

بررسی میزان غلظت عناصر سنگین در کمپوست، خاک پوششی و قارچ‌های خوراکی دکمه‌ای گلخانه‌های استان کردستان

مهرداد چراغی^۱، ندا مردوخ روحانی^{۲*}، بهاره لرستانی^۱

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

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، دانش آموخته گروه محیط زیست، همدان، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات: neda.mr65@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۱/۶/۷ پذیرش نهایی: ۹۲/۴/۲۲)

چکیده

آلودگی به فلزات سنگین یکی از مشکلات مهم زیست محیطی و یکی از نگرانی‌های مهم بهداشت مواد غذایی است. این تحقیق با هدف تعیین غلظت عناصر سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، روی و مس در محصول قارچ خوراکی تولید شده در گلخانه‌های استان کردستان صورت گرفته است. برای این منظور از کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی چهار گلخانه در استان کردستان با پنج تکرار برای هر یک نمونه‌برداری به عمل آمد. در کل در این بررسی تعداد ۶۰ نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها با استفاده از روش هضم اسیدی، هضم شدند. سپس غلظت عناصر توسط دستگاه نشر اتمی قرائت گردید. میانگین غلظت آرسنیک در قارچ‌های خوراکی ۸۹/۷۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، کادمیوم ۰/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، مس ۴۸/۸۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم، سرب ۳/۱۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و روی ۲۴/۰۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. یافته‌های پژوهش نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک، سرب و مس در کلیه نمونه‌های قارچ خوراکی بالاتر از حد استاندارد WHO (عناصر آرسنیک ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، سرب ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و مس ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مواد غذایی) بوده است. این در حالی است که کلیه نمونه‌های قارچ از لحاظ عناصر روی و کادمیوم کاملاً سالم بودند. همچنین غلظت کلیه عناصر در خاک و کمپوست به جز آرسنیک پایین‌تر از حد استاندارد EPA تشخیص داده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مصرف زیاد کودهای شیمیایی در گلخانه‌های استان کردستان باعث افزایش غلظت این عناصر شده است.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، گلخانه، قارچ دکمه‌ای، کود شیمیایی، کردستان

مقدمه

بشر امروزه در قرن ۲۱ با مشکلات بی‌شمار زیست محیطی روبروست و مهمترین مشکلات موجود، آلودگی آب، خاک و هوا توسط فلزات سنگین می‌باشد و به همین دلیل شناسایی دقیق فلزات سنگین و اثرات زیان‌بار آنها بر محیط زیست و تغییر و تحولاتی که در بوم سازگان ایجاد می‌نمایند و همچنین امراض و بیماری‌هایی که بخصوص در انسان بوجود می‌آورند، سبب شناخت دقیق آنها می‌شود (Athar and Vahoura, 2007). فلزات سنگین فلزاتی منفرد و ترکیباتی هستند که انسان‌ها از طریق خوردن، آشامیدن و استنشاق در معرض این فلزات قرار می‌گیرند (Stihic et al., 2009). از منابع انتشار فلزات سنگین به محیط می‌توان عوامل صنعتی، ترافیک، استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده از کودهای فسفاته را نام برد. تقریباً تمام فلزات سنگین در بدن اثرات سوء بر جای می‌گذارند که می‌توان به اختلال در سیستم عصبی، کلیوی و گردش خون اشاره نمود (Malakotian et al., 2011). در میان فلزات سنگین، کادمیوم، سرب، آرسنیک، جیوه، مس و روی خطرناک‌ترین فلزات هستند (Athar and Vahoura, 2007). بعضی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، نیکل و جیوه حتی در مقادیر ناچیز نیز برای انسان سمی و خطرناک هستند (Malakotian et al., 2011). در میان عناصر سرب و کادمیوم بیشترین اهمیت بهداشتی و سلامتی را در رابطه با استفاده از محصولات کشاورزی دارند (Karbasi and Bayati, 2007). در میان محصولات کشاورزی یکی از محصولاتی که در شرایط فعلی قادر به تامین پروتئین، ویتامین و اسیدهای آمینه ضروری برای انسان می‌باشد،

قارچ خوراکی دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) است که در حال حاضر در گلخانه‌های استان کردستان پرورش داده می‌شود. هم‌اکنون هفت واحد تولید قارچ در استان کردستان موجود است اما تنها ۴ واحد از آنها فعال می‌باشند. ظرفیت تولید سالانه این واحدهای تولید قارچ حدود ۱۳۰۰ تن می‌باشد. میزان مصرف سرانه قارچ در استان کردستان ۱۰۰ گرم از سرانه کشور (۴۵۰ گرم) بیشتر است. قارچ‌ها در جلوگیری و درمان سرطان سینه و پروستات نقش بسزایی دارند. تحقیقات نشان داده است که عصاره نوعی قارچ با کاهش سطح چربی و کلسترول خون از ابتلا به بیماری‌های قلبی جلوگیری می‌کند (Bahrami and Mohammadi, 2008). البته در صورتی که محیط کشت آنها عاری از آلودگی باشد. زیرا اگر ترکیبات محیط کشت شدیدتر از حد معمول آلوده باشند وجود آلودگی قارچ‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. قارچ‌های خوراکی دکمه‌ای مانند یک ساپروفیت وابسته به مواد غذایی آلی هستند و در مقایسه با گیاهان اهلی دیگر احتمال جذب عناصر حداقل به همان اندازه یا کمی بیشتر نیز وجود دارد. زیرا تبادل مواد از طریق خاک انجام می‌شود و مستقیماً در مسیر معدنی شدن محیط کشت انجام می‌گیرد (Honteh and Gerabeh, 1996). همچنین چون قارچ‌ها قادر به فتوسنتز نمی‌باشند برای ساخت مواد آلی مورد نیاز خود از کربن موجود در مواد آلی دیگر مانند بقایای کاه و کلش برنج یا گندم و یا بقایای چوب مانند خاک اره استفاده می‌کنند (Bahrami and Mohammadi, 2008). غلظت فلزات سنگین در قارچ‌ها نسبت به محصولات کشاورزی، سبزیجات و درختان میوه‌دار بالاتر است. به نظر می‌رسد که قارچ‌ها دارای مکانیسم بسیار موثری هستند که آنها

در خاک که در تماس با قارچ بوده‌اند، از بین روند. پس از شستشو نمونه‌های قارچ به صورت ورقه‌ای درآمده و بر روی کاغذهای سفید و عاری از هر نوع آلودگی قرار گرفتند. کلیه نمونه‌های قارچ، کمپوست و خاک در درجه حرارت اتاق خشک، آسیاب و کاملاً خرد شدند. در مرحله بعد نمونه‌های قارچ از الک با قطر منافذ حدود ۰/۵ میلی‌متر عبور داده شدند. سپس نمونه‌ها در یک ظرف شیشه‌ای تمیز قرار داده شده و برای جلوگیری از وجود کوچک‌ترین رطوبت باقی مانده در نمونه‌ها، دوباره در درجه حرارت ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند.

هضم کردن نمونه‌ها

جهت هضم نمونه گیاهی قارچ، ۲ گرم از نمونه‌های خشک آسیاب شده در بالن ته گرد قرار داده می‌شود و به ترتیب ۴ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ، ۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن‌ها اضافه می‌شود. محلول فوق زیر هود و بر روی هیتر با احتیاط جوشانده می‌شود تا حجم آن کم شود. در گام بعدی به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب اضافه می‌شود تا رسوبات حل شوند و دوباره حرارت داده می‌شود تا حجم آن کم شود. در پایان محلول را صاف کرده و به کمک آب به حجم می‌رسانیم (Kafili zadeh et al., 2006). نمونه‌های خاک و کمپوست نیز در دمای اتاق خشک می‌شوند. سپس از الک ۲ میلی‌متر عبور داده می‌شوند. جهت هضم نمونه‌های خاک و کمپوست ابتدا یک گرم از نمونه خاک در بشر ۱۲۵ میلی‌لیتر ریخته می‌شود و با ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک یک به یک مخلوط می‌گردد. پس از رسانیدن دما به ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه عمل بازروانی انجام

را قادر می‌سازد به سهولت مقادیری از فلزات سنگین از اکوسیستم را برداشت کنند (Zhu et al., 2011). هدف از این پژوهش تعیین غلظت عناصر سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، روی و مس در کمپوست، خاک پوششی و محصول قارچ خوراکی تولید شده در گلخانه‌های استان کردستان و مقایسه آن‌ها با مقادیر استاندارد بین‌المللی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها

برای جمع‌آوری نمونه‌ها، ۴ گلخانه فعال در نظر گرفته شد. این گلخانه‌ها به ترتیب در روستای چپان سفلی در اطراف شهرستان سقز، روستای زرین جو در اطراف شهرستان بیجار، روستای تودار ملا در اطراف شهرستان مریوان و روستای کریم آباد در اطراف شهرستان دهگلان قرار گرفته‌اند. از هر گلخانه به صورت کاملاً تصادفی ۵ نمونه قارچ، ۵ نمونه خاک و ۵ نمونه کمپوست جمع‌آوری شد. سپس مختصات هر یک از گلخانه‌ها توسط دستگاه GPS برداشته شد.

برای اطمینان از کیفیت آب و عدم آلودگی آب چاه‌های مورد استفاده در پرورش و آبیاری قارچ‌ها به فلزات سنگین به ویژه عنصر آرسنیک، اقدام به نمونه‌برداری از آب چاه‌های واقع در گلخانه‌ها گردید. از هر چاه آب به نمونه آب برداشت شد. نمونه‌های آب به آزمایشگاه انتقال داده شد و قرائت آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی صورت گرفت.

خشک کردن نمونه‌ها

نمونه‌های قارچ جمع‌آوری شده ابتدا با آب ۲ بار تقطیر کاملاً شسته شدند تا آلاینده‌های احتمالی موجود

استرالیا استفاده شد. درصد خطای دستگاه فوق ۵٪ و میزان دقت عدد قرائت شده ۰/۰۰۱ می باشد. داده‌های حاصل بر حسب قسمت در میلیارد می باشند و با توجه به استانداردهای موجود جهانی به قسمت در میلیون تبدیل شدند. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون P P Plots در سطح اطمینان ۹۵٪ تایید گردید. در پایان برای تجزیه و تحلیل و آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS19 و آزمون One sample t-test استفاده شد.

یافته‌ها

برای بررسی میزان حضور هر یک از عناصر در کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی و سپس مقایسه آن با مقادیر استاندارد، پس از آنالیز آماری جهت مقایسه مقادیر حاصله با استانداردهای جهانی، از استاندارد EPA سال ۲۰۰۶ برای خاک و کمپوست و از استاندارد WHO/FAO سال ۲۰۱۱ برای مقادیر محصول قارچ خوراکی استفاده می شود.

می‌گردد. پس از سرد شدن مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد به نمونه اضافه می‌شود و برای مدت نیم ساعت بازروانی می‌شود. افزایش اسید نیتریک غلیظ مجدداً تکرار می‌شود و بازروانی انجام می‌گیرد. سپس محلول داخل بشر تا رسیدن به حجم ۵ میلی‌لیتر حرارت داده می‌شود. پس از سرد شدن نمونه‌ها مقدار ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به نمونه‌ها اضافه می‌شود. سپس مخلوط مورد نظر حرارت داده می‌شود تا واکنش با پراکسید هیدروژن انجام شود و محتویات داخل بشر ته نشین گردد. به دنبال سرد شدن نمونه‌ها ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶۵ درصد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه می‌شود و به مدت ۱۵ دقیقه بازروانی می‌گردد. در پایان محتویات بشر با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف می‌شود (Mardani et al., 2010). کلیه اسیدهای مصرفی از شرکت Merck آلمان خریداری شد. برای قرائت غلظت فلزات سنگین در کلیه نمونه‌های قارچ، خاک و کمپوست از دستگاه نشر اتمی مدل Varian 710 - ES ساخت کشور

جدول ۱- مقایسه میانگین عناصر بررسی شده در قارچ‌های خوراکی استان کردستان (میلی‌گرم در کیلوگرم)

پارامتر	میانگین غلظت	درجه آزادی	آماره t	حد اطمینان پایین	حد اطمینان بالا	حد استاندارد*
آرسنیک	۸۹/۷۴۲	۱۹	۱۲/۱۹	۷۳/۹۱۹	۱۰۴/۵۶۵	۰/۵
کادمیوم	۰/۳۳۲	۱۹	-۵/۷۱۲	-۰/۲۲۸	-۰/۱۰۶	۰/۵
سرب	۳/۱۵۲	۱۹	۲/۳۰۳	۰/۱۰۴	۲/۲	۲
روی	۲۴/۰۷۲	۱۹	-۱۵/۱۵۵	-۴۰/۸۸۸	-۳۰/۹۶۵	۶۰
مس	۴۸/۸۶۸	۱۹	۲/۷۹۴	۲/۲۲۴	۱۵/۵۱۳	۴۰

* حد استاندارد: FAO/WHO/CODEX

جدول ۲- وضعیت آماری عناصر بررسی شده در خاک گلخانه‌های استان کردستان (میلی‌گرم در کیلوگرم)

پارامتر	میانگین غلظت	درجه آزادی	آماره t	حد اطمینان پایین	حد اطمینان بالا	حد استاندارد*
آرسنیک	۱۱۲/۷۹۶	۱۹	۴/۵۵۱	۲۸/۵۱۶	۷۷/۰۷۵	۶۰
کادمیوم	۰/۳۷۶	۱۹	-۹۷/۳۰۹	-۴/۷۲۳	-۴/۵۲۴	۵
روی	۲۴/۲۲۹	۱۹	-۱۰۰/۰۸۶	-۵۸۷/۸۱۰	-۵۶۳/۷۲۹	۶۰۰
مس	۱۸/۴۴۷	۱۹	-۴۶/۱۴۵	-۱۸۹/۷۸۷	-۱۷۳/۳۱۷	۲۰۰
سرب	۹۰/۵۱۸	۱۹	-۱۲/۷۲۰	-۴۷۶/۸۶	-۳۴۲/۱۰۱	۵۰۰

*حد استاندارد: EPA

جدول ۳- وضعیت آماری عناصر بررسی شده در کمپوست گلخانه‌های استان کردستان (میلی‌گرم در کیلوگرم)

پارامتر	میانگین غلظت	درجه آزادی	آماره t	حد اطمینان پایین	حد اطمینان بالا	حد استاندارد*
آرسنیک	۱۸۳/۷۱۲	۱۹	۶/۶۸۸	۱۱۵/۹۱۰	۲۲۱/۵۱۵	۱۵
کادمیوم	۰/۶۳۴	۱۹	-۱۷/۸۷۹	-۰/۹۶۶	-۰/۷۶۴	۱/۵
سرب	۱۰/۹۶۷	۱۹	-۲۹۳/۹۵۸	-۱۴۰/۰۲۲	-۱۳۸/۰۴۲	۱۵۰
روی	۱۱۹/۰۳۱	۱۹	-۲۷/۸۹۰	-۲۴۸/۳۰۲	-۲۱۳/۶۳۵	۳۵۰
مس	۱۰/۶۴	۱۹	-۵۰/۴۳۵	-۹۳/۰۶۸	-۸۵/۶۵۱	۱۰۰

*حد استاندارد: EPA

آرسنیک

بیانگر آلودگی خاک و کمپوست به عنصر آرسنیک می‌باشد. همچنین برای مقایسه و سنجش مقادیر عنصر آرسنیک در ۴ گلخانه ذکر شده، گلخانه اول سقر، گلخانه دوم بیجار، گلخانه سوم مریوان و گلخانه چهارم دهگلان در نظر گرفته شد ($p\text{-value}=0 < \alpha=0/0005$).

نتایج آماری حاصل از جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین غلظت عنصر آرسنیک در محصول قارچ خوراکی ۸۹/۷۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد که این مقدار بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. پس با اطمینان ۹۵ درصد قارچ‌ها به عنصر آرسنیک آلوده هستند. نتایج حاصل از جدول ۲ و ۳ نیز

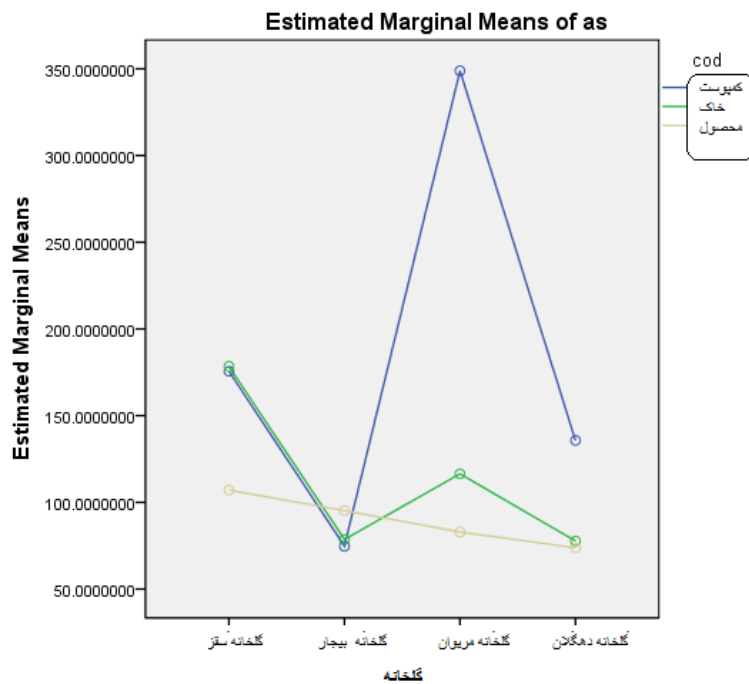
جدول ۴- ضریب همبستگی پیرسون میزان آرسنیک خاک و محصول قارچ خوراکی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
میزان آرسنیک خاک- محصول	۰/۷۴۵ **
میزان آرسنیک محصول- کمپوست	۰/۱۸۵ *
میزان آرسنیک خاک- کمپوست	۰/۴۰۲ *

**معنی داری در سطح ۰/۰۱ *معنی داری در سطح ۰/۰۵

آرسنیک موجود در محصول توسط میزان آرسنیک خاک توضیح داده می‌شود.

نظر به وجود همبستگی معنی‌دار میزان آرسنیک خاک و محصول قارچ، نتایج حاصله بیان‌گر آن است که با توجه به ضریب تعیین تعدیل شده، % ۵۵/۴ میزان



نمودار ۱- مقایسه میزان حضور آرسنیک در گلخانه‌های مختلف

کادمیوم

نتایج آماری حاصل از جداول ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که میانگین غلظت عنصر کادمیوم در محصول قارچ‌های خوراکی، خاک و کمپوست به ترتیب ۰/۳۳۲، ۰/۳۷۶ و ۰/۶۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. بنابراین قارچ‌های خوراکی، خاک پوششی و کمپوست از نظر عنصر کادمیوم سالم می‌باشند و مقادیر حاصله پایین‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست است ($\alpha=0/0005 < p\text{-value}$).

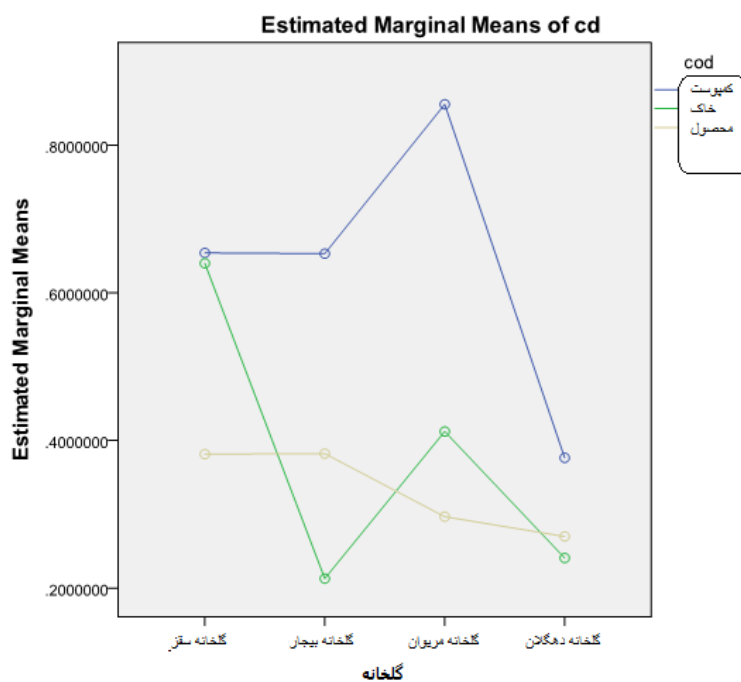
نتایج حاصله نشان داد که بیشترین مقدار تجمع آرسنیک در محصول قارچ گلخانه سقز می‌باشد و کمترین مقدار تجمع آن در محصول قارچ گلخانه دهگلان می‌باشد. بنابراین میزان حضور آرسنیک در محصول قارچ بر اساس گلخانه‌ها به صورت چهارم > سوم > دوم > اول عنوان می‌شود.

جدول ۵ - ضریب همبستگی پیرسون میزان کادمیوم کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
میزان کادمیوم خاک- محصول	۰/۶۳۱ **
میزان کادمیوم محصول-کمپوست	۰/۶۱۸ **
میزان کادمیوم خاک-کمپوست	۰/۵۷۵ **

**معنی داری در سطح ۰/۰۱

به دلیل وجود همبستگی معنی دار میزان کادمیوم خاک، کمپوست و محصول قارچ، نتایج حاصله بیانگر آن است که با توجه به ضریب تعیین تعدیل شده، % ۳۹/۸ میزان کادمیوم موجود در محصول توسط میزان کادمیوم خاک توضیح داده می شود.



نمودار ۲- مقایسه میزان حضور کادمیوم در گلخانه های مختلف

پس از مقایسه و سنجش مقادیر عنصر کادمیوم در ۴ گلخانه سرب ذکر شده نتایج بیانگر آن بود که بالاترین مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در محصول قارچ گلخانه سقز و کمترین مقدار که میانگین غلظت عنصر سرب در محصول قارچ آن در محصول قارچ گلخانه دهگلان می باشد. بنابراین میزان خوراکی ۳/۱۵۲ میلی گرم در کیلوگرم می باشد که این حضور کادمیوم در محصول قارچ بر اساس گلخانه ها به صورت مقدار بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی چهارم > سوم > دوم > اول عنوان می شود. می باشد و این نشان دهنده آلودگی قارچ ها به عنصر

سرب ($p\text{-value}=0/033 < \alpha=0/05$) می باشد. این در حالی است که مقادیر این عنصر در خاک و کمپوست می باشد ($p\text{-value}=0 < \alpha=0/0005$).

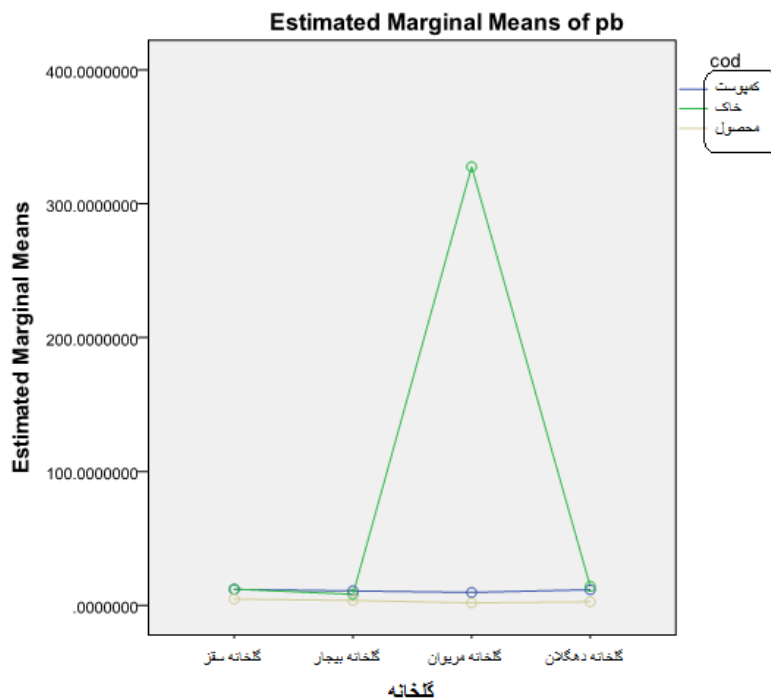
جدول ۶- ضریب همبستگی پیرسون میزان سرب کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
میزان سرب خاک- محصول	- ۰/۲۹۵
میزان سرب محصول- کمپوست	۰/۸۴۱ **
میزان سرب خاک- کمپوست	- ۰/۲۴۱

** معنی داری در سطح ۰/۰۱

میزان سرب کمپوست توضیح داده می شود. همچنین حضور اعداد منفی در نتایج به دست آمده نشان دهنده پایین بودن میانگین داده های موجود نسبت به میانگین استاندارد است.

با توجه به وجود همبستگی بالا و معنی دار میزان سرب خاک، کمپوست و محصول قارچ، نتایج حاصله نشان دهنده آن است که با توجه به ضریب تعیین تعدیل شده، ٪ ۷۰/۷ میزان سرب موجود در محصول توسط



نمودار ۳- مقایسه میزان حضور سرب در گلخانه های مختلف

هر ۴ گلخانه از نظر مقدار غلظت سرب تقریباً در یک سطح قرار گرفته اند.

پس از مقایسه و سنجش مقادیر عنصر سرب در ۴ گلخانه ذکر شده نتایج بیانگر آن است که محصول قارچ

روی

نتایج آماری حاصل از جداول ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که میانگین غلظت عنصر روی در محصول قارچ‌های خوراکی، خاک و کمپوست به ترتیب ۲۴/۰۷۲، ۱۱۹/۰۳۱ و ۲۴/۲۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که قارچ‌های خوراکی، خاک و

کمپوست از نظر عنصر روی سالم می‌باشند و مقادیر حاصله برای عنصر روی پایین‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست است ($\alpha=0/0005 < p\text{-value}$).

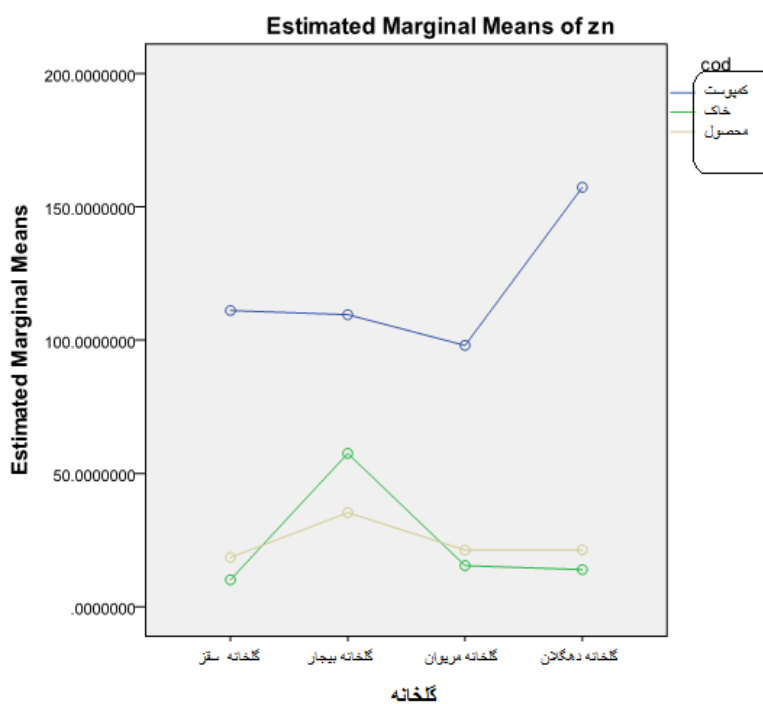
جدول ۷ - ضریب همبستگی پیرسون میزان روی کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
میزان روی خاک- محصول	۰/۴۶۴ **
میزان روی محصول- کمپوست	۰/۳۱۰ *
میزان روی خاک- کمپوست	- ۰/۲۶۳ *

**معنی داری در سطح ۰/۰۱ * معنی داری در سطح ۰/۱

نظر وجود همبستگی معنی‌دار میزان روی خاک، کمپوست و محصول قارچ، نتایج حاصله نشان دهنده آن است که با توجه به ضریب تعیین تعدیل شده، ۲۱/۶٪

میزان روی موجود در محصول توسط میزان روی خاک توضیح داده می‌شود.



نمودار ۴- مقایسه میزان حضور روی در گلخانه‌های مختلف

پس از مقایسه و سنجش مقدار حضور عنصر روی هیلی گرم در کیلوگرم می‌باشد که این مقدار بالاتر از حد گلخانه‌های مختلف، بالاترین مقدار روی اندازه‌گیری شده دوستاندارد سازمان بهداشت جهانی است. مقادیر فوق محصول قارچ گلخانه بیجار و کمترین مقدار آن در محصولشان دهنده آلودگی قارچ‌ها به عنصر مس قارچ گلخانه سقز می‌باشد. بنابراین میزان حضور روی ($\alpha=0/05 < p\text{-value}=0/012$) می‌باشد. این در حالی محصول قارچ بر اساس گلخانه‌ها به صورت اول > سوم است که مقادیر این عنصر در خاک و کمپوست پایین‌تر چهارم > دوم عنوان می‌شود.

($p\text{-value} = 0 < \alpha = 0/0005$)

مس

نتایج آماری جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین

غلظت عنصر مس در نمونه‌های قارچ خوراکی ۴۸/۸۶۸

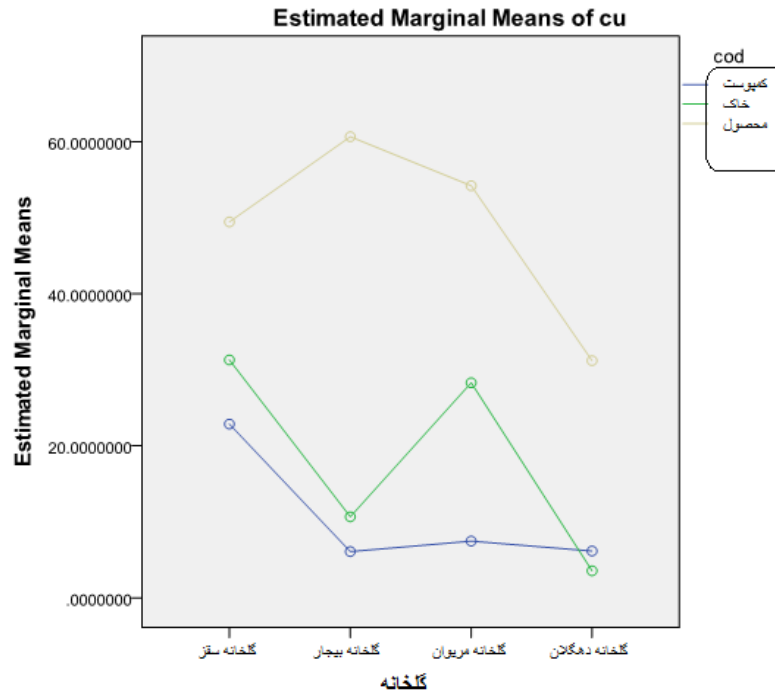
جدول ۸ - ضریب همبستگی پیرسون میزان مس کمپوست، خاک و محصول قارچ خوراکی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
میزان مس خاک- محصول	۰/۲۶۱ **
میزان مس محصول- کمپوست	۰/۲۳۴ **
میزان مس خاک- کمپوست	۰/۴۰۲ **

** معنی داری در سطح ۰/۰۱

قارچ خوراکی از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد و علت آلودگی محصول قارچ خوراکی به مس جدای از خاک و کمپوست است.

نتایج آماری حاصل از آزمون پیرسون نشان می‌دهد که رابطه خطی بین میزان مس محصول و میزان مس کمپوست وجود دارد اما میزان همبستگی بسیار پایین است و انتقال مس از کمپوست به خاک و به محصول



نمودار ۵- مقایسه میزان حضور مس در گلخانه‌های مختلف

موفقیت‌آمیز بوده است (Kiani sadr et al., 2008). فلزات سنگین می‌توانند از طریق کودهای آلی و معدنی، فضولات و پسماندهای کشاورزی و آلوده کننده‌های هوا و آب وارد خاک شوند. انباشت فلزات سنگین در خاک نه تنها باروری خاک و کیفیت محصول راکاهش می‌دهد بلکه بطور همزمان نقش اکولوژیکی خاک و تأثیر آن بر سایر اجزاء محیط زیست را نیز مختل می‌کند. تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آن‌ها و رسیدن به محدوده خطر از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، می‌تواند سلامتی او را مورد تهدید قرار دهد. برخی از کودهای غیرآلی به دلیل دارا بودن فلزات سنگین و ذرات رادیواکتیو برای محیط زیست و سلامتی انسان خطرناک هستند (Mohajer et al., 2010). فلزات

پس از مقایسه و سنجش مقدار حضور عنصر مس در گلخانه‌های فوق نتایج نشان داد که بالاترین تجمع مس در محصول قارچ گلخانه بیجار و پایین‌ترین مقدار تجمع این عنصر در محصول قارچ گلخانه دهگلان می‌باشد. بنابراین میزان حضور مس در محصول قارچ بر اساس گلخانه‌ها به صورت چهارم > اول > سوم > دوم عنوان می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین راه‌ها برای افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح استفاده صحیح از نهاده‌های کشاورزی از جمله کودهای شیمیایی و آلی است این روش نه تنها در کشورهای پیشرفته بلکه در بسیاری از کشورهای جهان سوم مانند هندوستان و چین

موجود در آب آبیاری باشد. آبیاری گلخانه‌ها و تأمین رطوبت آن‌ها توسط دستگاه رطوبت‌ساز و آبیاری روزانه صورت می‌گیرد. برای این منظور و همچنین برای تسهیل امور سمپاشی، سموم مورد نظر را به آب یا به دستگاه‌های رطوبت‌ساز اضافه می‌کنند بدین ترتیب مقادیر آرسنیک در کودهای فسفره با سرعت بیشتری به محیط پرورش قارچ اضافه می‌شود و احتمالاً خاک‌ها بدین شکل آلوده می‌شوند. همچنین در اثر آبخوبی، مقادیر آرسنیک به طبقات پایین‌تر حرکت کرده و علاوه بر خاک، کمپوست را نیز آلوده خواهد کرد. بنابراین این احتمال وجود دارد که آلودگی شدید قارچ‌ها به آرسنیک ناشی از خاک و کمپوست آلوده باشد که نتایج حاصل از آنالیز آماری این گفته را به اثبات می‌رساند. برای نتیجه‌گیری قاطعانه در مورد منشاء این فلز در نمونه‌های سنجش شده، به مطالعه بیشتر نیاز خواهد بود. برای اطمینان بیشتر از هر یک از چاه‌های مورد استفاده در پرورش و آبیاری قارچ‌ها نمونه برداری به عمل آمد. نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شدند. میانگین غلظت آرسنیک در نمونه‌های آب WHO 0.0056 mg/lit بود که پایین‌تر از حد استاندارد WHO (0/01) می‌باشد. پس می‌توان عنوان کرد که آب‌های مورد استفاده در گلخانه‌های پرورش قارچ به آرسنیک آلوده نیستند. مطالعات اخیر در اروپا نشان می‌دهد که مقدار آرسنیک ورودی به خاک‌ها از طریق کودهای شیمیایی فسفردار مشابه است با مقداری که از طریق مواد معلق اتمسفری در خاک رسوب می‌کند. به طور کلی آرسنیک از طریق کودهای فسفره به زمین‌های کشاورزی و خاک وارد می‌شود (Mohajer et al., 2010). همچنین در روند ساخت کود اوره با فرمول

سنگین نگران‌کننده در کود آرسنیک، کادمیوم و سرب و به میزان کمتر نیکل و روی می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد، در طولانی مدت غلظت آرسنیک و کادمیوم در خاک کشاورزی توسط کاربرد کود فسفاته افزایش می‌یابد، این در حالی است که قرار گرفتن در معرض آرسنیک، کادمیوم و سرب تهدید اصلی برای سلامت انسان می‌باشد. کاربرد زیاد از حد کود فسفاته نه تنها باعث افزایش فسفر خاک خواهد شد، بلکه منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک کشاورزی نیز می‌شود. لازم به ذکر است، آرسنیک موجود در کود، غلظت باقی‌مانده بیشتری در خاک را سبب می‌شود و فلز سنگین کادمیوم با مصرف کودها کمترین تغییرات را در خاک نشان می‌دهد. به طور کلی مصرف بی‌رویه کود و سموم شیمیایی از جمله عوامل آلودگی و ناپایداری خاک‌ها محسوب می‌شوند (Boudaghi et al., 2011). از مهمترین کودهای مورد استفاده در صنعت پرورش قارچ می‌توان به دیازینون، کاربندازیم، اسپورگون، اکسی کلرور مس و آیکون اشاره کرد که به صورت قارچ‌کش و حشره‌کش مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش مقادیر آرسنیک و مس و سرب در محصول قارچ بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است و این در حالی است که قارچ‌ها از نظر کادمیوم و روی سالم می‌باشند و مقادیر اندازه‌گیری شده آن‌ها پایین‌تر از مقدار در نظر گرفته شده توسط سازمان بهداشت جهانی است. مقدار آرسنیک موجود در خاک بستگی به نوع سنگ، فعالیت صنعتی (ذوب فلزات)، مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها دارد. آرسنیک موجود در خاک می‌تواند ناشی از آرسنیک

با توجه به داده های حاصل از آنالیز آماری خاک و کمپوست از نظر مس سالم می باشند اما مقدار مس در نمونه های قارچ بالاتر از حد استاندارد می باشد. بنابراین احتمالاً محلول پاشی کودهای مایع حاوی مس مانند کود مایع رشد و یا سموم شیمیایی مانند اکسی کلرور مس می تواند عامل تجمع مس در قارچ ها شده باشد. اکسی کلرور مس پس از آنکه روی اندامهای گیاهی محلول پاشی گردد با آزاد نمودن یون مس و جذب آن توسط اسپور قارچ های بیماریزا باعث مرگ آن می گردد. جهت تداوم خاصیت قارچ کشی همیشه می باید مقدار کافی یون مس در سطح اندام های گیاهی موجود باشد. همین امر باعث تجمع مس در محصول نیز خواهد شد. جذب سرب بوسیله گیاهان بسیار محدود است. سرب موجود در خاک به طور عمده توسط گیاهان قابل جذب نیست و این مبین کم تحرکی آن در خاک می تواند باشد. لذا این فلز سنگین خطرناک از طریق تماس مستقیم با ذرات خاک و کودها و از طریق استنشاق بیشتر از مسیر زنجیره غذایی می تواند وارد بدن انسان ها شود. سرب موجود در کودهای فسفاته به عنوان یک عامل با پتانسیل سرطانزایی بالا شناخته شده اند (Mohajer et al., 2010).

با توجه به این موضوع که احتمالاً تعدادی از کودها و سموم شیمیایی استفاده شده علی الخصوص دیازینون، حاوی فلز سنگین سرب هستند، حضور فلز سنگین سرب در نمونه های مورد بررسی به اثبات می رسد. همانطور که در مورد آرسنیک نیز عنوان گردید، در روند ساخت کود اوره که از ترکیبات اصلی کمپوست می باشد، CO_2 وجود دارد. عنصر سرب از عناصر اصلی موجود در زغال سنگ می باشد و ارتباط مستقیمی با

$CO(NH_2)_2$ که از ترکیبات اصلی کمپوست می باشد، CO_2 وجود دارد که این CO_2 از گاز طبیعی یا از زغال سنگ گرفته می شود (J.C.Copplestone et al., 2010). آرسنیک از عناصر اصلی موجود در زغال سنگ می باشد (Kharghani et al., 2010). زغال سنگها معمولاً تا $1500 ppm$ آرسنیک دارند (Sayareh et al., 2007). معمولاً آلودگی به عناصر سنگین در گاز طبیعی وجود ندارد اما برخی از چاه های گاز طبیعی دارای مقادیر آرسنیک در سطح ppm یا زیر سطح آن می باشند (Shalchi, 2005). علاوه بر وجود کود اوره در کمپوست و میزان حضور آرسنیک در آن، صاحبان گلخانه ها برای از بین بردن قارچ های بیماری زا و حشرات از سموم شیمیایی استفاده می کنند. این سموم شیمیایی عمدتاً از گروه ارگانو فسفات می باشند و حاوی مقادیر بالایی از آرسنیک، سرب و کادمیوم می باشند. استفاده از کودهای فسفره با عنوان قارچ کش و حشره کش می تواند مقادیر بسیار زیادی آرسنیک به خاک اضافه کند. بنابراین مقدار آرسنیک در خاک افزایش می یابد (Boudaghi et al., 2011).

به طور کلی غلظت کم کادمیوم در گیاهان به دلیل جذب شدید ارگانوسم های موجود در خاک و قابلیت دسترسی کمتر ریشه گیاه به کادمیوم نسبت به عناصر دیگر می باشد (Sarpong et al., 2012). فلز سنگین کادمیوم با مصرف کودها کمترین تغییرات را در خاک نشان می دهد (Boudaghi et al., 2011). خوشبختانه در تحقیق صورت گرفته مقادیر کادمیوم در نمونه های قارچ، خاک و کمپوست پایین تر از حد استاندارد می باشد و مشکلی برای سلامتی ایجاد نمی کند.

کاملاً به آرسنیک آلوده هستند به گونه‌ای که مقدار آرسنیک در محصول قارچ، خاک و کمپوست فراتر از حد استاندارد EPA و WHO می‌باشد. همچنین مقادیر سرب و مس نیز در محصول قارچ بالاتر از حد استاندارد WHO می‌باشند در حالیکه خاک و کمپوست از لحاظ وجود این عناصر سالم می‌باشند. بنابراین می‌توان عنوان کرد که علت آلودگی قارچ‌های خوراکی به عناصر آرسنیک، سرب و مس جدای از خاک و کمپوست و ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی است.

سپاسگزاری

مراتب تقدیر و تشکر خود را از جناب آقای مهندس شریعتی مسئول محترم آزمایشگاه سازمان کل حفاظت محیط زیست استان کردستان که همواره با مساعدت‌هایشان سعی در تسهیل مراحل پژوهش نمودند، خاضعانه ابراز می‌دارم.

محصول خاکستر زغال سنگ دارد (Kharghani et al., 2010). ضریب همبستگی پیرسون نیز وابستگی بیشتری را بین میزان سرب کمپوست و محصول نشان داده تا سرب خاک و محصول؛ که این وابستگی تاییدی دوباره بر جذب بیشتر این عنصر از طریق کمپوست می‌باشد. مقدار عنصر روی در محصول کمتر از حد استاندارد می‌باشد و محصول از لحاظ این عنصر سالم می‌باشد اما همین مقدار روی موجود در محصول، هم از طریق خاک و هم از طریق کمپوست وارد محصول شده است. قارچ‌های خوراکی دکمه‌ای در مقابل فلزات سنگین آلوده کننده مانند سرب، روی و مس رفتار جذبی مشابه سبزی‌ها از خود نشان می‌دهند. اما در مواردی غلظت زیاد فلز روی در گیاهان به علت استفاده بیش از حد از کودهای فسفاته، آفت کش‌ها و کود حیوانی می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل و آنالیز داده‌ها و مقایسه مقادیر فلزات سنگین با مقادیر استاندارد، نشان می‌دهد که محصول قارچ خوراکی از نظر عناصر روی و کادمیوم سالم می‌باشد از طرف دیگر قارچ‌های خوراکی

منابع

- اطهر، محمد و وهورا، ب. شاشی (۱۳۸۶). فلزات سنگین و محیط زیست. ترجمه: اکبرپور، افشین. نصری، فریبرز، شمس، بهنام. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنج، صفحه ۴۰-۹.
- بوداگی، هاجر، یونسیان، مسعود، محوی، امیرحسین، محمدی، محمودعلی، دهقانی، محمدهادی و نظم‌آرا، شاهرخ (۱۳۹۰). بررسی میزان آرسنیک، کادمیوم، و سرب در خاک و آب زیرزمینی و ارتباط آن با کود شیمیایی در شهرستان قائم شهر (مطالعه موردی در منطقه کشاورزی وحدت)، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، سال بیست و یکم، شماره ۸۶، صفحه ۲۹ تا ۲۱.
- بهرامی، بهرام و محمدی، محمد (۱۳۸۷). نشریه ترویجی پرورش قارچ صدفی در منزل، صفحه ۸ - ۶.

- خرقانی، مهدی، دهرآزما، بهناز، سرقینی، جعفر و رحیمی، مرتضی (۱۳۸۹). ارزیابی مقایسه‌ای تأثیرگذاری معادن زغال طرزه و تخت بر کیفیت و توزیع غلظت عناصر B و Br در منابع آبی منطقه، نشریه معدن و توسعه، دوره ۷، شماره ۳۸۱، صفحه ۱۵۷ تا ۷.
- سیاره، علیرضا، فنودی، محمد و دادستان، احمد (۱۳۸۶). بررسی زمین‌شناسی زیست محیطی در منطقه قروه - بیجار، گزارش مقدماتی، گروه زمین‌شناسی زیست محیطی.
- کرباسی، عبدالرضا و بیاتی، آیدا (۱۳۸۶). ژئوشیمی زیست محیطی، انتشارات کاوش قلم، صفحه ۸۶ تا ۴۰.
- کفیل‌زاده، فرشید، کارگر، محمد و کدیور، الهام (۱۳۸۵). بررسی غلظت کادمیوم، روی، مس، آهن و نیکل در رودخانه خشک شیراز و برخی محصولات کشاورزی مجاور، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هشتم، شماره ۴، صفحه ۶۷ تا ۷۵.
- کیانی صدر، مریم، برنا، الهام و سعیدی‌فرد، مرتضی (۱۳۸۷). بررسی کودهای شیمیایی از دیدگاه زیست محیطی، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.
- مردانی، گشتاسب، صادقی، مهربان و آهنکوب، مریم (۱۳۸۹). بررسی آلودگی خاکهای منطقه جنوب تهران در مسیر رواناب های سطحی به فلزات سنگین، مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۱، شماره ۳، صفحه ۱۱۳-۱۰۸.
- ملکوتیان، محمد، مصرقانی، مریم و دانش پژوه، محمد (۱۳۹۰). بررسی میزان سرب، کروم، نیکل و مس در چای سیاه مصرفی تهران، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره دهم، شماره دوم، صفحه ۱۳۹-۱۳۸.
- مهاجر، رضا، صالحی، محمدحسن، محمدی، جهانگرد و تومانیان، نورایر (۱۳۸۹). تأثیر کودهای حاوی فلزات سنگین بر سلامتی انسان و مسیرهای انتقال این فلزات در زنجیره غذایی، اولین کنگره چالش‌های کود در ایران، تهران.
- Athar, M. and Vahoura, B. (2007). Heavy metal and the environment. Akbar pour, A., Nasri, F. & Shams, B. Islamic Azad University Press. Sanandaj Brnch, pp. 9-40 [In Farsi].
- Bahrami, B. and Mohammadi, M. (2008). Journal of promotional oyster mushrooms at home, pp. 6-8 [In Farsi].
- Boudaghi, H., Younesian, M., Mahvi, A.H., Mohammadi, M.A., Dehghani, M.H. and Nazm ara, Sh. (2011). Determination of arsenic, cadmium and lead in soil and groundwater and its relationship with chemical fertilizer in Ghaem shahr city (case study farm in Vahdat). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 21th, 86: 21-29 [In Farsi].
- Honte, V. and Gerabeh, K. (1996). Edible mushrooms. Kashi, A. Educational publishing, pp. 472 [In Farsi].
- J. C. Copplestone (Petrochem). C. M. Kirk (Taranaki Polytechnic). S.L. Death. N.G. Betteridge. S.M. (2010). Fellows (all of Petrochem). Healthier Wansbrough. Chemicals-A-Ammonia and Urea, pp. 1-10
- Karbasi, A. and Bayati, A. (2007). Environmental Geochemistry. Publications Explore Pen. Tehran. Iran. pp 80-148 [In Farsi].
- Kharghani, M., Dahar azma, B., Sarghini, J. and Rahimi, M. (2010) Comparative evaluation of impact on the quality and distribution of coal beds Trz.h B and Br concentrations in the water. Mining & Development Publication, 7(381): 7-15 [In Farsi].

- Kafil zadeh, F., Karegar, M. & Kadivar, A. (2006). Concentrations of cadmium, zinc, copper, iron and nickel in Dry River Shiraz and some crops adjacent agricultural. *Journal of Environmental science and technology*, 5(4): 69- 80[In Farsi].
- Kiani sadr, M., Borna, A. and Saeedi fard, M. (2008). From the perspective of environmental chemical fertilizers. *Conferences and Exhibition of Environmental Engineering*, pp. 1-9 [In Farsi].
- Malakoutian, M., Mesraghani, M. and Danesh pazhouh, M. (2011). Survey of lead, chromium, nickel and copper in tea consumption Tehran. *Journal of Rafsanjan University of Medical sciences*, 1(2): 138- 139 [In Farsi].
- Mardani, G., Sadeghi, M. and Ahankoub, M. (2010). Soil contamination by heavy metals in surface runoff in the direction of south Tehran. *Journal of Water and Wastewater*, 3: 111[In Farsi].
- Mohajer, R., Salehi, M.H., Mohammadi, J. and Toumanian, L. (2010). Fertilizers containing heavy metals on human health effects and transmission routes of these metals in the food chain. *The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress:Half a Century of the Fertilizer Consumption*. Iran. Tehran, pp. 1-9 [In Farsi].
- Sarpong, K., Darety, E., Boateng, G.O., Dapaah, H., Profile of hazardous metals in twenty selected medicinal plant samples sold at Kumasi central market. Ashanti region. Ghana. (2012). *Global Advanced Research journal of Educational Research and Review*, 1: 004-009.
- Sayyareh, A.R., Fenoudi, M. and Dadsetan, A. (2007). Environmental geology of the area Qorveh-Bijar. Preliminary Report. *Environmental Geology*, pp.1-17[In Farsi].
- Shalchi, W. (2005). Determination of traces in natural gaz. *Science-Chemistry*, pp. 1-32.
- Stihl, C., Radulescu, C., Busuioc, G., Popescu, I.V., Gheboianu, A. and Ene, A. (2011). Studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild, *Romanian Journal of Physics*, 56(1-2): 257-264.
- Zhu, F., Qu, L., Fan, W., Qiao, M., Hao, H. and Wang, X. (2011). Assessment of heavy metals in some wild edible mushrooms collected from Yunnan province, china, *Spring Siences, Environmet Monitoring and Assessment*, 179(1-4): 191-199.

Evaluation of heavy metal concentration in compost, soil cover and button mushroom in Kurdistan greenhouses

Cheraghi, M.¹, Mardokh rohani, N.^{2*}, Lorestani, B.¹

1. Assistant Professor of Environment Department, Faculty of Science, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

2. Graduated of Environment Department, Faculty of Science, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

*Corresponding author email: neda.mr65@yahoo.com

(Received: 2012/8/28 Accepted: 2013/7/13)

Abstract

Heavy metal pollution is among the major problems of environmental and food safety concerns. This study investigated the concentration of heavy metals i. e., arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), zinc (Zn) and copper (Cu) in mushroom crops produced in Kurdistan greenhouses. For this purpose, compost, mushroom crop and soil of four greenhouses with five repetitions for each sample were obtained. A total number of 60 sample was analyzed. The samples were digested using acid digestion method and the concentrations of the metals were determined by atomic emission technique. According to the results, average As concentrations in mushroom was estimated at 89.742 mg/kg, Cd 0.32 mg/kg, Cu 48.868 mg/kg, Pb 3.152 mg/kg and Zn 24.072 mg/kg. The findings showed that the mean concentrations of As, Pb and Cu in all mushroom samples were higher than WHO standards (0.5, 2 and 40 mg/kg for As, Cu and Pb, respectively). However, the concentrations of Zn and Cd in the mushroom samples were in the acceptable limit. Data showed that except for As, the concentrations of all elements in soil and compost samples were lower than the EPA standard. It was concluded that excessive application of chemical fertilizers had resulted in the increasing of heavy metal concentrations in the soil, compost and mushroom crops produced in Kurdistan greenhouses.

Key words: Heavy metals, Greenhouse, Button mushroom, fertilizers, Kurdistan