Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳

بررسی آلودگی فلزات سنگین در محصولات گندم (آبی و دیم) در برخی مزارع کشاورزی شهرستان همدان

بهاره لرستانی [۱]

زینب السادات هزاوه ئی* [۲]

z.hazavehi@gmail.com

تاریخ دریافت:۹۳/۲/۲۸ **تاریخ پذیرش:۹۳/۹/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی خاک و محصولات کشاورزی به عناصر سنگین، به علت پیشرفت سریع صنایع و استفاده نادرست کودهای شیمیایی و دامی در زمین‌های کشاورزی باعث نگرانی‌های زیادی شده است. هدف از این پژوهش تعیین تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در خاک و گیاهان گندم آبی و گندم دیم در برخی از مزارع شهرستان همدان بوده است.

روش بررسی: از خاک‌های تحت کشت گندم (آبی و دیم) نمونه برداری انجام یافت. نمونه‌های خاک به صورت مرکب از عمق ۲۰-۰ سانتی متر تهیه گردید. موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه برداری توسط GPS به ثبت رسید. همچنین نمونه‌های مرکب گیاهی از بخش‌های خوراکی گیاهان یاد شده جمع آوری شد. غلظت قابل جذب عناصر سنگین با استفاده از روش DTPA عصاره گیری شد. آزمایش در غالب طرح مستقل کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (سرب، روی و کادمیوم) با استفاده از دستگاه varion ICP ۷۱۰ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان قرائت گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم به ترتیب در خاک گندم آبی و دیم ۴/۶۱ ،۱/۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم و در گیاه گندم آبی و دیم ۲/۲۹ ، ۱/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با استانداردهای مجاز می‌باشد همچنین میانگین غلظت سرب در خاک گندم آبی و دیم به ترتیب ۴/۶۰، ۴/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که دارای تفاوت معنی‌داری با استانداردهای مجاز نیست و در گیاه گندم آبی و دیم ۱۲/۲۶، ۱۲/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ است. میزان روی به ترتیب در خاک گندم آبی و دیم ۳۲/۱۲، ۲۱/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در گیاه گندم آبی و دیم ۱۳/۹۹، ۱۱/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و فاقد تفاوت معنی‌داری با استانداردهای مجاز است.

بحث و نتیجه گیری: نتیجه این بررسی نشان داد با توجه به مقدار شاخص خطر پذیری برای دو عنصر کادمیوم و سرب بیش‌تر از ۱ می‌باشد، این دو عنصر با پتانسیل بیش‌تری می‌توانند به عنوان عامل خطر برای سلامتی انسان در ناحیه مورد مطالعه محسوب شوند.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، گندم آبی، گندم دیم، شهرستان همدان.

۱- استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست ،دانشگاه آزاداسلامی، واحد همدان، همدان، ایران *(مسوول مکاتبات)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

منابع طبیعی و زمین‌های کشاورزی در هر کشوری از جمله عوامل زیربنایی اقتصاد آن کشور می‌باشند، اما با پیشرفت صنایع و کارخانجات در دنیا سالانه مقادیر زیادی از آلاینده‌ها وارد محیط زیست شده و باعث بروز مشکلاتی شده است لذا هرگونه تغییر در ویژگی‌های اجزای تشکیل دهنده محیط به صورتی که عملکرد طبیعی و تعادل زیستی آن را مختل کند و به شکل مستقیم و یا غیر مستقیم حیات موجودات زنده را به خطر اندازد، آلودگی محیط زیست نامیده می‌شود (۱).

دفع فلزات سنگین طی فعالیت‌های انسانی، آلودگی بسیاری از خاک-ها را در سطح جهان به همراه داشته است، به طوری که شدت آلودگی در این خاک‌ها یا بیش از حد طبیعی بوده و یا به زودی به آن حد خواهد رسید (۲). استفاده مداوم از کودها و اصلاح کننده‌های آلی که حاوی مقادیر بالایی از ناخالصی‌ها از جمله عناصر سنگین، می‌باشند باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌شود. کودهای شیمیایی نه تنها باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک می‌شوند، بلکه تحرک این عناصر در خاک را افزایش می‌دهند (۳).

آلوده شدن زمین‌های کشاورزی به عناصر سنگین، به عنوان یک خطر جدی برای تولید محصولات سالم در ایران و جهان مطرح می‌شود (۴و۵). گیاهان به خاطر جذب عناصر سنگین از خاک، می‌توانند به عنوان یک پل ارتباطی مهم برای انتقال عناصر سنگین از خاک به زنجیره غذایی بشر محسوب شوند. عناصر سنگین به خاطر پتانسیل تجمعی بالایی که دارند، می‌توانند در قسمت‌های مختلف بدن تجمع پیدا کنند، حتی در غلظت‌های پایین این عناصر سلامتی انسان را تهدید می‌کنند (۶) چون این عناصر به تجزیه زیستی مقاوم بوده و ماندگاری بالایی در طبیعت دارند (۷) به همین منظور نیاز است تا آلودگی عناصر سنگین درخاک‌های کشاورزی و گیاهان کشت شده در این مزارع را مورد بررسی قرار دهیم. از حیث اهمیت سلامتی انسان و آگاهی پیدا کردن او از آلودگی عناصر سنگین در مزارع کشاورزی و محصولات کشت شده، این مطالعه با هدف تعیین تا به بررسی غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه گندم آبی و دیم کشت شده در برخی از مزارع شهرستان همدان انجام یافته است.

روش بررسی

از خاک‌های تحت کشت گندم(آبی و دیم) نمونه برداری انجام یافت. نمونه‌های خاک به صورت مرکب از عمق ۲۰-۰ سانتی متر تهیه گردید، به این صورت که هر نمونه از ۴ نقطه و۳ تکرار در هر کاربری برداشت شده است. همچنین نمونه‌های مرکب گیاهی از بخش‌های خوراکی گیاهان یاد شده جمع آوری شد. نمونه برداری گیاهان زراعی با توجه به مساحت کشت، به صورت تصادفی از مزارع مختلف شهرستان همدان انجام گرفت. تعداد و مکان نمونه برداری در جدول۱ ارایه شده است. موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه برداری توسط GPS[1] به ثبت رسید (شکل۱).

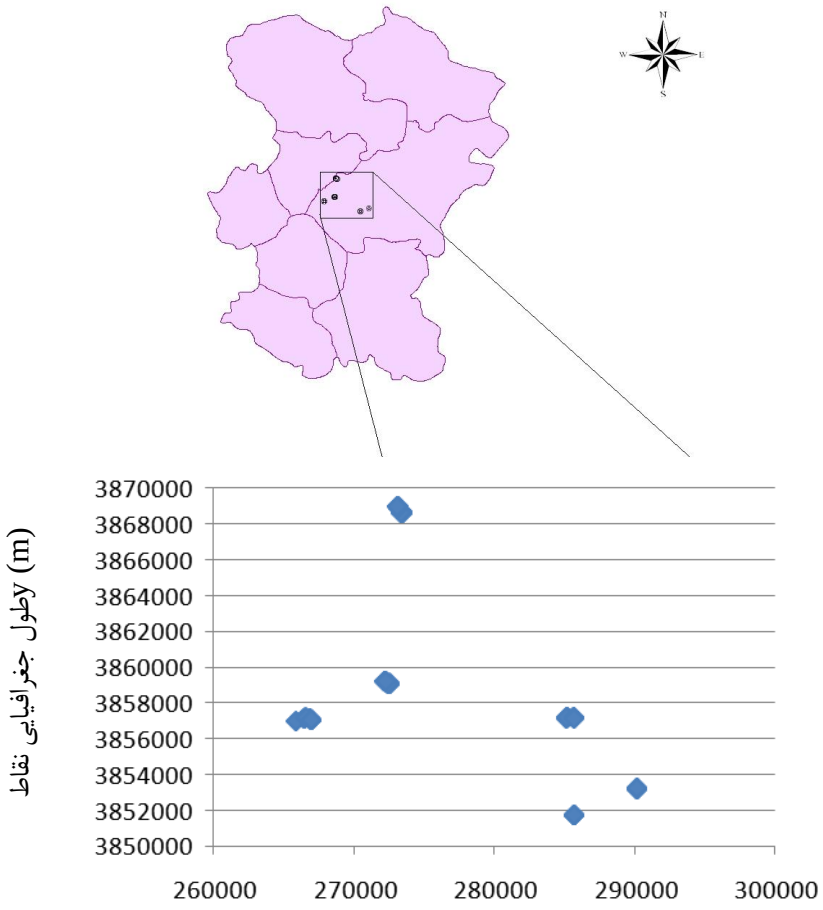
1- Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تعداد و مکان نمونه برداری

نوع کشت	تعدادنمونه خاک	تعدادنمونه گیاه	مکان نمونه برداری
گندم آبی	۸	۸	مزارع شهرستان همدان
گندم دیم	۸	۸	مزارع شهرستان همدان
جمع کل	۱۶	۱۶	



شکل ۱- مشخصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری

سپس نمونه‌های خاک پس از جمع آوری، هوا خشک شده و پس از کوبیدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند.pH خاک‌ها و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره ۵:۱ خاک به آب به روش Thomas[1]، (۱۹۹۶) به وسیله دستگاه‌هایpH متر و هدایت سنج انجام یافت و همچنین کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی با هیدروکسید سدیم تعیین گردید (۸). تعیین بافت خاک بر پایه قانون استوکس و به روش هیدرومتر صورت گرفت (۹). سپس برای تعیین غلظت کل مقدار ۲ گرم از نمونه خاک خشک شده را در شیشه درب دار ریخته، به آن ۱۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه می کنیم. بعد شیشه ها را به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد حمام آبی قرار داده و پس از گذشت زمان یاد شده نمونه ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شدند و با استفاده از دستگاه varion ICP ۷۱۰ قرائت شد.

غلظت قابل جذب عناصر سنگین هم با استفاده از روشDTPA[2] عصاره گیری شد (۱۰) . سپس غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (سرب، روی و کادمیوم) با استفاده از دستگاه varion ICP ۷۱۰

1-Thomas

2- Diethylene Triamine Penta Acetice acid

www.SID.ir

Archive of SID

قرائت شد. در مرحله بعد نمونه‌های گیاهی پس از جمع آوری با آب مقطر به دقت شستشو داده شدند. پس از خشک شدن، نمونه ها را داخل پاکت قرار داده و جهت ثابت شدن وزن خشک در داخل آون در دمای ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و سپس آسیاب شدند. از نمونه آسیاب شده به میزان ۰/۲ گرم به دقت وزن شده و به آن ۴ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید و سپس در داخل بن ماری قرار داده شدند. بعد از سرد شدن نمونه ها تا دمای آزمایشگاه، ۰/۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۷٪ به نمونه ها اضافه شد و برای کامل شدن واکنش نمونه ها را به مدت ۳۰ دقیقه رها کردیم. بعد از صاف شدن عصاره حجم نهایی آن را به ۲۵ میلی لیتر رساندیم (۱۱). سپس غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (سرب، روی، کادمیوم) با استفاده از دستگاه varion ICP ۷۱۰ قرائت شد.

فاکتور انتقال

در این تحقیق از فاکتور انتقال برای محاسبه روابط عناصر سنگین در سیستم خاک و گیاه استفاده شد. غلظت عناصر سنگین در عصاره‌های خاک و گیاه بر حسب وزن خشک محاسبه شده است. فاکتور انتقال برای یک عنصر با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود (۱۲).

$$\mathrm{PTF} = \frac{\mathrm{CPlant}}{\mathrm{CSoi}} \qquad (۱)$$

C_{plant}: غلظت عنصر در گیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه

C_{Soil}: غلظت کل عنصر در خاک بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک خاک

مصرف (جذب) روزانه عنصر $(\mathrm{mg\,kg^{-1}day^{-1}})$

این فاکتور بر اساس مصرف روزانه گیاهان خوراکی و همچنین بر حسب میانگین وزن بدن انسان و حیوان **محاسبه می شود. با استفاده از معادله زیر می توان این فاکتور را محاسبه کرد:**

(۲)

$$DIM^{3} = \frac{DCmetal \times Cfactor \times D\ plant\ IM}{BW}$$

C_{metal}: میزان عنصر در گیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک

C_{factor}: بیان کننده فاکتور تبدیل (وزن خشک به وزن تر گیاه)

D_{plant}: مصرف روزانه گیاه (میانگین مصرف روزانه برای گندم ۰/۳۳۳ و ۰/۲۲۲ کیلوگرم به ترتیب برای بزرگسالان و نوجوانان)

BW : میانگین وزن بدن، که برای بزرگسالان ۶۰ و نوجوانان ۳۲/۷ کیلوگرم استفاده شد(۱۳ و ۱۴).

شاخص خطر پذیری سلامتی

این شاخص بر اساس جذب روزانه عنصر بر اثر مصرف گیاهان و سبزیجات می‌باشد و همچنین بر اساس استاندارد مصرف روزانه عناصر محاسبه می شود:

$$HRI^{1} = \frac{DIM}{RFD} \qquad (۳)$$

DIM[1]: جذب روزانه عنصر بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز

RFD[2]: استاندارد مصرف روزانه عنصر که برای عناصر کادمیوم، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۱۴ و ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم در روز می‌باشد (۱۵).

اگر این شاخص کم‌تر از ۱ باشد عنصر مورد نظر خطر کم‌تری برای سلامتی انسان و حیوان دارد.

محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده ها در قالب طرح مستقل کاملا تصادفی (واریانس یک‌طرفه بین آزمودنی) در ۳ تکرار با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۹صورت گرفت و سپس نمودار های مربوط با استفاده از نرم افزار EXCEL طراحی شدند.

یافته‌ها:

نوع بافت خاک و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از جمله هدایت الکتریکی و اسیدیته در جدول ۲ آورده شده است.

1- Daily Intake of Metals
2- Refrence oral doses

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- بافت خاک و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

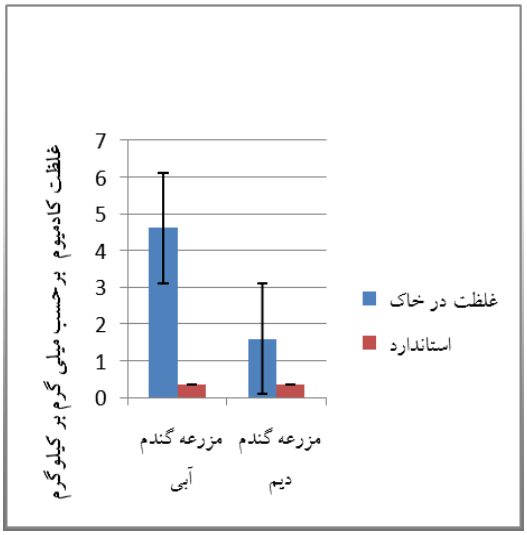
نوع نمونه	نوع بافت خاک	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH
خاک مزرعه گندم آبی	لومی	۰/۲۹	۷/۵۱
خاک مزرعه گندم دیم	لومی و سیلت- لومه	۰/۲۳	۷/۶۱

۱- میانگین غلظت کل عناصر سنگین

به طور کلی میزان کادمیوم در گندم آبی دارای اختلاف معنی‌داری با استانداردهای مجاز می‌باشد و میانگین کادمیوم ۴/۶۱ mg/kg است در گندم دیم میزان عنصر کادمیوم دارای اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز (Sposito 1989) می‌باشد و میانگین این عنصر ۱/۶۰mg/kg می باشد(نمودار ۱).

اختلاف معنی داری بین میزان سرب در خاک‌ها با استاندارد (Sposito 1989) مشاهده نشد و میانگین آن در خاک گندم آبی ۴/۶۰ mg/kg و در خاک گندم دیم ۴/۶۶ mg/kg می باشد (نمودار۲).

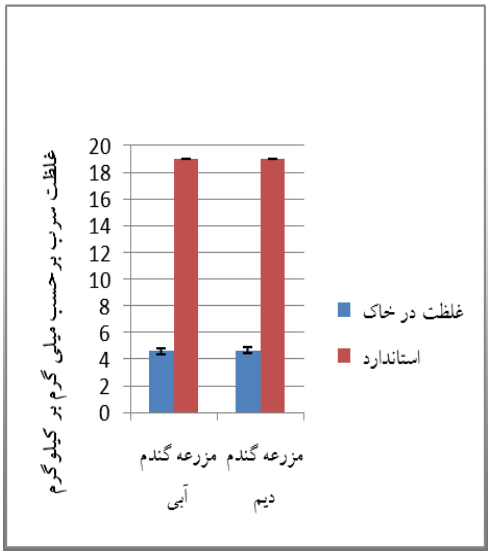
میزان عنصر روی هم در خاک‌های مزارع گندم آبی و دیم فاقد اختلاف معنی‌دار با استاندارد مجاز (Sposito 1989) می‌باشد و میانگین این عنصر در گندم آبی ۳۲/۱۲ mg/kg و در گندم دیم ۲۱/۲۶می باشد (نمودار۳).



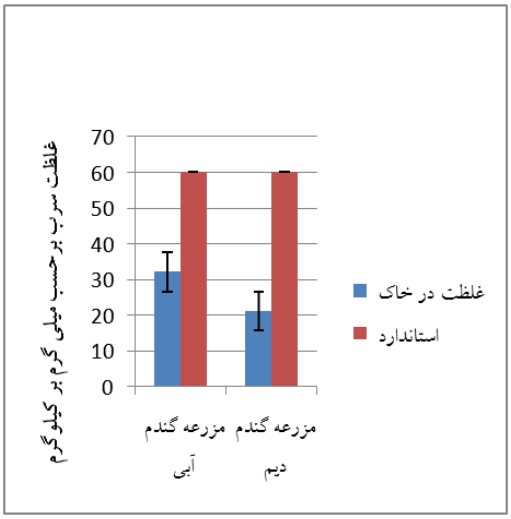
نمودار۱- مقایسه میانگین± انحراف استاندارد غلظت کل کادمیوم خاک‌ها با غلظت‌های مجاز

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- مقایسه میانگین± انحراف استاندارد غلظت کل سرب خاک‌ها با غلظت‌های مجاز



نمودار ۳- مقایسه میانگین± انحراف استاندارد غلظت کل روی خاک‌ها با غلظت‌های مجاز

۲- میانگین غلظت قابل دسترس عناصر سنگین

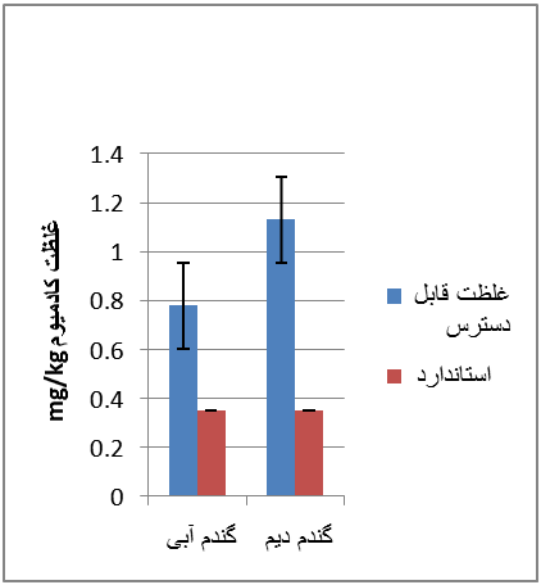
نتایج حاصل ازتجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بیش‌ترین غلظت قابل دسترس عناصر سنگین در خاک‌های گندم آبی مربوط به عنصر روی و کم‌ترین غلظت مربوط به عنصر کادمیوم می‌باشد. به طور کلی میزان کادمیوم در گندم آبی دارای اختلاف معنی‌داری با استانداردهای مجاز است و میانگین کادمیوم ۰/۷۸ mg/kg است. عنصر روی در خاک مزارع گندم آبی فاقد اختلاف معنی‌داری با استاندارد (Sposito 1989) می‌باشد و میانگین این عنصر ۲/۳۱ mg/kg است. عنصر سرب هم در خاک گندم آبی فاقد اختلاف معنی‌داری با استاندارد می‌باشد و میانگین این عنصر ۲/۴۲ mg/kg است.

در گندم دیم میزان عنصر کادمیوم دارای اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز می‌باشد و میانگین این عنصر ۱/۱۳ mg/kg می‌باشد (نمودار ۴). میزان عنصر روی هم در خاک‌های مزارع گندم دیم فاقد اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز (Sposito 1989) می‌باشد و میانگین این عنصر در گندم دیم ۱/۷۹ mg/kg است (نمودار ۵).

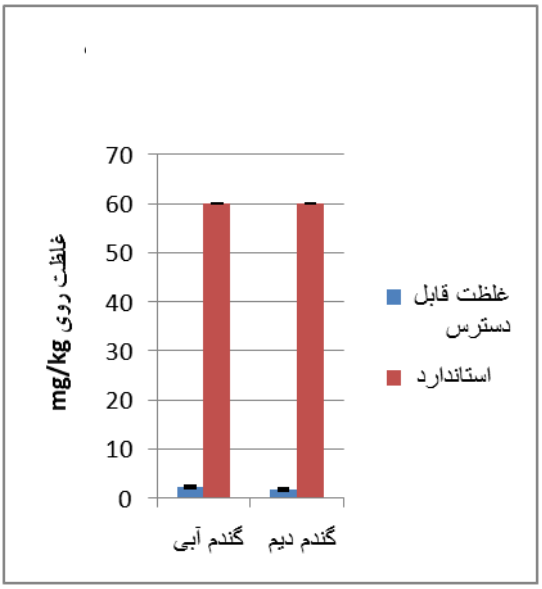
میزان عنصر سرب هم در خاک‌های مزارع گندم دیم فاقد اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز (Sposito 1989) است و میانگین این عنصر در گندم دیم ۰/۷۴ mg/kg است (نمودار ۶).

www.SID.ir

Archive of SID



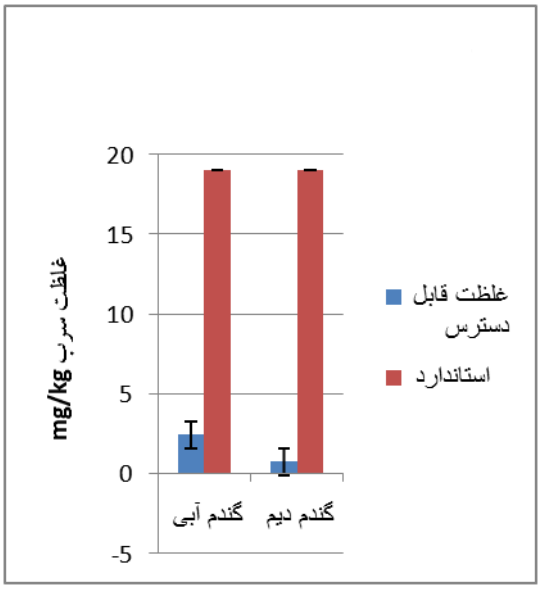
نمودار۴- غلظت قابل دسترس کادمیوم در خاک مزارع ± انحراف استاندارد



نمودار۵- غلظت قابل دسترس روی خاک مزارع± انحراف استاندارد

www.SID.ir

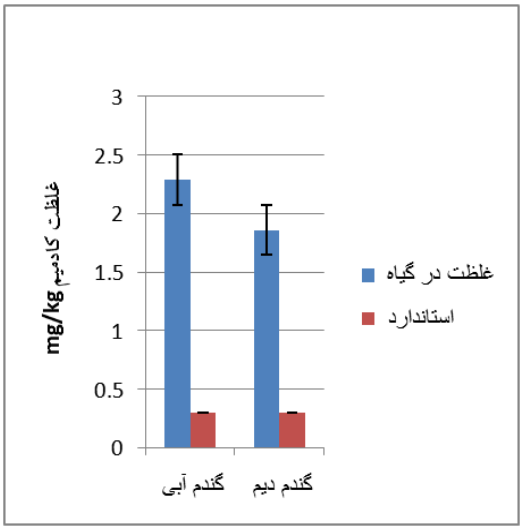
Archive of SID



نمودار۶- غلظت قابل دسترس سرب در خاک مزارع ± انحراف استاندارد

۳- نتایج بررسی غلظت عناصر سنگین در گیاهان

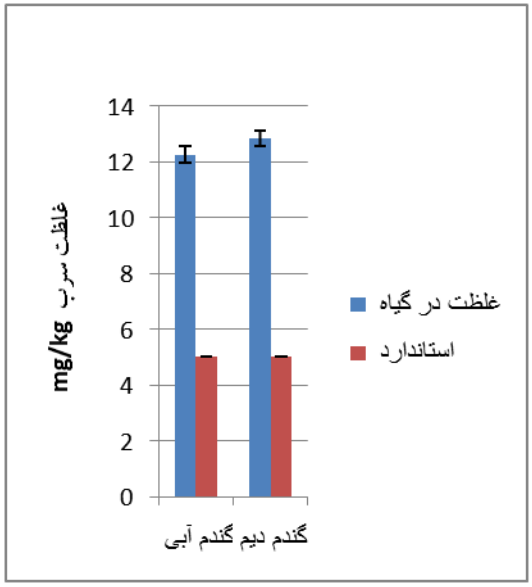
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری در گیاهان نشان داد که عنصر کادمیوم و سرب در گندم آبی و دیم دارای اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز WHO/FAO (۱۹۸۴) است و میانگین عنصر کادمیوم در گندم آبی ۲/۲۹ mg/kg و در گندم دیم ۱/۸۶ mg/kg و میانگین عنصر سرب در گندم آبی ۲۶/۱۲ mg/kg و میانگین این عنصر در گندم دیم ۱۲/۸۴ mg/kg می‌باشد. غلظت عنصر روی هم در گیاهان گندم دیم و گندم آبی فاقد اختلاف معنی‌داری با استاندارد مجاز می‌باشد و میانگین این عنصر در گندم دیم ۱۱/۵ mg/kg و در گیاه گندم آبی ۱۳/۹۹ mg/kg می‌باشد (نمودارهای ۷،۸ و۹).



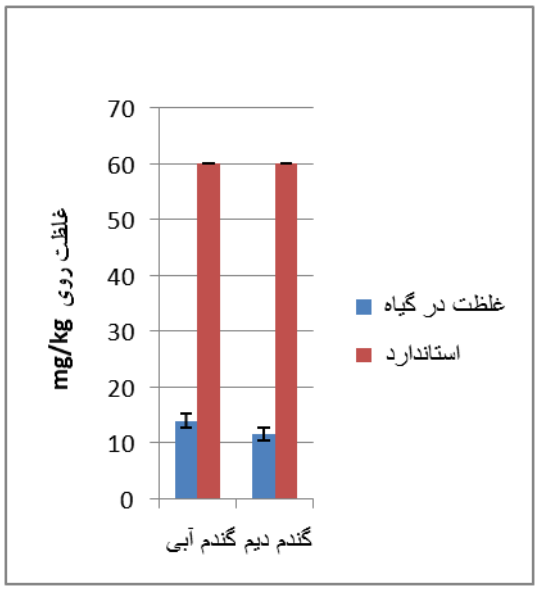
نمودار ۷- میانگین غلظت کادمیوم در گیاهان ± انحراف استاندارد

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۸- میانگین غلظت سرب در گیاهان ± انحراف استاندارد



نمودار۹- میانگین غلظت روی در گیاهان ± انحراف استاندارد

- نتایج همبستگی بین غلظت کل عناصر سنگین و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

آنالیز همبستگی اسپیرمن برای بیان همبستگی متغیرهای کمی شامل غلظت فلزات کادمیوم، سرب و روی در گیاهان مناطق مورد مطالعه، اجزای بافت خاک شامل رس، سیلت و شن و pH خاک، EC خاک، آهک معادل خاک، در خاک مناطق مورد مطالعه انجام یافت. نتایج بررسی همبستگی بین غلظت کل عناصر سنگین وخصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها در جدول ۳ و نتایج همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در خاک وگیاهان در جدول ۴ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- همبستگی بین غلظت کل عناصرسنگین و خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک‌ها

	Cd	Pb	Zn	pH	EC	$CaCO_3$	Clay	Silt	Sand
Cd	۱								
Pb	۰/۲	۱							
Zn	a۰/۳۶	-۰/۰۳	۱						
pH	-۰/۰۵	-۰/۱۰	-۰/۱۷	۱					
EC	-۰/۱۹	-۰/۱۳	-۰/۱۱	-۰/۲۵	۱				
$CaCO_3$	b-۰/۸۲	a-۰/۹۶	b-۰/۸۲	۰/۲۵	-۰/۷	۱			
Clay	۰/۰۷	-۰/۳۷	-۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۱۸	۰/۱۲	۱		
Silt	۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۶۷	-۰/۰۴	۰/۳۹	۱	
Sand	-۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۲۱	-۰/۲۶	-۰/۶۲	۰/۰۰۳	-۰/۶۲	a-۰/۹۲	۱

a معنی‌دار در سطح کمتر از ۱ درصد

b معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد

جدول ۴- همبستگی بین عناصر سنگین کل در خاک و گیاهان

عناصر				
نوع گیاه		Cd	Pb	Zn
گندم آبی	ضریب تعیین	۰/۲۱	-۰/۱۸	-۰/۱۷
	سطح خطا	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۴۳
گندم دیم	ضریب تعیین	۰/۰۷	۰/۰۷	-۰/۰۲
	سطح خطا	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۹۴

۵- نتایج بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان

کادمیوم یکی از پرتحرک‌ترین عناصر در خاک می‌باشد. همبستگی کادمیوم با روی ۰/۳۶a شد که این میزان نشان دهنده ارتباط مستقیم و متوسط در سطح یک درصد است. کادمیوم با دیگر عناصر همبستگی نداشت.

۶- نتایج فاکتور انتقال

مقادیر فاکتور انتقال در گیاهان به صورت زیر مشاهده شد:

در دانه‌های گندم آبی Pb>Zn>Cd

در دانه‌های گندم دیم Cd>Pb>Zn

۷- نتایج جذب روزانه عناصر[1] و شاخص خطر پذیری سلامتی[2] به واسطه مصرف بخش‌های خوراکی گیاهان

مصرف روزانه عناصر و شاخص خطر پذیری در دانه‌های گندم آبی و دانه‌های گندم دیم به ترتیب در جداول ۵ و ۶ بیان شده است.

1- DIM
2- HIR

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مصرف روزانه عناصر (DIM) و شاخص خطر پذیری (HRI) در دانه‌های گندم آبی

اشخاص	عناصر					
	Zn		Pb		Cd	
	HRI	DIM	HRI	DIM	HRI	DIM
بزرگسالان						
میانگین	۰/۱۳	۰/۰۴	۴/۰۷	۰/۰۵	۱۲/۲۹	۰/۰۰۶
انحراف معیار	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۳/۹۴	۰/۰۵	۲/۱۷	۰/۰۰۱
نوجوانان						
میانگین	۰/۱۵	۰/۰۵	۴/۴۲	۰/۰۶	۱۴/۸۹	۰/۰۰۷
انحراف معیار	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۴/۰۴	۰/۰۶	۲/۶۷	۰/۰۰۱
مصرف استاندارد عناصر	-۰۱E۰/۳		-۰۲E۴/۱		-۰۴E۰/۵	

جدول ۶- مصرف روزانه عناصر (DIM) و شاخص خطر پذیری (HRI) در دانه‌های گندم دیم

اشخاص	عناصر					
	Zn		Pb		Cd	
	HRI	**DIM**	**HRI**	**HRI**	**DIM**	**HRI**
بزرگسالان						
میانگین	۰/۱۲	۰/۰۴	۳/۵۹	۰/۰۴	۱۰/۵۰	۰/۰۰۵
انحراف معیار	۰/۰۳	۰/۰۰۸	۵/۹۴	۰/۰۸	۱۱/۷	۰/۰۰۳
نوجوانان						
میانگین	۰/۱۵	۰/۰۵	۳/۲۷	۰/۰۴	۱۲/۶۴	۰/۰۰۶
انحراف معیار	۰/۰۳	۰/۰۰۹	۷/۲۷	۰/۱	۸/۷۰	۰/۰۰۴
مصرف استاندارد عناصر	-۰۱E۰/۳		-۰۲E۱/۴		-۰۴E۰/۵	

بحث و نتیجه‌گیری

علت پایین بودن همبستگی کادمیوم با دیگر عناصر در خاک را می‌توان به متنوع بودن منشأ ژئوشیمیایی و صنعتی کادمیوم که از راه‌های گوناگون وارد خاک می‌شوند، دانست (۱۶).

به طور کلی میزان کادمیوم در همه کشت‌ها از حد استاندارد می‌باشد که این نتایج با نتایج Lin[1] و همکاران ۲۰۱۰ مطابقت دارد. این محققان گزارش کردند تجمع طولانی مدت فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه موجب افزایش غلظت عنصر کادمیوم در نمونه گندم و ذرت شده است (۱۷).

مقایسه میانگین در بین کشت‌های مختلف نشان داد که میزان کادمیوم در خاک گندم آبی از بقیه خاک‌ها بوده است.

میزان سرب در تمامی خاک‌ها تقریبا باهم برابر بود. اختلاف معنی داری بین میزان سرب در خاک‌ها مشاهده نشد.

نتایج مشابه مطالعه Orisakwe[2] و همکاران ۲۰۱۲ نشان داد که غلظت‌های کادمیوم فراتر از غلظت‌های مجاز برای خاک‌های کشاورزی بوده است که منجر به تجمع فلزات سنگین در بدن انسان می‌گردد (۱۸).

میانگین غلظت روی در خاک گندم آبی بیش‌تر از گندم دیم مشاهده شد. غلظت روی در خاک‌های کشاورزی سوئد، با دامنه ای از (۶ تا ۱۵۲ mg/kg) توسط Eriksson[3] ۲۰۰۱ گزارش شده است (۱۹). همچنین نتایج Luo[4] و همکاران ۲۰۱۱ در مناطق آلوده، مقادیر خیلی بالاتر از عناصر سنگین را نشان داده است، عناصری از قبیل کادمیوم، سرب و روی به ترتیب با میانگین غلظت کل ۱/۱۷، ۴۵و ۳۶۹ میلی گرم بر کیلوگرم توسط آن ها گزارش گردید (۲۰). همچنین غلظت‌های بالاتری از تحقیق حاضر، توسط Nabula[5] و همکاران ۲۰۱۰ در خاک‌های کشاورزی مشاهده شده است (۲۱).

بیش‌ترین غلظت قابل دسترس عناصر سنگین در خاک‌های گندم آبی مربوط به عنصر روی و کم‌ترین غلظت مربوط به عنصر کادمیوم

1- Lin
2- Orisakwe
3- Eriksson
4- Luo
5- Nabula

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد. میانگین غلظت قابل دسترس کادمیوم در خاک مزارع گندم دیم به طور معنی داری بالاتر از دیگر کشت‌ها می‌باشد. غلظت کل سرب در خاک مزارع گندم آبی از دیگر کشت‌ها بالاتر می‌باشد. در نتیجه می‌توان بیان کرد که ورود آلاینده‌ها (کودهای دامی و کشاورزی، آفت کش‌ها و فاضلاب‌ها) به زمین‌های کشاورزی از طریق گیاهان جذب و یا از طریق آب‌شویی به اعماق پایین‌تر حرکت می‌کند (۲۲). غلظت کل کادمیوم در گندم آبی بیش‌تر از بقیه گیاهان بود. میانگین غلظت کادمیوم در تمامی گیاهان از محدوده مجاز تعریف WHO/FAO[1] و SEPA [2] بالاتر می‌باشد. سرب در تمامی گیاهان از محدوده مجاز تعریف شده WHO/FAO و SEPA بالاتر می‌باشد. کم‌ترین غلظت سرب برای دانه‌های گندم دیم مشاهده شد که این نتایج مشابه با نتایج Eriksson [3] ۲۰۰۱ می‌باشد (۲۳).

میزان همبستگی کربنات کلسیم معادل خاک با کادمیوم b ۰/۸۲- محاسبه شده است که بیان کننده ارتباط منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ بین دو متغییر می‌باشد. علت این ارتباط منفی و معنی دار می‌تواند نقش کلیدی آهک در غیر متحرک کردن عناصر فلزی در خاک باشد. یکی از راه‌های جلوگیری از رسیدن میزان کادمیوم به سطوح سمی و پر خطر، افزودن آهک به خاک می‌باشد که مقدار قابل توجهی از کادمیوم را غیر متحرک می‌کند (۲۴).

کادمیوم یکی از پرتحرک‌ترین عناصر در خاک است. همبستگی کادمیوم با روی a۰/۳۶ محاسبه شد که این میزان نشان دهنده ارتباط مستقیم و متوسط در سطح یک درصد می‌باشد. کادمیوم با دیگر عناصر همبستگی نداشت.

علت پایین بودن همبستگی کادمیوم با دیگر عناصر در خاک را می‌توان به متنوع بودن منشأ ژئوشیمیایی و صنعتی کادمیوم که از راه‌های گوناگون وارد خاک می‌شود، دانست (۲۵).

نتایج فاکتور انتقال نشان می‌دهند که عناصری از قبیل کادمیوم، سرب و روی به راحتی و با پتانسیل بالایی به بخش‌های مختلف گیاهان مورد مطالعه انتقال پیدا کرده‌اند. نتایج جمالی [4] و همکاران ۲۰۰۹ نشان داد که فاکتور انتقال برای عناصری مانند کادمیوم، سرب و روی از لجن فاضلاب به دانه‌های گندم بالاتر از دیگر عناصر می‌باشد (۲۶).

کم‌ترین میزان فاکتور انتقال سرب مربوط به گندم دیم می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر باید توجه ویژه ای به آلودگی دانه‌های گندم با عناصر سنگین کرد، زیرا این گیاهان پتانسیل بالایی برای تجمع عناصر سنگین در بافت‌های خود دارند. همچنین جزء گیاهانی هستند که به مقدار زیادی توسط انسان مصرف می‌شوند به ویژه عناصری از قبیل کادمیوم، سرب و روی که دارای پتانسیل بالایی برای ورود به زنجیره غذایی دارند و باعث بروز انواع سرطان‌ها و بیماری‌های کلیوی در انسان می‌شوند (۲۷).

بیش‌ترین میزان جذب روزانه برای کادمیوم و کم‌ترین برای سرب و روی به واسطه مصرف دانه‌های گندم آبی و دیم مشاهده شد. مقادیر جذب روزانه در دانه‌های گندم آبی و دیم برای عنصر کادمیوم و سرب برای بزرگ‌سالان و نوجوانان بیش‌تر از یک می‌باشد. بنابراین در مصرف دانه‌های گندم آبی و دیم شاخص خطر پذیری سلامتی برای عنصر کادمیوم و سرب دارای اهمیت بالایی می‌باشد و باید ورود این عنصر به زنجیره غذایی کنترل شود. میزان شاخص خطرپذیری برای عنصر روی در گندم آبی و دیم پایین‌تر از یک می‌باشد بنابراین در اثر مصرف گندم آبی و دیم، خطر کم‌تری را از لحاظ این عنصر ایجاد می‌کند.

1- FAO/WHO
2- SEPA
3- Eriksson
4- Jamali

منابع

1. Alloway, B .J .1995 :Soil processes and the behaviour of metals ."Blackie Academic and Professional, London .11-37.
۲. یارقلی، ب، عظیمی، ع، باغوند، ا، عباسی، ف، لیاقت، ع، فردی، ع، بررسی جذب و تجمع کادمیوم در اندام های مختلف محصولات غده‌ای در خاک های آلوده، آب و فاضلاب،۱۳۸۸،۴،۶۰
3. Jalali, M .and Moharami, S .2010 "Redistribution of cadmium, copper, lead . Nicel, and zinc among soil franctions in a contaminated calcareous soil after application of nitrogen fertiltizers ".J . Plant Nutr .Soil Sci, 173 :37-244.
4. Jalali, M., Khanlari Z, V .2008a "Environmental contamination of Zn .Cd, Nl, Cu .And Pb from areas in Hamadan Province, western Iran ".Environ 55 :1537-1543.
5. Duruibe .J.O., Ogwuegbu, M .D .C .and Egwurugwu, J.N .2007" Heavy metal Pollution anh Human biotoxic Effects". Int .J.Phyz .Sci.2 :112 -118
6. Ikeda, M., Zhang .Z.W., shimbo, S., watanabe, T., Nakatsuka, H., Moon, C.S., Matsuda – Inoguchi, N .and Higashikawa, K .2000 "Urban population exposure to lead and cadmium in east and south – east Asia ".Sci .Total Environ .249 :373-384.
7. Duruibe .J.O., Ogwuegbu, M .D .C .and Egwurugwu, J.N .2007" Heavy metal

www.SID.ir

Archive of SID

Pollution anh Human biotoxic Effects". Int .J.Phyz .Sci.2 :112 -118

8. Sims, J.T .1996 "Lime requirement methods of soil analysis, parts chemical methods "Madision Wisconsin, USA .Pp : 491.
9. Carter .R 1993 "Crop and food chain effects of toxic elements in sludges and effects ".Proceedings of the Joint Conference on Recycling Municipal Sludges and Effiuents on Land .National Association of State Universities and Land-Grant Colleges, Washington DC, pp . 129-141
10. Lindsay, W .L .and Norvell, W.A .1978 "Development of a DTPA test for zinc, mangoncse, and copper ".Soil Sci .Soc . Am .J .42 :421-428.
11. Cao, H., Jianjiang, CH., Jun, ZH., Hui, ZH., Li, Q .and Yimen .2010" Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China ".J .Envieon .Sci .22)11 :(1729-1799
12. Cui, Y., Zhu, Y .G., Zhai, R., Huang, Y., Qiu, Y .and Liang, J.2005" Exposure to metal mixtures and human health impacts in a contomintal area in Nanning china".
13. Ge, K .Y .1992 "The status of nutvient and metal of Chinese in the 1990 ".Beijing people's Hygiene press .415-434.
14. Wang, X., Sato, T., Xing, B .and Tao, S 2005" Helth risks of heavy metals to the general buplic in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish ".Sci . Total
15. USEPA, 2002 USEPA US Environmental Protection Agency. "List of Drinking water contaminants and MCLs ". Washington, DC; 2002.
16. Nabula, G., Young, S.D .and Black, C.R . 2010 "Assessing risk to human health from tropical leafy vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge ". Environ .Pollu .159 :368-376.
17. Lin, J., Wuyi, W., Yonghua, L., and Linsheng., Y. 2010. Heavy Metals in Soil and Crops of an Intensively Farmed Area: A Case Study inYucheng City, Shandong Province, China. J. Environ. Res. Public Health 2010, v, 395- 412; doi: 10, 3390/ijerph 7020395.
18. Orisakwe, O, Kanayochukwu, N.J, Nwadiuto, A.C, Daniel, D and Onyinyechi,O, Evaluation of Potential Dietary Toxicity of Heavy Metals of Vegetables, Environment Analytic Toxicol, 2012, 2, 3
19. Eriksson,J.E .2001" Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, faramyard manure, mineral fertilizers, perecipitation and in oil and crops ." Swedish EPA .Rep 5159 .Stockholrn.
20. Luo, Ch., Liu, Ch., Wang, Y., Lin, X., Li, F., Zhang, G .and Li, X .2011 "Heavy metal contamination in woils and vegetables near on e-waste processing site, south China ".J.Hazard .Mater .186 :481-490.
21. Nabula, G., Young, S.D .and Black, C.R . 2010 "Assessing risk to human health from tropical leafy vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge ". Environ .Pollu .159 :368-376.

۲۲. معیاری، ا، ۱۳۹۰، تأثیر کشت های مختلف بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا

23. Eriksson,J.E .2001" Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, faramyard manure, mineral fertilizers, perecipitation and in oil and crops ." Swedish EPA .Rep 5159 .Stockholrn.
24. Alloway, B .J .1995 :Soil processes and the behaviour of metals ."Blackie Academic and Professional, London .11-37.
25. Nabula, G., Young, S.D .and Black, C.R . 2010 "Assessing risk to human health from tropical leafy vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge ". Environ .Pollu .159 :368-376.
26. Jamali, M .K., Kazi, T.G .Arain, M.B., Afridi, H .I .Jalbani, N .Kandhro, G.A, A.Q .and Baiga, J.A .2009 "Heavy metal acceumulation in different of wheat grown in soil amended J .Hazard .Mated . 164 :1386-1391.

۲۷. معیاری، ا، ۱۳۹۰، تأثیر کشت های مختلف بر غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاهان، پایان نامه کارشناسی-ارشد دانشگاه بوعلی سینا

www.SID.ir