بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک موجود در نمونه برنج پرمصرف عنبربو در مناطقی از استان خوزستان

بنیامین شیرزاد [a]، نازنین خاکی پور [b]*

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

[b] استادیارگروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۶/۱۳

DOI: 10.30495/JFTN.2021.19175 https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.19.1.4.1

چکیده

مقدمه: آلودگی فلزات سنگین یکی از مشکلات مهم زیست محیطی و یکی از نگرانی‌های بهداشت موادغذایی به شمار می‌آید. برنج، به ویژه برنج سفید اساسی ترین غذا در رژیم غذایی افراد مختلف از جمله در کشورهای آسیایی و دومین غذای پرمصرف در بین مردم ایران است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به منظور کنترل و تعیین غلظت کادمیوم، سرب و آرسنیک در نمونه برنج عنبربو در مناطقی از استان خوزستان انجام شد. برای این منظور، ۷ نمونه از برنج عنبربو به همراه خاک مورد کشت تهیه گردید و پس از آماده سازی، سنجش غلظت‌های کادمیوم، سرب و آرسنیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ICP انجام شد. پس از جمع آوری داده‌ها بوسیله نرم افزار آماری SPSS آنالیز و سپس با استاندارد ملی مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم، سرب و آرسنیک در نمونه‌های برنج به ترتیب ۰/۰۲۹۲ ، ۰/۰۰۷۵ و ۰/۰۰۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و همچنین میانگین غلظت این عناصر در خاک مورد آزمون به ترتیب فوق ۰/۰۰۷۱، ۱۸۷/۰۹و۱۶/۱۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن خشک بود. تفاوت معنی داری میان غلظت کادمیوم، سرب و آرسنیک در نمونه‌های برنج مشاهده گردید ($p<0.05$). میانگین غلظت فلزات ذکر شده در نمونه‌های برنج به طور قابل توجهی کمتر از مقادیر تایید شده موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بود.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر آن است که میزان آلودگی به انواع فلزات سنگین در حد قابل قبول است و تفاوت اندک در مقدار فلزات سنگین احتمالا به عوامل متعددی چون وضعیت جغرافیایی منطقه کشت، ویژگی خاک و وضعیت صنعتی منطقه بستگی دارد. پس از بررسی نتایج به دست آمده از خاک و برنج‌های نمونه برداری شده مشاهده شد، ارتباط مستقیم و معناداری در میزان فلزات سنگین موجود در نمونه خاک و برنج رشد یافته در آن وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: *اسپکتروفتومتر ICP، آرسنیک، برنج، سرب، کادمیوم*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: nazanin_kh_43713@yahoo.com

مقدمه

طی دهه‌های گذشته، آلودگی فلزات سنگین در خاک کشاورزی توجه جهانیان را جلب کرده است (Alloway, 2012). فلزات سنگین علاوه بر اینکه به طور طبیعی از طریق هوادیدگی فیزیکی و شیمیایی به خاک وارد می‌شوند، در خاک‌های زراعی عمدتا ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند آبیاری فاضلاب، ورودی کود بی حد و حصر، رسوب فلزات موجود در هوا از طریق ذوب و احتراق سوخت‌های فسیلی هم وارد می‌شوند (Lue *et al*., 2009). فرآیندهای تشدید آلودگی خاک خطرات بالقوه‌ای را برای محیطزیست و تولید محصولات ایمن ایجاد کرده است (Hu *et al*., 2016). تخلیه فاضلاب‌های شیمیایی در محیط زیست و استفاده بیش ازحد از کودهای شیمیایی به منظور اصلاح ویژگیهای خاک میتواند سبب افزایش آلاینده‌ها ازجمله فلزات سنگین گردد (Zhao *et al*., 2015). آلودگی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی ممکن است منجر به بی نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد (Li *et al*., 2006).

برنج مهم‌ترین غله آسیا و پس از گندم دومین غله مهم دنیاست که غذای عمده بیش از نیمی از جمعیت کره زمین را تشکیل می‌دهد (امام، ۱۳۸۳). برنج اگرچه از نظر سطح زیر کشت پس از گندم قرار دارد ولی ۸۵ درصد از کل تولید آن به مصرف تغذیه انسان می رسد. طبق گزارش FAO تقریباً ۳۰ درصد از منبع انرژی و ۲۰ درصد از منبع پروتئین مردم جهان از طریق مصرف برنج فراهم می‌گردد (Zazuli, 2010). این محصول برای رشد خود به عناصر غذایی از جمله فسفر نیاز دارد و برای جبران کمبود این عنصر در خاک،کودهای شیمیایی فسفره استفاده می‌شود. زیاده روی در مصرف کودهای شیمیایی بدون توجه به آزمون خاک و آلاینده‌های موجود در این کودها، علاوه بر مشکلات اقتصادی، سبب تجمع بیش از حد فسفر و بدنبال آن آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اراضی کشاورزی از جمله شالیزارها شده است (Malakoti, 1998). جایی که باروری ذاتی خاک کم است، اغلب کشاورزان تمایل به افزایش مصرف کود در چندین نوبت دارند. فلزات سنگین نگران کننده در کود شامل آرسنیک، کادمیوم، سرب و به میزان کمتر نیکل و روی بوده که استفاده مداوم از کود دارای آرسنیک و خاک آلوده به آن از طریق جذب گیاه به زنجیره غذایی منتقل می‌گردد (Budaghi *et al*., 2011). به دلیل رشد سریع برنج و حجم زیست توده زیاد، جذب فلزات سنگین از خاک در برنج، بسیار زیاد است (Arao *et al*., 2010). در میان محصولات کشاورزی اصلی، برنج محصول ویژه با جذب و تجمع کادمیوم، سرب و آرسنیک بالا است (Chani *et al*., 2004). در میان فلزات سنگین، کادمیوم به دلیل تحرک نسبتا بالا در خاک‌ها و سمیت شدید بیولوژیکی حتی در غلظت کم عامل نگرانی است. در سرتاسر آسیا، شالیزارهای برنج اغلب به مناطق صنعتی که ضایعات شیمیایی شان را به کانال‌های آبیاری استفاده شده برای آبیاری شالیزارها تخلیه می‌کنند، نزدیک هستند (Lin, 2002). آرسنیک (As) و کادمیوم (Cd) دو عنصری هستند که خطر سرطان ریه و کارسینوم کلیه را افزایش می‌دهند (Zukowska and Biziuk, 2010). ویژگی بارز فلزات سنگین، پایداری آنها است و مانند اغلب مواد آلی طی فرآیندهای زیستی و شیمیایی تجزیه نمی شوند و در نتیجه با تغلیظ و تجمع این فلزات در مواد غذایی و محیط زیست باعث صدمات مهم و جبران‌ناپذیری می‌گردند (Ashja, 2008).

مصرف مزمن فلزات سنگین از طریق مصرف برنج می‌تواند اثرات جدی بر اختلالات روان پریشی و صدمات جبران ناپذیری به سلامت انسان ایجاد کند. مصرف طولانی مدت برنج آلوده، به طور گسترده ای منجر به ایجاد علامت Itai-Itai با مصرف کادمیوم (Kim and Thornton,1993) و کاهش ضریب هوشی با مصرف سرب (Norton *et al*., 2014) خواهد شد. قرار گرفتن در معرض Pb ، Cd و As تهدید اصلی برای سلامت انسان می‌باشد (Jarup, 2003). در طولانی مدت غلظت Cd وAs در خاک کشاورزی توسط کاربرد کود فسفاته افزایش می‌یابد. به عنوان مثال سالانه یک گرم در هکتار Cd و به طور متوسط حدود ۳ گرم در هکتار As در خاک یافت می‌شود (Molina *et al*., 2009). از این رو، انتقال فلزات سنگین به سیستم خاک و برنج به عنوان یک مسئله نگران‌کننده در دنیا مطرح شده است. بررسی فلزات سنگین موجود در سیستم‌های خاک و برنج که شامل تحقیقات میدانی منطقه ای است، باید به دلیل اهمیت بیشتر آنها برای روش‌های زراعی تشویق شود (Bin *et al*.,

2020). از جمله این مطالعات می‌توان به گزارشی که توسط Gharachorloo و همکاران در سال ۲۰۱۹ انجام شد، اشاره کرد. آنها در مطالعه ای که بر میزان آرسنیک در برنج ایرانی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که افزایش مقادیر آرسنیک در خاک کشاورزی عامل افزایش میزان آرسنیک در برنج سفید است. بر طبق یافته‌های آن‌ها، میزان آرسنیک در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه کمتر از مقدار استاندارد ملی ایران بود. در مطالعه مشابهی که در سال ۲۰۱۷ بر روی برنج ایرانی در منطقه سوادکوه توسط Banitahmasb و Khakipour انجام شد، گزارش شد که تمامی نمونه‌ها حاوی مقادیری کادمیوم بودند اما این مقادیر پایین‌تر از حد اعلام شده توسط موسسه استاندارد ایران بود و مصرف این برنج‌ها ایمن گزارش گردید.

در این پژوهش، مطالعه و بررسی میزان عناصر سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک در نمونه برنج عنبربو مورد کشت در نواحی شمالی استان خوزستان و همچنین ارزیابی خاک منطقه مورد کشت صورت گرفته تا در نهایت بتوان با ارزیابی و مقایسه نتایج بررسی‌ها با میزان قابل قبول استاندارد، شرایط تغذیه ای برنج مورد نظر بررسی شود.

مواد و روش‌ها

خوزستان در سال ۹۸ با ۲۰۶ هزار هکتار اراضی زیر کشت برنج، ۹۷۰ هزار تن از برنج مورد نیاز کشور را تولید کرده که بیشترین رقم آن برنج عنبربو بوده است. برنج عنبربو عمدتا در شهرهای اهواز، باغملک، شوشتر، دزفول، خرمشهر، رامهرمز و شادگان از استان خوزستان کشت می‌شود اما معمولا شهر شوشتر را با بهترین نوع برنج عنبربو آن می‌شناسند. در این تحقیق از مناطق مختلف شهرستان شوشتر واقع در استان خوزستان، ۷ نمونه تصادفی برنج عنبربو به همراه خاکی که در آن رشد کرده بودند نمونه‌برداری شد. تمامی نمونه‌ها با ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. مقدار ۲۰ گرم از نمونه برنج را با ترازوی آزمایشگاهی با دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ گرم داخل یک کروزه، وزن کرده و به منظور خشک کردن نمونه، کروزه روی هیتر و در محدوده دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای انجام عمل خاکستر سازی کروزه داخل کوره تا دمای حداکثر ۵۰ ± ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت حداقل ۸ ساعت قرار گرفت. بعد از تبدیل کامل نمونه به خاکستر، مقدار ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار درون کروزه اضافه شده، بطوریکه تمام محتویات خاکستر داخل کروزه به اسید آغشته گشت. سپس با قرار دادن کروزه روی حمام آب، اسید اضافه شده تبخیر شد. به منظور حل نمودن محتویات باقی مانده داخل کروزه، مقدار ۳۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار به داخل کروزه اضافه شده، بطوریکه تمام محتویات به اسید آغشته شد. برای اندازه‌گیری عناصر سرب و کادمیوم و آرسنیک، از روش طیف سنجی نوری جذب اتمی طبق استاندارد ملی شماره ۹۲۶۶ استفاده گردید، تنظیم دستگاه در ارتباط با اندازه‌گیری عناصر، اعم از تنظیم طول موج لازم، شدت جریان گازها، برنامه‌ریزی دمایی و تنظیم دیگر فاکتورهای دستگاهی، برمبنای دستورالعمل ارائه شده توسط کارخانه سازنده دستگاه انجام شد. نمونه‌های خاک در برابر هوا خشک و به کمک چکش پلاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. از خاک جمع‌آوری شده در زیر الک برای انجام تجزیه های شیمیایی استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین در خاک از عصاره‌گیر DTPA به همراه کلرید کلسیم و تری اتانول آمین استفاده شد و pH محلول عصاره گیر در حدود ۷/۳ تنظیم گردید. سپس غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل ULTRACE JY 13 اندازه‌گیری شد. در پژوهش حاضر به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های توصیفی و از آمار استنباطی برای آزمون فرضیه‌های پژوهش استفاده گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگوروف–اسمیرنوف[1] استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین فلزات سنگین با حد استاندارد از آزمون دانکن و جهت بررسی ارتباط بین میزان فلزات سنگین در خاک و برنج از ضریب همبستگی پیرسون[2] استفاده شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS[3] نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سطح سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

[1] One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test
[2] Pearson's Correlation Coefficient
[3] Statistical Package for the Social Sciences

یافته‌ها

به منظور مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک موجود در برنج و خاک مورد کشت آن با حد استاندارد از آزمون دانکن استفاده شد. نمودارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب میانگین میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه‌های برنج مورد بررسی را نشان می‌دهد.

نمودارهای ۴ ، ۵ و ۶ به ترتیب میانگین میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه های خاک مورد بررسی را نشان می‌دهد.

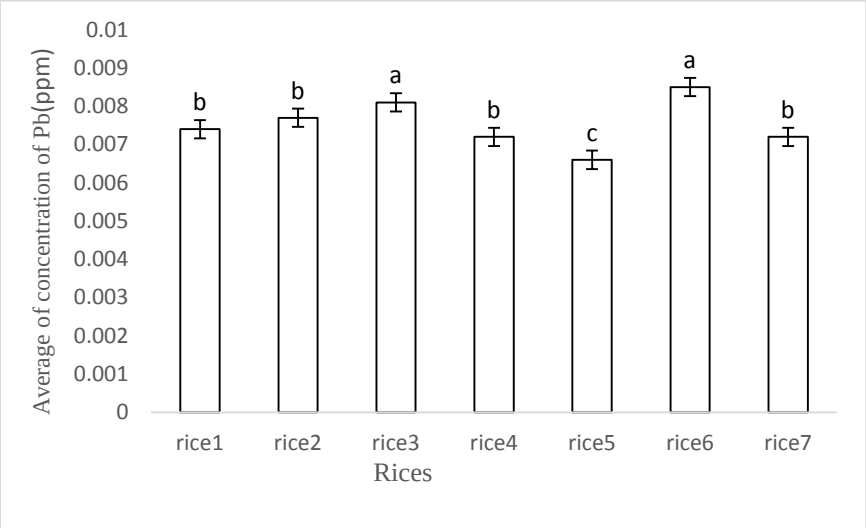

Figure 1 - Comparison of average lead concentrations in different rice samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودار ۱- مقایسه میانگین میزان سرب در نمونه های برنج
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

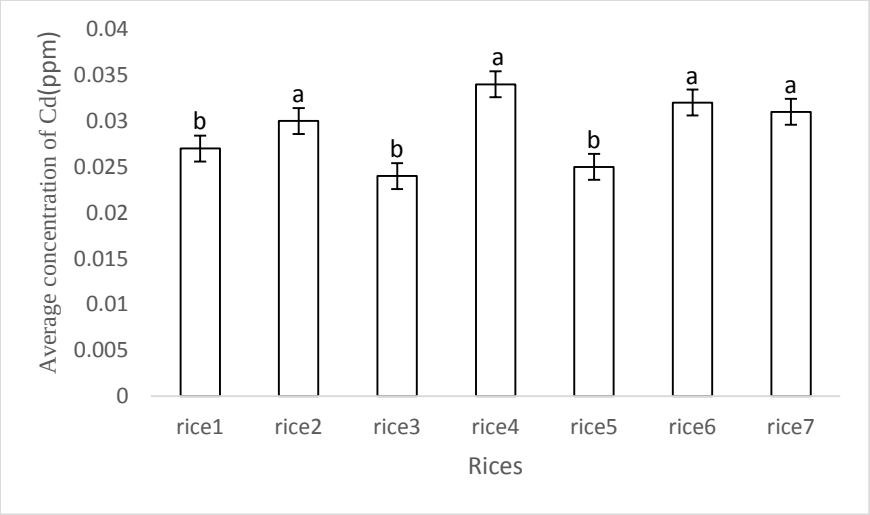

Figure 2 - Comparison of average cadmium concentrations in different rice samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودار ۲- مقایسه میانگین میزان کادمیوم در نمونه های برنج
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

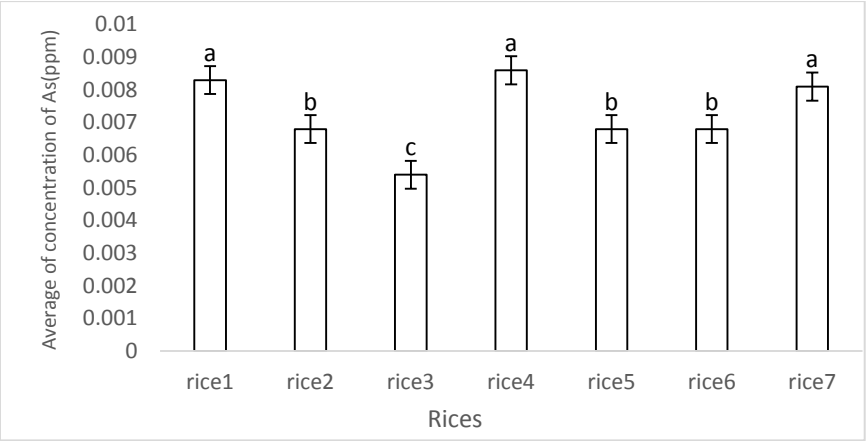

Figure 3 - Comparison of average arsenic concentrations in different rice samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودار ۳- مقایسه میانگین میزان آرسنیک در نمونه های برنج
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

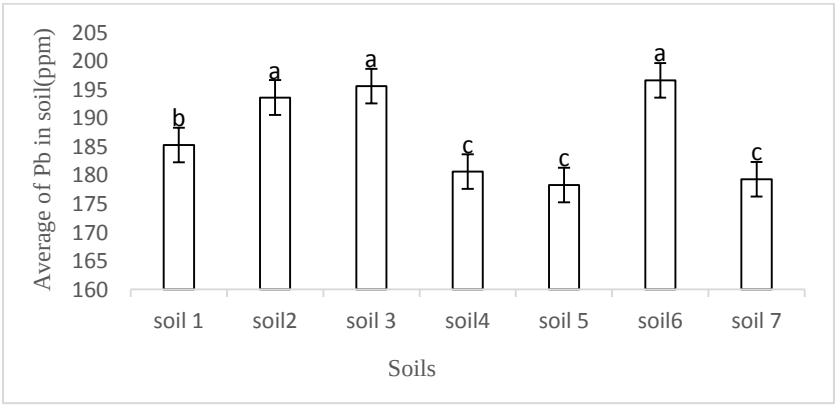

Figure 4 - Comparison of average lead concentrations in different soil samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودر ٤- مقایسه میانگین میزان سرب در نمونه های خاک
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

Figure 5 - Comparison of average cadmium concentrations in different soil samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودار ۵- مقایسه میانگین میزان کادمیوم در نمونه های خاک
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

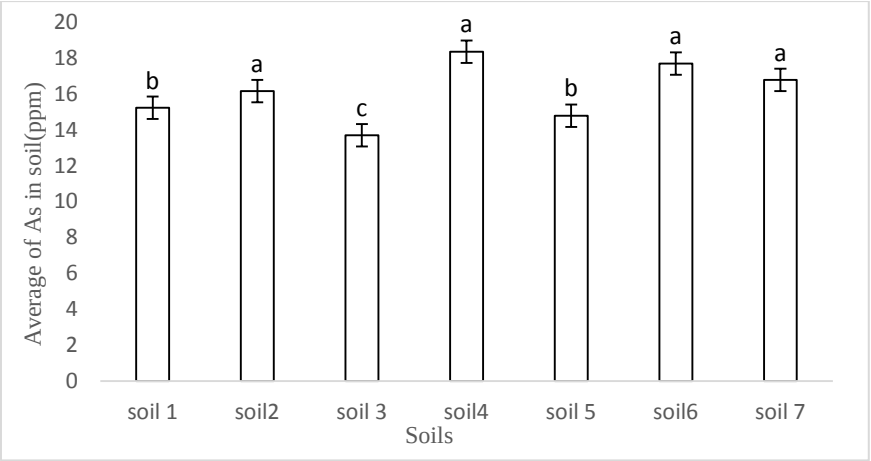

Figure 6 - Comparison of average arsenic concentrations in different soil samples
Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

نمودار ٦- مقایسه میانگین میزان آرسنیک در نمونه های خاک
حروف متفاوت نشاندهنده اختلاف آماری معنی داری می‌باشد (p<0.05)

بحث

آلودگی برنج با فلزات سنگین یکی از موارد محتمل آلودگی های محیطی است که طی آن تحت شرایط خاصی از قبیل آلودگی آب، خاک و نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و فاضلاب مربوطه، عناصر سنگین به برنج منتقل شده و در آن تجمع پیدا می‌کنند. لذا در سال های گذشته بررسی و تشخیص آلودگی برنج به فلزات سنگین موضوع بسیاری از مقالات علمی را به خود اختصاص داده است. به خصوص حساسیت بیشتر شامل کشورهایی می‌گردد که برنج یکی از محصولات اصلی کشاورزی آن‌ها را تشکیل داده و صادرات برنج نقش مهمی در اقتصاد آن‌ها داشته است. در این گروه، از کشورهای جنوب شرق آسیا گزارش‌هایی از آلودگی برنج تولیدی در این مناطق با حدود بیش از حد مجاز، ارائه شده است (Hu *et al*., 2016; Bin *et al*., 2020). در پژوهش حاضر تلاش شد تا با اندازه گیری میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه‌های مورد بررسی میزان این فلزات با مقادیر تعیین شده در استاندارد مقایسه شود. نتایج به دست آمده نشانگر آن است که بیشترین مقدار فلز سنگین سرب مربوط به برنج عنبربو ۶ بوده و کمترین میزان آن در نمونه‌های عنبربو ۵ مشاهده شد. تمامی نمونه‌های مورد آزمایش حاوی سرب بود ولی با توجه به محدوده استاندارد تعیین شده در ایران منع مصرفی برای هیچ یک از انواع مورد بررسی وجود ندارد. حد مجاز این فلز در استاندارد ملی ایران ۰/۲ ppm تعیین شده است. در رابطه با عنصر کادمیوم، نتایج به دست آمده نشانگر آن است که بیشترین مقدار فلز سنگین کادمیوم مربوط به برنج عنبربو ۴ بوده و کمترین میزان آن در نمونه‌های عنبربو ۳ مشاهده شد. تمامی نمونه‌های مورد آزمایش حاوی کادمیوم بود ولی با توجه به محدوده استاندارد تعیین شده در ایران منع مصرفی برای هیچ یک از انواع مورد بررسی وجود ندارد. حد مجاز فلز کادمیوم در استاندارد ملی ایران ۰/۰۶ppm تعیین شده است. نتایج به دست آمده در مورد آرسنیک، گویای این مطلب است که میزان این فلز در تمامی برنج‌های مورد مطالعه با وجود اینکه از نظر مقادیر با هم اختلاف معنی‌داری دارند (p<0.05) کمتر از حد تعیین شده در استاندارد ملی است و مصرف آن‌ها بلامانع است. استاندارد ملی ایران میزان مجاز فلز آرسنیک را در برنج ppm ۰/۱۵ اعلام کرده است. دفع زباله‌های شهری و صنعتی، گازهای خروجی خودرو، فعالیت‌های معادن و شیوه‌های کشاورزی منجر به تجمع فلزات در خاک می‌شود (Atafar *et al*., 2010). فلزات سنگین نگران کننده در کود شامل As، Cd، Pb و به میزان کمتر Ni و Zn بوده (McCauley *et al*., 2009) که استفاده مداوم از کـود دارای آرسنیک و خاک آلوده به آن، از طریق جذب گیاه به زنجیره غذایی منتقل می‌گردد (Brent Clothier *et al*., 2004). در برخی از گزارشات، نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده شدن آب و خاک به فاضلاب آنها، عامل تجمع فلزات سنگین و خصوصاً سرب، کادمیوم و آرسنیک

شناخته شده است. به منظور تعیین میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک در خاک‌های نمونه برنج‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر این فلزات در خاک، مورد اندازه گیری قرار گرفتند. پس از بررسی نتایج به دست آمده از خاک و برنج های نمونه برداری شده مشاهده شد، ارتباط مستقیم و معناداری در میزان سرب موجود در نمونه خاک و برنج رشد یافته در آن وجود دارد. چنانکه نتایج نشان داد بیشترین میزان سرب در خاکی که برنج عنبربو۵ در آن رشد یافت و معادل ۱۹۸/۶۷ppmبود و برنج عنبربو ۵ نیز بیشترین میزان سرب را داشت (۰/۰۷۱۳ ppm). در تحقیق حاضر ارتباط مستقیم و معناداری بین کادمیوم موجود در خاک و کادمیوم موجود در برنج کشت شده در آن یافته شد و این ارتباط در تمامی نمونه‌های مورد بررسی قابل مشاهده بود. مقدار کادمیوم در تمام نمونه‌ها اختلاف معنی داری داشتند ($p<0.05$). بیشترین میزان کادمیوم در خاک عنبربو ۴ وجود داشته است و کمترین میزان آن در خاکی که برنج عنبربو ۵ در آن رشد کرده بود مشاهده شد. میزان آرسنیک موجود در خاک و برنج های مورد بررسی نیز دارای ارتباط مثبت معناداری بود ($p<0.05$). میزان آرسنیک در برنج عنبربو۱، ppm ۰/۰۲۷ و میزان آن در خاکی که این برنج در آن رشد کرده بود ppm ۱۵/۲۳ بود. همچنین این میزان در برنج عنبربو۲، ppm ۰/۰۰۳ و در خاک آن ppm ۱۶/۱۶ بود. در برنج عنبربو۴ بیش‌ترین میزان آرسنیک مشاهده شده بود (ppm ۰/۰۳۴) و دیده شد در خاک آن نیز بالاترین میزان این فلز و معادل ppm ۱۸/۳۶ وجود دارد.

در مطالعات صورت گرفته از محصولات عمل آمده در بنگلادش، مناطقی از هند، چین، ویتنام و اندونزی، آبیاری برنج با آب‌های آلوده به آرسنیک و کشت برنج در مزارع آلوده به آن باعث تجمع آرسنیک و کشت برنج و بحران آرسنیک در این مناطق معرفی شده است، در این رابطه، کود کشاورزی آلوده یکی از منابع اصلی آلودگی برنج به فلزات سنگین شمرده شده است (رضائیان عطار و مسیبی،۱۳۹۲; Polizzotto *et al.*, 2008). در رابطه با سرب برخی مطالعات بیان داشته‌اند خاک و ریشه گیاهان از جمله برنج قادر به جذب و تثبیت سرب هستند. به این ترتیب میزان کمی سرب از طریق آب و خاک به دانه برنج منتقل می‌شود و عموما آلودگی سرب در محصولات نزدیک جاده‌ها و کارخانجات صنعتی آلاینده و به شکل آلودگی محیطی گزارش شده است (Zueng, 1989)، در این مطالعه مقدار فلز کادمیوم قابل تشخیص نبود (کمتر از ۰/۰۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ولی در مطالعه‌ای که توسط Zazouli و همکاران (۲۰۰۸) بر روی برنج های ایرانی انجام شده میانگین محتوای کادمیوم را mg/kg ۰/۴ گزارش نمود. Zarcinas و همکاران (۲۰۰۴) تحقیقی بر روی خاک های جنوب شرقی آسیا (تایلند) انجام دادند و گزارش دادند که فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب و روی) در خاک به شکل قابل دسترس تجمع یافته، سپس از طریق خاک به گیاهان و محصولات کشاورزی منتقل می‌شوند. آن‌ها همچنین به یک رابطه بین مقدار این فلزات در خاک و غلظت آنها در گیاهان پی بردند. Zeng و همکاران (۲۰۰۸) با توجه به اثر ژنتیک و شرایط محیطی بر روی گیاه برنج تحقیقاتی انجام دادند و تاثیر خاکی که برنج در آن رشد کرده را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که رابطه معنی‌داری بین میزان فلزات سنگین خاک و میزان تجمع آن‌ها در گیاه برنج وجود دارد. نوع و گونه گیاه عامل مهمی است که در رابطه با تعیین میزان آلایندگی فلزات سنگین اهمیت دارد. بر اساس گزارش Bakhtiarian و همکاران در سال ۲۰۰۱ روی برنج‌های منطقه شمال ایران، نشان داده شده که بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در برنج حسنی به ترتیب حدود ppm ۰/۹۶۵ و ppm ۰/۰۷۹۳ است که در مقایسه با مقدار سرب و کادمیوم بدست آمده در تحقیق حاضر بسیار بیشتر می‌باشد. Kabata-Pendias (۲۰۰۰) میزان کادمیوم را در غلات جهان در محدوده ۰/۰۱۳ تا ۰/۲۲ و برای سرب در محدوده ۰/۱ تا ۱/۰۸ میلی گرم بر کیلوگرم بیان کرد. نتایج مطالعه حاضر در مورد کادمیوم و سرب کمتر از این مقدار بود. Jung و همکاران (۲۰۰۵) نیز مقدار سرب، کادمیوم و مس را در برنج‌های کره جنوبی به ترتیب در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۰۳۲ برای کادمیوم و (با میانگین ۰/۰۲۱) و برای سرب ۰/۰۸۱۱ تا ۰/۳۷۴ (با میانگین ۰/۲۰۶) میلی گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند. Watanabe و همکاران در سال ۱۹۹۶ تحقیقی بر روی کادمیوم در برنج در سراسر جهان (حدود ۱۷ منطقه از دنیا مخصوصا آسیا) انجام دادند. در کل ۱۵۴۶ نمونه آنالیز شد و داده ها نشان دادند که بیشترین مقدار کادمیوم در آسیا ng/g ۵۵/۷۰ و در

خارج از آسیا ng/g ۱۳۳/۲۰ می‌باشد. میزان کادمیوم در مطالعه حاضر کمتر از میانگین کادمیوم در آسیا بود. Naghdipour و Fazlara در مطالعه‌ای که در سال (۲۰۱۷) بر روی غلظت فلزات سنگین در برنج‌های ایرانی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان سرب مربوط به برنج چمپا بهبهان و کمترین مقدار سرب صفر بود. مقدار کادمیوم در کلیه نمونه های برنج قابل تشخیص نبود بدین معنا که میزان آن کمتر از حد تشخیص دستگاه بوده است و مقدار آرسنیک در تمام نمونه برنج ها بیش از حد مجاز بدست آمد. میزان سرب در ۸ نوع برنج بهتر از حد استاندارد و در محدوده مجاز می‌باشد ولی در برنج چمپا بهبهان میزان سرب بالاتر از حد مجاز بوده و و وضعیت چندان مطلوب نیست. Mobaraki و همکاران در سال ۲۰۱۳ در مطالعه‌ای به بررسی میزان کادمیوم، سرب و آرسنیک در ۵۰ نمونه برنج سفید پاکستانی از ۱۰ مارک تجاری پرفروش شهر زاهدان پرداختند که نتایج بیانگر آن بود هیچکدام از نمونه های برنج میزان کادمیوم بالاتر از حد مجاز نداشتند Budaghi و همکاران در سال ۲۰۱۱ میزان فلزات سنگین آرسنیک،کادمیوم وسرب در خاک و آب زیرزمینی و ارتباط آن با کود شیمیایی در خاک شالیزاری در شهرستان قائم شهر را بررسی و به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین در آب صفر و در خاک پایین تر از استاندارد جهانی بوده است. تنها در کود سوپرفسفات تریپل غلظت کادمیوم بیشتر از مقدار استاندارد بوده است. از بین سه کود مصرفی تنها رابطه معنی‌دار بین میزان کود مصرفی پتاس با غلظت کادمیوم در خاک مشاهده شد. Mosaferi و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی محتوای فلزات سنگین شامل سرب، آرسنیک و کادمیوم در برنج‌های وارداتی استان هرمزگان پرداختند.

نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر آن است که میزان آلودگی به انواع فلزات سنگین در حد قابل قبول است و تفاوت اندک در مقدار فلزات سنگین احتمالا به عوامل متعددی چون وضعیت جغرافیایی منطقه کشت، ویژگی خاک و وضعیت صنعتی منطقه بستگی دارد. لذا پیشنهاد می‌گردد اندازه‌گیری دوره ای فلزات سنگین در خصوص ایجاد سیستم عملیاتی مناسب جهت تحقق امنیت غذایی و ترغیب کشاورزی ارگانیک صورت پذیرد. در مطالعه حاضر مقدار سرب، کادمیوم و آرسنیک در ۷ نمونه برنج و خاکی که در آن رشد کرده بودند در شهرستان شوشتر اندازه گیری شد. مقادیر گزارش شده در مقایسه با غلظت استاندارد سرب، کادمیوم و آرسنیک در برنج مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۶۸ و در مقایسه با میزان مجاز که توسط معاونت غذا و داروی وزارت بهداشت اعلام شده است (ppm ۰/۱ برای کادمیوم، ۰/۱۵ برای آرسنیک و ۰/۲ برای سرب) بسیار کمتر بود. در نهایت می‌توان گفت برنج های کشت شده در شهرستان شوشتر در استان خوزستان از نظر غلظت فلزات سنگین نظیرآرسنیک، کادمیوم و سرب حاوی مقادیر بسیار پائین تر از حد مجاز می‌باشد و استفاده از آن‌ها خطری برای سلامتی انسان ندارد. . پس از بررسی نتایج به دست آمده از خاک و برنج‌های نمونه برداری شده مشاهده شد، ارتباط مستقیم و معناداری در میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک موجود در نمونه خاک و برنج رشد یافته در آن وجود دارد.

منابع

Alloway, B. J. (2012). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability. Springer. Berlin.

Arao, T., Kawasaki, A., Mori, S. & Baba, K. (2010). Heavy metal contamination of agricultural soil and countermeasures in Japan. Paddy Water Environmental, 8, 47–257.

Ashja Ardalan, A., Salimi, L. & Khodadai, V. (2008) Determination of heavy metals (Hg, As, Cr, Pb, Zn, Cd) in fish muscle tissue and sediments of Babolrood river, the first national conference on environmental protection and planning [In Persian].

Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homaee, M., Yunesian, M. & Ahmadimoghaddam, M. (2010). Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. Environmental Monitoring Assess, 160(1), 83-89.

Bakhtiarian, A., Gholipour, M. & Ghazi-Khansari, M. (2001). Lead and cadmium content of korbal rice in Northern Iran. Iranian Journal Public Health, 30 (3-4), 129-132.

Banitahmasb, G. & Khakipour, N. (2017) Cadmium Contamination in Rice Cultivation in Savadkooh Region, North of Iran. Open

Journal of Soil Science, **7**, 69-76. doi: 10.4236/ojss.2017.73005.

Bin**,** G. C. H**.,** Wenbin**,** T**.,** Mingxing**,** X**.,** Chunlei**,** H**.,** Hanqin**,** Y**.,** Yicheng**,** L. & Qinglin**,** F. (2020). Health risk assessment of heavy metal pollution in a soil-rice system: a case study in the Jin-Qu Basin of China. 11490**.** nature communications**.**

Brent Clothier, R. B., Bolan, N.S., Mahimairaja, S., Greven, M., Moni, Ch. & Marchetti, M. (2004). Arsenic in the New Zealand environment. Australian New Zealand Soils Conference, 5-9 December, University of Sydney, Australia. [CDROM].

Budaghi, H., Younesian, M., Mahvi, A. H., Mohammadi, M. A., Dehghani, M. H. & Nazmara, Sh. (2011). Investigation of arsenic, cadmium and lead in soil and groundwater and its relationship with chemical fertilizer in paddy soil. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 21, 20-28 [In Persian].

Emam, Y. (2004). Cereal cultivation. Shiraz University Press. Investigation of Arsenic, Cadmium and Lead in soil and groundwater and its relationship with chemical fertilizer in paddy soil [In Persian].

Gharachoorloo, M., Zulfiqar, A., Bayat, M. & Bahrami, F. (2019). Arsenic tracking in Iranian rice: Analysis of agricultural soil and water, unpolished rice and white rice. Journal of Food Biosciences and Technology, 9(1),19-34.

Hu, Y., Cheng, H. & Tao, S. (2016). The challenges and solutions for cadmium-contaminated rice in China: A critical review. Environmental International, 92–93, 515–532.

Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. Brit Med Bull. 68(1), 167.

Jung, M. C., Yun, S. T. & Lee, J. S. (2005). Baseline study on essential and trace elements in polished rice. Environmental Geochemistry and Health, 27, 455.

Kabata-Pendias, A. (2000). Trace elements in soils and plants, 3rd edn. Newyork: CRC Press.

Kim, K. & Thornton, I. (1993). Influence of uraniferous black shales on cadmium, molybdenum and selenium in soils and crop plants in the Deog-Pyoun-g area of Korea. Environmental Geochemistry Health**,** 15, 119–133.

Lee, C. S., Li, X. & Shi, W. (2006). Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong.

Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D. & Zhu, Y. (2009). An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. Journal Environmental Management, 90, 2524–2530.

McCauley, A., Jones, C. & Jacobsen, J. (2009). Commercial fertilizers and soil amendments. Nutrition. Manage Module, 10, 4449-4410.

Malakooti, M. (1998). Achievements of Soil and Water Research Institute on Manure Manufacturing in Iran. Soil and Water Research Institute, Tehran-Iran [In Persian].

Sparks, D. L., Page, A. G., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, Johnston, C. T. & Sumner, M. E. (1996). Methods of soil analysis, The Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc.

Molina, M., Aburto, F., Calderon, R., Cazanga, M. & Escudey, M. (2009). Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of long term soil contamination. Taylor & Francis, 18(4), 497-511.

Mosaferi, F., Ahmadi, M., Poor Ramezani, F. & Abedi Arani, M. (2018). Investigation of heavy metal content including lead, arsenic and cadmium in imported rice of Hormozgan province in 2016-2017. Journal of Preventive Medicine, 5 (2), 65-73 [In Persian].

Mubaraki, A. R., Mirkazahi, A. & Safarzaie, A. (2014). Evaluation of cadmium, lead and arsenic in Pakistani white rice samples in Zahedan, 21st National Congress of Food Science and Technology of Iran, Shiraz University [In Persian].

Naqdipour, E. & Fazlara, A. (2017). Comparison of Iranian rice in terms of heavy metals, the 3rd International Conference on Iranian Food Industry, https://civilica.com/doc/810675 [In Persian].

Norton, G. J., Williams, P. N. & Adomako, E. E. (2014). Lead in rice: Analysis of baseline lead levels in market and field collected rice grains. Science of the Total Environment, 485–486, 428–434.

Polizzotto, M. L., Kocar, B. D., Benner, S. G., Sampson, M. & Fendorf, S. (2008). Near-surface wetland sediments as a source of arsenic release to ground water in Asia. Nature, 454(7203), 505-508.

Rezaian Attar, F. & Hesari, J. (2014). Investigation of contamination of high consumption imported rice in Tabriz with metallic contaminants of cadmium, lead and

arsenic, Journal of Food Industry Research, 23(4) [In Persian].

Watanabe, T., Shimbo, S., Moon, C. S., Zhang, Z. W. & Ikeda, M. (1996). Cadmium contents in rice samples from various areas in the world. Science of the Total Environment, 184, 191-196.

Zarcinas, B. A., Pongsakul, P., McLaughlin, M. J. & Cozens, G. (2004). Heavy metals in soils and crops in Southeast Asia, Thailand. Environmental Geochemistry Health, 26(4), 359-371.

Zazouli, M. A., Shokrzadeh, M., Izanloo, H. & Fathi, S. (2008). Cadmium content in rice and its daily intake in Ghaemshahr region of Iran. African Journal of Biotechnology, 7(20), 3686-3689.

Zazouli, M., Mohseni, A., Ebrahimi, M. & lzanloo, H. (2010). Investigation of Cadmium and Lead contents in Iranian rice cultivated in Babol region, Asian Journal of Chemistry, 22, 2, 1369-1376.

Zeng, F., Mao, Y., Cheng, W., Wu, F. & Zhang, G. (2008). Genotypic and environmental variation in Chromium, Cadmium and Lead concentrations in rice. Environmental Pollution. 153(2), 309-314.

Zhao, K., Fu, W., Ye, Z. & Zhang, C. (2015). Contamination and spatial variation of heavy metals in the soil-rice system in Nanxun County, Southeastern China. International Journal of Environmental Research Public Health, 12(2), 1577-1594.

Zueng, Z. S. (1989). Cadmium and Lead contamination of soils, rice plants, and surface water in Northern Taiwan. Soil and Fertility. in Taiwan. 39-47.

Zukowska, J. & Biziuk, M. (2010). Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. Journal of Food Science, 73, 21–29.

Food Technology & Nutrition / Winter 2022 / Vol. 19 / No.1

Investigation the Contamination of Heavy Metals Lead, Cadmium and Arsenic in High Consumption Rice Samples of Anbarbo in Some Parts of Khuzestan Province

B. Shirzad [a], N. Khakipour [b]*

[a] M. Sc. Graduated of the Department of Food Science, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

[b] Assistant Professor of the Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Received: 30 April 2021 Accepted: 4 September 2021

Abstract

Introduction: Heavy metal pollution, is one of the most important environmental problems and one of the concerns of food hygiene. Rice, especially white rice is the most important food in the diet of people in various asian countries and is the second staple food of the people of Iran.

Materials and Methods: This study was designed to determine the concentrations of cadmium, lead and arsenic in Anbarboo rice samples in areas of Khoozestan province. Seven Anbarboo rice samples and samples of cultivated soils were collected. The samples were prepared and subjected to ICP apparatus to analyze and determine the concentrations of cadmium, lead and arsenic. The obtained data was analyzed by SPSS statistical software and compared with the national standard.

Results: The results indicated that the mean concentrations of cadmium, lead and arsenic in the rice samples were 0.0292, 0.0075 and 0.0072 ppm respectively while the concentrations of these elements in the related soils were 0.0071, 187.09 and 16.110 ppm respectively.

Conclusion: It is therefore concluded that the concentrations of studied elements in the Anbarboo rice samples were less than the concentration defined by the national standard. It also may be concluded that many factors namely the nature of the soil and irrigation might affect and the concentrations of these elements in the rice samples.

Keywords: *Arsenic, Cadmium, Lead, Rice, Spectrophotometer (ICP).*

* Corresponding Author: nazanin_kh_43713@yahoo.com

علوم غذایی و تغذیه/ زمستان ۱۴۰۰/ سال نوزدهم/ شماره ۱