

بررسی غلظت جیوه در خاک و برنج‌های پرکشت استان مازندران و برنج‌های پر مصرف وارداتی (هندی) و ارزیابی احتمال خطر

سهیلا رضایی تبار^{1*}، عباس اسماعیلی ساری²، نادر بهرامی‌فر³

1- دانشجوی مقطع دکتری رشته محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، مازندران

2- استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، مازندران

3- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، مازندران

(تاریخ دریافت: 91/6/23 تاریخ پذیرش: 91/9/7)

چکیده

تحقیق حاضر در راستای سنجش میزان جیوه (Hg) در برنج‌های وارداتی و داخلی، مقایسه آن‌ها با یکدیگر و ارزیابی احتمال خطر صورت گرفته است. همچنین همبستگی غلظت جیوه در نمونه‌های خاک (مربوط به برنج‌های ایرانی) و برنج، و تأثیر تیمار پختن و شستن بر غلظت جیوه در برنج بررسی شده است. نمونه‌های خاک و برنج‌های پرکشت داخلی در آبان ماه سال 1388 از استان مازندران جمع‌آوری گردیدند. برنج‌های وارداتی پر مصرف هندی طبق روش کار اداره استاندارد هرمزگان، از لنج‌ها نمونه‌برداری شدند. جهت تعیین میزان جیوه در نمونه‌ها از دستگاه Mercury analyzer مدل Leco AMA 254 استفاده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت جیوه در برنج‌های ایرانی $(0/044 \pm 0/003 \mu\text{g g}^{-1}\text{d.w})$ به طور معنی‌داری بیش از برنج‌های وارداتی $(0/039 \pm 0/001 \mu\text{g g}^{-1}\text{d.w})$ می‌باشد ($P < 0/05$). به منظور ارزیابی احتمال خطر، میزان EDI این عنصر در منطقه مورد مطالعه، با حد قابل تحمل (TDI) تعیین شده توسط FAO/WHO مقایسه شد که مشخص گردید آلودگی نمونه‌های برنج به جیوه پایین‌تر از حد مجاز جهانی است و ارتباط معنی‌داری بین غلظت جیوه در خاک و برنج (ایرانی) وجود ندارد ($r=0/079$ و $p=0/567$). همچنین مشخص شد که تیمار پختن و شستن، اثر معنی‌داری بر غلظت جیوه در برنج ندارد ($p > 0/05$). در نهایت، ارتباط مواد آلی، بافت و pH خاک با غلظت جیوه در خاک و برنج بررسی و مشخص گردید که در هیچ یک از موارد ارتباط معنی‌داری وجود ندارد.

کلید واژگان: برنج، خاک، جیوه، ارزیابی احتمال خطر، EDI

* مسئول مکاتبات: rezaitabar.soheila@gmail.com

1- مقدمه

خاک به عنوان بستر زندگی بشر و منبعی برای کشت و زرع از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عواملی چون تخلیه انواع زباله‌ها و فاضلاب‌ها، استفاده از کودها، سموم و آفت-کش‌های متنوع، ته نشست مواد آلاینده از هوا، آبیاری با آب-های آلوده و غیره منجر به آلودگی خاک می‌شود [1]. از جمله مواد آلاینده در خاک می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد که از منابع طبیعی و انسانی سرچشمه گرفته و از عناصر پایدار در خاک محسوب می‌شوند [2]. قابلیت انتقال این آلاینده‌ها از خاک به گیاه و تجمع آن‌ها در بخش‌های خوراکی و قابل برداشت گیاهان، بستگی به عواملی نظیر خاک، فاکتورهای اقلیمی، ژنوتیپ گیاهی و مدیریت کشاورزی دارد [3]. این فلزات عمدتاً از مسیر زنجیره غذایی (خاک - محصول - غذا) وارد بدن انسان می‌شوند [1]. دسترسی زیستی این آلاینده‌ها برای انسان، بستگی به فرم شیمیایی آن‌ها در غذا، جیره غذایی و وضعیت تغذیه‌ای افراد دارد [3]. برنج از جمله محصولات کشاورزی است که مستعد جذب فلزات سنگین می‌باشد [4] و در مناطقی که مصرف این محصول بالاست، می‌تواند شاخص مناسبی جهت تعیین میزان جذب روزانه فلزات سنگین (از جمله جیوه) برای مردم منطقه باشد [5]. برنج جزء مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین محصولات کشاورزی در دنیا است و غذای نیمی از مردم کره زمین را تامین می‌کند. طبق تخمین سازمان خوار و بار جهانی (FAO)¹ در سال 2004، برنج حدود 30% انرژی موجود در رژیم غذایی و 20% پروتئین در جهان را تامین می‌کند [1]. با توجه به میزان مصرف روزانه برنج (*Oryza sativa*) در شمال کشور (165 گرم به ازاء هر فرد) [6]. و با نظر به اینکه مصرف این ماده غذایی گسترده بوده و مخصوص منطقه یا قشر خاصی نمی‌باشد و همچنین به علت استفاده از کودها، سموم و آفت‌کش‌های مختلف در کشت برنج، اگر میزان عناصر سنگین در برنج بالا باشد اثرات جبران ناپذیری را در سلامت جامعه به دنبال خواهد داشت. همچنین در سال 1388 اطلاعاتی در مورد آلوده بودن برخی از برنج‌های وارداتی به فلزات سنگین (از جمله جیوه) منتشر شد که بعضی از نهادها آن را رد کرده و برخی آنرا پذیرفتند، ولی در ذهن این سوال باقی ماند که آیا برنج‌ها واقعاً آلوده بودند یا نه و در صورت آلوده بودن، تا چه اندازه؟ با توجه به اینکه جیوه از

خطرناکترین فلزات سنگین و سمی می‌باشد [7] و هیچ‌گونه عملکرد فیزیولوژیکی مفیدی برای انسان ندارد [1] در این تحقیق به بررسی غلظت جیوه در برنج‌های ایرانی و وارداتی پرداخته شده است.

افزایش نگرانی‌های جهانی، در مورد امنیت غذایی مصرف کنندگان محصولات کشاورزی در سالهای اخیر باعث شده تا سازمان‌های جهانی به وضع قوانینی در این زمینه بپردازند. به عنوان مثال کمیته مشترک WHO² و FAO³ که JECFA⁴ نامیده می‌شود، میزان PTWI⁴ عناصر سنگین در مواد غذایی، از جمله برنج را تعیین کرده است که برای جیوه 5 میکرو گرم بر کیلوگرم به ازاء وزن بدن هر فرد در هفته ($5 \mu\text{g wk}^{-1} \text{kg}^{-1}$) می‌باشد [7]. میزان TDI⁵ این عنصر نیز 0/7 میکرو گرم بر کیلو گرم به ازاء وزن بدن هر فرد در روز ($0/7 \mu\text{g day}^{-1} \text{kg}^{-1}$) محاسبه می‌شود ($\text{TDI} = \text{PTWI} \div 7$). لذا جهت ارزیابی احتمال خطر، میزان EDI⁶ از طریق مصرف برنج محاسبه شده و با TDI مقایسه می‌گردد. جهت محاسبه میزان EDI از فرمول زیر استفاده می‌شود (معادله 1).

$$\text{EDI} = \frac{\text{C} \times \text{Cons}}{\text{Bw}}$$

در این معادله، C: غلظت عنصر مورد نظر (بر حسب $\mu\text{g g}^{-1}$) در برنج، Cons: میانگین مصرف روزانه برنج (بر حسب گرم) در ناحیه مورد مطالعه و Bw: وزن افراد (که عموماً 60 کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود) می‌باشد [1].

2- مواد و روش‌ها

2-1- جمع‌آوری نمونه‌ها

ناحیه شمالی ایران حدود 81% از تولید برنج‌های ایرانی را به خود اختصاص داده است که در این میان استان مازندران با سطح زیر کشتی معادل 213169 هکتار (40 درصد سطح زیر کشت کل کشور) در جایگاه اول قرار گرفته است [6]. با توجه به آمار موسسه تحقیقات برنج آمل، شهرستانهایی که بیشترین سطح زیر کشت را داشتند (آمل، بابل، ساری و محمودآباد) و برنج‌هایی که در این شهرستان‌ها بیشتر کشت می‌شدند (طارم هاشمی، طارم محلی، فجر، شیرودی و ندا) به منظور نمونه-

2. World Health Organization

3. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

4. Provisional Tolerable Weekly Intake

5. Tolerable Daily Intake

6. Estimated Daily Intake

1. Food and Agriculture Organization

برداری انتخاب گردید (جدول 1). به منظور نمونه برداری خاک و برنج داخلی، بعد از هماهنگی با جهاد کشاورزی هر شهرستان و کشاورز مربوطه، در آبانماه سال 1388، به مزارع مورد نظر مراجعه شد. نحوه نمونه برداری خاک بدین صورت بود که در هر مزرعه یک پلات با ابعاد 10*10 متر در نظر گرفته شد و چهار نمونه خاک از چهار گوشه پلات و یک نمونه از مرکز آن از عمق 0-15 سانتی متر برداشت گردید و پس از مخلوط و همگن سازی، کدگذاری شده و توسط کیسه-

های نایلونی به آزمایشگاه انتقال داده شدند [1 و 9]. همچنین نمونه های دانه برنج مربوط به هر مزرعه نیز از کشاورز خریداری گردید و به آزمایشگاه منتقل شدند. لازم به ذکر است که جهت کاهش خطا در تحقیق مورد نظر، از هر نوع برنج و خاک مربوط به آن، در هر شهرستان، 3 تکرار به عمل آمد و در مجموع تعداد 60 نمونه برنج و 60 نمونه خاک از مناطق مورد مطالعه جمع آوری گردید.

جدول 1 اسامی برنج ها و شهرستان ها با بیشترین سطح زیر کشت در استان مازندران

شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار) هر برنج در شهرستانهای استان مازندران				
	برنج محلی		برنج پر محصول		
	طارم هاشمی	طارم محلی	شیرودی	فجر	ندا
بابل	10422	16966	8872/7	4683	4632
آمل	5673	13237	4100	6850	5200
ساری	7355	7898	4036	458	4515
محمود آباد	4367	15482	427	240	55

گرفتند. همچنین جهت تعیین مواد آلی (Organic Matter) خاک، از روش Walkey و Black [11] و برای تعیین بافت خاک، از روش هیدرومتری بایکاس، استفاده شد. لازم به ذکر است که اثر تیمار پختن بر غلظت جیوه در برنج خام و پخته بررسی گردید. بدین صورت که، پانزده نمونه برنج ایرانی (از هر نوع برنج طارم هاشمی، طارم محلی، فجر، شیرودی و ندا سه تکرار) به طور تصادفی از میان شصت نمونه برنج انتخاب گردیدند. برنج ها با آب دیونیزه شسته شده و به روش کته (در داخل ظرفی کریستالی که از قبل با اسید نیتریک رقیق شده 4٪ و آب دیونیزه شستشو داده و خشک شده بود) پخته شدند. علت انتخاب روش کته بدیل مرسوم بودن این شیوه پخت برنج، در منطقه مورد مطالعه می باشد. دلیل استفاده از آب دیونیزه در شستشو و پخت برنج، بررسی تأثیر تیمار پختن (بدون اعمال اثر آلودگی آب) به تنهایی، بر غلظت جیوه در برنج پخته می باشد. همچنین اثر تیمار شستن روی برنج های وارداتی بررسی گردید. بدین صورت که پانزده نمونه برنج وارداتی هم به صورت نشسته و هم شسته شده (با آب دیونیزه و پس از خشک شدن) مورد بررسی قرار گرفتند.

نمونه برداری از برنج های خارجی نیز به شیوه نمونه برداری اداره استاندارد هرمزگان انجام گرفت. بدین صورت که محموله برنج وارد شده توسط هر لنج را یک Lot در نظر می گیرند و آن را به چندین Sublot تقسیم می کنند و از هر Sublot با توجه به عنصر مورد نظر برای بررسی، نمونه هایی را برداشت می کنند که وزن نمونه های برداشت شده نباید بیش از 30٪ هر Lot باشد. برنج های خارجی نمونه برداری شده همه مربوط به کشور هند می باشند. لازم به ذکر است که نمونه برداری از برنج های فوق الذکر با 3 تکرار (از هر لنج 1 تکرار) انجام گرفت.

2-2- آماده سازی نمونه ها

بعد از تهیه نمونه ها و انتقال آن ها به آزمایشگاه، نمونه های برنج با آب دیونیزه شسته شد و در دمای اتاق خشک گردیدند [5]. پس از آسیاب شدن، از الک 0/3 میلی متر عبور داده و آماده تجزیه شدند [10]. نمونه های خاک نیز جهت تجزیه جیوه به مدت 24 ساعت در فریزر (دمای 80- درجه سانتی گراد و فشار 15-25 mm torr) قرار داده شدند. جهت تعیین اسیدیت (pH) نمونه های خاک، 20 گرم نمونه توزین و با 50 سی سی آب مقطر مخلوط شد و به مدت 30 دقیقه روی Shaker قرار

2-3- دستگاه جیوه

جهت تعیین غلظت جیوه، از دستگاه Mercury analyzer مدل Leco AMA 254 با کالیبراسیون Low و روش کار با شماره استاندارد ASTM D6722 استفاده گردید. در ابتدا دستگاه Mercury analyzer با خاک SRM 1633b کالیبره شد. بدین منظور شش مرتبه از این استاندارد (با غلظت جیوه 141 ng g^{-1}) با اوزان 25، 50، 75، 100، 125 و 150 میلی گرم به دستگاه تزریق شد و معادله و منحنی درجه بندی به دست آمد. سپس از هر نمونه برنج به مقدار 0/03 الی 0/05 و از نمونه های خاک تا 0/15 گرم برداشت شد و با ترازوی دیجیتالی با دقت 0/0001 گرم توزین گردید. نمونه های توزین شده در ظرف فایقی شکلی بنام Boat که به دستگاه Mercury analyzer اختصاص دارد، قرار داده شد و در مدت 8 دقیقه غلظت جیوه را برای هر یک از نمونه ها بر

حسب ng g^{-1} ارائه داد. دستگاه پس از هر 20 تجزیه یک بار تجزیه شاهد و یک بار تمیزسازی شد. لازم به ذکر است که میزان بازیابی (Recovery)، با استفاده از خاک استاندارد (SRM 1633b) بررسی گردید و میزان آن 96% بدست آمد. طبق گزارشات موجود، حد تشخیص Mercury Analyzer (Limit of Detection) دستگاه $0/001 \mu\text{g g}^{-1}$ می باشد [11].

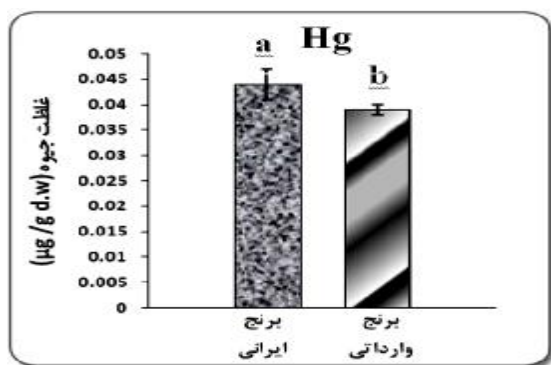
3- نتایج و بحث

3-1- نتایج

در جدول 2 برخی نمایه های آماری حاصل از تحقیق حاضر ارائه شده است.

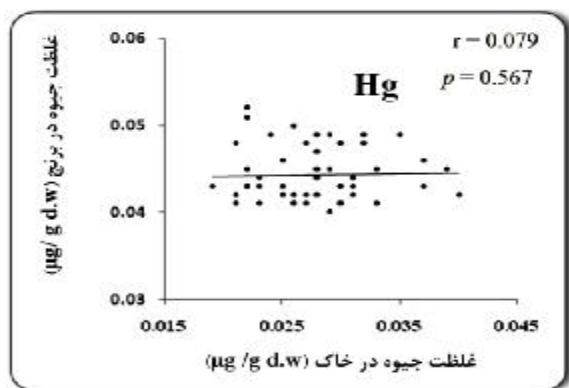
جدول 2 نمایه های آماری مربوط به غلظت جیوه در بخش های مورد مطالعه

نمایه آماری	عنصر و بخش مورد مطالعه	تعداد نمونه	میانگین (Mean)	انحراف معیار (SD)	حداقل (Min)	حداکثر (Max)
غلظت جیوه ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.w}$)	خاک	60	0/027	0/004	0/019	0/04
	برنج ایرانی	60	0/044	0/003	0/04	0/05
	برنج وارداتی	15	0/039	0/001	0/037	0/042



جهت مقایسه غلظت جیوه در برنج های پر کشت استان مازندران و برنج های وارداتی، ابتداء نرمالیته آن ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک تست گردید. سپس (بعلت نرمال نبودن و نشدن داده های برنج ایرانی) آزمون Mann Whitney U جهت مقایسه به کارگرفته شد. نتایج این آزمون نشان داد که غلظت جیوه در برنج های پر کشت استان مازندران به طور معنی داری بیشتر از برنج های وارداتی است ($p < 0/05$) (شکل 1).

شکل 1 مقایسه غلظت جیوه در برنج های پر کشت استان مازندران و برنج های وارداتی



شکل 2 همبستگی غلظت جیوه در خاک و برنج

در جدول 3 نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای خاک و روابط حاصل از این همبستگی ها گزارش شده است. نتایج نشان داد که در هیچ یک از موارد، همبستگی معنی داری بین غلظت جیوه در خاک یا برنج با پارامترهای خاک یافت نشد ($p > 0/05$).

به منظور ارزیابی احتمال خطر، میزان EDI از طریق معادله 1 محاسبه شد که برای برنج های ایرانی و وارداتی به ترتیب $0/121 \text{ kg}^{-1} \text{ b.w}$ و $0/108 \text{ µg day}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ b.w}$ به دست آمد. سپس این میزان با استفاده از آزمون One sample t test با $0/7 \text{ µg day}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ b.w}$ مقایسه شد. نتایج نشان داد که خوشبختانه میزان EDI جیوه (از طریق مصرف برنج ایرانی و وارداتی) به طور معنی داری ($P < 0/05$) کمتر از TDI می باشد.

همبستگی غلظت جیوه در نمونه های خاک و برنج ایرانی نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که همبستگی معنی داری بین غلظت جیوه در خاک و برنج وجود ندارد (شکل 2).

همچنین در این تحقیق تاثیر پارامترهای خاک مانند pH، مواد آلی و بافت خاک بر غلظت جیوه در خاک و برنج مورد مطالعه قرار گرفت.

جدول 3 پارامترهای خاک و ضریب همبستگی بین این پارامترها و غلظت جیوه در خاک و برنج

جیوه		دامنه (بیشینه - کمینه)	پارامتر خاک
برنج	خاک		
0/028 ^{ns}	0/411 ^{ns}	6/39 - 8/2	اسیدیته (pH)
0/023 ^{ns}	-0/255 ^{ns}	1/238 - 4/623	مواد آلی (OM)
		% شن: 28 - 74/48	بافت
0/307 ^{ns}	-0/267 ^{ns}	% رس: 14/4 - 52/64	(Texture)
		% سیلت: 5/8 - 38	لومی رسی

ns: همبستگی معنی دار نمی باشد.

آزمون Paired sample T test استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت جیوه در برنج های شسته شده $0/041 \pm 0/001 \text{ µg g}^{-1}$ و نشسته $0/001 \pm 0/001 \text{ µg g}^{-1}$ ($p = 0/053$) Wilcoxon می باشد و با توجه به آزمون Paired sample T test ($p = 0/049$) با قطعیت نمی توان گفت که تیمار شستن تاثیر معنی داری بر غلظت جیوه در برنج دارد. ولی با در نظر گرفتن آزمون T جفتی شاید بتوان نتیجه گرفت که این تاثیر معنی دار است.

اثر تیمار پختن بر غلظت عنصر جیوه در برنج خام و پخته از طریق آزمون Paired sample T test تست گردید. نتایج این بررسی نشان داد که اختلاف معنی داری بین برنج خام ($0/048 \pm 0/001 \text{ µg g}^{-1}$) و پخته ($0/044 \pm 0/002 \text{ µg g}^{-1}$) از نظر آلودگی به جیوه وجود ندارد ($p > 0/05$) و بنابراین تیمار پختن اثر معنی داری بر غلظت جیوه در برنج خام و پخته ندارد. همچنین اثر تیمار شستن روی برنج های وارداتی بررسی گردید. با توجه به نرمال نبودن (و نشدن) غلظت جیوه برنج شسته شده، برای اطمینان بیشتر، هم آزمون Wilcoxon و هم

3-2- بحث

با توجه به آمار و اطلاعات دریافت شده از موسسه تحقیقات برنج آمل، سموم و آفت‌کش‌های متنوعی در مراحل مختلف رشد برنج، در شالیزارهای استان مازندران استفاده می‌شود که می‌تواند یکی از منابع حضور جیوه در خاک باشد. باید توجه داشت که جذب جیوه توسط گیاهان به عوامل متعددی بستگی دارد که عبارتند از: 1- شکل شیمیایی جیوه، 2- ساختار طبیعی خاک، 3- مواد آلی و معدنی، 4- pH خاک، 5- نوع کاتیون‌ها در تغییر کمپلکس، 6- توانایی احیاء، 7- کلاس بافت خاک و غیره. دسترسی جیوه در خاک برای گیاهان پائین است و تجمع زیستی زیاد جیوه در ریشه گیاهان نشان دهنده این است که ریشه‌ها به‌عنوان مانعی برای جذب جیوه هستند. جذب جیوه، با توجه به گونه گیاهی و یون‌های فلزات، از طریق ریشه، روزنه یا سایر نقاط ورودی گیاه انجام می‌پذیرد [13]. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که همبستگی ضعیفی بین غلظت عناصر مورد مطالعه در خاک و دانه برنج وجود دارد. Bhattacharya و همکاران (2009) و Fu و همکاران (2008) نیز همبستگی ضعیفی بین غلظت فلزات سنگین در خاک و دانه برنج یافتند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی دارد [14 و 1]. همبستگی ضعیف غلظت عناصر در خاک و دانه برنج ممکن است به دلایل زیر باشد:

* حضور اکسید آهن در اطراف ریشه و ترکیب شدن آن با فلزات سنگین، مانع انتقال آن‌ها به بخش‌های بالای گیاه از جمله ساقه، برگ و دانه می‌شود، که این امر می‌تواند باعث همبستگی ضعیف غلظت عناصر در خاک و دانه برنج شود Bhattacharya و همکاران (2009) [14].

* طبق گزارش Streit و Stumm در سال 1993، عناصر غیر ضروری و سمی عمدتاً در ریشه گیاه محبوس شده و به بخش‌های بالایی گیاه (ریشه، ساقه برگ) کمتر انتقال می‌یابند [15].

* همچنین Walsh و Keeney در سال 1975 گزارش کردند که خاصیت سم‌زدایی گیاهان (Phytotoxicity) اجازه تجمع بیش از حد فلزات خطرناک را در گیاه می‌دهد [16].

* عدم یافتن ارتباط معنی‌دار بین غلظت جیوه در خاک و دانه برنج، دور از انتظار نیست. زیرا اگر فراکسیون‌های این عنصر در خاک مورد بررسی قرار می‌گرفت احتمال برقراری ارتباط

معنی‌داری بین خاک و برنج امکان پذیر بود (Giacomino و همکاران، 2010) [17].

دو فاکتور مهم که دسترسی عناصر را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارتند از: اسیدیته (pH) و مواد آلی خاک. عمدتاً رابطه معکوسی بین غلظت عناصر در خاک با اسیدیته وجود دارد ولی رابطه مثبتی بین غلظت عناصر در خاک با مواد آلی وجود دارد [14]. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که جیوه، رابطه منفی با pH و مواد آلی دارد که این نتیجه در مورد pH با نتایج Bhattacharya و همکاران (2009) همخوانی و در مورد مواد آلی تفاوت دارد. Shekery و همکاران دلیل این امر را فقدان جایگاه فعال فلزات در مواد آلی گزارش کردند [18].

در مورد تیمار پختن و شستن باید بیان داشت که پختن و شستن برنج‌ها با آب دیونیزه مانع از اضافه شدن آلودگی آب به برنج‌ها می‌شود و میزان جیوه تعیین شده در برنج خام و پخته، شسته شده و نشده نشانگر این مطلب است که پختن یا شستن برنج چندان تأثیری بر غلظت جیوه در برنج ندارد چرا که تغییر خاصی در نمونه برنج با پختن و شستن با آب دیونیزه ایجاد نمی‌شود و برای مثال اگر آلودگی برنج سطحی بود با تیمار شستن این آلودگی رفع شده و اختلاف معنی دار بین تیمارها یافت می‌شد.

4- نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که 1. خوشبختانه غلظت Hg در برنج‌های پر کشت استان مازندران و برنج‌های وارداتی (کشور هند) به طور معنی‌داری پائین تر از حد مجاز جهانی است. 2. میزان جذب روزانه جیوه از طریق مصرف برنج در کشور نگران کننده نیست. 3. برنج‌های ایرانی و وارداتی از نظر آلودگی به جیوه اختلاف معنی‌داری دارند و برنج‌های ایرانی آلوده‌تر از وارداتی هستند. 4. همبستگی معنی‌داری بین غلظت جیوه در خاک و برنج وجود ندارد. 4. پارامترهای خاک با غلظت جیوه در خاک و برنج ارتباط خاصی ندارند. 6. مشخص شد که غلظت جیوه در برنج خام و شسته شده با غلظت آن در برنج پخته و شسته نشده اختلاف معنی‌داری ندارد.

- [10] Lin, H., Wong, S., Li, G. 2004. Heavy metal content of rice and shellfish in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*. 12, 167-174.
- [11] Walkey, A., Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37, 29-38.
- [12] Zamani-Ahmadmhamudi, R., Esmailisari, A., Savabieasfahani, M., Bahramifar, N. 2009. Cattle egret (*Bubulcus ibis*) and little egret (*Egretta garzetta*) as monitors of mercury contamination in Shadegan Wetlands of south-western Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 166, 371-377.
- [13] Karimpour, M., Afyuni, M., Esmaili Sari, A., Ghasempouri, S.M. 2009. Effect of sewage sludge on mercury accumulation in soil and corn. *Journal of Residuals Science & Technology*. 6, 247-254.
- [14] Bhattacharya, p., Samal, A., Majumdar, J., Santra, S. 2009. Accumulation of arsenic and its distribution in rice plant (*Oryza sativa* L.) in Gagetic West Bengal, India. *Paddy water Environment*. 8, 63-70.
- [15] Streit B., Stumm W. 1993. Chemical properties of metals and the process of bioaccumulation in terrestrial plants. Chapter 2 in Markert B. *Plants as biomonitors, indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. Weinheim VCH. 31, 62.
- [16] Walsh, L.M., Keeney, D.R. 1975. Behavior and phytotoxicity of inorganic arsenicals in soils. In: Woolson, E.A. (Ed.), *Arsenical Pesticides*. American Chemical Society Symposium, Washington. DC, 35-52.
- [17] Giacomino, A., Malandrini, M., Abollino, O., velayuthma, M., Chinnathangavel, T., Mentasti, E. 2010. An approach for arsenic in a contaminated soil: speciation, fractionation, extraction and effluent decontamination. *Environmental pollution*. 158, 416-423.
- [18] Shakeri, A., Moor, F., Razikordmahaleh, L. 2010. World congress of soil science, soil solutions for a changing world. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia.

5- تشکر و قدردانی

از مساعدت های دانشگاه تربیت مدرس و راهنمایی های آقای دکتر قاسمپوری و همکاری مهندس آقاداتاشی و الهی کمال قدردانی و تشکر را داریم.

6- منابع

- [1] Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, Th., Zhang, Q., Jiang, G. 2008. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*. 71, 1269-1275.
- [2] Sarkar, B. 2002. *Heavy metals in the environment*. Marcel dekker. New York.
- [3] Mclaughlin, M., Parker, D., Clarke, J. 1999. Metals and micronutrients-food safety issues. *Field Crops Research*. 60, 143-163.
- [4] Fangmin, Ch., Ningchun, Zh., Haiming, Z., Yi, L., Wenfang, Zh., Zhiwei, Zh., Mingxue, Ch. 2006. Cadmium and lead contamination in japonica rice grains and its variation among the different locations in southeast China. *Science of the Total Environment*. 359, 156- 166.
- [5] Al-Saleh, I., Shinwari, N. 2001. Report on the level of Cadmium, Lead, and Mercury in Imported Rice Grain Samples. *Biological Trace Element Research*. 83, 91-96.
- [6] Zamani, Gh., Alizadeh, M. 2007. Properties and production of difference Iranian rice. *Pelk. Tehran*. P: 213.
- [7] Munoz, O., Bastias, J.M., Araya, M., Morales, A., Orellana, C., Rebollo, R., Velez, D. 2005. Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*. 43, 1647-1655.
- [8] UNEP/FAO/WHO, 1992. Assessment of dietary intake of chemical contaminants. United Nations Environmental Program, Nairobi.
- [9] Rahman, M.A, Hasegawa, H., Rahman, M., Miah, M., Tasmin, A., 2008: Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.): Human exposure through food chain, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 317-324.

Investigation of mercury concentration in soil and most cultured rice of Mazandaran province and most consumed imported rice and assess potential health risk

Rezaitabar, S. ^{1 *}, Esmailisari, A. ², Bahramifar, N. ³

1. Ph.D student of environmental science, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University.
2. Professor of Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University.
3. Assistant professor of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University.

(Received: 91/6/23 Accepted: 91/9/7)

This study was carried out in order to measuring Hg in some varieties of the most consumed imported and most locally cultured rice and comparing together and assess potential health risk. The correlation between Hg content of soil and rice samples, and effect of cooking and washing treatment on Hg concentration in rice, were investigated. In November 2008, locally most cultured rice and soil samples were collected from the Mazandaran province. High consumption of imported Indian rice with commercial brands collected from source, according to purposed method of standard office of Hormozgan. Advanced mercury analyzer Leco AMA 254 used to determination of Hg levels. The results showed that Hg concentration in Iranian rice ($0.044 \pm 0.003 \mu\text{g g}^{-1} \text{d.w}$) significantly over imported rice ($0.039 \pm 0.001 \mu\text{g g}^{-1} \text{d.w}$). Comparing the tolerable daily intakes (TDI) given by FAO/WHO with the mean estimated daily intakes (EDI) through rice consumption in this study was lower than TDI. In addition, results showed that no relationship was found between Hg concentration in rice and soil samples ($r= 0.079$, $p=0.567$), and cooking and washing treatment has not significant effect on mercury concentration. Finally, relationship between Hg concentration in soil and rice samples with soil parameters were studied that was not observed any correlation.

Keywords: Rice, Soil, Mercury, Assess potential health risk, EDI.

* Corresponding Author E-Mail Address: rezaitabar.soheila@gmail.com