

## سنجش موجودی $^{210}\text{Po}$ در کودهای شیمیایی متداول

لیلا غلامزاده<sup>۱\*</sup>، مسعود وهابی مقدم<sup>۱</sup>، علی اصغر فتحی وند<sup>۲</sup>  
(۱. دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، ۲. مدیریت حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی ایران)

### چکیده

امروزه کودهای شیمیایی از جمله کودهای فسفوری، ازتی و کودهای حاوی پتاسیم به میزان قابل توجهی به منظور افزایش کیفیت و بهره‌ی محصولات کشاورزی مورد استفاده واقع می‌شوند. برخی از این کودها حاوی هسته‌های پرتوزایی هستند که محلول در آب بوده و از طریق زنجیره‌ی گیاه و دام به انسان منتقل می‌گردند. مصرف رو به افزایش کودهای شیمیایی در سالهای اخیر موجب فزونی این هسته‌های پرتوزا از جمله  $^{210}\text{Po}$  در محصولات کشاورزی شده است. در این پژوهش، موجودی پلونیوم-۲۱۰ در نمونه‌های کودهای شیمیایی متداول در مملکت، با روش رادیوشیمیایی و بلانال آن سنجش آلفا توسط آشکارساز ضخامت سطحی صورت گرفته است. گستره‌ی موجودی  $^{210}\text{Po}$  در کودهای سنجش شده بین  $0.37 \pm 0.05 \text{ Bq kg}^{-1}$  و  $577 \pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$  بوده و بیشترین آن مربوط به کود سوپر فسفات تریپل است که در داخل کشور تولید می‌شود و بالاترین رقم مصرفی را در بین کودهای فسفاته دارد.

کلید واژه: پلونیوم-۲۱۰، کودهای شیمیایی، اسپکترومتری آلفا، آشکارساز ضخامت سطحی، سوپر فسفات تریپل.

### مقدمه

سنگهای فسفاته که به عنوان ماده اولیه برای تولید کودهای فسفاته استفاده می‌شوند بطور طبیعی، شامل مواد پرتوزا از سریهای واپاشی  $^{238}\text{U}$  و  $^{232}\text{Th}$  می‌باشند. این سنگها با توجه به منشأشان به سه دسته رسوبی، آتشفشانی و بیولوژیکی تقسیم بندی می‌شوند. میزان اورانیوم و محصولات واپاشی آن، در این سه گروه متغیر

و در بعضی موارد بسیار زیاد می باشد. برای مثال می توان به نهشت های سنگ فسفات آتشفشانی در شبه جزیره کولا (Kola) در روسیه و تانزانیا که موجودی آنها به ترتیب  $40 \text{ Bq kg}^{-1}$ ،  $4000 \text{ Bq kg}^{-1}$  می باشند. اشاره نمود. سنگهای فسفات با منشاء رسوبی که از یک محیط دریایی نشأت گرفته اند، موجودی اورانیوم خیلی بیشتری را نسبت به سنگهای آتشفشانی و بیولوژیکی دارا هستند. گزارش سال ۱۹۸۸ کمیته علمی آثارپرتوی سازمان ملل متحد (UNSCEAR) موجودی  $^{238}\text{U}$  را در نهشت های فسفات با منشاء رسوبی را  $1500 \text{ Bq kg}^{-1}$  مشخص کرده است [1]. موجودی  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در سنگهای فسفات رسوبی کمتر از مقدار  $^{238}\text{U}$  می باشد [2]. میزان اورانیوم کودها مطابق با میزان فسفات آنها متغیر است. ساکت و اسپلدینگ [Sackett & Spalding, 1972] نشان دادند که ارتباط مستقیمی بین  $^{238}\text{U}$  و میزان  $\text{P}_2\text{O}_5$  کودها وجود دارد [3]. از آنجا که فسفر عنصری لازم و ضروری برای رشد گیاه بشمار می رود، کودهای شیمیایی از جمله فسفات در زمینه کشاورزی به میزان گسترده ای در تمام دنیا استفاده می شوند. لذا  $^{210}\text{Po}$  از این طریق وارد زنجیره غذایی شده و امکان پرتوگیری داخلی انسان را ایجاد می کند [4]. در این پروژه ۱۱ نمونه از کودهای شیمیایی متداول از نظر موجودی  $^{210}\text{Po}$  مورد سنجش قرار گرفتند. این بررسی بوسیله طیف سنجی آلفای ناشی از  $^{210}\text{Po}$  انجام شده است.

## روش کار

میزان مشخصی از کود شیمیایی توزین گردیده و پیش از آغاز مراحل شیمیایی معادل یک میلی لیتر از  $^{208}\text{Po}$ ، ( $E_\alpha = 5.116 \text{ MeV}$ ) با اکتیویته مشخص به عنوان ردیاب بهره به محتویات بشر اضافه شد. برای جداسازی شیمیایی  $^{210}\text{Po}$ ، در مرحله اول پس از اضافه کردن ۱-۲ میلی لیتر پیر اکسید هیدروژن ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )  $40 \text{ ml}$  اسید نیتریک ( $\text{HNO}_3$ ) ۶۵٪ و  $10 \text{ ml}$  اسید فلئوریک (HF) ۴۰٪ دهانه بشر مسدود گردیده و به کمک

حرارت یک هیتر برقی مگنت دار در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  کود بطور کامل در محیط اسید نیتریک حل شد. پس از انحلال کامل درب بشرها برداشته شد تا اسید تبخیر شده و محتویات بشر از حالت مایع بصورت یک خمیر نسبتاً غلیظ در آستانه خشک شدن در آید. برای اطمینان از انحلال کامل، این عملیات یک بار دیگر با ۲۰ ml اسید نیتریک تکرار شد. در مرحله بعد ۱۰ ml اسید کلریدریک (HCl) ۳۲٪ به هر بشر اضافه شده و باز هم نمونه‌ها تا مرز خشک شدن حرارت داده شدند. افزودن HCl برای یک بار دیگر هم به همین ترتیب تکرار شد. بعد در مرحله آخر ۳۰ ml اسید کلریدریک ۰/۵ مولار به محتویات بشر اضافه شده بعد از انحلال کامل، گرمادهی قطع گردید. سپس نمونه از بشر به لوله‌های خاص انتقال داده شده و در سانتیفریژ به مدت ۲۰ دقیقه و با بسامد ۱۶۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت و پس از سانتریفوژ محلول داخل لوله‌ها به بشر دیگر منتقل شده و رسوب ته لوله دور ریخته شد. برای بهبود روند الکترو لیز و حذف یونهای آهن، بین ۰/۳-۰/۲ اسید اسکوربیک به محلول نهایی اضافه شده و به کمک سیانور آمونیوم ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) از نمونه‌ها تست آهن به عمل آمد پس از حصول اطمینان از منفی بودن تست آهن، نمونه‌ها برای الکترولیز نهایی آماده هستند. در این مرحله یونهای پلونیوم موجود در نمونه بصورت یک لایه نازک و یکنواخت طی فرایند نهشت خوردبخودی روی یک دیسک مسی با قطر ۲۵ میلی متر، ضخامت ۰/۵ میلی متر نهشت می‌یابند. سلول الکترولیز یک نگهدارنده از جنس تفلن است که از دو قسمت فوقانی و تحتانی تشکیل شده است. در سطح زیرین قسمت تحتانی مگنت و در قسمت بالایی آن دیسک مسی قرار می‌گیرد. سپس سریج بسته می‌شود. الکترولیز پس از وارد کردن سلول آماده به داخل بشر و پوشاندن دهانه آن، به مدت ۳-۴ ساعت بر روی هیتر مگنت دار و در دمای بین  $80-90^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد انجام می‌شود. چرخش یکنواخت سلول در داخل محلول به نهشت یکنواخت  $^{210}\text{Po}$  روی سطح دیسک کمک کرده و راندمان شیمیایی را افزایش می‌دهد.



جهت طیف سنجی آلفا از یک آشکار ساز ضخامت سطحی سیلیکونی مدل Artec-142 با سطح موثر ۴۵۰ میلی متر مربع و ضخامت ۱۰۰ میکرون و محفظه خلاء Canberra7400A با میزان خلاء حدود  $10^{-2}$  mmHg استفاده شده است. قدرت تفکیک انرژی (FWHM) برای پیک  $^{210}\text{Po}$  ۲۵ کیلو الکترون ولت می باشد. نمونه در فاصله ۰/۵ سانتیمتری از آشکار ساز قرار گرفته و زمان شمارش ۶۰۰۰۰ ثانیه بوده است. کالیبراسیون انرژی سیستم با استفاده از چشمه های  $^{241}\text{Am}$  و  $^{239}\text{Pu}$  انجام گرفت و راندمان شمارش سیستم ۲۷ درصد و حداقل اکتیویته قابل آشکار سازی  $6.5 \times 10^{-2}$  Bq kg<sup>-1</sup> می باشد. برای تعیین میزان پرتوزایی پلونیوم  $^{210}\text{Po}$ ،  $^{209}\text{Po}$  و  $^{208}\text{Po}$  به ترتیب از پیکهای انرژی ۴/۸۸۲، ۵/۱۱۶ و ۵/۳۰۵ مگا الکترون ولت استفاده می شود. شکل اظیف آلفای حاصل از شمارش یکی از نمونه هارانشان می دهد.

#### نتایج و بحث

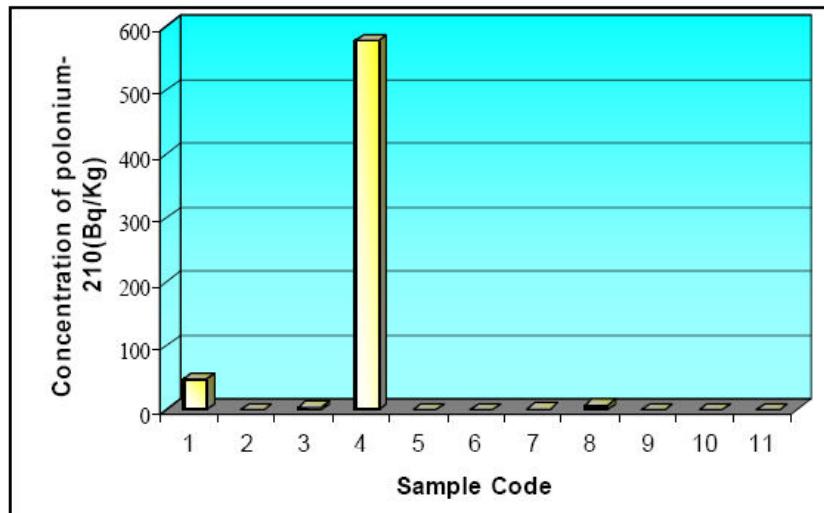
داده های حاصل از سنجش  $^{210}\text{Po}$  در نمونه های تهیه شده از کودهای شیمیایی جدول انشان داده شده است. میزان  $^{210}\text{Po}$  در کودها از  $0.37 \pm 0.05$  Bq kg<sup>-1</sup> تا  $577 \pm 8$  Bq kg<sup>-1</sup> تغییر می کند. این میزان در کودهای سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل، کلرور پتاسیم و نیترات + فسفات مشاهده شده است. بیشترین مقدار پرتوزایی در کود سوپر فسفات تریپل (TSP) به میزان  $577 \pm 8$  Bq kg<sup>-1</sup> مشاهده شده است. که این مقدار در مقایسه با میزان  $^{210}\text{Po}$  کود سوپر فسفات تریپل مصرفی در ترکیه ( $72.46$  Bq kg<sup>-1</sup>) خیلی بیشتر است. کودهای ازتی سهم مهمی را در پرتوزایی  $^{210}\text{Po}$  ندارند، طبق نتایج بدست آمده میزان  $^{210}\text{Po}$  این کودها کمتر از حد آشکار سازی است. اما کودهای فسفات به خاطر منشأ شان شامل مقادیر قابل توجهی از  $^{210}\text{Po}$  می باشند. این کودها دلیل تسریع در رشد زایشی گیاه در اغلب مزارع کشاورزی از جمله برنج، چای، سیب زمینی استفاده می شوند. در بین کودهای فسفات کود سوپر فسفات تریپل بالاترین رقم مصرفی را در ایران و نیز کشورهای

دیگر داراست. این میزان برای استان گیلان در سال ۱۳۸۴، ۱۱۱۹۹/۴ تن بوده است. در شکل ۲ موجودی  $^{210}\text{Po}$  بر حسب  $\text{Bq kg}^{-1}$  در انواع کودهای مختلف نشان داده شده است. جدول ۱: پرتوایی  $^{210}\text{Po}$  در نمونه های کودهای شیمیایی

شماره نمونه	نوع کود	پرتوایی ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
1	ماکرو - Macro	$49 \pm 2$
2	اوره- Urea	$< 6.5 \times 10^{-2}$
3	سولفات پتاسیم	$5.3 \pm 0.4$
4	سوپر فسفات تریپل	$577 \pm 8$
5	Master	$0.37 \pm 0.05$
6	سولفات آمونیوم	$< 6.5 \times 10^{-2}$
7	کلرورپتاسیم	$2.2 \pm 0.3$
8	نیترات + فسفات	$7.7 \pm 0.5$
9	Melspray	$< 6.5 \times 10^{-2}$
10	روی (Zn)	$< 6.5 \times 10^{-2}$
11	Flora	$< 6.5 \times 10^{-2}$



شکل ۱: طیف بدست آمده از نمونه نهایی، پیکها به ترتیب از چپ به راست مربوط اند به  $^{210}\text{Po}$ ،  $^{208}\text{Po}$ ،  $^{209}\text{Po}$



شکل ۲: موجودی  $^{210}\text{Po}$  بر حسب  $\text{Bq kg}^{-1}$  در نمونه های مورد سنجش

منابع

- [1]. Papastefanou, C. (2001) Radiological impact from atmospheric release of  $^{238}\text{U}$  and  $^{226}\text{Ra}$  from Phosphate rock processing plants. Journal of environmental Radioactivity 54, 75-83.
- [2]. Righi, S., et al. (2005) Health and environmental impacts of a fertilizer plant – part I: Assessment of radioactive Pollution. Journal of Environmental Radioactivity. 82, 167-182
- [3]. Nour, K.A., et al. (2005). Natural Radioactivity in farm Soil and Phosphate fertilizer and environmental radioactivity. Journal of environmental Radioactivity. 84, 51-64.
- [4]. Parfenov, Yu. D. (1974) Polonium -210 in the environment and in the human organism. Atomic Energy Review 12, 75 -143.