Archive of SID.ir

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۲۷۸ تا ۲۹۰

بررسی غلظت فلزات سنگین در برگ سبز چای و خاک‌های سطحی مزارع چای (منطقهٔ تحقیق: شهرستان فومن)

محسن محمدی گلنگش*[۱]؛ شقایق عظیمی رودکناری[۲]؛ محمد نعیمی جوبنی[۳]

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۲- کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۳- دکتری شیمی تجزیه، کارشناس مرکز تحقیقات بهداشت و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران

(تاریخ دریافت ۹۹/۱۱/۲۹-تاریخ پذیرش ۰۰/۰۳/۲۲)

چکیده:

چای از رایج‌ترین نوشیدنی‌ها در جهان است. این نوشیدنی در کشور ما نیز مصرف زیادی دارد؛ بنابراین بررسی فلزات سنگین در برگ سبز چای گذشته از تعیین کیفیت محیط زیست منطقه، از نظر توجه به سلامت عمومی نیز بسیار اهمیت دارد. هدف این تحقیق، تعیین غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم) در برگ‌های سبز چای و خاک‌های مزارع آنها در شهرستان فومن بود. در این تحقیق از برگ سبز چای و خاک مزارع آنها از پنج ایستگاه نمونه‌برداری شد. هضم نمونه‌ها پس از آماده‌سازی اولیه با استفاده از HCl، HNO_3 و H_2O_2 انجام گرفت. غلظت عناصر سنگین در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES آنالیز شد. آزمون‌های آماری مانند آزمون واریانس یکطرفه، آزمون تی، آنالیز مؤلفه‌های اصلی و آنالیز خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. براساس نتایج این تحقیق، میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم در نمونه‌های خاک به‌ترتیب ۳/۹۴، ۱/۰۶، ۶۰/۲۹، ۲۲/۷۹، ۹/۴۹ و ۲/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. براساس مقدار شاخص بار آلودگی فلزات (۱>) کیفیت خاک منطقه مناسب تعیین شد. در این تحقیق، محدودهٔ غلظت عناصر سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم در نمونه‌های برگ سبز چای به‌ترتیب شامل ۰/۴۴، ۰/۰۸، ۲۲/۵۸، ۹/۹۳، ۰/۲۳ و ۰/۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. مقایسهٔ غلظت عناصر بررسی‌شده، با استانداردهای جهانی نشان داد که غلظت سرب در برگ سبز چای فراتر از حد مجاز WHO/FAO و مقادیر عناصر کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم کمتر از استانداردهای WHO/FAO بود. براساس نتایج، تنها غلظت کادمیوم در نمونهٔ خاک بیشتر از حد مجاز WHO/FAO بود. بخشی از مقادیر کم غلظت عناصر سنگین در خاک منطقه را می‌توان به آب‌شویی و بخش دیگر را به جذب زیستی عناصر در دیگر اندام‌های بوتهٔ چای و گیاهان دیگر در مزارع نسبت داد.

کلید واژگان: آلودگی، استان گیلان، چای، فلزات سنگین

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۹۱۲۲۳۷۷۰۱۲ ایمیل: m_mohammadi@guilan.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱. مقدمه

چای از پرطرفدارترین نوشیدنی‌های غیرالکلی در جهان است (Li *et al.*, 2015). تولید جهانی چای در دهۀ گذشته، رشد ۱/۸۱ درصدی در سال و مصرف جهانی چای نیز افزایش ۲/۰۵ درصدی داشته است (Gholizadeh *et al.*, 2009). برآورد سرانۀ مصرف چای در ایران بیش از ۱/۶ کیلوگرم گزارش شده است (Shekoohian *et al.*, 2012). برخی تحقیقات به خواص ضد سرطان چای اشاره دارند و برخی نیز نشان می‌دهند که چای جاذب خوبی برای آمین‌های حلقوی است که هنگام پخت گوشت تولید می‌شوند (Asgari *et al.*, 2008). استان گیلان در شمال ایران با دارا بودن آب‌وهوای معتدل و زمین‌های حاصلخیز، از شرایط مناسبی برای کشت برگ سبز چای برخوردار است. رشد چای تحت تأثیر عواملی مانند رطوبت نسبی هوا، اختلاف دمای روز و شب، طول روز، رطوبت و دمای خاک قرار دارد و هر گونه تغییر آب‌وهوا و شرایط اکولوژیکی منطقه، در وضعیت کمّی و کیفی این گیاه مؤثر خواهد بود (Han *et al.*, 2007). در استان گیلان بخش بزرگی از مزارع چای در حاشیۀ جاده‌ها واقع شده و نیز این استان به‌دلیل داشتن آب‌وهوای معتدل از مهم‌ترین مناطق توریستی کشور و مورد توجه مسافران داخلی است؛ بنابراین بار ترافیک سنگین در فصل‌های توریستی از مهم‌ترین منابع آلایندۀ مزارع کنار جاده‌ای است (Taebi *et al.*, 2007). پژوهش دربارۀ اثر آلودگی ناشی از ترافیک خودرویی در خاک‌های حاشیۀ برخی از خیابان‌های لاکرونا در ایتالیا نشان داد که تغییرات غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک‌های سطحی منطقۀ تحقیق از الگوی تغییرات ترافیکی پیروی می‌کند (Carlosena *et al.*, 1998). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که فلزات سنگین موجود در خاک‌های کنار جاده‌ای بر کیفیت تولیدات کشاورزی اثرهای نامطلوب دارند و غلظت برخی عناصر مانند کادمیوم در محصولات این مناطق تهدیدی جدی برای سلامت است (Huang *et al.*, 2018). تحقیقات نشان می‌دهند که مکان‌یابی کشت محصولات زراعی در فاصلۀ مناسب براساس میزان انتشار بار آلودگی از منابع جاده‌ای، اثر مهمی در جلوگیری از انتقال آلاینده‌ها به زنجیرۀ غذایی خواهد داشت (Yemane *et al.*, 2007). تحقیقات دربارۀ خاک‌های سطحی کنار جاده‌ای در استان گیلان نشان می‌دهد که غلظت عناصر سنگین در خاک‌های سطحی مزارع حاشیۀ جاده بیشتر از بخش‌های دیگر است و تغییرات غلظت عناصر سنگین افزون‌بر تغییرات فاصله از جاده، تحت تأثیر شرایط اقلیمی و بار ترافیکی است (Mohamadi *et al.*, 2018). پژوهش مشابهی در استان گیلان در محدودۀ جمال‌آباد لوشان انجام گرفت و نتایج نشان داد که پایداری و غلظت عناصر سنگین به‌شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی و تراکم پوشش گیاهی است، به‌طوری که می‌توان گفت کاهش غلظت فلزات در مناطق معتدل ممکن است نتیجۀ گیاه‌پالایی و آب‌شویی باشد، ولی در مناطق خشک این کاهش غلظت بیشتر تحت تأثیر عوامل اقلیمی مانند باد و باران است (Mohammadi Galangash *et al.*, 2018). آلاینده‌ها براساس میزان پایداری در محیط زیست نیز از فرصت جذب زیستی متفاوتی برخوردارند. در بین آلاینده‌های مختلف، فلزات سنگین از پایداری زیادی در محیط زیست برخوردارند و با توجه به توان جذب زیستی، بسیاری از گونه‌های زراعی می‌توانند بخش بزرگی از آلاینده‌های آلی و معدنی را در اندام‌های خود تجمع

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	طول شرقی E	عرض شمالی N
۱	۴۹°۱۶'۵۹. ۷۷"	۳۷°۱۰'۴۲. ۵۴"
۲	۴۹°۱۷'۹. ۷۷"	۳۷°۹'۵۷. ۶۷"
۳	۴۹°۱۸'۳۵. ۹۳"	۳۷°۸'۴۵. ۱۷"
۴	۴۹°۱۶'۵۹. ۷۷"	۳۷°۱۰'۴۲. ۵۴"
۵	۴۹°۱۷'۳۳. ۵۶"	۳۷°۹'۵۹. ۹۰"

دهند. این موضوع سبب می‌شود که با وجود منابع آلاینده، بار آلودگی در خاک مزارع کمتر از حد انتظار باشد (Dehghani *et al.*, 2011). توانایی انتقال عناصر سنگین در بخش‌های مختلف زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی، قابلیت ایجاد انواع بیماری کلیوی، قلبی و عروقی، اختلال‌های عصبی، اختلال‌های جدی در فعالیت‌های آنزیمی و پتانسیل سرطان‌زایی برخی از این عناصر سبب شده که موضوع تحقیق دربارهٔ فلزات سنگین در کنار روند فزایندهٔ توسعه در جوامع مختلف، توجه بسیاری از محققان بخش سلامت و محیط زیست را جلب کند (Li *et al.*, 2015). وجود مزارع گسترده در حاشیهٔ جاده‌های استان‌های شمالی، مصرف دست‌کم دو وعده چای در روز در بیشتر مناطق کشور و نیز محدود بودن اطلاعات در بخش آلاینده‌های مزارع چای به‌ویژه در مزارع چای غرب استان گیلان در این زمینه شایان توجه است (Karimzadeh *et al.*, 2011). این تحقیق در سال ۱۳۹۸ با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برگ سبز چای و خاک مزارع چای در محدودهٔ غرب استان گیلان در شهرستان فومن انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

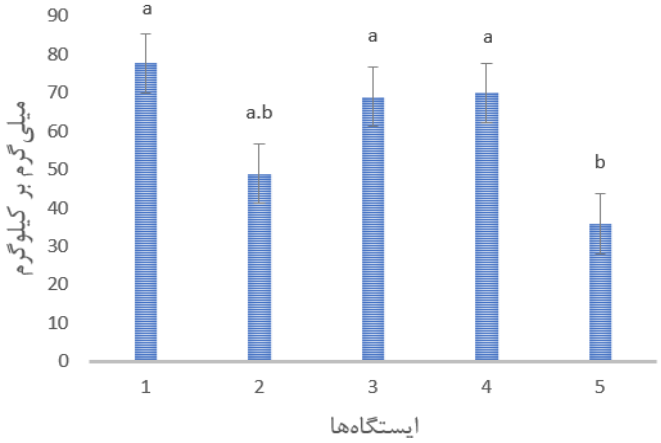
شهرستان فومن در جنوب غربی استان گیلان در شمال ایران واقع شده است. بخش بزرگی از مزارع چای استان در این شهرستان قرار دارند (Hesam, 2018). در این تحقیق نمونه‌برداری از پنج ایستگاه در محدودهٔ شهرستان فومن انجام گرفت (جدول ۱). نمونه‌های هر ایستگاه از سه فاصلهٔ ۱، ۵۰ و ۱۰۰ متر از حاشیهٔ جاده به‌صورت نمونهٔ ترکیبی از چهار نقطه برای هر فاصله و از لایهٔ صفر تا ۲۰ سانتی‌متری سطح زمین از پای بوته‌های چای جمع‌آوری شدند. نمونه‌های برگ چای نیز در هر ایستگاه با سه فاصله از چهار جهت گیاه تهیه شدند، در ظرف‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفتند و با استفاده از یخدان حاوی یخ خشک به آزمایشگاه منتقل شدند (Harunur Rashid *et al.*, 2016)؛ سپس ابتدا به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه هواخشک شدند و با استفاده از هاون چینی پودر شده و از الک با مش ۱۰۰ میکرون عبور داده شدند. نمونه‌های پودرشده در آون در دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و ۱ گرم از پودر برگ چای برای هضم استفاده شد (De Silva *et al.*, 2016). نمونه‌های خاک هم ابتدا به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه هواخشک شده و پس از پودر شدن در آون چینی از الک ۶۵ میکرومتر عبور داده شدند. در ادامه در دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد به وزن ثابت رسانده شدند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در وزن خشک نمونه‌های خاک مزارع چای

ایستگاه	سرب	کادمیوم	روی	نیکل	کبالت	کروم
	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD
اول	۵۵/۴±۰/۲۰	۱۰/۱±۰/۱۰	۷۷/۴±۷۱/۹۴	۲۱/۱±۷۴/۱۳	۹/۱±۵۱/۱۵	۲/۰±۸۸/۵
دوم	۱۰/۳±۰/۳۱	۱۶/۰±۰/۸۱	۴۸/۱۳±۹۷/۸۱	۱۸/۱±۷۴/۶۱	۷/۲±۰۱/۳۲	۲/۰±۲۲/۷۲
سوم	۳۳/۴±۰/۲۵	۳۱/۱±۰/۱۴	۶۸/۷±۹۷/۲۹	۲۵/۵±۰۱/۸۲	۱۰/۰±۱۱/۹۷	۳/۰±۳۲/۸۸
چهارم	۵۴/۴±۰/۰۷	۴۱/۱±۰/۵۱	۷۰/۱۸±۰۶/۳	۲۴/۳±۸۲/۶۵	۹/۱±۹۱/۶۷	۲/۰±۹۸/۸
پنجم	۳۸/۳±۰/۸۱	۳۱/۱±۰/۴۰	۳۵/۳±۸۹/۱۲	۲۳/۱±۴۴/۵۳	۱۰/۲±۷۹/۷۷	۲/۰±۴۳/۷
استاندارد WHO/FAO	۱۰۰	۰/۳	۳۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰



شکل ۱- مقدار عنصر روی در نمونه‌های خاک باغ‌های چای، حروف مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار p<۰/۰۵ در ایستگاه‌هاست

۱ گرم از هر نمونه با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰۰۰۱/ گرم برای عملیات هضم اسیدی با دقت توزین شد. هضم خاک با نسبت ۱:۳ اسید کلریدریک به نیتریک انجام گرفت که پس از فیلتر کردن با آب دیونیزه در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر به حجم رسانده شد (Mohammadi Galangash *et al.*, 2018). هضم نمونه‌های برگ سبز چای نیز برای ۱ گرم وزن خشک ابتدا با استفاده از نسبت ۱:۳ اسید کلریدریک به نیتریک انجام گرفت و در ادامه ۲ میلی‌لیتر H_2O_2 (۳۰٪) به نمونه‌ها اضافه شد. پس از فیلتر کردن با استفاده از کاغذ صافی، نمونه‌ها به حجم رسانده شدند نمونه‌های هضم‌شده با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل Spectro Arcos آنالیز شدند (Harunur Rashid *et al.*, 2016).

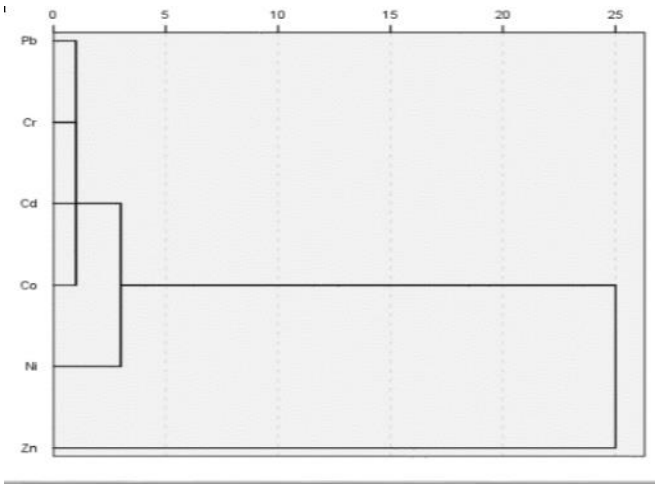
۳. نتایج

۳-۱. فلزات سنگین در خاک

پس از آنالیز نمونه‌ها و محاسبهٔ میانگین‌ها مطابق جدول ۲ به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها برای تحقیقات آماری از آزمون شاپیرو- ویلک استفاده شد نتایج نشان داد که عناصر خاک از توزیع نرمال برخوردار بودند (p>۰/۰۵). نتایج آنالیز ANOVA

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۲- نمودار آنالیز خوشه‌ای (Ward) فلزات خاک باغ‌های چایی

نشان داد که بین غلظت برخی فلزات سنگین در ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در ادامه با آزمون تعقیبی توکی، وجود اختلاف بین ایستگاه‌ها مطابق شکل ۱ مشخص شد ($p<۰/۰۵$). برای مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌ها با استاندارد WHO/FAO، از آزمون تی منفرد استفاده شد. نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین نمونه‌های خاک و برگ سبز چای مطابق جدول ۳ نشان می‌دهد که به‌جز Zn_{soil} و Ni_{tea} همبستگی دیگری بین فلزات وجود نداشت.

نتایج آزمون مؤلفه‌های اصلی مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که دو مؤلفهٔ اصلی از مجموعهٔ داده‌ها، ۹۶/۰۹ درصد از واریانس متغیرها را به خود اختصاص داده است. نتایج آزمون آنالیز خوشه‌ای مطابق شکل ۲ نشان می‌دهد که فلزات در سه خوشهٔ مجزا گروه‌بندی شده‌اند، به‌طوری که در گروه اول، سرب، کروم، کادمیوم و کبالت قرار دارند، در گروه دوم نیکل با فاصلهٔ کمی یک خوشه را تشکیل داده و در گروه سوم نیز عنصر روی در فاصلهٔ زیادی از دو خوشهٔ قبلی قرار گرفته است.

۳-۲. نتایج ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک

در بین روش‌های مختلف ارزیابی کیفی خاک، در این تحقیق از فاکتور آلودگی (CF)، شاخص بار آلودگی (PLI) و ارزیابی شاخص پتانسیل خطر اکولوژی (RI) برای تعیین سطوح آلودگی فلزات در خاک استفاده شد (Yang *et al.*, 2011). مقادیر CF و PLI با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ پیشنهادشده توسط Hakanson (1980) و Tomilson و همکاران (1980) محاسبه شد.

(رابطهٔ ۱)

$$CF = \frac{C_s}{C_n}$$

(رابطهٔ ۲)

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \ldots \times CF_n)^{\frac{1}{n}}$$

CF فاکتور آلودگی؛ C_s غلظت فلز در نمونه؛ C_n مقدار غلظت زمینهٔ فلز (مقدار میانگین غلظت فلز در پوستهٔ زمین)؛ PLI شاخص بار آلودگی است که در این رابطه CF فاکتور آلودگی و n تعداد فلزات تحت بررسی است. در رابطه‌های بالا، غلظت زمینهٔ عناصر سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم به‌ترتیب ۱۲/۵، ۰/۲۰، ۷۰، ۷۵، ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۳- همبستگی بین فلزات سنگین در خاک و برگ سبز چای شهرستان فومن (*همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۵)

Tea / Soil	Pb	Cd	Zn	Ni	Co	Cr
Pb	۰/۰۶۰	-۰/۰۹۰	-۰/۷۰۲	-۰/۶۴۷	۰/۳۱۵	-۰/۳۵۰
Cd	۰/۳۸۰	۰/۲۸۶	-۰/۶۹۶	-۰/۴۹۷	۰/۴۶۹	-۰/۵۶۵
Zn	-۰/۴۵۵	-۰/۶۳۵	-۰/۵۷۹	-۰/۸۸۹*	-۰/۴۱۳	۰/۲۱۱
Ni	۰/۶۶۵	۰/۴۵۴	-۰/۴۲۲	-۰/۲۲۴	۰/۵۸۳	-۰/۴۵۲
Co	۰/۵۶۴	۰/۵۵۲	-۰/۵۱۷	-۰/۱۳۳	۰/۷۸۳	-۰/۷۵۰
Cr	۰/۱۳۹	-۰/۲۲۰	-۰/۴۲۸	-۰/۵۵۱	۰/۱۹۳	۰/۰۱۸

جدول ۴- واریانس کل تشریح داده‌شده برای فلزات سنگین در خاک باغ‌های چای شهرستان فومن

مؤلفه	مقدار ویژهٔ اولیه			مجموع مربعات بارهای استخراجی			مجموع مربعات بارهای چرخشی		
	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی
۱	۴/۵۹	۷۶/۵۵	۷۶/۵۵	۴/۵۹	۷۶/۵۵	۷۶/۵۵	۳/۴۱	۵۶/۹۵	۵۶/۹۵
۲	۱/۱۷	۱۹/۵۳	۹۶/۰۹	۱/۱۷	۱۹/۵۳	۹۶/۰۹	۲/۳۴	۳۹/۱۴	۹۶/۰۹

کیلوگرم برای پوستهٔ زمین گزارش شده است (Han *et al.*, 2016). در این تحقیق برای تعیین فاکتور آلودگی چهار سطح، CF <۱ آلودگی کم، ۱≤CF <۳ آلودگی متوسط، ۳≤CF <۶ آلودگی شدید و CF >۶ آلودگی خیلی شدید استفاده شد. برای شاخص بار آلودگی سه سطح، PLI <۱ مکان مناسب، PLI = ۱ وجود زمینه‌ای از آلاینده و PLI >۱ مکان نامناسب در نظر گرفته شد (Barakat *et al.*, 2012). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در همهٔ ایستگاه‌ها مقدار CF برای عناصر سرب، روی، نیکل، کبالت و کروم کمتر از ۱ به‌دست آمد بنابراین بار آلودگی منطقه برای این عناصر در سطح کم طبقه‌بندی می‌شود. مقادیر CF کادمیوم بین ۳ و ۶ بیانگر خطر زیاد آلودگی منطقه است. شاخص بار آلودگی که بیانگر اثر یکپارچهٔ عناصر است، در همهٔ ایستگاه‌ها بیانگر کیفیت مناسب است. ارزیابی شاخص پتانسیل خطر اکولوژی که اغلب برای ارزیابی کیفیت محیط خاک استفاده می‌شود، مطابق رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود (Chen *et al.*, 2006):

(رابطهٔ ۳)

$$RI = \sum E_r^i = \sum T_r^i \times C_s^i / C_n^i$$

RI شاخص پتانسیل کل خطر اکولوژیکی فلزات؛ E_r^i شاخص پتانسیل خطر زیستی؛ C_s^i غلظت فلز در نمونه؛ C_n^i مقدار غلظت زمینهٔ فلز ($mg.kg^{-1}$) (Hakanson, 1980)؛ و T_r^i فاکتور پاسخ سمیت برای هر عنصر است که برای سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم به‌ترتیب شامل ۵، ۳۰، ۱، ۵، ۵، ۲ است (Yuan *et al.*, 2017). برای شاخص پتانسیل خطر زیستی پنج سطح شامل E_r^i <۴۰ خطر کم، ۴۰≤E_r^i <۸۰ خطر متوسط، ۸۰≤E_r^i <۱۶۰ خطر زیاد، ۱۶۰≤E_r^i <۳۲۰ و E_r^i ≥۳۲۰ خطر شدید

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۵- ماتریس عاملی چرخیده‌شده برای فلزات سنگین در خاک باغ‌های چای شهرستان فومن

فلزات سنگین		Pb	Cd	Zn	Ni	Co	Cr
مؤلفه	۱	۰/۶۹	۰/۸۸	۰/۰۳	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۵۵
	۲	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۹۹	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۷۹

جدول ۶- میانگین غلظت فلزات سنگین برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم نمونه‌های برگ سبز چای

ایستگاه	سرب	کادمیوم	روی	نیکل	کبالت	کروم
	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD	$\bar{X}$ ±SD
اول	۱۵/۰±۰/۲۵	۶/۰±۱/۰۰	۲۱/۲۷ ±۴/۵۸	۶/۸۶ ±۲/۷۳	۰/۳۳ ±۰/۲۳	۰/۳۵ ±۰/۱۵
دوم	۱۱/۰±۰/۳۴	۲/۰±۰/۰۵	۶۹/۲±۲۴/۱۲	۲۷/۲±۱۱/۸۹	۲/۰±۱۷/۰۰	۱۰/۰±۰/۳۹
سوم	۳/۰±۰/۵۱	۱/۰±۰/۰۶	۶۵/۷±۲۳/۲۵	۷۴/۳±۱/۶۱	۴/۰±۲۷/۰۰	۱۳/۰±۰/۳۸
چهارم	۸/۰±۰/۵۱	۶/۰±۰/۱۱	۴۲/۱±۲۱/۶۲	±۲۱/۷ ۱/۸۴	۱۱/۰±۲/۰۰	۱۱/۰±۰/۳۴
پنجم	۲۳/۰±۰/۵۶	۸/۰±۰/۱۱	۹/۳±۶۹/۶۹	۶۲/۱±۱۲/۴۹	۲۲/۰±۳/۰۰	۱۱/۰±۰/۳۱
استاندارد WHO/FAO	۰/۲	۰/۲	۵۰	۱۰	۰/۵	۱/۳

خطر خیلی شدید در نظر گرفته شده است. شاخص خطر اکولوژیکی به چهار سطح، RI <۱۵۰ خطر کم، ۱۵۰≤RI <۳۰۰ خطر متوسط، ۳۰۰≤RI <۶۰۰ خطر شدید، RI ≥۶۰۰ خطر خیلی شدید، تفکیک شده است (Ma *et al.*, 2011). براساس نتایج به‌دست‌آمده، تغییرات میانگین RI برای عناصر از الگوی Cd> Co> Pb> Ni> Zn> Cr برخوردار بوده است میانگین Er به‌دست‌آمده برای کادمیوم که در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۶۰ تا ۳۲۰ قرار داشت، بیانگر خطر زیستی بسیار زیاد این عنصر در منطقه است. براساس نتایج شاخص RI که بین ۱۵۰ و ۳۰۰ قرار داشت، منطقه از نظر این عناصر در طبقهٔ با خطر اکولوژی متوسط قرار گرفت.

۳-۳. فاکتور انتقال خاک -گیاه (TF)

فاکتور انتقال مقدار انتقال عناصر از خاک به گیاه را توصیف می‌کند که مطابق رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود.

(رابطهٔ ۴)

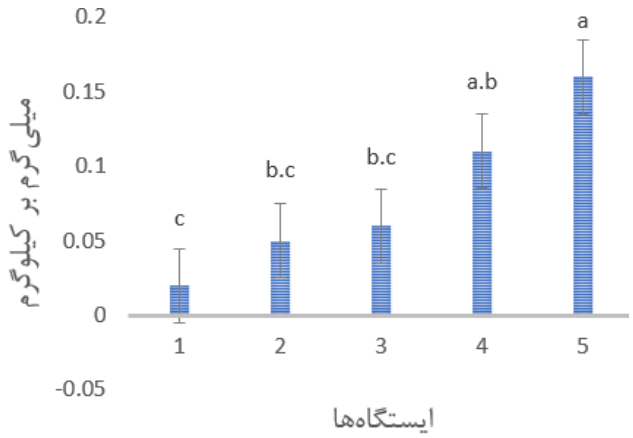
$$TF = \frac{C_P}{C_S}$$

C_P غلظت فلز در نمونهٔ گیاه؛ C_S غلظت فلز در نمونهٔ خاک است. در این شاخص، TF<۱ نشان‌دهندهٔ جذب نشدن یا جذب ناچیز عنصر توسط گیاه است؛ مقدار TF=۱ بیانگر این است که مقداری از عنصر جذب گیاه می‌شود، اما گیاه تحت تأثیر عناصر قرار نمی‌گیرد؛ مقادیر TF>۱ عنصر نشان‌دهندهٔ توان تجمع عنصر در گیاه است (Li *et al.*, 2014). براساس نتایج فاکتور انتقال TF عناصر تحت مطالعه از جایگاه تجمعی در گیاه برخوردار نبودند.

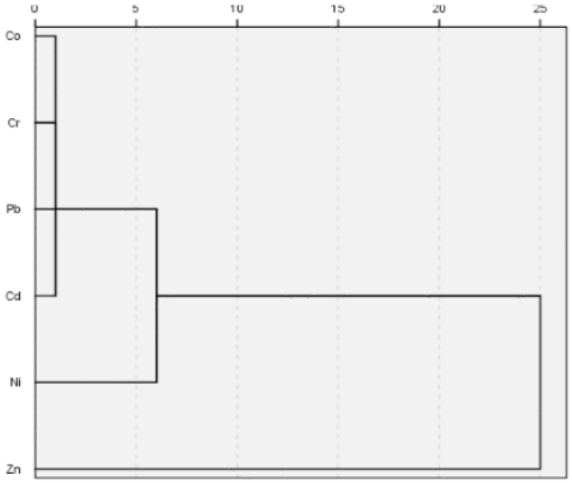
۳-۴. مقدار فلزات سنگین در برگ سبز چای

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳- غلظت عنصر کادمیوم در نمونه‌های برگ سبز چای؛ حروف مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار p<۰/۰۵ ایستگاه‌هاست.



شکل۴- نمودار آنالیز خوشه‌ای (Ward) فلزات برگ سبزچای

جدول ۷- واریانس کل تشریح داده‌شده برای فلزات سنگین در برگ سبز چای شهرستان فومن

مؤلفه	مقدار ویژهٔ اولیه			مجموع مربعات بارهای استخراجی			مجموع مربعات بارهای چرخشی		
	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	واریانس تجمعی
۱	۳/۰۷	۵۱/۱۶	۵۱/۱۶	۳/۰۷	۵۱/۱۶	۵۱/۱۶	۳/۰۲	۵۰/۴۸	۵۰/۴۸
۲	۲/۱۵	۳۵/۹۲	۸۷/۰۹	۲/۱۵	۳۵/۹۲	۸۷/۰۹	۲/۱۹	۳۶/۶۰	۸۷/۰۹

پس از محاسبهٔ میانگین غلظت فلزات تحت مطالعه مطابق جدول ۶، بررسی نتایج آزمون شاپیرو- ویلک نشان داد که عناصر در برگ سبز چای از توزیع نرمال برخوردارند (p>۰/۰۵). نتایج آزمون ANOVA نشان داد که بین غلظت عناصر در ایستگاه‌های مختلف، فقط در خصوص عنصر کادمیوم در برگ سبز چای بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد، بنابراین آزمون تعقیبی توکی مطابق شکل ۳ انجام گرفت. نتایج مقایسهٔ میانگین غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های تحت مطالعه با استاندارد

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۸- ماتریس عاملی چرخیده‌شده برای فلزات سنگین در برگ سبز چای شهرستان فومن

فلزات سنگین		Pb	Cd	Zn	Ni	Co	Cr
مؤلفه	۱	۰/۸۶	۰/۹۳	-۰/۰۱	۰/۴۷	۰/۸۳	۰/۱۰
	۲	۰/۲۵	-۰/۰۳	۰/۹۹	۰/۸۳	۰/۶۵	-۰/۷۰

WHO/FAO، از آزمون تی منفرد نشان داد که بین میانگین غلظت فلزات کادمیوم، روی، کبالت و کروم با غلظت‌های استاندارد اختلاف معنـی‌داری وجـود دارد (p<۰/۰۵). در مقابل بین میانگین غلظت فلزات سرب و نیکل اختلاف معنادار وجود ندارد.

براساس نتایج آزمون مؤلفه‌های اصلی دو مؤلفه از مجموعه داده‌های موجود استخراج شد که ۸۷/۰۹ درصد از واریانس متغیرها را به خود اختصاص داده است (جدول ۷). نتایج آزمون آنالیز خوشه‌ای مطابق شکل ۴ نشان می‌دهد که فلزات در سه خوشهٔ اصلی قرار گرفته‌اند: در گروه اول کبالت، کروم، سرب و کادمیوم خوشه‌ای مجزا را تشکیل داده‌اند. در گروه دوم نیکل در فاصلهٔ کمی یک خوشه را تشکیل داده است و در گروه سوم عنصر روی در فاصلهٔ بیشتری نسبت به دو خوشهٔ دیگر قرار گرفته است.

۳-۵. میزان دریافت قابل تحمل روزانهٔ PTDI و میزان دریافت قابل تحمل هفتگی PTWI

در این تحقیق، میزان دریافت تقریبی قابل تحمل روزانه و هفتگی عناصر مطابق رابطهٔ ۵ محاسبه شد.

(رابطهٔ ۵)

$$PTDI = \frac{\text{سرانه مصرف چای} \times \text{غلظت فلز}}{\text{میانگین وزن بدن}}$$

در این رابطه، PTDI برحسب $mg.kg^{-1}.day^{-1}$، غلظت فلز سنگین در چای برحسب $mg.kg^{-1}$، سرانهٔ مصرف چای برحسب گرم در روز (۶ گرم در روز) و میانگین وزن مصرف‌کنندگان چای برحسب ۶۵ کیلوگرم است (Shekoohian *et al.*, 2012). در این تحقیق نتایج مقدار دریافت تقریبی قابل تحمل روزانهٔ PTDI فلزات سنگین سرب، کادمیوم، روی، نیکل، کبالت و کروم در نمونه چای به‌ترتیب ۰/۰۴۱، ۰/۰۰۷، ۲/۰۸۴، ۰/۹۱۷، ۰/۰۲۱، ۰/۰۳۴ برحسب $mg.kg^{-1}.day^{-1}$ محاسبه شد. همچنین مقدار دریافت تقریبی قابل تحمل هفتگی PTWI نیز به‌ترتیب برای فلزات مورد نظر ۰/۲۸۷، ۰/۰۴۹، ۱۴/۵۸۸، ۶/۴۱۹، ۰/۱۴۷، ۰/۲۳۸ برحسب $mg.kg^{-1}.w^{-1}$ تعیین شد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

آلاینده‌ها در ساختارهای مختلف آلی و معدنی با درجات مسمومیت مختلف از اگزوز خودروها وارد محیط زیست می‌شوند و براساس نوع سوخت، نوع خودرو و شرایط اقلیمی، اکوسیستم و مزارع پیرامون را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Guo *et al.*, 2011). وجود مقادیر سرب ۳ تا ۴/۳، نیکل ۱۸/۷ تا ۲۵، کروم ۲/۲ تا ۳/۳ و روی ۳۵ تا ۷۷ میلی‌گرم در خاک‌های سطحی منطقه، علی‌رغم اسیدی بودن خاک مزارع چای، انحلال‌پذیری عناصر را در محیط‌های پرباران بیشتر می‌کند (Zhong *et al.*, 2016). حضور

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گونه‌های مختلف علف هرز در کنار بوته‌های چای که از توان جذب زیستی برخوردارند بیانگر وجود منابع آلاینده‌ای است که به‌طور مداوم آلاینده‌ها را وارد محیط می‌کنند. این عامل توانسته است بر اثر کاهشی آبشویی و گیاه‌پالایی غلبه پیدا کند. تنها منبع مصنوعی آلودگی در منطقه، بار ترافیکی ناشی از حمل‌ونقل جاده‌ای است و منابع آلایندهٔ دیگری وجود ندارد. با توجه به آب‌وهوای معتدل و رطوبت زیاد در استان گیلان، آلاینده‌های گوناگون پس از خروج از اگزوز خودروها در فاصلهٔ کوتاهی به سطح زمین می‌رسند یا جذب اندام‌های گیاهی پیرامون می‌شوند. براساس نتایج این تحقیق، با تغییر فاصله از ۱ تا ۵۰۰ متر از حاشیهٔ جاده، اختلاف معنی‌داری در غلظت عناصر تحت مطالعه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد و تغییرات جزئی در برخی ایستگاه‌ها را می‌توان به نزدیکی کوه به جاده و شرایط توپوگرافی نسبت داد که اثر مهمی در فرونشست آلاینده‌ها داشته است (Karak, 2010). در نگاهی کلی، میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری‌شده در برگ سبز چای به‌صورت Zn >Ni >Pb>Cr>Co>Cd است که این الگو مشابه نتایج تحقیقات Marbaniang و همکاران (2011) و Yemane و همکاران (2008) است. تحقیقات نشان می‌دهند عناصری مانند سرب، کادمیوم، روی، نیکل و کروم در خاک‌های کنار جاده‌ای نسبت به دیگر نقاط پیرامونی غلظت بیشتری دارند. وجود برخی از این عناصر در سوخت‌های فسیلی و قطعات خودروها در اثر احتراق، فرسودگی قطعات و ترمزهای متعدد در محیط رها می‌شوند (Ebadi *et al.*, 2005). براساس نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی در نمونه‌های خاک، عناصر سرب، کادمیوم، نیکل و کبالت در گروه اول قرار داشتند و در ادامه نیز در آنالیز خوشه‌ای عناصر سرب، کادمیوم و کبالت در یک خوشه قرار گرفتند با توجه به نبود منابع طبیعی این عناصر در منطقه و وجود برخی از عناصر مانند نیکل، کبالت و سرب به‌عنوان عناصر شاخص و عمده در سوخت‌های فسیلی (Moreda-pineiro, 2003) احتمال اثر بار ترافیک جاده‌ای بر آلودگی خاک‌های منطقه بیشتر از دیگر منابع است. به‌منظور ارزیابی اثر عناصر سنگین رابطه‌های متعددی براساس نوع عنصر، اثر تجمعی عناصر و در نظر گرفتن ضریب سمیت گزارش شده است (Jin *et al.*, 2005). نتایج شاخص فاکتور آلودگی CF برای عناصر تحت بررسی نشان می‌دهد که همهٔ عناصر به‌جز کادمیوم با مقدار کمتر از ۱ از بار آلودگی کم برخوردار بودند، ولی کادمیوم به‌عنوان عنصری سمی با پتانسیل جذب گیاهی زیاد و دارا بودن CF با مقادیر ۳ تا ۶ از خطر آلودگی زیادی برخوردار بوده است. بررسی اثر تجمعی عناصر بر شاخص PLI که برپایهٔ مقادیر CF عناصر مطابق معادلهٔ ۲ محاسبه شده، نشان‌دهندهٔ کیفیت مناسب خاک‌های منطقه است، اما با توجه به اینکه این شاخص‌ها نسبت به میانگین غلظت پوستهٔ زمین سنجیده شده‌اند، به نظر می‌رسد که قضاوت براساس این شاخص برای همهٔ مناطق نیازمند تعمق بیشتری است. از این‌رو به‌منظور ارزیابی اثرهای اکولوژیک عناصر در محیط زیست، از شاخص RI که در آن درجهٔ سمیت عناصر نیز لحاظ شده است استفاده شد. براساس نتایج، عنصر سمی کادمیوم با ارزش عددی ۱۶۰ تا ۳۲۰ در طبقهٔ خطر اکولوژیک زیاد قرار گرفت و عناصر دیگر نیز با ارزش عددی ۱۵۰ تا ۳۰۰ با یک طبقه پایین‌تر با سطح خطر اکولوژیک متوسط قرار گرفتند. بنابراین وجود عناصر سنگین و به‌طور خاص فلز سمی کادمیوم

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تهدیدی جدی برای زنجیره‌های غذایی محسوب می‌شوند. رفتار جذب زیستی آلاینده‌ها بسته به فرم، ساختار شیمیایی، شرایط محیطی و حتی عناصر مختلف متفاوت است (Flaten, 2002). نتایج ضریب انتقال از خاک به گیاه (TF) بیانگر انتقال کم عناصر از خاک به گیاه است. نتایج این شاخص به‌خوبی نشان می‌دهد که بخش بزرگی از عناصر در برگ سبز نتیجهٔ جذب سطحی است و بسیار روشن است که شکل متراکم بوته‌های چای، شرایط رسوب بار آلودگی در خاک سطحی و به‌طور ویژه در پای بوته‌های چای را فراهم نمی‌کند، از طرف دیگر بخش بزرگی از عناصر راه‌یافته به خاک‌های سطحی نیز در اثر شرایط اسیدی خاک و بارندگی مداوم منطقه در طی فرایند آبشویی از دسترس گیاه خارج می‌شود و نبود همبستگی بین عناصر در خاک و برگ سبز گیاه نیز این موضوع را به‌خوبی نشان می‌دهد. براساس نتایج این تحقیق، عنصر کادمیوم که از جذب گیاهی زیادی نسبت به دیگر عناصر سنگین زنوبیوتیک برخوردار است، به مقادیر زیادی در برگ گیاه چای تجمع یافته است. این موضوع در نگاه اول به‌دلیل نبود منابع طبیعی این آلاینده، وجود منابع آلایندهٔ مصنوعی را در منطقه نشان می‌دهد. درحالی که در بسیاری از تحقیقات، کادمیوم یکی از عناصر اصلی در خاک‌های کنار جاده‌ای خوانده شده است (Seenivasan *et al.*, 2008). بنابراین حمل‌ونقل جاده‌ای نیز ممکن است از منابع آلایندهٔ این عنصر باشد. اما نکتهٔ مهم‌تر، اثر این عنصر بر کاهش تراکم استخوان است؛ به‌طوری که بیماری ناشی از مسمومیت با این عنصر ایتای‌ایتای نام دارد که از شکستن استخوان افراد مبتلا گرفته شده است (Karak and Bhagat, 2010). بر این اساس، توجه به این موضوع در استان‌های شمالی که از تابش آفتاب کمتری نسبت به دیگر استان‌های کشور برخوردارند و از شیوع بیماری‌های مفاصل و استخوان رنج می‌برند بسیار بااهمیت است. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلیPCA برای نمونه‌های برگ سبز چای نیز نشان می‌دهد که عناصر کادمیوم، سرب و کبالت در یک گروه از مؤلفه‌های اصلی قرار دارند و در ادامه نیز نتایج آنالیز خوشه‌ای عناصر سرب، کادمیوم، کروم و کبالت در خوشهٔ مستقلی قرار می‌گیرند؛ بر این اساس، این عناصر در برگ سبز چای نیز به احتمال قوی از منبع آلودگی مشابهی برخوردارند و در این بخش تأثیر حمل‌ونقل جاده‌ای، بیشتر از دیگر عوامل احتمالی است. با توجه به اینکه نتایج مقادیر دریافت احتمالی این عناصر به‌صورت روزانه و هفتگی PTDI & PTWI هم بیانگر ورود بخش زیادی از این عناصر از طریق نوشیدن چای است، این مقدار در کنار دیگر منابع غذایی متعدد که می‌توانند سهمی در انتقال همین عناصر به بدن انسان داشته باشد بسیار شایان تأمل است. بنابراین با توجه به درجهٔ مسمومیت برخی از عناصر، آسیب‌پذیری نسبی بیشتر ساکنان شمال کشور، افزایش رو به رشد بار ترافیکی در جاده‌های این مناطق، توجه به کیفیت محصولات مزارع چای و دیگر محصولات کشاورزی در حاشیهٔ جاده‌ها به‌ویژه در مناطق توریستی و پرترافیک نیازمند مدیریت و نظارت ویژه است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

References

Asgari, A., Ahmadi, Moghadam, M., Mahvi, A., Yonesian, M., 2008. Evaluation of Aluminumin Iranian Consumed Tea. Knowledge and Health 3(2): 45-49 (In Persian).

Barakat, A., El Baghdadi, M., Rais, J., Nadem, S., 2012. Assessment of heavy metal in surface sediments of Day River at Beni-Mellal region, Morocco. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 4(8), 797-806.

Chen, Z., Cai, Y., Solo-Gabriele, H., Snyder, G.H., Cisar, J.L., 2006. Interactions of arsenic and the dissolved substances derived from turf soils. Environmental Science & Technology 40(15), 4659-4665.

De Silva, S., Ball, A.S., Huynh, T., Reichman, S.M., 2016. Metal accumulation in roadside soil in Melbourne, Australia: Effect of road age, traffic density and vehicular speed. Environmental Pollution 208, 102-09.

Ebadi, A. G., Zare, S., Mahdavi, M., Babaee, M., 2005. Study and measurement of Pb, Cd, Cr and Zn in green leaf of tea cultivated in Gillan province of Iran. Pakistan Journal of Nutrition 4(4), 270-2.

Flaten, TP., 2002. Aluminium in teaconcentrations, speciation and bioavailability. Coordination Chemistry Reviews. 228(2), 385-395.

Gholizadeh, M.H., Abbasi, R. 2009. Ebrahimpour azbari M and Mahdavi R. 2009. Measurement and analysis of effective factors on tea processing industries in country. Agricultural Economic and Development 17(67): 203-222. (In Persian).

Guo, Y.L., Wang, G., Luo, D., Ge, H.L., Wang, G.F., Chen, J.H., Luo, Z.Y., 2011. Evaluation on the environmental quality about lead, cadmium, arsenic, chromium, mercury, copper and fluorine in the soils of Tieguanyin tea plantation in Fujian Province. Journal of Eco-Agriculture 19, 676-681.

Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach. Water Research 14, 975-1001.

Han, W.Y., Shi, Y.Z., Ma, L.F., Ruan, J.Y., Zhao, FJ., 2007. Effect of liming and seasonal variation on lead concentration of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). Chemosphere 66(1), 84-90.

Hesam, M., 2018. Tourists satisfaction of rural tourism destinations (Case study: villages of Foman County). Journal of Studies of Human Settlements Planning 12(4), 803-819.

Huang, Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., He, Z., 2018. Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China. Journal of environmental management 207, 159-168.

Jin, C.W., Zheng, S.J., He, Y.F., Di Zhou, G., Zhou, Z.X., 2005. Lead contamination in tea garden soils and factors affecting its bioavailability. Chemosphere 59(8), 1151-1159.

Karak, T., Bhagat, R.M., 2010. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. Food Research International 43(9), 2234-2252.

Karimzadeh, L., Bagheri, Gh., Pourali, A., GoliPour, M., Mohammadi, Z., Musharraf, B., Esfahani Zadeh, M., Salehifar, A., 2011. Determination of lead, cadmium and copper in black tea produced at Mazandaran factories in spring and summer. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 23(99), 2-11.

Li, L., Fu, Q. L., Achal, V., Liu, Y., 2015). A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China. Environmental Monitoring and Assessment 187(5), 1-12.

Li, W., Xu, B., Song, Q., Liu, X., Xu, J., Brookes, P.C., 2014. The identification of 'hotspots' of heavy metal pollution in soil–rice systems at a regional scale in eastern China. Science of the Total Environment 472, 407-420.

Ma, J.H., Wang, X.Y., Hou, Q., Duan, H.J., 2011. Pollution and potential ecological risk of heavy metals in surface dust on urban kindergartens. Geographical Research 30, 486–495.

Marbaniang, D.G., Baruah, P., Decruse, R., Dkhar, E.R., Diengdoh, D.F., Nongpiur, C.L., 2011. Study of trace metal (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Cd)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

composition in tea available at shillong, meghalaya, India. International Journal of Environmental Protection 1(1), 13-21.

Mohammadi, G.M., Ghasemi, R., Naeimi, M. 2018. Distribution pattern of heavy metals in roadside Topsoils around the Rasht-Qazvin freeway. Journal of Health 9(3), 249-258.

Moreda-Pineiro, A., Fisher, A., Hill, S.J., 2003. The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data. Journal of Food Composition and Analysis 16(2), 195-211.

Qiaohong, H.A.N., Yong, Y.A.N.G., Xia, H.U.A.N.G., Xuejing, J.I.A., Jing, L.I.U., Yang'er, C.H.E.N., Ming, Y.U.A.N. (2016). Migration and accumulation of heavy metals in Hawk Tea. Journal of Nuclear Agricultural Sciences 30(11), 2224.

Rashid, M., Fardous, Z., Chowdhury, M., Alam, M., Bari, M., Moniruzzaman, M., Gan, S.H., 2016. Determination of heavy metals in the soils of tea plantations and in fresh and processed tea leaves: an evaluation of six digestion methods. Chemistry Central Journal 10(1), 1-13.

Seenivasan, S., Manikandan, N., Muraleedharan, N.N., 2008. Chromium contamination in black tea and its transfer into tea brew. Food Chemistry 106(3), 1066-1069.

Shekoohian S, Ghoochani M, Mohagheghian A, Mahvi AH, Yunesian M and Nazmara S. 2012. Determination of lead, cadmium and arsenic in infusion tea cultivated in north of Iran. Iranian J Environ Health Sci Eng, 9(1):37 (In Persian).

Taebi, A., Samani Majd, S., Abtahi, M., 2007. The Relationship of Traffic Factors with Lead and Cadmium Concentration in the Urban Urban Urban Soil, Transportation Research Journal, Fourth Year.

Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W., 1980. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgoländer Meeresuntersuchungen 33(1), 566-575.

Yang, Z., Lu, W., Long, Y., Bao, X., Yang, Q., 2011. Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China. Journal of Geochemical Exploration 108(1), 27-38.

Yemane, M., Chandravanshi, B.S., Wondimu, T. 2008. Levels of essential and non-essential metals in leaves of the tea plant (Camellia sinensis L.) and soil of Wushwush farms, Ethiopia. Food Chemistry 107(3), 1236-1243.

Yuan, Z., Yao, J., Wang, F., Guo, Z., Dong, Z., Chen, F., Sunahara, G., 2017. Potentially toxic trace element contamination, sources, and pollution assessment in farmlands, Bijie City, southwestern China. Environmental Monitoring and Assessment 189(1), 1-10.

Zhong, W.S., Ren, T., Zhao, L.J. 2016. Determination of Pb (Lead), Cd (Cadmium), Cr (Chromium), Cu (Copper), and Ni (Nickel) in Chinese tea with high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. Journal of Food and Drug Analysis 24(1), 46-55.

Archive of SID.ir