونه فرعی

T= زمان شمارش (ثانیه)

DE[6] = ضریب کارایی سنجشگر

پس از آن با استفاده از رابطه زیر میزان کل سزیوم تصحیح شده نسبت به زمان محاسبه شد:

(رابطهٔ 2) $$CCSS = UCSS \times e^{kt}$$

$CCSS$[7]= اندازهٔ سزیوم تصحیح شده (میلی بکرل)

UCSS= اندازهٔ سزیوم تصحیح نشده

e= پایه لگاریتم طبیعی (e =2.7172)

k= ثابت تجزیهٔ پرتوزا ($k= Ln\ 2/t_0$)

t_o = نیمه عمر سزیوم - 137 (30/17 سال)

---

[1] - High purity germanium

۲- زمان شمارش در این طرح حداقل ۶۰۰۰۰ ثانیه و حداکثر ۱۰۰۰۰۰ ثانیه بوده است

3- Un Corrected Cesium of Sub- Sample

٤ - میلی بکرل در سیستم SI پرتوزایی ناشی از یک تجزیه بر ثانیه است.

میزان آن معادل $\frac{1}{7.3*10^{13}}$ کوری است

5-Peak Area

6- etector Efficiency

7-Corrected Cesium of Sub- Sample

t= نسبت فاصلهٔ زمانی بین نمونه برداری و تجزیه نمونه تقسیم بر سال (بر حسب روز)

با تقسیم میزان سزیوم 137 موجود در خاک به وزن نمونه ها میزان فعالیت سزیوم برای هر محل مشخص شد

CASS =CCSS/SSW (رابطهٔ 3)

پس از رابطه زیر پرتوزایی در واحد سطح بدست آمد:

CIS=(CASS*CFW) /HSA (رابطه 4)

CIS[1] = اندازهٔ سزیوم در واحد سطح(بکرل بر سانتی متر مربع)

CASS [2]= اندازهٔ فعالیت سزیوم در گرم

CFW[3]= وزن تصحیح شده ذرات زیر 2 میلی متر(گرم) (ذرات درشت تر از 2میلیمتر از نمونه اصلی حذف گردید)

HSA[4]= سطح نمونه برداری (سانتی متر مربع)

SSW[5]= وزن نمونه فرعی (گرم)

چگونگی توزیع سزیوم –137 و کل ریزش آن در ایستگاههای هواشناسی مورد مطالعه در جدول 2 آمده است.

بحث و نتایج

با استفاده از محاسبه و توزیع عمقی سزیوم –137 در نیمرخ خاک نقاط مورد مطالعه، سپس با اصلاح آن، داده ها اندازهٔ کل سزیوم- 137در واحد سطح برای هر ایستگاه محاسبه گردید. نتایج بیانگر این است که ایستگاه مریوان با 2895 بکرل بر مترمربع بیشترین فعالیت ویژه را دارد. به همین ترتیب، ایستگاه بانه با 2727 بکرل بر مترمربع، و پیرانشهر با 2709 بکرل بر مترمربع، نیزمیزان سزیوم بالایی دارند. کمترین میزان موجودی سزیوم- 137 در ایستگاه دهگلان اندازه گیری شده است که فقط 621 بکرل بر مترمربع می باشد. پس از آن ایستگاههای فرودگاه همدان با 696 بکرل بر مترمربع، اسد آباد با 908 بکرل بر مترمربع و زرینه با 923 بکرل بر مترمربع سزیوم کمتری دارند (جدول 2) چگونگی توزیع سزیوم –137 در لایه‌های مختلف نیمرخ خاک در 6 ایستگاه نمونه در شکل 2 آمده است، همانطوریکه مشاهده می‌شود منحنی‌ها در توزیع نمایی کاهنده بوده و از این واقعیت تبعیت می‌کنند که قسمت اعظم ریزش تا عمق 15 سانتیمتری انتشار یافته است. این اصل بخصوص در ایستگاههای اسد آباد، دهگلان و زرینه که دارای بارندگی کمتری نسبت به سایر ایستگاهها هستند صادق است. در مورد ایستگاه مریوان بدلیل پوشش مرتعی و وجود ماده آلی و ریشه گیاه در عمق 5 سانتیمتری مقدار سزیوم در این عمق استثنائا از عمق های 10 و 15 سانتیمتری کمتر بوده و بیانگر جذب کمتر سزیوم در این لایه است.

شکل 3 همبستگی بین میزان سزیوم 137 موجود در خاک (بر حسب بکرل بر متر مربع) و اندازهٔ بارندگی متوسط (برحسب میلی متر) را نشان می‌دهد، بین اندازه‌های سزیوم و بارندگی رابطهٔ کاملاً مستقیمی وجود دارد (r=0/94). معادله بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه عبارتست از:

$A = 0/8818 P^{1/1976}$

P= اندازهٔ بارندگی سالانه (mm)

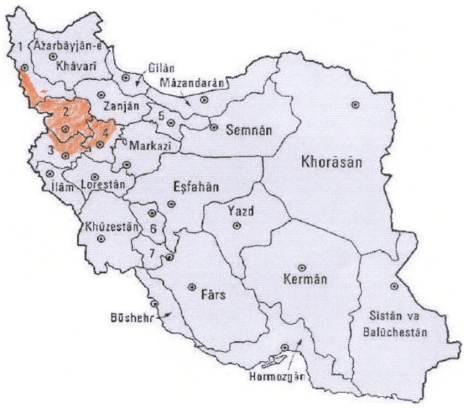
A= پرتوزایی سزیوم-137 (بکرل بر متر مربع)

بنابراین می‌توان با توجه به اندازهٔ بارندگی سالانه محل و استفاده از رابطه فوق به میزان سزیوم -137در آن محل دست یافت. تحقیقات جامع تری در خصوص بدست آوردن رابطهٔ واسنجی میزان سزیوم–137 و بارندگی در بقیه نقاط کشور لازم می‌باشد. همچنین توزیع طبیعی میزان سزیوم- 137 در عمق خاک از دیگر نتایج بدست آمده است که بخوبی چگونگی و نحوه انتشار سزیوم-137 را در نیمرخ خاک نشان می‌دهد. در مناطق مرتعی یا جنگلی کاملاً دست نخورده توزیع بشکل مثلثی می‌باشد که قاعده آن در سطح قرار دارد و نشان می‌دهد که اندازهٔ سزیوم در لایه های سطحی خاک بیشتر است و با افزایش از میزان آن کاسته می‌شود. در صورتی که در کشتزارها، به دلیل بر هم خوردن لایه های خاک، سزیوم بطور یکنواخت در نیمرخ توزیع گردیده است (شکل 2 - ایستگاه مریوان).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان دید که بین سزیوم- 137 موجود در خاک و بارندگی سالانه رابطهٔ مستقیم وجود دارد. استفاده از این روش برای برآورد اندازهٔ پرتوزایی سزیوم-137 درنقاط فاقد آمار، نواحی کوهستانی و دور افتاده، توصیه می شود، زیرا باعث صرفه جویی در وقت و هزینه شده و بدست آوردن داده‌های کافی برای مناطق فاقد آمار ممکن می گردد. ضرورت آن در طرح‌های مختلف اجرایی بخوبی مشهود است.

6-Cs Inventory of Sample
7- Cesium Activity of Sub- Sample
8-Corrected Fine Weight
9-Horizontal Sectional Area
10-Sub- Sample Weight



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در نواحی غربی ایران

جدول 1- مشخصات ایستگاههای هواشناسی منطقه مورد مطالعه

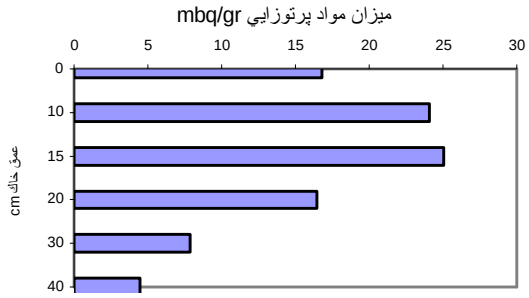
نام ایستگاه هواشناسی	میانگین بارندگی درازمدت(mm)	نوع ایستگاه هواشناسی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی	
				دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
پیرانشهر	673/2	سینوپتیک	1455/0	08	45	40	36
سردشت	818/1	سینوپتیک	1670/0	30	45	09	36
بانه	601/0	سینوپتیک	1600/0	32	48	51	34
سقز	520/0	سینوپتیک	1522/8	16	46	15	36
زرینه اوباتو	489/9	سینوپتیک	2142/0	12	46	31	35
مریوان	974/4	سینوپتیک	1287/0	37	47	53	35
فرودگاه سنندج	656/0	سینوپتیک	1373/4	00	47	20	35
دهگلان	270/0	باران سنجی	1750/0	49	46	34	34
قروه	351/5	سینوپتیک	1906/0	48	47	10	35
فرودگاه کرمانشاه	450/8	سینوپتیک	1322/0	07	47	17	34
اسد آباد همدان	300/0	باران سنجی	1600/0	07	48	47	34
فرودگاه همدان	300/8	سینوپتیک	1749/0	55	46	04	34

جدول 2- نتایج اندازه گیری میزان سزیم –137 در ایستگاههای سینوپتیک منطقه غرب

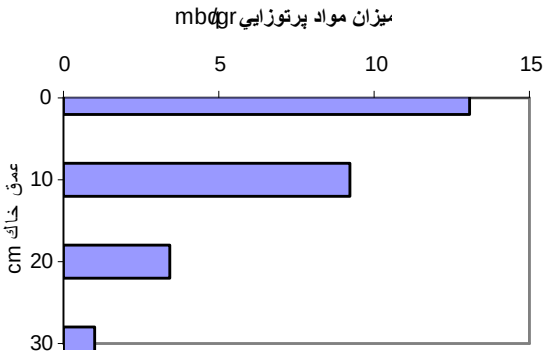
محل		عمق نمونه برداری	وزن نمونه	فعالیت سزیوم	زمان شمارش	سزیوم اصلاح نشده	سزیوم اصلاح شده	فعالیت سزیوم در	جمع فعالیت سزیوم	وزن نمونه فرعی	مقدار سزیم در	جمع
استان	شهر	(cm)	(gr)	(bq)	سنجشگر (Sec)	(mbq)	(mbq)	نمونه فرعی	در نمونه فرعی	(gr)	واحد سطح	(bq/m^2)
آذربایجان	پیرانشهر	5-0	585	34/30577	70000	34/30577	26/16869	83/28	83/28	1050	95/756	95/756
آذربایجان	پیرانشهر	10-5	900	46/24871	75730	46/24871	81/11913	23/13	07/42	750	20/248	15/1005
آذربایجان	پیرانشهر	20-10	653	86/22912	70000	86/22912	92/11910	24/18	31/60	1800	81/820	97/1825
آذربایجان	پیرانشهر	30-20	786	92/19328	70000	92/19328	24/9826	50/12	81/72	1550	43/484	40/2310
آذربایجان	پیرانشهر	40-30	691	32/15967	70000	32/15967	18/8057	66/11	47/84	950	92/276	33/2587
آذربایجان	پیرانشهر	50-40	900	593/7592	70000	593/7592	87/3802	22/4	70/88	1100	19/116	5/2703
آذربایجان	پیرانشهر	60-50	900	527/762	100000	527/762	34/399	44/0	14/89	500	54/5	08/2709
آذربایجان	سردشت	5-0	900	8/30326	70000	8/30326	50/14965	62/16	62/16	1400	99/581	99/581
آذربایجان	سردشت	10-5	900	65/20239	80000	65/20239	45/9767	85/10	48/27	1200	58/325	57/907
آذربایجان	سردشت	20-10	900	48/21481	90000	48/21481	93/9135	15/10	63/37	900	39/228	97/1135
آذربایجان	سردشت	30-20	900	85/23790	90000	85/23790	88/9748	83/10	46/48	1550	74/419	71/1555
آذربایجان	سردشت	40-30	878	839/3485	89000	39/34853	24/14176	14/16	61/64	850	10/343	81/1898
آذربایجان	سردشت	50-40	900	81/16753	86000	81/16753	95/6763	51/7	12/72	740	03/139	85/2037
کردستان	بانه	5-0	477	99/58816	73400	99/58816	39/26547	65/55	65/55	1150	0/1600	07/1600
کردستان	بانه	10-5	900	62/37324	70000	62/37324	63/17746	71/19	37/75	1400	14/690	22/2290
کردستان	بانه	20-10	872	44/15200	70000	44/15200	58/6963	98/7	35/83	1260	55/251	77/2541
کردستان	بانه	30-20	866	83/8241	80000	83/8241	75/3747	32/4	68/87	1200	83/129	60/2671
کردستان	بانه	40-30	850	71/3130	82300	719/3130	60/1402	65/1	33/89	650	81/26	42/2698
کردستان	بانه	50-40	808	11/3172	90000	113/3172	14/1359	68/1	01/91	700	43/29	85/2727
کردستان	سقز	10-0	900	39/5102	80000	397/5102	03/3242	60/3	60/3	1500	08/135	08/135
کردستان	سقز	15-10	900	14/7087	80000	146/7087	78/4469	96/4	56/8	1500	24/186	32/321
کردستان	سقز	20-15	750	608/419	100000	608/419	36/249	33/0	90/8	1500	468/12	79/333
کردستان	سقز	25-20	567	14/12782	80000	14/12782	26/6896	16/12	06/21	1500	10/456	89/789
کردستان	سقز	30-25	769	95/15657	80000	95/15657	51/8965	65/11	72/32	1500	20/437	09/1227
کردستان	سقز	40-30	754	78/13716	80000	78/13716	85/7795	33/10	06/43	1500	72/387	82/1614
کرمانشاه	کرمانشاه	5-0	902	37/16370	60000	37/16370	97/11802	08/13	0/13	1900	55/621	55/621
کرمانشاه	کرمانشاه	10-5	600	32/7967	60000	32/7967	79/5534	22/9	30/22	1300	80/299	35/921
کرمانشاه	کرمانشاه	20-10	824	57/4043	60000	573/4043	97/2829	43/3	74/25	1800	54/154	90/1075
کرمانشاه	کرمانشاه	30-20	911	73/2679	80760	739/2679	49/925	01/1	76/26	1850	98/46	89/1122
همدان	اسد آباد	5-0	975	98/19389	60000	98/19389	90/11522	81/11	81/11	2300	55/679	55/679
همدان	اسد آباد	10-5	1283	93/4291	60000	93/4291	17/2647	06/2	88/13	2850	00/147	56/826
همدان	اسد آباد	20-10	975	75/1045	60000	75/1045	75/607	62/0	50/14	3500	54/54	10/881
همدان	اسد آباد	30-20	975	16/575	60000	16/575	75/336	34/0	85/14	3150	19/27	30/908

ادامه جدول 2- نتایج اندازه گیری میزان سزیم –137 در ایستگاههای سینوپتیک منطقه غرب

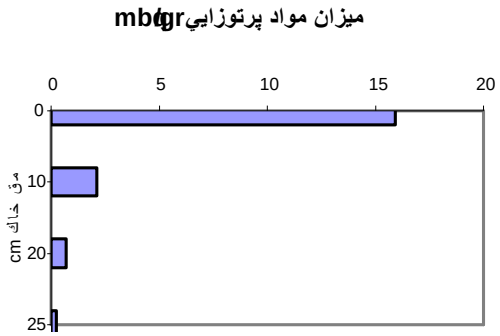
محل		عمق نمونه	وزن نمونه	فعالیت سزیوم	زمان	سزیوم اصلاح	سزیوم اصلاح	فعالیت سزیوم	جمع فعالیت سزیوم	وزن نمونه	مقدار سزیم در	جمع
استان	شهر	برداری (cm)	(gr)	(bq)	شمارش	نشده (mbq)	شده	در نمونه فرعی	در نمونه فرعی	فرعی	واحد سطح	(bq/m^2)
کردستان	قروه	5-0	974	41/17407	70000	41/17407	128586/6333	50/6	50/6	2500	38/406	38/406
کردستان	قروه	20-5	975	24/16771	70000	24/16771	37/6975	15/7	65/13	3950	48/706	86/1112
کردستان	قروه	30-20	900	77/6716	70000	77/6716	79/2498	77/2	43/16	2500	52/173	39/1286
کردستان	قروه	35-30	692	39/1102	100000	39/1102	10/398	57/0	00/17	1550	29/22	68/1308
کردستان	قروه	40-35	737	83/1241	100000	83/1241	66/512	69/0	70/17	1250	73/21	**42/1330**
کردستان	مریوان	5-0	760	34/31638	60000	34/31638	23/12773	80/16	80/16	500	08/210	08/210
کردستان	مریوان	10-5	749	18/32461	60000	19/32461	21/18042	08/24	89/40	1550	42/933	51/1143
کردستان	مریوان	15-10	948	65/59239	60000	65/59239	46/23739	04/25	93/65	1350	15/845	66/1988
کردستان	مریوان	20-15	948	36/40065	60000	36/40065	19/15585	44/16	37/82	1350	85/554	51/2543
کردستان	مریوان	30-20	674	91/12437	70000	91/12437	76/5289	84/7	22/90	1450	50/284	02/2828
کردستان	مریوان	30<	536	61/6202	70000	614/6202	91/2394	46/4	69/94	600	02/67	**04/2895**
کردستان	دهگلان	5-0	635	09/27623	60000	09/27623	44/10276	18/16	18/16	1250	73/505	73/505
کردستان	دهگلان	15-5	358	92/6925	70000	92/6925	50/2061	75/5	94/21	700	77/100	50/606
کردستان	دهگلان	20-15	89	092/562	80000	09/562	20/161	81/1	75/23	200	056/9	55/615
کردستان	دهگلان	30-20	182	33/394	85000	33/394	50/116	64/0	39/24	400	40/6	**96/621**
همدان	همدان	5-0	975	50/7152	75000	50/7152	04/2803	87/2	87/2	3800	11/273	11/273
همدان	همدان	20-5	950	79/8143	90000	79/8143	97/2709	85/2	72/5	3400	47/242	58/515
همدان	همدان	30-20	950	9/7193	90000	9/7193	15/2376	50/2	22/8	2900	33/181	**92/696**
کردستان	زرینه	10-0	900	59/18470	70000	59/18470	04/14345	93/15	93/15	1900	09/757	09/757
کردستان	زرینه	15-10	850	19/2490	88288	19/2490	42/1795	11/2	05/18	2350	09/124	19/881
کردستان	زرینه	20-15	910	49/908	70000	49/908	12/631	69/0	74/18	1950	81/33	00/915
کردستان	زرینه	25-20	692	22/344	70000	22/344	13/171	24/0	99/18	1450	96/8	**96/923**
کردستان	سنندج	5-0	297	13880	27003	13880	8/1395	47	47/00	749	704/00	704/00
کردستان	سنندج	10-5	2/312	10760	24355	10760	8/10821	66/34	66/81	1349	935/00	1639/00
کردستان	سنندج	15-10	1/309	6170	60000	6170	4/6255	07/20	73/101	1197	5/480	5/2119
کردستان	سنندج	20-15	4/306	3768	60000	3768	6/3790	37/12	1/114	811	8/200	3/2320
کردستان	سنندج	25-20	8/312	1495	60000	1495	1504	8/4	9/118	711	3/68	**6/2388**



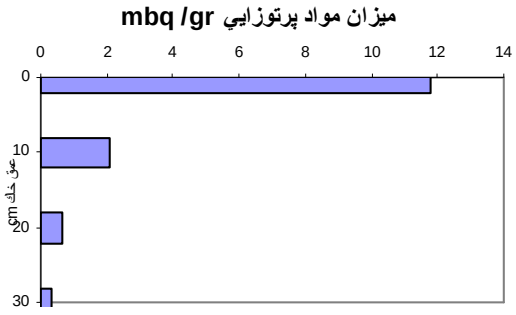
توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه مریوان)



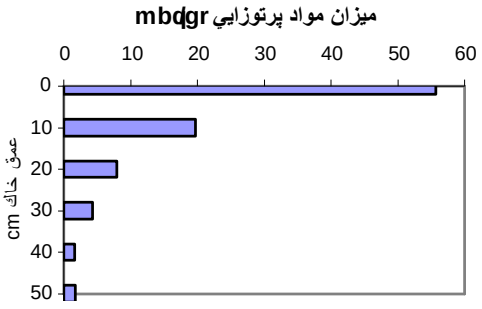
توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه کرمانشاه)



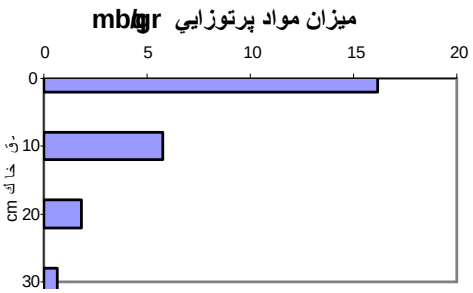
توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه زرینه)



توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه دهگلان)



توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه بانه)

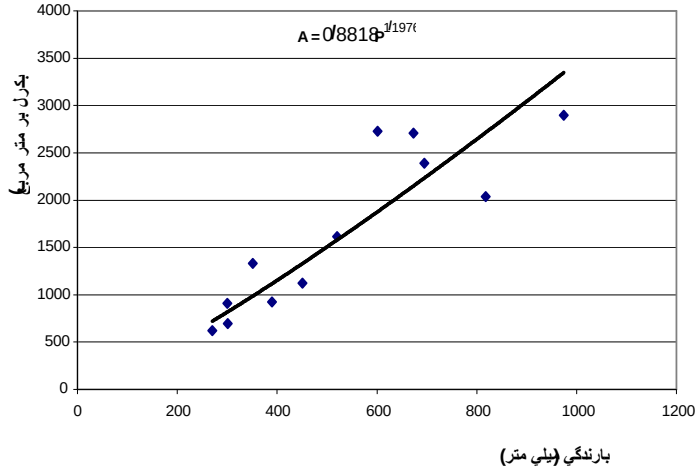


توزیع سزیوم ۱۳۷- در نیمرخ خاک (ایستگاه اسد آباد)

شکل 2- توزیع سزیوم- 137 در نیمرخ خاک برخی ایستگاههای هواشناسی

جدول 3- توزیع پرتوزایی سزیوم و بارندگی متوسط ایستگاههای هواشناسی مورد اندازه گیری

نام ایستگاه	بارندگی سالانه (mm)	پرتوزایی Cs-137 (بکرل بر متر مربع)
اسد آباد	300/0	908
بانه	601/0	2727
پیرانشهر	673/.2	2709
زرینه	389/9	923
سردشت	818/1	2037
سقز	520/0	1614
سنندج	656/0	2389
کرمانشاه	450/8	1122
دهگلان	270/0	621
قروه	351/5	1330
مریوان	974/4	2895
همدان	300/8	696



شکل 3- رابطهٔ تغییرات اندازهٔ پرتوزایی سزیوم –137 و ارتفاع بارندگی در غرب ایران

تقدیر و تشکر

مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان کردستان نقش مهمی در تامین هزینه واجرای این تحقیق داشته است، بدینوسیله از دست اندرکاران محترم آن مرکز تقدیر و تشکر می‌شود. از کارکنان محترم آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی به خاطر همکاری آنها تشکر می‌شود. همچنین از آقای مهندس آرش اسماعیل نسب، که فعالیت ارزشمندی را در نمونه برداری خاک داشتند، تشکر وقدردانی می شود. از سرکار خانم نصرتی بابت همکاری در تنظیم مقاله سپاسگزارم.

فهرست منابع:

1. شاهویی، ص.1375.چهره های مختلف تخریب اراضی در حوزه آبخیز گرگان رود و اثر آن بر خصوصیات خاک و کاهش توان تولید. پایان نامه دکترای خاک شناسی دانشگاه تهران.
2. خالدیان ، ح.1374.کاربرد سزیوم –137 در مطالعات فرسایش خاک،کنفرانس منطقه ای مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی اصفهان.
3. یوسف کلافی ،س.1373. استفاده از سزیوم –137 در اندازه گیری فرسایش سطحی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
4. مصباح،ح. 1374.بررسی فرسایش و رسوب حوزه بردکن استان فارس با استفاده از کاربرد سزیوم–137 و مدل EPM . پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
5. Fuhrmann, M., Lasat, M., Stephen, E., Jay, C. and Leon, K. 2003. Uptake and release of Cs-137 by five plant species as influenced by soil amendment in field experiments, Journal of Environmental Quality, 32(6): 2272-2279.
6. Walling, D.E and Quine,T.A.1993.Use of Cs-137 as a tracer of erosion and sedimentation: Handbook for Application of the Cs-137 Technique, Department of Geography, University of Exeter.

Relation of Cs-137 Fallout with Annual Precipitation in Northwestern Iran

S. Shahoe, H. Khaledian[1]

Abstract

Cs-137 is a man made nuclide released from nuclear weapon explosions in the 1960 and 1970 decades and introduced into troposphere, from where it is precipitated by rain. Cs-137 has a small hydrated radius, which is strongly attracted by negative charges on colloid surfaces. It is neither leached through soil nor absorbed by plant roots, so its loss in the soil is related to its translocation by tillage or runoff. Determining the Cs-137 inventory is a prerequisite for soil erosion research. Finding a typical undisturbed site for sampling is tedious and difficult. Establishment of a relation between annual precipitation and Cs-137 concentration will facilitate determining Cs-inventory. In this study, undisturbed incremental core samples of soil for different depths were collected in 12 climatological stations in northwest part of the country. Cs-activity was determined by vandograph section of Iranian Atomic Energy Organization (AEO) with a pure Germanium detector with 85% efficiency. The regression analysis between annual precipitation and Cs-137 fallout was significant at the 0.001 level with r^2=0.88. In this study the maximum fallout in Becquerel/m^2 was 2895 in Marivan station with 974.7 (mm) annual precipitation while a/ minimum value of 621 was recorded in Dehgolan station with 270 (mm) annual precipitation.

Keywords: s-137; Cs fallout; Precipitation; Soil erosion.

1. Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources College, University of Kurdestan; and Researcher in Agriculture and Natural Resources Research Center of Kordestan, respectively.