علوم محیطی سال دهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۱
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.10, No.2 , Winter 2013
۸۳-۹۰

تعیین فاکتورهای انباشتگی و انتقال فلز نیکل در گیاه برنج کشت‌شده در اطراف شهرک صنعتی آمل

فاطمه احمدی پور[۱*]، نادر بهرامی فر[۲] و سید محمود قاسمپوری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۷

چکیده

تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاه خطرات زیادی برای سلامت انسان ومحیط‌زیست به‌دنبال دارد. مطالعات اندکی در رابطه با تجمع فلز نیکل در خاک و تعیین ضریب تجمع‌زیستی و انتقال آن به گیاه برنج صورت گرفته است. لذا این پژوهش با این هدف در شالیزارهای اطراف شهرک صنعتی آمل صورت گرفت. به همین منظور به طور تصادفی از ۱۰ مزرعه اطراف شهرک صنعتی آمل تعداد ۳۰ نمونه از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری از خاک در شهریور ماه جمع آوری شد. میانگین غلظت نیکل در خاک، ریشه، ساقه و دانه به ترتیب ۱/۱۵±۴۲/۵۹، ۱/۱۲±۱۳/۲۰، ۰/۷۶±۷/۱۵ و ۰/۳۱±۲/۵۳ میکرو گرم بر گرم بود. فاکتورهای انباشتگی زیستی و انتقال، کمتر از یک بدست آمد که نشان دهنده اینست که گیاه برنج قابلیت پایینی برای جذب نیکل دارد. میانگین غلظت این فلز در خاک و گیاه برنج کمتر از استانداردهای جهانی است.

واژه‌های کلیدی: نیکل، برنج، خاک، تجمع زیستی، ضریب انتقال، گیاه پالایی.

Detemination of Bioconcentration and Transfer Factors of Nickel in Rice Plant Cultivated in Vicinity of Amol Industrial Town

Fatemeh Ahmadipour,[1*] Nader Bahramifar[2] and Seyed Mahmood Ghasempouri[2]

1- MSc. Student of Environmental Sciences, Tarbiat Modares University.

2- Assistant Professor, Department of Environment of Natural Resources and Marine Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Tarbiat Modares University.

Abstract

Accumulation of heavy metals in soil and plants has many dangers for humans and the environment. Few studies have concerned nickel accumulation in soil and the bio-concentration and transfer factors related tonickel in rice plant. Random sampling was done from 10 farms in the vicinity of Amol Industrial Town, taking 30 samples at 0-20 cm depth in the Iranian calendar month Shahrivar (August/September). The mean of nickel concentration in the soil, root, stem and seeds was 42.59 ±1.15 µg/kg, 13.20 ±1.12 µg/kg, 7.15 ±0.76 µg/kg and 2.53 ±0.31 µg/kg respectively. The calculated transfer factor of nickel to various organs and the bio-concentration factor were < 1; it is therefore concluded that rice plants have a slight potential for phytoremediation of nickel from soil. The mean of nickel concentration in soil and rice plants was below global standards.

Keywords: Nickel, Rice, Soil, Bio-concentration, Transfer factor, Phytoremediation.

* Corresponding author. *E-mail Address*: fahmadipour@gmail.com

مقدمه

استفاده طولانی مدت از فاضلاب می تواند باعث تجمع این فلزات در خاک و ورود آن‌ها به رژیم غذایی شود (Sharma *et al.*, 2007). پساب صنایعی از قبیل تولید سرامیک، استیل، آلیاژ و آبکاری حاوی نیکل است. همچنین احتراق سوخت‌های فسیلی و پساب معادن باعث افزایش این فلز در خاک می‌شود (Srinivasa Gowd, 2007 Govil and). منابع فلزات سنگین موجود در خاک، شامل منابع انسانی و منابع‌طبیعی می‌باشند. ماندگاری فلزات سنگین در خاک یک مسئله بزرگ زیست‌محیطی می‌باشد، که می‌تواند اثرات طولانی مدتی را روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های کشاورزی و جنگلی داشته و روی حاصلخیزی آن‌ها تأثیر بگذارد. فلزات سنگینی مثل نیکل در فرایندهای بیولوژیکی شرکت می‌کنند، ولی مقدار بیش از حد یا کمبود آن‌ها می‌تواند روی متابولیسم پوشش گیاهی تأثیر منفی داشته باشد (Guo *et* Kozhevnikova and Seregin, 2006 ;*al.*, 2010). فلزات ممکن است در موجودات زنده انباشته شوند و به داخل زنجیره‌های غذایی انتقال یابند. بخش عمده‌ای از فلزات سنگین (٪ ۸۰-۷۵) که وارد بدن انسان می‌شوند، از طریق گیاهان رشد یافته در خاک‌های آلوده می‌باشند (Yan *et al.*, 2006 ;Hang *et al.*, 2009 ;Yap *et al.*, 2009).

فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی می‌توانند روی کیفیت محصول تأثیر بگذارند. خاک که حاوی عناصر گوناگونی می‌باشد، به عنوان یک واسطه غذایی ابتدایی برای گیاهان محسوب می‌شود. محصولات غذایی کشت شده در نواحی آلوده، ممکن است به مقدار بیشتری فلزات سنگین را در خود انباشته کنند و باعث ایجاد خطرات مهمی برای سلامت جوامع محلی شوند (*et al.*, *et al.*, 2009 ;Wang 2009 ; Rogan).

گیاه پالایی[1] استفاده از گیاهان سبز برای کاهش سمیت یک محیط‌زیست آلوده است. دو پارامتر ضریب انتقال[2] و ضریب تجمع زیستی[3] را می‌توان برای تخمین پتانسیل گیاه برای هدف گیاه پالایی استفاده نمود. توانایی گیاهان برای تجمع فلزات از خاک‌ها با استفاده از ضریب تجمع زیستی یعنی نسبت فلزات دراندام‌های مختلف به خاک تعریف می‌شود و توانایی گیاه برای انتقال فلزات از ریشه به ساقه و یا از ساقه به دانه با استفاده از ضریب انتقال بررسی می‌شود، و از تقسیم میانگین غلظت نیکل در اندام بالایی به اندام پایینی محاسبه می‌شود. گیاهانی که ضریب انتقال و ضریب تجمع زیستی را کمتر نشان می‌دهند برای گیاه پالایی نامناسب هستند. اگر ضریب تجمع زیستی بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده این است که گیاه علاوه بر جذب می‌تواند فلز مورد نظر را در ریشه خود نیز انباشته کند (Yoon *et al.*, 2006؛ Battacharya *et al.*, 2009). Yoon و همکاران در سال ۲۰۰۶، به بررسی گیاه پالایی در ۱۷ گونه گیاهی پرداختند و با بررسی ضریب انتقال و ضریب تجمع زیستی این گونه‌ها، *Phyla nodiflora* با ضریب انتقال ۶/۳ و ۱۲ و *Gentiana pennelliana* با ضریب تجمع زیستی ۲/۶ و ۱۱/۲۲ برای روی و مس، را برای گیاه پالایی مناسب یافتند. در یک تحقیق که در اطراف معدن آهنگران در همدان انجام شد، توانایی ۱۲ گونه گیاهی جهت گیاه پالایی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که اکثر گیاهان یکساله و تعدادی از گیاهان مثل *Centaurea Virgata* و *Cirsium Congestum* قابلیت مناسبی برای گیاه پالایی دارند (Nouri *et al.*, 2010). Liu و همکاران در سال ۲۰۰۷ جذب و انتقال برخی از فلزات سنگین را در بخش‌های مختلف گیاه برنج مورد بررسی قرار دادند، و به این نتیجه رسیدند که این گیاه پتانسیل خوبی برای گیاه پالایی دارد. Ahmadipour و همکاران در سال ۲۰۱۲ جذب جیوه توسط بوته برنج در خاک مزارع برنج را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این گیاه قابلیت خوبی برای گیاه پالایی جیوه از خاک دارد. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی بر روی جذب فلزات سنگین با اهمیت دادن نوع خاک و تجمع فلزات سنگین در محلول هیدروپونیک انجام شده است، اما این آزمایشات جذب فلزات سنگین توسط گیاه در شرایط واقعی را نشان نمی‌دهند. با توجه به مصرف بالای برنج در کشور و بخصوص در این منطقه آمل و با توجه به اینکه مطالعات اندکی در رابطه با تعیین ضرایب انتقال و تجمع زیستی فلز نیکل توسط گیاه برنج گرفته، این تحقیق با هدف بررسی جذب این فلز توسط گیاه برنج و تجمع و انتقال آن در شرایط طبیعی انجام شد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل ۵۰ مزرعه در اطراف شهرک صنعتی آمل بود که با فاضلاب این شهرک آبیاری می‌شوند، که مساحتی بالغ بر ۸۰ هکتار را شامل می‌شوند. محدوده جغرافیایی مورد مطالعه در بین ″۳۸ ′۲۳ °۳۶ و ″۵۶ ′۲۵ °۳۶ عرض شمالی و ″۱۷ ′۱۸ °۵۲ و ″۴۷ ′۲۰ °۵۲ طول شرقی قرار گرفته است. نمونه‌ها از ۱۰ مزرعه به صورت تصادفی هر کدام با سه تکرار انجام گرفت، و در مجموع ۳۰ نمونه جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر از یک پلات با مساحت ۲ متر مربع جمع‌آوری شدند. به طور مشابه نمونه‌های برنج نیز از این نواحی در طول فصل برداشت یعنی شهریور ماه جمع‌آوری شدند. از آنجائی‌که بیشتر ارقام برنجی که در این منطقه کشت می‌شوند از نوع طارم هاشمی[۴] هستند، لذا در این تحقیق از این رقم نمونه برداری صورت گرفت. این منطقه اقلیم معتدل و مرطوبی دارد. از هر پلات ۵ کپه و ۱۵ خوشه برداشته شدند و به بخش‌های ریشه، ساقه و دانه تفکیک شدند. پوسته دانه‌ها برداشته شد و در مجموع ۲۰ گرم نمونه از هر بخش گیاه در هر پلات جمع‌آوری شد. به طور مشابه نمونه‌های شاهد نیز از شالیزارهای آمل که از آب پاک جهت آبیاری استفاده می‌کنند جمع‌آوری شدند.

آماده سازی و آنالیز نمونه‌ها

نمونه‌های خاک بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای اتاق خشک شده و سپس از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. سرانجام نمونه‌ها در دمای اتاق در ظروف پلی اتیلنی نگهداری شدند. نمونه‌های برنج نیز ابتدا با آب شیر شسته شدند تا خاک از روی آن‌ها برداشته شوند، سپس با آب مقطر آبکشی شدند. سرانجام نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در آون نگهداری شدند و سپس آسیاب و الک و به ظروف پلی اتیلنی انتقال داده شدند (Bhattacharya *et al.*, 2010).

برای هضم نمونه‌های گیاهی با توجه به روش Battacharyya و همکاران (2009)، از هر نمونه مقدار ۰/۵ گرم با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شد و سپس آن‌ها را در ظرف‌های هضم تفلونی ریخته و ۵ میلی لیتر اسید نیتریک به آن اضافه نموده و به مدت یک شب در زیر هود گذاشته شده و به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در داخل هیتر حرارت داده و پس از خنک شدن نمونه، ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک به آن اضافه نموده و به مدت ۴ الی ۵ ساعت در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده تا بخار سفید رنگی از آن خارج شود. پس از خنک شدن نمونه، با آب یون‌زدایی شده به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده و در بطری پلی اتیلنی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شدند.

برای هضم نمونه‌های خاک جهت تعیین غلظت فلزات سنگین با استفاده از روش Cappuyns و همکاران (2007)، ۱ گرم از خاک الک شده را وزن کرده و به داخل ظرف تفلون ریخته و مخلوطی از سه اسید نیتریک، فلوریدریک و کلریدریک به مقدار ۲، ۲ و ۴ میلی‌لیتر به آن اضافه نموده و روی هیتر حرارت داده تا رو به خشک شدن برود سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲/۵ نرمال به آن اضافه نموده و مقداری حرارت داده تا انحلال مجدد صورت گیرد. بعد از خنک شدن نمونه هضم شده، با آب دیونیزه به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده و از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

pH خاک از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی و به کارگیری مخلوط ۱:۵ خاک و آب مقطر اندازه‌گیری شد و برای تعیین هدایت الکتریکی، مخلوط ۱:۵ خاک و آب مقطر با استفاده از دستگاه EC سنج الکترونیکی قرائت شد. ماده آلی خاک به روش والکی- بلاک محاسبه گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش استات سدیم اندازه‌گیری شد. بافت خاک با روش دانسیمتری بایکاس که بر مبنای تئوری وزن مخصوص مخلوط خاک و آب طی رسوب گذاری پایه‌گذاری شده است، تعیین گردید (Zarin Kafsh, 1983).

تجزیه تحلیل داده‌ها

برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۵ استفاده گردید. ابتدا با استفاده از آزمون شاپیروویلک[5] نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. برای تشخیص وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات در سه اندام ریشه، ساقه و دانه گیاه برنج و بین فرم‌های مختلف فلزات سنگین در خاک از تجزیه واریانس یک طرفه[6] و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن[7] استفاده گردید. همچنین از آزمون تی یک نمونه‌ای[8] برای مقایسه میانگین غلظت نیکل با منطقه شاهد استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه نتایج ویژگی‌های کیفی خاک نشان داد که بافت خاک رسی لومی است و pH خاک ۷/۸۱ ±۰/۰۴۳ و درصد کربن آلی و مواد آلی خاک به ترتیب ۰/۰۵ ± ۱/۱۱ و ۱/۶۵±۰/۰۶۲ محاسبه شد. EC ۰/۳۹۵±۰/۰۰۳ (ds/m) و CEC ۲۷±۱/۵ (cmol/kg) محاسبه شدند، که می‌توان نتیجه گرفت

که خاک منطقه تقریباً قلیایی و میزان مواد آلی و کربن آلی پایین، و احتمالا شوری خاک پایین است.

میانگین غلظت نیکل در خاک ۱/۱۵± ۴۲/۵۹ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد، که در مقایسه با منطقه شاهد ۱۹/۶۱ میکروگرم بر گرم، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). با توجه به نتایج این مطالعه، میانگین غلظت نیکل در خاک این منطقه پایین تر از ماکزیمم حد قابل قبول نیکل در خاک های با pH بالاتر از ۶، (۶۰ میکروگرم بر گرم) and (Kabata-Pendias Pendias, 2001).

و میانگین غلظت نیکل در خاک کشور امریکا ۲۰۰-۱۰ میکروگرم بر گرم (Rabenhorst *et al.*, 1982) است. در این تحقیق با توجه به مقایسه میانگین‌های فلزات سنگین در خاک با منطقه شاهد تا حدی تفاوت مشخص شد و با توجه به یکسان بودن شرایط خاک در منطقه شاهد و استفاده از آبیاری با فاضلاب شهرک صنعتی در منطقه مورد مطالعه، این تفاوت را می‌توان به آلودگی فاضلاب موجود نسبت داد. احتمالاً صنایع فلزی موجود در شهرک مثل تولید قطعات خودرو باعث ایجاد آلودگی در این منطقه شوند.

غلظت نیکل در دانه ، ساقه و ریشه به ترتیب ۰/۳۱±۲/۵۳، ۰/۷۶±۷/۱۵ و ۱/۱۲±۱۳/۲۰ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد.

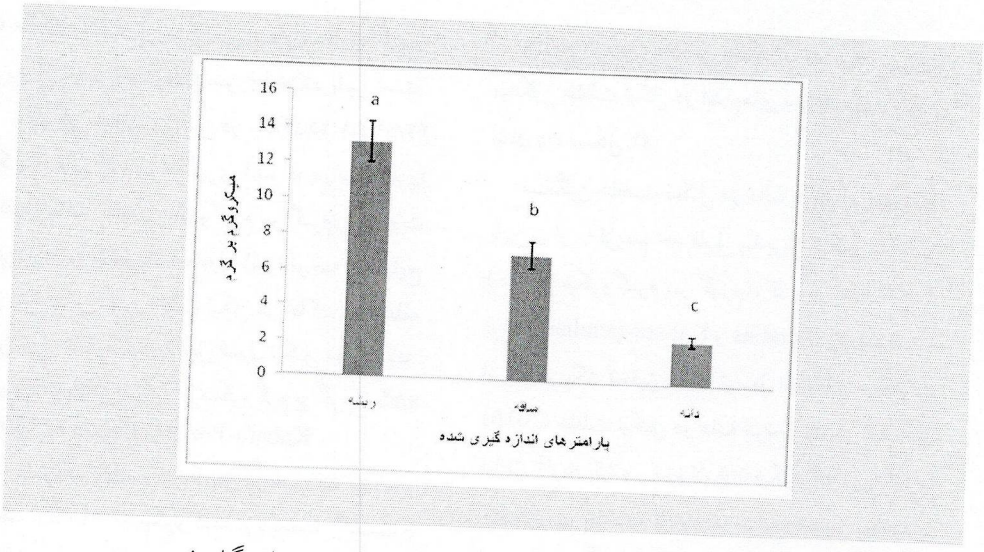
نتایج آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت نیکل در اندام‌های مختلف گیاه برنج نشان داد (شکل ۱).

میانگین غلظت نیکل در دانه برنج این منطقه پایین‌تر از ماکزیمم حد قابل پذیرش نیکل در دانه (۳۰-۱۰ میکروگرم بر گرم)، که در سال ۲۰۰۱ توسط Kabata-pendias و Pendias پیشنهاد شد، است. در یک تحقیق مشابه توسط Hseu و همکاران (2010) غلظت نیکل در دانه برنج کشت شده در مناطق آلوده کشور تایوان ۵/۵ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، ترتیب انباشتگی میانگین غلظت نیکل به صورت ریشه > ساقه > دانه است، که مشابه با نتایج تحقیق Robio و همکاران (1994) است. اگر چه علت تجمع بالای غلظت فلزات سنگین در ریشه به طور قطع معلوم نیست ولی Liu و همکاران (2007) گزارش دادند که اکسید های آهن در اطراف ریشه گیاه برنج با فلزات باند شده و انتقال آن‌ها به بخش‌های بالایی را کاهش داده اند. در این مطالعه ضریب تجمع زیستی نیکل در اندام های مختلف گیاه برنج در ریشه ۰/۳، ساقه ۰/۱۶ و دانه ۰/۰۵ بود، همچنین ضریب انتقال نیکل از ریشه به ساقه ۰/۵۴ و از ساقه به دانه ۰/۳۵ محاسبه شد (جدول ۲).

جدول۱- نتایج حاصل از آزمون تی یک نمونه‌ای (One sample t- test)

میزان نیکل در خاک منطقه و مقایسه آن با منطقه شاهد

تعداد	میانگین (µg/g)	میانگین منطقه شاهد (µg/g)	انحراف معیار	اشتباه معیار	سطح معنی‌داری ۰/۰۵> p-value
۲۷	۴۲/۵۹	۱۹/۶۱	۶/۰۱	۱/۱۵	۰.۰۰



شکل ۱- نتایج آزمون دانکن برای میانگین غلظت نیکل در اندام‌های مختلف گیاه برنج

جدول ۲- فاکتور تجمع زیستی (BCF) و انتقال (TF) فلز نیکل در اندام‌های مختلف گیاه برنج

BCF			TF	
ریشه	ساقه	دانه	ریشه به ساقه	ساقه به دانه
۰/۳	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۵۴	۰/۳۵

در تحقیق حاضر با توجه به اینکه ضرایب انتقال و تجمع زیستی فلز نیکل کمتر از یک است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این گیاه قابلیت پایینی برای جذب این فلز داراست. همچنین به علت انتقال پایین این فلز به بخش خوراکی، گیاه برنج کشت شده در منطقه خطر پایینی برای سلامتی انسان و دام مصرف کننده دارد. با توجه به نتایج این تحقیق، میزان آلودگی فلز نیکل در خاک و گیاه برنج شالیزارهای اطراف شهرک صنعتی آمل پایین‌تر از استانداردهای جهانی است ولی با توجه به تفاوت محسوس غلظت نیکل در خاک این منطقه با منطقه شاهد و قابلیت انباشتگی زیستی فلزات سنگین از جمله فلز نیکل در زنجیره‌های غذایی و مصرف خوراکی این گیاه توصیه می‌شود از آبیاری شالیزارهای منطقه با آب آلوده اجتناب شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه میانگین غلظت نیکل، در خاک و اندام‌های مختلف گیاه برنج جهت بررسی قابلیت جذب نیکل توسط گیاه برنج اندازه‌گیری شد، که پایین‌تر از استانداردهای جهانی بودند و میانگین غلظت نیکل در ریشه بیشتر از ساقه و دانه بود. با توجه به یافته‌های این تحقیق که ضرایب BCF <۱ و TF <۱ محاسبه شدند، می‌توان نتیجه گرفت که گیاه برنج قابلیت کمی برای جذب نیکل داراست.

تشکر و قدردانی

انجام تحقیق حاضر با استفاده از پشتیبانی مالی و علمی دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، صورت گرفته است. نویسندگان این مقاله برخود واجب می دانند که مراتب تشکر و قدردانی خود را بعمل آورند.

پی‌نوشت

1. phytoremediation
2. Transfer factor
3. Bioconcentration factor
4. *Oryza sativa L*
5. Shapiro-wilk
6. One way Anova
7. Duncan
8. One sample t-test

منابع

Ahmadipour F., Bahramifar N., Ghasempouri S.M. Absorbtion of mercury from pollutted soil by rice plant-case study: farms of Amol industrial town. Journal of water and wastewater; 2012; 85: 69-74. [In Persian]

Bhattacharya P, Samal A.C, Majumdar J, Santra S.C. Accumulation of arsenic and its distributionin rice plant (Oryza sativa L.) in Gangetic West Bengal, India. Paddy Water Environment; 2010; 8: 63-70.

Cappuyns, V., Swennen R., Niclaes M. Application of the BCR sequential extraction scheme to dredged pond sediments contaminated by Pb–Zn mining: A combined geochemical and mineralogical approach. Journal of Geochemical Exploration; 2007; 93: 78–90.

Guo X.Y., Zuo Y.B., Wang B.R., Li J.M., Ma Y.B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. Plant & Soil; 2010; 333:365–373.

Hang X., Wang H., Zhou J., Ma C., Du C, Chen X. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (Oryza sativa) in a typical area of the Yangtze River Delta. Environmental Pollution; 2009; 157:2542–2549.

Hseu Z.Y., Su S W, Lai H.Y, Guo HY, Chen T. C. Remediation techniques and heavy metal uptake by different rice varieties in metal-contaminated soils of Taiwan: New aspects for food safety regulation and sustainable agriculture. Journal of Soil Science and Plant Nutrition; 2010; 56:31–52.

Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. CRC: Boca Raton; 2001.

Liu W.X., Shen L. F., Liu J.W., Wang Y.W. Uptake of Toxic Heavy Metals by Rice (Oryza sativa L.) Cultivated in the Agricultural Soil near Zheng zhou City, People's Republic of China. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology; 2007; 79: 209–213.

Nouri J., Lorestani B., Yousefi N., Khorasani N., Hasani A.H., Seif F., Cheraghi M. "Phytoremediation potential of native plants grown in the vicinity of Ahangaran lead–zinc mine (Hamedan, Iran)". Journal of Environment Earth Science; 2010; 62: 639-644.

Rabenhorst M.C., Foss J.E., Fanning D.S. Genesis of Maryland soils formed from serpentinite. Soil Sience Society of America Journal; 1982; 46: 607–616.

Robio M.I., Escrig I., Martinez-Cortina C., Lopez-Benet F.G., San A . Cadmium and nickel accumulation in rice plants. Effects on mineral nutrition and possible interactions of abscisic and gibberellic acids. Journal of Plant Growth Regulation; 1994; 14: 151-157.

Rogan N., Serafimovski T., Dolenec M., Tasev G., Dolenec T. Heavy metal contamination of paddy soils and rice (Oryza sativa L.) from Kocani Field(Macedonia). Journal of Environmental Geochemichal Health; 2009; 31:439–451.

Seregin I.V., Kozhevnikova, A.D. Physiological role of Nickel and its toxic

effects on higher plants. Journal of Plant Physiology; 2006; 53:257–277.

Sharma R.K., Agrawal M., Marshall F. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicology and Environmental Safety; 2007; 66: 258–266.

Srinivasa Gowd S, Govil P.K. Distribution of heavy metals in surface water of Ranipet industrial area in Tamil Nadu, India. Environmental Monitoring Assessment; 2007; 136:197–207.

Wang S., Nan Z., Liu X., Li Y., Qin S., Ding H. Accumulation and bioavailability of copper and nickel in wheat plants grown in Contaminated soils from the oasis, north west China. Geoderma; 2009; 152: 290–295.

Xu J., Yang L., Wang Z., Dong G., Huang J., Wang Y. Toxicity of copper on rice growth and accumulation of copper in rice grain in copper contaminated soil. Chemosphere; 2006; 62: 602–607.

Yan Y. P., He J. Y., Zhu C., Cheng C., Pan X. B., Sun Z.Y. Accumulation of copper in brown rice and effect of copper on rice growth and grain yield in different rice cultivars. Chemospher; 2006; 65: 1690-1696.

Yap D.W., Ismail A., Tan S.G., Omar H. The Uptake of Heavy Metals by Paddy Plants (Oryza sativa) in Kota Marudu, Sabah, Malaysia. Journal of Agricultural. & Environmental Sciences; 2009; 6 :16-19.

Yoon J., Cao X., Zhou Q., Ma L Q. Accumulation of Pb,Cu, and Zn innative plants growing on a Contaminated Florida site. Journal of Science of the Total Environment; 2006; 368:456–464.

Zarin Kafsh M. Applied soil, evaluation, morfology and quantitative analysis soil-water-plant, 2nd Ed , Tehran university, Tehran; 1983. p. 450. [In Persian]