آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

بررسی مقدار کل و زیست‌فراهم کادمیم و مس در خاک‌های تاکستان استان همدان

محسن بیگی[1*]، محسن جلالی[2]

[1] دکتری خاکشناسی دانشکده کشا.رزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

[2] استاد خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

استفاده از کودهای شیمیایی و قارچ‌کش‌ها باعث تجمع فلزات سنگین در خاک‌ها می شود که در نهایت زیست‌فراهمی آن‌ها برای گیاهان افزایش می‌دهد. هدف از این مطالعه، ارزیابی تجمع و توزیع کادمیم و مس در سه عمق مختلف ۱۰ نمونه خاک تاکستان با استفاده از مقدار کل و زیست‌فراهم فلزات سنگین و همچنین اندازه‌گیری مقدار این فلزات در بخش‌های هوایی درختچه‌های مو بود. بیشترین مقدارکل کادمیم و مس در لایه سطحی خاک مشاهده گردید که با افزایش عمق مقدار آن‌ها کاهش یافت. میانگین مقدار کل کادمیم و مس در لایه سطحی خاک به ترتیب ۲/۳۹ و ۴۶/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مقدار زیست فراهم فلزات سنگین نیز در لایه سطحی خاک بیشتر از لایه‌های زیرین بودند. میانگین مقدار زیست‌فراهم کادمیم و مس در لایه سطحی خاک به ترتیب ۰/۴۳ و ۲/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مقدار فلزات سنگین در برگ‌های مو بیشتر از میوه‌ها بود. میانگین مقدار فلزات سنگین در نمونه های برگ و میوه به ترتیب برای کادمیم ۰/۳۶ و ۰۰/۰ و برای مس ۵/۹۱ و ۵/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بودند. فاکتور انتقال فلزات سنگین در برگ‌ها بیشتر از میوه‌ها بود. کادمیم قابلیت زیست‌فراهمی و آبشویی بیشتری از مس در خاک‌های تاکستان داشت، با این حال خاک تاکستان های مورد مطالعه می‌توانند به عنوان غیرآلوده یا با آلودگی کم تقسیم بندی شوند.

کلمات کلیدی: زیست‌فراهمی، مقدار کل، فلزات سنگین، خاک های تاکستان

مقدمه

مقدار و توزیع فلزات سنگین در خاک‌ها به هوازدگی سنگ‌ها و مواد مادری، نوع خاک، توپوگرافی و شرایط آب و هوایی وابسته می باشند و همچنین فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و پسماندهای شهری بر مقدار فلزات در خاک‌ها تاثیر می‌گذارند (کاباتاپندیاس و پندیاس، ۲۰۱۱). مقدار بالای فلزات سنگین در خاک باعث تجمع آن‌ها در گیاهان همچنین آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود که علاوه بر خطرات زیست‌محیطی در نهایت با ورود به زنجیره غذایی انسان‌ها باعث بروز مشکلات فراوان می‌شوند. بنابراین، ارزیابی و تعیین مقدار فلزات در خاک‌های آلوده به خصوص خاک‌های کشاورزی و تأثیر آن‌ها روی گیاهان ضروری می‌باشد (چاپین و همکاران، ۲۰۰۸؛ کاباتاپندیاس و پندیاس، ۲۰۱۱). در خاک‌های تاکستان به دلیل کاربرد آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و کودهای شیمیایی، آلودگی فلزات سنگین به خصوص کادمیم، مس، سرب و روی مشهود است و مقادیر بالای آن‌ها تأثیر مخرب بر کیفیت خاک و گیاهان می‌گذارند (کومارک و همکاران، ۲۰۰۸؛ لی و همکاران، ۲۰۱۴؛ میرسکی و همکاران، ۲۰۱۵؛ میلسویچ و همکاران، ۲۰۱۷). کومارک و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که استفاده مداوم از سموم دارای ترکیبات مس باعث افزایش مقدار این فلز و در نهایت آلودگی خاک‌ها می‌شود. میلسویچ و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که کاربرد طولانی مدت قارچ‌کش‌های حاوی مس در خاک تاکستان‌ها باعث بالا رفتن مقدار مس در این خاک‌ها از محدوده مجاز شده است. کاراکاسوا و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی مقدار کل و قابل دسترس فلزات مس، روی، نیکل، کروم، سرب و آهن در خاک‌های تحت کشت درختچه مو نشان دادند که مقدار کل این فلزات به غیر از چند مورد بیشتر از محدوده آلودگی نیست. دوپلای و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مقدار فلزات در خاک سطحی تاکستان‌ها به دلیل وجود مواد آلی بیشتر از خاک‌های زیرسطحی بود. بورا و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که مقدار فلزات کادمیم، مس، سرب، نیکل و روی در برگ و اندام هوایی درختچه مو بیشتر از مقدار آن در میوه انگور بود. پرستون و همکاران (۲۰۱۶) با اندازه‌گیری مقدار فلزات در اعماق مختلف خاک‌های تاکستان نشان دادند به دلیل استفاده از کودها و سموم شیمیایی خاک‌ها دارای آلودگی کادمیم، مس و روی بودند.

در استان همدان، تاکستان‌ها به عنوان یکی از عمده‌ترین فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. با این حال، مطالعات در مورد تجمع و توزیع فلزات سنگین و همچنین میزان آلودگی و قابلیت دسترسی آن‌ها برای گیاهان در خاک‌های تاکستان انجام نشده است. بنابراین این مطالعه با هدف ارزیابی توزیع و

* ایمیل نویسنده مسئول: m.beygi@basu.ac.ir

تجمع کادمیم و مس در خاک با اندازه‌گیری مقدار کل و زیست‌فراهم آن‌ها و همچنین اندازه‌گیری مقدار این دو فلز در اندام‌های هوایی شامل برگ و میوه درختچه مو (*Vitis vinifera* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک از از ۱۰ تاکستان در استان همدان با سه عمق ۲۰-۰، ۴۰-۲۱ و ۶۰-۴۱ سانتی‌متر انجام شد. نمونه‌های گیاهی شامل برگ و میوه انگور نیز در هر تاکستان جمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی به مدت یک هفته در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس آسیاب شدند (چاپین و همکاران، ۲۰۰۸؛ بورا و همکاران، ۲۰۱۵). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در سه تکرار با استفاده از روش‌های متداول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند (راول، ۱۹۹۴). مقدار کل کادمیم و مس در نمونه‌های خاک بر اساس روش ارائه شده توسط پیتزارک و مکفیل (۲۰۰۴) اندازه‌گیری شدند. مقدار زیست‌فراهم فلزات سنگین در نمونه‌های خاک با استفاده از روش عصاره‌گیری با DTPA تعیین شد (لیندزی و همکاران، ۱۹۷۸). غلظت فلزات در عصاره‌های به دست آمده با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی قرائت شدند.

برای اندازه‌گیری مقدار کل فلزات در نمونه‌های گیاهی، ابتدا پنج میلی‌لیتر آب اکسیژنه و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به ۰/۵ گرم پودر نمونه گیاهی اضافه شد و سپس به مدت ۱۲۰ دقیقه در حمام بخار با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد هضم گردید (بورا و همکاران، ۲۰۱۵). غلظت فلزات در عصاره‌های خاک و گیاه با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی قرائت شد. به منظور بررسی انتقال فلزات سنگین از خاک به اندام‌های گیاهی، فاکتور انتقال (TF) (از تقسیم مقدار کل فلزات در اندام هوایی (برگ و میوه) گیاه به مقدار کل آن‌ها در خاک به دست می‌آید) محاسبه گردید (دوپلای و همکاران، ۲۰۱۴). آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 13.0 انجام شد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل و در غالب طرح کاملا تصادفی بود. آنالیز واریانس برای بررسی تفاوت بین تیمارهای مختلف و آزمون دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

مقدار pH در اعماق مختلف از قلیایی کم تا متوسط در طول پروفیل خاک و بین ۷/۷۶ تا ۸/۴۱ متغیر بود. هدایت الکتریکی خاک‌ها با افزایش عمق کاهش یافت و بین ۰/۱۴ تا ۰/۷۲ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود که نشان‌دهنده شوری کم در نمونه‌ها می‌باشد. مقدار ماده آلی لایه سطحی خاک بین ۹/۹۱ تا ۲۹/۷۱ گرم در کیلوگرم متغیر بود که از مقادیر آن در لایه‌های زیرسطحی بیشتر بود. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها بین ۸/۸۷ تا ۲۶/۰۶ سانتی‌مول‌بار در کیلوگرم متغیر بود و تفاوت معنی‌داری بین عمق‌های مختلف نمونه‌برداری نداشت. مقدار کربنات کلسیم خاک‌ها بین ۵/۰۰ تا ۴۴/۷۵ درصد متغیر بود. مقدار رس، شن و سیلت در نمونه‌های خاک به ترتیب از ۳۳۲-۱۵۲، ۵۶۲-۱۱۶ و ۵۸۶-۲۶۶ گرم در کیلوگرم متغیر بودند.

مقادیر کل کادمیم و مس خاک در اعماق مختلف نمونه‌برداری در جداول ۱ نشان داده شده است. مقدار فلزات در لایه سطحی خاک‌ها بیشتر از لایه‌های زیرسطحی بود. مقدار فلزات در نمونه‌های خاک تاکستان بیشتر از مقدار زمینه آن‌ها (برای کادمیم و مس به ترتیب ۱/۳۶ و ۲۹/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک‌های استان همدان بودند (بیگی و جلالی ، ۲۰۱۸). این مسأله به دلیل کاربرد مداوم کودهای شیمیایی و سموم در تاکستان‌ها می‌باشد. خاک‌های نمونه‌برداری شده می‌توانند به غیرآلوده و با آلودگی کم تقسیم‌بندی شوند، زیرا مقدار فلزات کمتر از محدوده آلودگی آن‌ها در خاک می‌باشند (کاباتاپندیاس و پندیاس، ۲۰۱۱). با این حال در برخی از نمونه‌ها مقدار آن‌ها بیشتر از حد بحرانی می‌باشد. مقدار کادمیم در اکثر نمونه‌های خاک از محدوده ۲-۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده برای خاک‌های غیرآلوده بیشتر بود. مقادیر بالای کادمیم در خاک می‌تواند به علت کاربرد لجن فاضلاب، استفاده از کودهای آلی و یا استفاده از کودهای شیمیایی مانند کودهای فسفره باشد که دارای غلظت بالای کادمیم می‌باشند و کاربرد آنها در این منطقه متداول می‌باشد. افزایش مس در خاک تاکستان‌ها می‌تواند به علت کاربرد قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌های حاوی ترکیبات مسی برای مبارزه با آفات باشد (پرستون و همکاران، ۲۰۱۶). مقدار مس در لایه سطحی خاک‌ها بیشتر بود که علت این مسأله سم پاشی ترکیبات مسی روی اندام هوایی درختچه‌های مو است که در نهایت بیشتر خاک‌های سطحی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (پیتزارک و مکفیل، ۲۰۰۴؛ کومارک و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول۱- میانگین کادمیم و مس کل ($mg\ kg^{-1}$) خاک در سه عمق مختلف (سانتی‌متر) نمونه برداری.

شماره	کادمیم			مس		
خاک	۲۰-۰	۴۰-۲۱	۶۰-۴۱	۲۰-۰	۴۰-۲۱	۶۰-۴۱
۱	۳/۷۳a	۳/۱۲b	۲/۹۵b	۴۸/۵۷a	۳۹/۳۰bc	۳۷/۶۶c
۲	۳/۴۸a	۲/۹۸b	۲/۷۹b	۴۱/۴۲a	۳۱/۴۴bc	۲۸/۷۳c
۳	۲/۹۹a	۲/۶۵b	۲/۴۸c	۵۰/۵۵a	۴۳/۷۰b	۳۹/۲۴c
۴	۱/۹۴a	۱/۶۰b	۱/۶۶b	۴۱/۲۲a	۳۲/۸۳b	۲۶/۲۹c
۵	۴/۰۷ab	۳/۹۳bc	۳/۷۵c	۴۳/۸۴a	۲۸/۶۲b	۲۵/۸۸c
۶	۲/۸۷a	۲/۲۴b	۱/۸۵c	۳۸/۱۴a	۲۹/۰۴b	۲۷/۶۷bc
۷	۱/۹۳ab	۱/۸۳bc	۱/۶۷c	۴۶/۳۳a	۳۵/۳۱b	۳۰/۰۶c
۸	۱/۱۹ab	۱/۱۲b	۱/۰۷bc	۳۲/۱۱a	۲۴/۸۸b	۲۱/۷۳c
۹	۰/۵۹a	۰/۴۹b	۰/۴۹b	۶۴/۰۸a	۵۷/۶۱b	۵۲/۲۱c
۱۰	۱/۰۷a	۰/۹۷b	۰/۹۲c	۶۰/۰۹a	۴۵/۲۹b	۳۸/۸۴c

حروف مشابه در هر ردیف و فلز نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

مقدار زیست‌فراهم کادمیم و مس در لایه‌های مختلف خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. عمدتاً مقدار کل فلزات سنگین برای ارزیابی درجه آلودگی خاک‌ها استفاده می‌شود (چاپین و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال، مقدار قابل دسترس یا زیست‌فراهم فلزات در خاک فاکتور بهتری برای ارزیابی خطرات آلودگی فلزات می‌باشد (لیندزی و همکاران، ۱۹۷۸؛ والدرز و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۱۴؛ میرسکی و همکاران، ۲۰۱۵؛ میلسویچ و همکاران، ۲۰۱۷). استخراج فلزات سنگین با DTPA یک روش مناسب برای ارزیابی زیست‌فراهمی فلزات در خاک‌های آهکی می‌باشد و ظرفیت کلات‌کنندگی این عصاره‌گیر برای استخراج تعداد زیادی از فلزات سنگین در خاک مناسب می‌باشد (لیندزی و همکاران، ۱۹۷۸). مقدار زیست‌فراهم فلزات در خاک سطحی بیشتر از خاک‌های زیرسطحی بود و با افزایش عمق مقدار آن کاهش می‌یافت. درصد زیست‌فراهم فلزات از مقدار کل آن‌ها در خاک برای ارزیابی تأثیر مقدار کل فلزات بر مقدار زیست‌فراهم آن‌ها ضروری می‌باشد (لی و همکاران، ۲۰۱۴). درصد زیست‌فراهم فلزات از مقدار کل آن‌ها به ترتیب برای عمق ۲۰-۰، ۴۰-۲۱، ۶۰-۴۱ سانتی‌متر عبارت بودند از: کادمیم ۱۸/۱۲، ۱۷/۷۸، ۱۷/۸۰؛ مس ۴/۵۴، ۴/۲۷، ۳/۵۸. درصد بیشتر زیست‌فراهمی کادمیم نسبت به مس نشان می‌دهد که این فلز قابلیت دسترسی و جابه‌جایی بیشتری در خاک‌های تاکستان دارد. تشکیل کمپلکس‌های کادمیم با کلر ($CdCl^{+}$, $CdCl^{0}_{2}$) باعث می‌شود که جذب آن توسط اجزای خاک کاهش یابد و در نهایت مقدار قابل دسترس و در نهایت مقدار جذب آن توسط گیاهان افزایش می‌یابد (میلسویچ و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۲- میانگین کادمیم و مس زیست‌فراهم ($mg\ kg^{-1}$) خاک در سه عمق مختلف (سانتی‌متر) نمونه برداری.

شماره خاک	کادمیم			مس		
	۲۰-۰	۴۰-۲۱	۶۰-۴۱	۲۰-۰	۴۰-۲۱	۶۰-۴۱
۱	۰/۶۶a	۰/۵۲b	۰/۴۶c	۲/۲۹a	۱/۶۳b	۱/۴۷c
۲	۰/۷۳a	۰/۴۹b	۰/۴۲b	۱/۳۲a	۱/۰۰b	۰/۸۴c
۳	۰/۵۳a	۰/۵۰a	۰/۴۹ab	۲/۵۳a	۲/۰۸b	۱/۸۲c
۴	۰/۳۶a	۰/۳۲b	۰/۳۰b	۱/۲۷a	۰/۹۲b	۰/۸۶b
۵	۰/۷۶a	۰/۶۸ab	۰/۶۴b	۲/۹۶a	۱/۶۹b	۱/۴۱c
۶	۰/۳۴a	۰/۳۱a	۰/۳۰a	۱/۵۴a	۱/۲۵b	۱/۱۴c
۷	۰/۳۵a	۰/۳۱b	۰/۲۷c	۱/۶۹a	۱/۱۷b	۰/۹۲c
۸	۰/۲۰a	۰/۱۹a	۰/۲۰a	۱/۱۸a	۰/۸۵b	۰/۷۳c
۹	۰/۱۲a	۰/۱۰b	۰/۱۰b	۴/۱۸a	۳/۳۲b	۳/۱۸bc
۱۰	۰/۲۳a	۰/۲۰b	۰/۱۹b	۲/۹۰a	۲/۲۴bc	۲/۱۴c

حروف مشابه در هر ردیف و فلز نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

پرستون و همکاران (۲۰۱۶) پیشنهاد کردند که مجموع اجزای محلول در آب و قابل تبادل مس می‌توانند به عنوان مقدار زیست‌فراهم این فلز در خاک‌های تاکستان در نظر گرفته شوند و این دو جزء درصد کمی از مقدار کل مس در خاک را شامل می‌شوند. با این حال، فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کودها و سموم شیمیایی، آهک پاشی خاک و شخم عمیق می‌تواند مقدار زیست‌فراهم مس را در خاک افزایش دهد. زیست‌فراهمی مس به مقدار ماده آلی و نوع مواد هومیکی خاک نیز وابسته است و به علت تشکیل کمپلکس‌های محلول فلزات سنگین با گروه‌های آمینو، هیدروکسیل و کربوکسیل اسیدهای هومیک و فولویک محلول، این ترکیبات باعث افزایش حلالیت، تحرک و زیست‌فراهمی فلزات در pH خنثی تا قلیایی می‌شوند (لی و همکاران، ۲۰۱۴). سمیت مس برای گیاهان به مقدار و نوع ماده آلی، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و اثرات متقابل بین کمپلکس‌های آلی و یون‌های آزاد فلز با کانی‌های خاک وابسته است (والدرز و همکاران، ۲۰۰۹).

مقدار کادمیم و مس در نمونه‌های برگ و میوه درختچه‌های مو و همچنین فاکتور انتقال فلزات سنگین از خاک سطحی به اندام‌های هوایی (برگ و میوه) در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار کادمیم نمونه‌های میوه کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود. مقدار فلزات در نمونه‌های برگ بیشتر از میوه بود. با این حال در برخی از تاکستان‌ها، مقدار مس نمونه‌های برگ کمتر از میوه بود. مقدار کادمیم و مس برگ‌ها در این مطالعه کمتر از مقدار گزارش شده برای نمونه‌های برگ در تاکستان‌های رومانی بودند (بورا و همکاران، ۲۰۱۵). مقدار مس در نمونه‌های برگ و میوه مشابه با مقدار گزارش شده برای درختچه‌های مو در تاکستان‌های نواحی دیگر بود (چاپین و همکاران، ۲۰۰۸). میلسویچ و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیشترین مقدار کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی را در برگ‌ها گزارش کردند و همچنین نشان دادند که مقدار مس و کادمیم کمتر از محدوده سمیت این فلزات برای گیاهان بود. مقدار فاکتور انتقال در نمونه‌های برگ اغلب بیشتر از نمونه‌های میوه بود. فاکتور انتقال کادمیم در برگ‌ها بیشتر از مس بود. با این حال، فاکتور انتقال مس در نمونه‌های برگ در خاک تاکستان شماره ۱، ۵ و ۶ بیشتر از کادمیم بود. مقادیر بیشتر فاکتور انتقال نشان‌دهنده جذب بیشتر فلزات سنگین توسط گیاه است. با این حال با افزایش رشد گیاه، فاکتور انتقال کاهش می‌یابد (میرسکی و همکاران، ۲۰۱۵). بالا بودن غلظت کلر، کمبود روی، pH پایین و ظرفیت نگه‌داری کم فلزات در خاک باعث افزایش تحرک و در نتیجه جذب بیشترکادمیم توسط گیاهان می‌شود (میرسکی و همکاران، ۲۰۱۵). دوپلای و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که خصوصیات خاک، توانایی جذب توسط گیاهان و مقدار و گونه شیمیایی فلزات سنگین بر مقدار انتقال فلزات از خاک به گیاه مؤثر می‌باشند.

جدول ۳- میانگین کادمیم و مس ($mg\ kg^{-1}$) در نمونه‌های برگ و میوه و مقدار فاکتور انتقال (درصد) در خاک سطحی (داخل پرانتز)

شماره خاک	کادمیم		مس	
	برگ	میوه*	برگ	میوه
۱	۰/۳۹ (۱۱)	–	۷/۸۵ (۱۶)	۵/۵۰ (۱۱)
۲	۰/۴۱ (۱۲)	–	۳/۲۸ (۸)	۲/۳۵ (۶)
۳	۰/۴۲ (۱۴)	–	۶/۹۰ (۱۴)	۴/۵۷ (۹)
۴	۰/۳۵ (۱۸)	–	۴/۲۵ (۱۰)	۳/۳۰ (۸)
۵	۰/۴۲ (۱۰)	–	۸/۰۰ (۱۸)	۶/۴۰ (۱۵)
۶	۰/۳۷ (۱۳)	–	۵/۴۵ (۱۴)	۴/۵۲ (۱۲)
۷	۰/۳۸ (۲۰)	–	۴/۶۲ (۱۰)	۶/۱۰ (۱۳)
۸	۰/۳۸ (۳۰)	–	۳/۶۷ (۱۱)	۴/۸۳ (۱۵)
۹	۰/۳۶ (۴۷)	–	۷/۷۰ (۱۲)	۷/۸۰ (۱۲)
۱۰	۰/۳۲ (۳۱)	–	۸/۴۴ (۱۴)	۹/۲۵ (۱۵)

*مقدار کادمیم میوه کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود.

نتیجه‌گیری

بیشترین مقدار کل فلزات سنگین در لایه سطحی خاک‌ها مشاهده شد و با افزایش عمق از مقدار آن‌ها کاسته شد که نشان‌دهنده تحرک کم این فلزات در طول پروفیل خاک بود. مقادیر کل کادمیم و مس در خاک‌های تاکستان از مقادیر زمینه گزارش شده این فلزات برای خاک‌های منطقه مورد مطالعه بیشتر بود که این مسأله نشان‌دهنده کاربرد مستمر کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها در خاک تاکستان‌ها می‌باشد. با این حال، تاکستان‌های مورد مطالعه دارای خاک‌هایی غیرآلوده یا با آلودگی کم می‌باشند. مقدار زیست‌فراهم فلزات سنگین همانند مقادیر کل آن‌ها در لایه سطحی خاک بیشتر از لایه‌های زیرسطحی بود. نتایج مربوط به مقدار زیست‌فراهم فلزات نشان داد که قابلیت دسترسی و زیست‌فراهمی کادمیم در خاک زیاد می‌باشد. مقدار مس در اندام هوایی درختچه مو بیشتر از کادمیم بود. همچنین فاکتور انتقال در نمونه‌های برگ بیشتر از نمونه‌های میوه بود. مقدار کل فلزات در نمونه‌های برگ بیشتر از نمونه‌های میوه بود که می‌تواند به دلیل ذخیره فلزات در مخازن گیاه مانند برگ و عدم انتقال به اندام‌های خوراکی باشد.

منابع:

Beygi, M. and Jalali, M. 2018. Background levels of some trace elements in calcareous soils of the Hamedan Province, Iran. Catena, 162, 303-316.

Bora, F. D., Bunea, C. I., Rusu, T. and Pop, N. 2015. Vertical distribution and analysis of micro-, macroelements and heavy metals in the system soil-grapevine-wine in vineyard from North-West Romania. Chemistry Central Journal, 9, 19.

Chopin, E.I.B., Marin, B., Mkoungafoko, R., Rigaux, A., Hopgood, M.J., Delannoy, E., Cances, B. and Laurain, M. 2008. Factors affecting distribution and mobility of trace elements (Cu, Pb, Zn) in a perennial grapevine (*Vitis vinifera* L.) in the Champagne region of France. Environmental Pollution, 156, 1092-1098.

Duplay, J., Semhi, K., Errais, E., Imfeld, G., Babcsanyi, I. and Perrone, T. 2014. Copper, zinc, lead and cadmium bioavailability and retention in vineyard soils (Rouffach, France): the impact of cultural practices. Geoderma, 230, 318-328.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 2011. Trace elements in soils and plants. 4nd ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Karakaseva, E., Boev, B. and Zajkova-Paneva, V. 2012. Total and extractable forms of Cu, Zn, Ni, Cr, Pb and Fe in vineyard soil (Valandovo Valley, Macedonia) determined by a sequential extraction procedure. Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 31, 271-283.

Komárek, M., Száková, J., Rohošková, M., Javorská, H., Chrastný, V. and Balík, J. 2008. Copper contamination of vineyard soils from small wine producers: a case study from the Czech Republic. Geoderma, 147, 16-22

Li, L., Wu, H., van Gestel, C.A., Peijnenburg, W. J. and Allen, H. E. 2014 Soil acidification increases metal extractability and bioavailability in old orchard soils of Northeast Jiaodong Peninsula in China. Environmental Pollution, 188, 144-152.

Lindsay, W.L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. Wiley and Sons, New York, NY.

Milićević, T., Relić, D., Škrivanj, S., Tešić, Ž. and Popović, A. 2017. Assessment of major and trace element bioavailability in vineyard soil applying different single extraction procedures and pseudo-total digestion. Chemosphere, 171, 284-293.

Mirecki, N., Agič, R., Šunić, L., Milenković, L. and Ilić, Z.S. 2015. Transfer factor as indicator of heavy metals content in plants. Fresenius Environmental Bulletin, 24, 4212-4219.

Pietrzak, U. and McPhaila, D.C. 2004. Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. Geoderma, 122, 151-166.

Preston, W., da Silva, Y. J., do Nascimento, C. W., da Cunha, K. P., Silva, D. J. and Ferreira, H. A. 2016. Soil contamination by heavy metals in vineyard of a semiarid region: An approach using multivariate analysis. Geoderma Regional, 7, 357-365.

Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Group, Harlow. p. 345

Valladares, G.S., Camargo, O.A.D., Carvalho, J.R.P.D. and Silva, A.M.C. 2009. Assessment of heavy metals in soils of a vineyard region with the use of principal component analysis. Scientia Agricola, 66: 361-367

Soil and Water Pollution and Crop Health

Assessment of total and bioavailability content of cadmium and copper in vineyard soils from Hamedan province

Beygi*[1], M., Jalali, M[2]

[1] Ph.D. of soil science., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

[2] Professor of soil science., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

Abstract

The use of fertilizers and fungicides causes the accumulation of trace elements in vineyard soils that may increase their bioavailability for plants. The aims of this study were to evaluate cadmium (Cd) and copper (Cu) accumulation and distribution in three depths of 10 vineyard soils using total and bioavailable content, and also to measure the content of these two trace elements in aerial parts of grapevines. The highest total contents of Cd and Cu were observed at surface layer and decreased with the depth. The mean total contents of Cd and Cu in the surface layer of soil samples were (mg kg^{-1}), 2.39 and Cu 46.63, respectively. The bioavailable contents of the trace elements in the surface layer were higher than those in the subsurface layers. The mean bioavailable contents of Cd and Cu s in the surface layer of soil samples were (mg kg^{-1}), 0.43 and 2.19, respectively. The content of the trace elements in the leaves was higher than the berries. The mean contents of trace elements in leaves and berries were respectively, Cd 0.36, 0.00; Cu 5.91, 5.39 mg kg^{-1}. The transfer factor of trace elements in the leaves was higher than the berries. The Cd has more bioavailable and leachable than The Cu in vineyard soils, however, the examined vineyard soils can be classified as unpolluted or less polluted.

Keywords: Bioavailability; Total content; Trace elements; Vineyard soils

* Corresponding author, Email: m.beygi@basu.ac.ir