تأثیر تیپ‌های مختلف خاک بر غلظت، توزیع و رفتار برخی عناصر کم‌مصرف در باغات سیب دشت ارومیه

سالار رضاپور*، پریا نجفی و بهناز آتش‌پز[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۴)

چکیده

در این مطالعه تعداد شش خاکرخ متعلق به پنج تیپ خاک حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌های خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و شکل‌های کل و قابل استفاده عناصر آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu)، منگنز (Mn)، سرب (Pb) و کادمیوم (Cd) آنالیز شدند. با درنظر گرفتن دامنه تغییرات pH و کربنات کلسیم معادل، خاک‌های مورد مطالعه خصوصیات قلیایی و آهکی نشان دادند. تغییرات قابل توجهی در مقدار شکل قابل استفاده عناصر آهن (۱/۴ تا ۲۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، روی (۰/۰۱ تا ۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، مس (۰/۳۲ تا ۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم)، منگنز (۱/۰ تا ۱۱/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کادمیوم (۰/۰۵ تا ۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سرب (۰/۲۲ تا ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و به‌همین ترتیب شکل کل مقدار آهن (۱۰/۶ تا ۲۰/۶ گرم در کیلوگرم)، روی (۳۵ تا ۶۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم)، مس (۹ تا ۲۶/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم)، منگنز (۲۶۲ تا ۵۸۸/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کادمیوم (۰/۵ تا ۱/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سرب (۱۷ تا ۳۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک‌های مختلف مشاهده شد. هر دو شکل (قابل استفاده و کل) عناصر فوق میان تیپ‌های مختلف خاک مقدار و پراکنش متفاوتی نشان دادند که این امر ممکن است ناشی از اختلاف در دامنه هوادیدگی، شرایط ژئومورفولوژیکی، فرایندهای خاکسازی، خصوصیات متفاوت فیزیکوشیمیایی خاک‌ها و ورود مواد مختلف شیمیایی به خاک باشد. در اکثر نمونه‌ها غلظت هر دو شکل قابل استفاده و کل عناصر فوق در دامنه حداکثر قابل قبول قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: تیپ خاک، عناصر کم‌مصرف، خاکرخ خاک، منطقه ارومیه

۱. گروه خاکشناسی، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: S_rezapour2000@yahoo.com

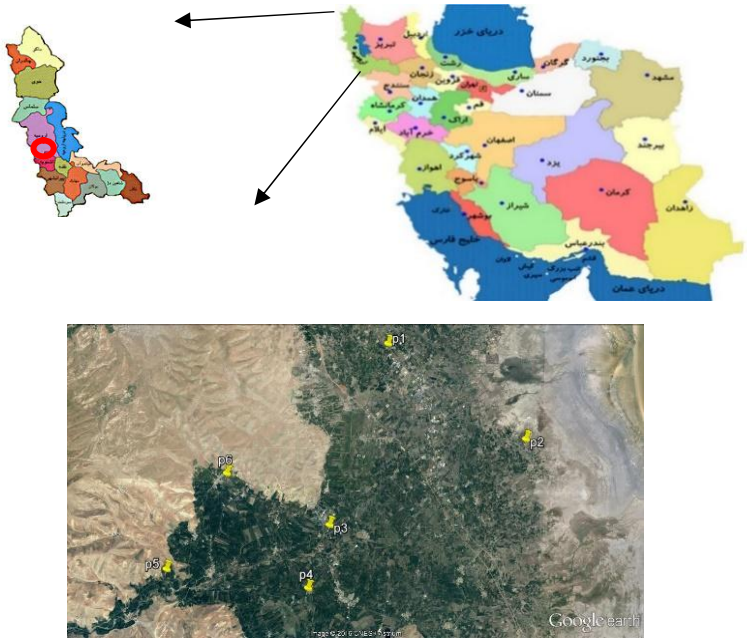
مقدمه

عناصر سنگین یا کم‌مصرف به عناصری گفته می‌شود که در پوسته زمین در مقادیری کمتر از ۰/۱ درصد حجمی یافت می‌شوند (۱). از جمله مهم‌ترین این عناصر می‌توان به آهن، روی، مس، منگنز، سرب، کادمیوم و... اشاره کرد. اکثر این عناصر تأثیر بسزایی در وضعیت تغذیه‌ای خاک دارند. عناصری از قبیل روی، مس، منگنز، آهن، کبالت و کروم در حیات اکثر گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک نقش اساسی دارند. اگرچه وجود مقادیر بالای این عناصر می‌تواند باعث آلودگی خاک شود (۲). سایر عناصر مثل سرب و کادمیوم که فاقد نقش زیستی در رشد گیاهان و جانوران هستند حتی در غلظت‌های کم نیز می‌توانند مضر باشند (۴). عواملی مانند غلظت فلزات سنگین در سنگ‌های مادری، فرایندهای تشکیل خاک و عوامل انسانی تعیین کننده فراوانی نسبی غلظت این عناصر در خاک هستند (۳۳). در سال‌های اخیر رشد روزافزون جمعیت، افزایش نیاز غذایی جوامع بشری و همچنین تغییر در الگوی مصرف مردم منجربه بالا رفتن سطح زیر کشت و عملکرد، افزایش کشت‌های مستمر و طولانی‌مدت و همچنین استفاده بی‌رویه از نهاده‌های کشاورزی شده است که تمام موارد فوق می‌تواند روند افزایش عناصر کم‌مصرف خاک را تقویت کند. انجام عملیات کشاورزی و فعالیت‌های انسانی از قبیل استخراج معادن، سوخت‌های فسیلی، مصرف فاضلاب، لجن فاضلاب‌ها، رسوبات اتمسفری، نوع آب آبیاری، ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به سیستم آبیاری، وسایل نقلیه، آفت‌کش‌ها، کودهای دامی، کمپوست و کودهای شیمیایی (۱۶، ۲۷ و ۳۶) طی مدت زمان به‌نسبت طولانی می‌تواند بر غلظت، توزیع، رفتار و دامنه آلایندگی عناصر خاک اثر قابل توجهی داشته باشد، همچنین ممکن است موقعیت‌های مختلف چشم‌انداز، نوع مواد مادری و فرایندهای تشکیل آن و تیپ خاک نیز تأثیر بسزایی در توزیع، رفتار و تحرک‌پذیری این عناصر داشته باشد. رضاپور و همکاران (۲۳) گزارش کردند که استفاده از آب فاضلاب به عنوان آب آبیاری برای بیش از چهار دهه در چشم‌اندازهای کشاورزی شمال غرب ایران باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی، مس، کادمیوم و سرب نسبت به چشم‌انداز شاهد شده است. جولیا و همکاران (۱۱) در مطالعه بخش مرکزی یونان تأثیر تیپ‌های خاک بر تغییرات دامنه آلودگی عناصر کم‌مصرف را معنی‌دار گزارش کردند.

از طرف دیگر بعضی مطالعات پراکنده در ارتباط با دامنه و پراکنش عناصر کم‌مصرف در نقاط مختلف ایران انجام شده است اما تحقیقی در ارتباط با غلظت و تغییرات این عناصر در تیپ‌های مختلف به‌خصوص در اراضی باغی انجام نشده است. اکثر اراضی دشت شهرستان ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی تحت عملیات باغداری به‌خصوص باغات سیب و انگور قرار دارد که در سال‌های اخیر به‌منظور افزایش عملکرد، بسیاری از کشاورزان منطقه به استفاده بی‌رویه از انواع کودهای شیمیایی به‌ویژه انواع کودهای فسفاته و انواع آفت‌کش‌ها از قبیل آفت‌کش‌های کرم سیب روی آورده‌اند. بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات درباره وضعیت عناصر کم‌مصرف ایران از هر دو جنبه تغذیه‌ای و آلودگی و همچنین اهمیت تولیدات باغی، تحقیق حاضر در راستای بررسی رفتار و توزیع عناصر فوق در اراضی باغی جنوب دشت ارومیه با این اهداف انجام گرفت: ۱) تعیین غلظت و دامنه شکل‌های کل و قابل استفاده (DTPA) دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید (Diethylene- Triamine Penta Actic Asid) عناصر روی، مس، منگنز، کادمیوم و سرب در تیپ‌های مختلف خاک و ۲) ارزیابی اثر عملیات باغداری مستمر و طولانی‌مدت بر مقدار تخلیه یا انباشت عناصر روی، مس، منگنز، کادمیوم و سرب.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی و جنوب دشت ارومیه در طول جغرافیایی ″۷/۶ ′۰۴ °۴۵ تا ″۱۴/۳ ′۱۵ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۱/۸ ′۲۳ °۳۷ تا ″۴۹/۵ ′۲۹ °۳۷ شمالی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک است (۳۳) و مواد



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی و نمونه‌برداری

مادری منطقه مورد مطالعه در محدوده پادگان‌های آبرفتی (Qt۲) قرار دارد. طی عملیات صحرایی تعداد شش خاکرخ در پنج تیپ خاک در باغات جنوب دشت ارومیه حفر، تشریح و نمونه برداری شد که به‌ترتیب خاکرخ یک در تیپ خاک Typic Haploxerepts (TH)، خاکرخ دو در تیپ خاک Fluvaquentic Endoaquepts (FE)، خاکرخ سه و پنج در تیپ خاک Typic Calcixerepts (TC)، خاکرخ چهار در تیپ خاک Typic Endoaquepts (TE) و خاکرخ شش در تیپ خاک Fluventic Haploxerepts (FH) قرار داشتند. در محدوده هر خاکرخ در فاصله پنج متری از محل حفر خاکرخ و با عمقی معادل سولوم خاک سه نمونه خاک به‌عنوان تکرار برداشت شد و مقایسات آماری بین خاکرخ‌های مختلف به‌روش ANOVA یک‌طرفه انجام گرفت.

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه هواخشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و به روش‌های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی شامل تعیین درصد شن، سیلت و رس به‌روش هیدرومتری (۵)، EC و pH خاک عصاره‌گیری در گل اشباع، کربن آلی به‌روش والکی-بلک (۲۰)، کربنات کلسیم معادل به‌روش تیتراسیون اسید و باز (۱۹)، ظرفیت تبادل کاتیونی به‌روش عصاره‌گیری با استات سدیم یک نرمال (۶) بود. عصاره‌گیری شکل قابل جذب عناصر و کل عناصر آهن، منگنز، روی، مس، کادمیوم و سرب به‌ترتیب توسط روش DTPA لیندزی و نورول (۱۷) و هضم در اسید نیتریک غلیظ (۷) انجام شد. غلظت عناصر فوق با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو مدل ۶۳۰۰ (Shimadzu-Tokyo-Japan-AA-6300) با ۰/۰۰۱ انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ دامنه تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

با توجه به مقادیر متغیر ذرات سه‌گانه خاک (رس، سیلت و شن) بافت خاک‌های مورد مطالعه در دامنه متغیری از بافت شن-لومی تا بافت رسی شناسایی شد. مقدار pH خاک در دامنه ۷/۴ تا ۷/۹ و در محدوده خاک‌های قلیایی قرار داشت. EC خاک‌ها در محدوده بین ۰/۵ تا ۱/۲ دسی زیمنس بر متر و

جدول ۱. دامنه تغییرات بعضی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مطالعه شده

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی	خاکرخ ۱	خاکرخ ۲	خاکرخ ۳	خاکرخ ۴	خاکرخ ۵	خاکرخ ۶
	حداقل- حداکثر					
Sand (%)	۲۸/۸۵–۳/۸	۷/۵–۳۰	۱۰–۲۱/۷	۱۳/۳–۱۷/۵	۲۰–۲۸/۳	۱۰/۹–۱۳/۳
Silt (%)	۷/۵–۳۷/۵	۳۷/۵–۶۵	۳۷/۵–۴۵	۵۲/۵–۵۷/۵	۳۷/۵–۴۲/۵	۴۸/۷–۶۲/۵
Clay (%)	۶/۶–۳۶/۶	۲۲/۵–۵۵	۳۳/۳–۵۲/۵	۲۹/۱–۳۰	۳۰–۴۲/۵	۲۱/۶–۲۶/۶
pH	۷/۴–۷/۸	۷/۵–۷/۵	۷/۴–۷/۵	۷/۵–۸/۰	۷/۵–۷/۸	۷/۵–۷/۸
EC (ds m-1)	۰/۷–۰/۸	۰/۸–۱/۲	۰/۵–۰/۷	۰/۶–۰/۷	۰/۵–۱/۰	۰/۷–۰/۸
CCE (%)	۹–۲۳	۱۶–۲۵/۵	۲۲–۲۷	۱۳/۵–۲۳	۱۳/۵–۲۵/۵	۱۹/۲–۲۵/۵
OM (%)	۰/۲–۳/۴	۰/۵۴–۲/۷۴	۰/۸–۴/۲	۱/۰–۳/۵	۰/۴–۴/۸	۰/۹–۲/۵
CEC (cmol kg-1)	۶–۲۱/۳	۱۵/۶–۳۹/۱	۲۰–۲۷/۸	۱۵/۶–۲۰	۱۲/۱–۲۳/۵	۱۹/۰–۲۰/۹

Sand: شن، Silt: سیلت، Clay: رس، EC: هدایت اکتریکی، CCE : آهک، O.M : ماده آلی، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی

در دامنه خاک‌های غیرشور قرار داشت. مقدار آهک (CCE) در دامنه ۹ تا ۲۷ درصد متغیر بود که بیانگر آهکی بودن همه خاک‌های این مطالعه است. تغییرات ماده آلی در دامنه ۰/۱۴ تا ۴/۸ درصد و خاک سطحی اکثر خاکرخ‌ها در محدوده کلاس با ماده آلی زیاد قرار داشتند (۱۴). از دلایل اصلی چنین رفتاری می‌توان به اضافه شدن و تجزیه برگ‌های درختان سیب به سطح خاک در فصل خزان، کشت گیاهان لگومینوز به‌خصوص شبدر و یونجه در این باغات و استفاده از کودهای دامی اشاره کرد.

شکل DTPA عناصر

جدول ۲ مقادیر اندازه‌گیری شده با عصاره‌گیر DTPA را در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول دامنه مقادیر Fe-DTPA از ۱/۴ تا ۲۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود که در دامنه قابل قبول این عناصر قرار دارد. حد مجاز برای Fe-DTPA بر اساس رفرنس‌های داخلی و خارجی در دامنه ۵ تا ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۱۵ و ۱۸). مقدار میانگین وزنی این عنصر در دامنه ۵/۳ تا ۲۳/۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و این میانگین برای خاکرخ های مختلف در توالی p1>p5>p2>p6>p3>p4 بود. دلیل این تغیرات می‌تواند ناشی از تغیرات محتوای رس و مقدار ماده آلی خاک باشد به‌عنوان مثال در خاکرخ ۴ که بیشترین میانگین وزنی Fe-DTPA وجود دارد، دامنه بالایی از رس و مواد آلی نیز ثبت شده است (جدول ۱) که بیانگر نشان عوامل فوق در جذب و نگهداری این عنصر است. همبستگی مثبت و معنی داری بین Fe-DTPA و مقدار رس (p≤۰/۰۵ r=۰/۵) نیز این امر را تأیید می‌کند. شارما و همکاران (۳۰) نیز نتایج مشابهی در رابطه با همبستگی Fe-DTPA با رس و مواد آلی گزارش کردند.

دامنه Zn-DTPA ، ۰/۰۱ تا ۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و با توجه به رفرنس‌های داخلی (۶-۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و جهانی (۱-۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) مقدار روی در این خاک ها کمتر از حد مجاز بود (۱۵ و ۱۸). میانگین وزنی این عنصر در دامنه ۰/۲۲ تا ۰/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و تغییرات آن برای خاکرخ‌های مختلف به‌صورت p1>p5 >p4>p6>p3>p2 بود و مقدار آن در خاک‌های سطحی بیشتر از خاک‌های زیرسطحی بود. حضور مقدار بیشتر این شکل عنصر روی در خاک سطحی می‌تواند ناشی از توانایی بالای ترکیبات آلی برای ایجاد کمپلکس‌های پایدار با Zn–DTPA باشد (۳) شاهد این استدلال همبستگی مثبت و

جدول ۲. حداقل، حداکثر و میانگین وزنی شکل DTPA عناصر کم‌مصرف در خاک‌های مطالعه شده

شکل DTPA عناصر کم‌مصرف	مقادیر	خاکرخ ۱	خاکرخ ۲	خاکرخ ۳	خاکرخ ۴	خاکرخ ۵	خاکرخ ۶
		میلی‌گرم در کیلوگرم					
آهن	حداقل–حداکثر	۱/۴–۹/۹	۱۰/۱–۱۶/۶	۱۲/۲–۱۳/۲	۱۹/۶–۲۵/۸	۴/۹–۱۱/۳	۸/۵–۱۶/۵
	میانگین وزنی	۵/۳	۱۲/۳	۱۲/۸	۲۳/۱	۶/۵	۱۱/۳
روی	حداقل–حداکثر	۰/۰۱–۳/۳	۰/۱–۰/۵	۲/۰–۰/۸	۰/۸	۰/۳–۱/۹	۰/۳–۱/۱
	میانگین وزنی	۰/۸	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۶	۰/۵
مس	حداقل–حداکثر	۰/۲–۳/۲	۱/۹–۴/۲	۱/۹–۴/۹	۱/۷–۶/۲	۰/۷–۲/۱	۱/۳–۳/۵
	میانگین وزنی	۱/۷	۲/۷	۲/۷	۴/۱	۱/۰	۱/۷
منگنز	حداقل–حداکثر	۱/۰–۱۰/۴	۳/۱–۸/۰	۲/۴–۱۰/۱	۸/۴–۱۱	۵/۰–۱۱/۸	۵/۸–۱۲/۰
	میانگین وزنی	۳/۵	۴/۸	۵/۰۳	۹/۵	۸/۱	۷/۲
سرب	حداقل–حداکثر	۰/۲–۲/۷	۰/۵–۱/۶	۰/۴–۱/۳	۰/۵–۱/۷	۱/۲–۱/۷	۱/۷–۲/۱
	میانگین وزنی	۱/۱	۱/۰۴	۰/۸	۰/۵	۱/۴	۱/۸
کادمیوم	حداقل–حداکثر	۰/۰۵–۰/۱	۰/۰۶–۰/۱	۰/۰۶–۰/۱	۰/۰۸–۰/۱	۰/۰۵–۰/۱	۰/۰۶–۱/۰
	میانگین وزنی	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۷

معنی‌دار Zn-DTPA با مقدار OM است (p≤ ۰/۰۱, r=۰/۶۶). شارما و همکاران (۳۱) از هند و رضاپور و موذنی (۲۸) از ایران در مطالعه بعضی اینسپتی‌سول‌ها نتایج مشابهی را گزارش کردند. علاوه بر این تخلیه این عنصر به‌دلیل جذب توسط ریشه گیاهان نیز می‌تواند دلیلی بر کم بودن این عنصر در لایه‌های زیرسطحی باشد (۲۸).

مقدار Cu-DTPA در دامنه ۰/۳۲ تا ۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. مقدار حد مجاز Cu-DTPA در رفرنس های داخلی ۰/۲ تا ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم (۱۸) و در رفرنس‌های جهانی ۰/۲ تا ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۱۵) بنابراین دامنه تغیرات مس قابل استفاده در خاک‌های این مطالعه در بعضی خاکرخ‌ها بالاتر از مقدار توصیه شده داخلی است. مقادیر میانگین وزنی Cu-DTPA در دامنه ۰/۹۶ تا ۴/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و این میانگین برای خاکرخ‌های مختلف در توالی p۵>p۱>p۶>p۲> p۳>p۴ بود. مقادیر Cu-DTPA همبستگی مثبت و معنی‌داری با مواد آلی (p≤۰/۰۱, r=۰/۷۳) نشان داد. مواد آلی از فاکتورهای بسیار مهم و مؤثر در نگهداری و رفتار مس DTPA در خاک است که توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲۷). مقدارMn-DTPA در دامنه ۱/۰ تا ۱۱/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت که کمتر از حد مجاز Mn-DTPA بر اساس رفرنس‌های داخلی (۰/۲۵ تا ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) است (۱۸). مقادیر میانگین وزنی Mn-DTPA در دامنه ۳/۵۱ تا ۹/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت که تقریباً ۱/۲ درصد منگنز کل بود که مشابه یافته‌های سایر پژوهشگران است (۲۳ و ۲۸). مقدار این عنصر برای خاکرخ‌های مختلف نیز دارای توالی p۴>p۵ >p۶>p۳>p۲>p۱ بود. تغییرات Pb-DTPA در دامنه ۰/۲۲ تا ۲/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بسیار کمتر از حد مجاز اعلام شده (۵/۲ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) است (۱۵). میانگین وزنی این عنصر در دامنه ۰/۴ تا ۱/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و روند توالی آن برای خاکرخ‌های مختلف p۴>p۳>p۲>p۱>p۵ >p۶ بود. همانند سایر عناصر مقدار این عنصر نیز در افق‌های سطحی

جدول ۳. حداقل، حداکثر و میانگین وزنی شکل کل عناصر کم‌مصرف در خاک‌های مطالعه شده

شکل کل عناصر کم‌مصرف	مقادیر	خاکرخ ۱	خاکرخ ۲	خاکرخ ۳	خاکرخ ۴	خاکرخ ۵	خاکرخ ۶
آهن (گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۱۰/۲-۲۰/۲	۱۰/۸-۲۰/۷	۲۰/۱-۲۰/۵	۲۰/۲-۲۰/۶	۱۰/۶-۲۰/۳	۱۰/۹-۲۰/۲
	میانگین وزنی	۲۰/۰	۲۰/۲	۲۰/۲	۲۰/۴	۲۰/۰	۲۰/۱
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۳۵/۰-۶۷/۵	۳۸/۸-۵۷/۲	۴۷/۵-۵۴/۵	۴۶/۵-۵۱/۷	۴۰/۹-۴۶/۹	۵۲/۳-۵۳/۴
	میانگین وزنی	۴۷/۵	۴۴/۰	۵۰/۴	۴۵/۱	۴۵/۵	۵۱/۴
مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۲/۰-۹/۰	۱۵/۹-۲۷/۵	۱۹/۴-۲۶/۴	۲۱/۳-۲۴/۹	۱۳/۵-۱۵/۷	۱۴/۸-۱۶/۷
	میانگین وزنی	۱۳/۹	۲۰/۷	۲۱/۲	۲۲/۶	۱۵/۰	۱۵/۱
منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۲۶۲-۳۶۰	۳۶۵-۵۱۴/۵	۵۸۸/۷-۵۶۳/۵	۴۲۳/۵-۵۴۴	۴۵۲/۵-۳۳۶	۴۶۶/۱-۴۹۷/۳
	میانگین وزنی	۳۱۷/۳	۴۵۰/۶	۵۶۹/۳	۴۷۵/۶	۴۱۵/۴	۴۸۰/۴
سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۱۸/۳-۲۷/۵	۱۸/۰-۲۷/۵	۱۹/۵-۲۶/۹	۱۷-۲۱/۷	۲۲/۵-۳۱/۲	۲۲/۸-۲۳/۵
	میانگین وزنی	۲۳/۳	۲۲/۱	۲۱/۷	۱۹/۰	۲۷/۲	۲۳/۳
کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حداقل-حداکثر	۰/۸-۱/۰	۰/۷-۱/۰	۰/۷۵-۱/۰	۰/۵-۰/۷۵	۱/۷-۰/۸	۰/۷۵-۱/۰
	میانگین وزنی	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۶	۱/۱	۰/۸

بیشتر از افق‌های زیرسطحی بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار Pb-DTPA با مقدار ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱، r=۰/۵۶) می‌توان گفت وجود ترکیبات آلی در سطح خاک موجب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و تثبیت Pb-DTPA در افق‌های سطحی شده است . تحقیقات دای و همکاران نیز نتایج به‌دست آمده را تأیید می‌کند (۸). مقدار Cd-DTPA نیز در دامنه ۰/۰۵ تا ۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و روند تغییرات در خاکرخ‌های مختلف به‌صورت p۴>p۶= p۳=p۱>p۲=p۵ بود. مقدار مجاز این عنصر بر اساس منابع داخلی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (۱۸) و بر اساس منابع خارجی ۰/۲ تا ۰/۶ گزارش شده است (۱۵).

شکل کل عناصر

بعضی عناصر کم‌مصرف به‌خصوص شکل کل آنها یکی از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین آلاینده‌ها هستند که ورود آنها به محیط زیست سبب بروز صدمات و بیماری‌های مختلفی می شود. به‌همین دلیل آگاهی از مقدار این عناصر در خاک بسیار حائز اهمیت است. جدول ۳ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین وزنی شکل کل مقادیر عناصر کم‌مصرف را در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

مقدار آهن کل در دامنه ۱۰/۶۰ تا ۲۰/۶۰ گرم در کیلوگرم متغیر بود. میانگین وزنی این عنصر نیز در محدوده ۲۰/۰۲ تا ۲۰/۳۶ گرم در کیلوگرم قرار داشت و برای خاکرخ‌های مختلف روند p۴>p۳ >p۲>p۶>p۱>p۵ را دنبال کرد که با روند تغییرات شکل DTPA آن تقریباً مشابه است. به‌طور کلی مقادیر آهن کل در افق‌های سطحی بیشتر از افق‌های زیرسطحی بود که از دلایل آن می‌توان به بالا بودن مقدار ترکیبات آلی و مقدار رس در سطح خاک اشاره کرد (۲۵ و ۲۹). همبستگی مثبت و معنی‌داری آهن کل با رس ($p\leq$۰/۰۱ ، r=۰/۵۴) شاهدی بر این استدلال است. رضاپور و همکاران (۲۱) ملاحظه کردند که مقدار شکل‌های آهن در خاک‌هایی با ۱۵ تا ۲۵ درصد رس در مقایسه با خاک‌های حاوی ۲۵ تا ۳۵ درصد رس به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) متفاوت است. مقدار روی کل در دامنه ۳۵ تا ۶۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. حد مجاز این عنصر با توجه به رفرنس‌های جهانی ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۱۵) و برای رفرنس‌های داخلی در خاک‌های کشاورزی ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۱۳). به این ترتیب مقدار روی کل در خاک‌های مورد مطالعه بسیار کمتر از حد مجاز بود. میانگین

وزنی این عنصر در محدوده ۴۳/۹۷ تا ۵۰/۴۱ و برای خاکرخ‌های این مطالعه روند تغیرات آن به‌صورت p۶>p۳ >p۱>p۵>p۴>p۲ بود. روی کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با رس (p≤۰/۰۵، r=۰/۵۲) و Zn-DTPA (p≤۰/۰۱،r=۰/۵۸) نشان داد که با نتایج گزارش شده توسط پژوهشگرانی مانند شارما و همکاران (۳۱) و رضاپور و همکاران (۲۷) قابل مقایسه است.

مقدار مس کل در خاکرخ‌های مورد مطالعه در دامنه ۹ تا ۲۶/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت. مقدار این عنصر در تمام خاکرخ‌ها با توجه به رفرنس‌های خارجی (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و داخلی (۲۰۰ میلی‌گرم کیلوگرم) بسیار کمتر از حد مجاز بود (۱۳ و ۱۵). میانگین وزنی مس کل ۱۳/۸۵ تا ۲۲/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و این میانگین در خاکرخ‌های مختلف نیز روند p۴>p۳ >p۲>p۶>p۵>p۱ را دنبال کرد و رفتار تقریباً مشابه شکل DTPA داشت (جدول ۲). حداکثر مقدار مس در اکثر خاکرخ‌ها در لایه سطحی مشاهده شده است که دلیل این امر می‌تواند ناشی از وجود ترکیبات آلی، ورودی‌های شیمیایی و کودهای حیوانی باشد. بسیاری از پژوهشگران بیان کردند که استفاده از انواع علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها عامل مهمی برای ورود مس به خاک هستند (۱۲ و ۳۴). مقدار منگنز در دامنه ۲۶۲ تا ۵۸۸/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و میانگین وزنی این عنصر در محدوده ۳۱۷/۳۵ تا ۵۶۹/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و دامنه تغیرات آن در خاکرخ‌های مختلف روند p۵>p۲ >p۱=p۳>p۶>p۴ را دنبال کرد. منگنز کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با منگنز پدوژنیک (Mn_d) (p≤۰/۰۵، r=۰/۴۷) داشت که این امر ممکن است بیانگر این موضوع باشد که این شکل‌های منگنز تا حدودی تحت تأثیر فرایندها و عوامل مشترکی تشکیل شدند. مقدار کادمیوم کل در دامنه ۰/۵ تا ۱/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و این مقدار کمتر از حد مجاز اعلام شده در رفرنس‌های خارجی (۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و داخلی (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) است (۱۳ و ۱۵) با وجود این دامنه تغییرات این عنصر در مقایسه با مقادیر گزارشی در بعضی نقاط ایران بیشتر بود (۲۳ و ۲۷). بنابراین با درنظر گرفتن اثرات بسیار مخرب تجمع کادمیم بر سیستم خاک- آب- گیاه، در برنامه مدیریتی اراضی این منطقه بایستی توجه ویژه‌ای برای پایش کادمیوم درنظر گرفته شود. میانگین وزنی کادمیوم کل در خاک‌های مورد مطالعه ۰/۶ تا ۱/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و روند تغییرات آن در خاکرخ‌های مختلف نیز به‌صورت p۳>p۶ >p۴>p۲>p۵>p۱ بود. مقدار سرب کل خاک‌ها نیز در دامنه ۱۷ تا ۳۱/۲۵ قرار داشت و این مقادیر در محدوده مجاز ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۱۳). میانگین وزنی این عنصر در دامنه ۱۸/۹۱ تا ۲۷/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت و تغیرات آن در خاکرخ‌های مورد مطالعه در توالی p۵>p۱ >p۶>p۲>p۳>p۴ بود.

به‌طور کلی در اکثر خاکرخ‌های مطالعه شده، توزیع عمقی هر دو شکل DTPA و کل عناصر آهن، روی، مس، منگنز، کادمیوم و سرب روند منظمی را با افزایش عمق نشان نداد که مهم‌ترین دلایل آن می‌تواند به‌شرح زیر باشد (۲۱، ۲۴، ۲۶ و ۲۹):

۱) توسعه ضعیف و اولیه خاک‌ها و فقدان فرایندهای طبیعی شستشو و تجمع مانند خاک‌های مناطق مرطوب و پرباران

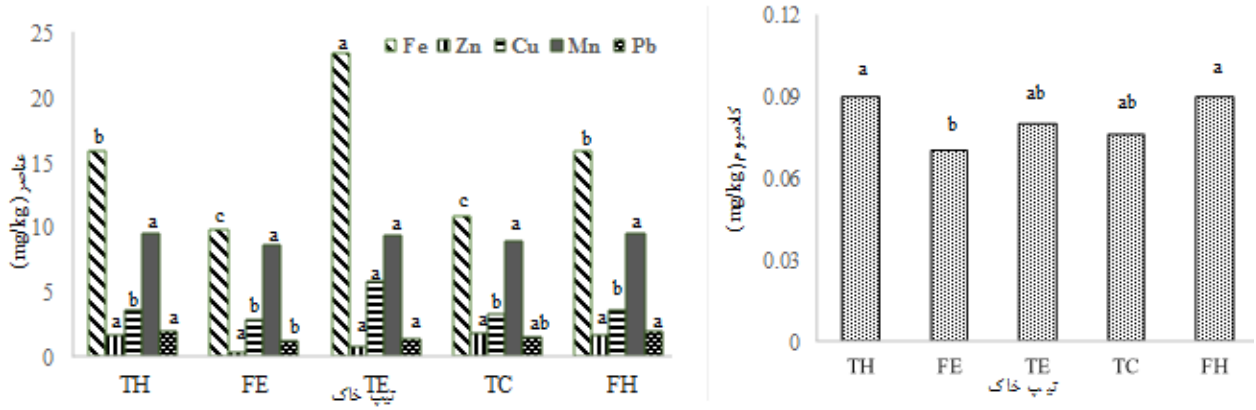
۲) فعالیت‌های مدیریتی انسانی و فرایندهای آنتروپئوژنیک مانند شخم‌های عمیق و اختلاط خاک سطحی و زیرسطحی

۳) زهکشی ضعیف بعضی خاک‌ها که مانع نقل و انتقال عمودی مواد خاکی و عناصر می‌شود.

۴) رسوبی بودن منطقه مورد مطالعه و فرایندهای آنتروپدوژنیک (ناشی از دخالت انسان) مانند آبیاری غرقابی که ممکن است فرایند رسوبگذاری را تشدید کند.

تأثیر تیپ‌های مختلف خاک بر توزیع و رفتار عناصر مطالعه شده در بخش سولوم خاک

با توجه به اینکه اکثر عملیات باغداری و مدیریتی خاک و همچنین فعالیت ریشه درختان در منطقه سولوم خاک (عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری) انجام می‌شود، بر این اساس توزیع شکل



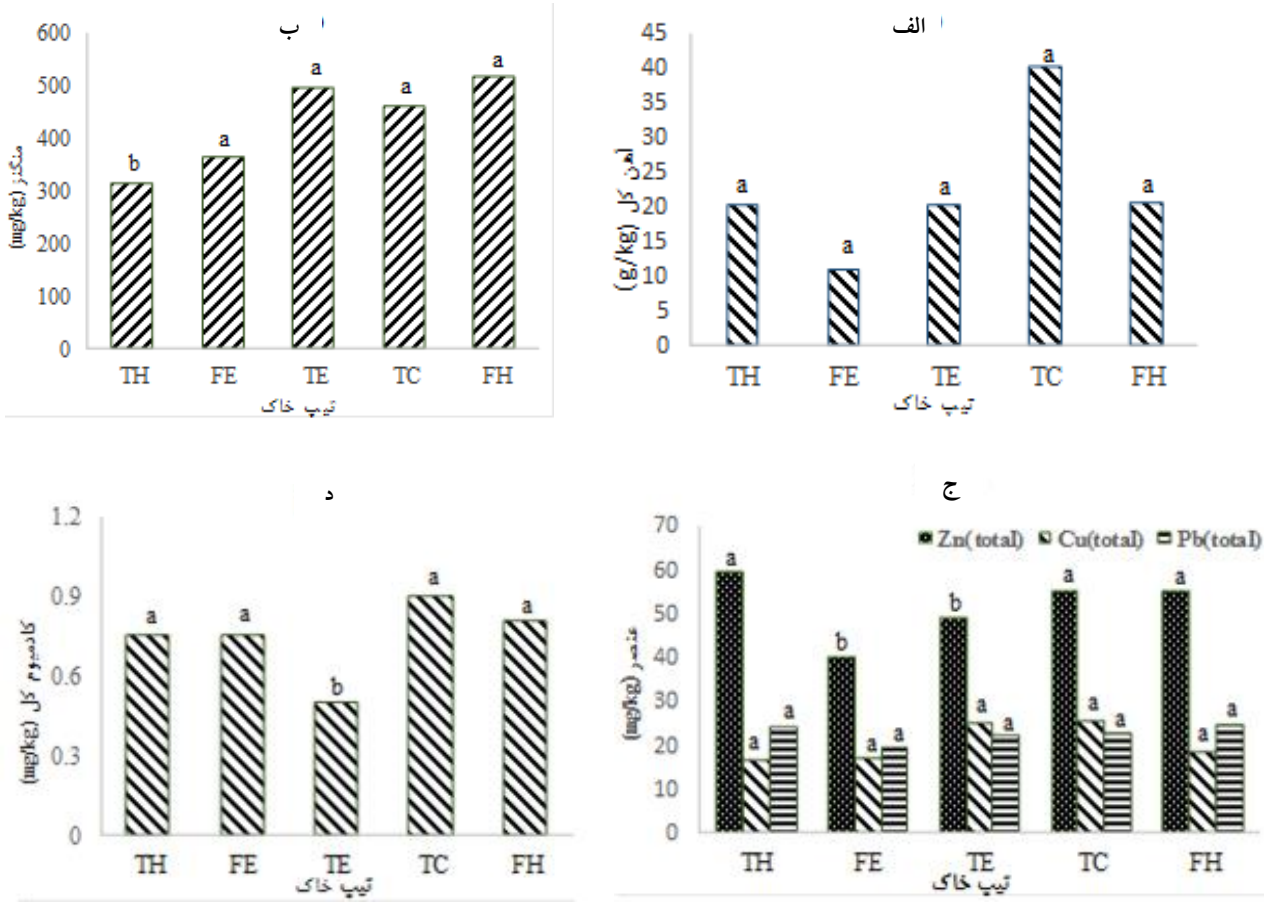
شکل ۲. الف) مقایسه‌های میانگین شکل DTPA عناصر آهن، روی، مس، منگنز، سرب و ب) کادمیوم در خاک‌های مختلف (برای هر تیپ خاک حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح ۵ درصد است.)

قابل استفاده عناصر کم‌مصرف و همچنین شکل کل این عناصر در تیپ‌های مختلف خاک به‌روش آزمون one way ANOVA مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. تأثیر تیپ‌های مختلف خاک بر شکل DTPA عناصر کم‌مصرف در خاک‌های مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شد.

مقدار میانگین Fe-DTPA و Cu-DTPA در تیپ TE با سایر تیپ‌ها اختلاف آماری نشان دادند. Cd-DTPA نیز در تیپ FE دارای اختلافات آماری با تیپ TH و FH بود. در رابطه با سایر عناصر اختلافاتی از لحاظ آماری در خاک‌های مختلف مشاهده نشد. همچنین توالی و تغییرات این شکل عناصر در تیپ‌های مختلف به‌صورت TH>FH>TE>TC>FE بود. به‌طور کلی تغییر در تیپ‌های خاک موجب ایجاد تغییراتی در خواص فیزیکی (توزیع اندازه ذرات) و خواص شیمیایی (مواد آلی، pH، CEC) می‌شود و این تغییرات می‌تواند رفتار و مقدار عناصر کم‌مصرف تحت تأثیر قرار دهد. رضاپور و صمدی (۲۲) و دیکسون و سالز (۹) با مطالعه رفتار و غلظت عناصر کم‌مصرف در تیپ‌های مختلف خاک نشان دادند که تیپ خاک Vertic Endoaquepts حاوی مقادیر بیشتری از عناصر فوق نسبت به سایر تیپ‌های خاک است و دلیل این امر را وجود مقدار زیاد رس، کانی اسمکتایت و CEC در این تیپ خاک بیان کردند.

تأثیر تیپ‌های مختلف خاک بر شکل کل عناصر آهن، روی، مس، منگنز، کادمیوم و سرب در شکل ۳ نشان داده شد. همان طوری که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، تغییرات عناصر فوق در خاک‌های مختلف به‌صورت زیر است:

برای آهن کل بیشترین مقدار در TC و بعد از آن به‌ترتیب FH، TE، TH و کمترین مقدار در FE قرار داشت با وجود این از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. مقدار منگنز کل در خاک‌های مختلف به‌ترتیب FH>TE>TC>FE>TH بود. مقادیر منگنز کل نیز در خاک‌های مختلف از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبودند. روی کل در TH دارای بیشترین مقدار و بعد از آن به‌ترتیب FH، TC، TE و FE قرار داشتند. مقدار روی کل در TH دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به دو تیپ خاک TE و FE بود درحالی که با سایر خاک‌ها اختلافی نشان نداد. در رابطه با مس کل بیشترین مقدار در TC مشاهده شد و بعد از آن به‌ترتیب TE، FH، FE و TH قرار گرفتند. مقادیر مس کل در تمام تیپ‌های خاک از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری بودند. بیشترین کادمیوم کل در تیپ خاک TC ثبت شد و بعد از آن به ترتیب خاک‌های FH، FE، TH و TE بودند. خاک TE نسبت به سایر خاک‌ها دارای کمترین مقدار بود و اختلاف معنی‌داری



شکل ۳. الف) مقایسه‌های میانگین شکل کل عنصر آهن، ب) منگنز کل ، ج) روی، مس، سرب و د) کادمیوم در خاک‌های مختلف (حروف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح ۵ درصد است.)

را نسبت به سایر تیپ‌های خاک نشان داد. مقدار سرب کل نیز در تیپ خاک FH دارای بیشترین مقدار بود و بعد از آن به ترتیب، TH، TC و TE و FE قرار گرفتند.

با وجود تفاوت قابل توجه غلظت عناصر فوق در بین تیپ‌های مختلف، اختلاف آنها از لحاظ آماری در اکثر تیپ‌ها معنی‌دار نشده است و تنها کادمیوم تیپ خاک (TE)، روی در تیپ خاک (TH) و یا منگنز در تیپ (TH) نسبت به سایر تیپ‌ها در سطح پنج درصد تفاوت آماری نشان داده است. اکثر منابع تغییرات در مقدار رس، کانی‌های رسی، pH، مواد آلی و CEC را دلایل عمده این رفتارها بیان کردند (۱۰، ۲۲، ۲۴ و ۳۲). از طرف دیگر توالی تغییرات شکل کل عناصر مطالعه شده در بین تیپ‌های مختلف با توالی تغییرات شکل DTPA کاملاً متفاوت بود که می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که تیپ‌های مختلف خاک نقش‌های متفاوتی در قبال رفتار و مقدار شکل های کل و DTPA این عناصر داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان گفت توزیع خاکرخی مقدار DTPA و شکل کل عناصر آهن، روی، مس، منگنز، سرب و کادمیوم بر اساس استانداردهای داخلی و بین‌المللی در اکثر خاکرخ‌ها در محدوده مجاز قرار داشتند. در اکثر خاکرخ‌ها و تیپ‌های خاک بیشترین مقدار هر دو شکل قابل استفاده و کل عناصر در خاک سطحی مشاهده شد که از دلایل اصلی می‌توان: ۱) به نقش مواد آلی و رس که بیشترین مقدار آنها نیز در خاک سطحی حضو داشت

اشاره کرد و ۲) چرخه زیستی عناصر که در طی آن احتمالاً ریشه درختان این عناصر را از خاک زیرسطحی جذب کردند، سپس به اندام‌های بالای منتقل شدند و درنهایت در اثر سقوط برگ‌ها و تجزیه آنها عناصر جذب شده به سطح خاک اضافه شدند. تیپ‌های مختلف خاک تأثیر قابل توجهی بر مقدار و توزیع هر شکل قابل استفاده و کل عناصر عناصر آهن، روی، مس، منگنز و کادمیوم داشتند. بنابراین برنامه مدیریتی خاک‌های این منطقه به‌خصوص از جنبه‌های آلایندگی و تغذیه‌ای عناصر می‌تواند بر اساس تیپ خاک انجام شود همچنان که در بسیاری از خاک‌های مناطق مختلف جهان انجام می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Adriano, D. C. 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metal. 2nd Springer-Verlag. New York, Berlin, Heidelberg.
2. Alloway, B. and D. C. Ayres. 1993. Chemical Principles of Environmental Pollution. CRC Press.
3. Almas, A. R., M. B. McBride and B. R. Singh. 2000. Solubility and lability of cadmium and zinc in two soils treated with organic matter. *Soil Science* 165(3): 250-259.
4. Antibachi, D., E. Kelepertzis and A. Kelepertsis. 2012. Heavy metals in agricultural soils of the Mouriki-Thiva area (central Greece) and environmental impact implications. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 21(4): 434-450.
5. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54(5): 464-465.
6. Chapman, H. D. 1965. Cation-exchange capacity. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. *Agricultural & Environmental Letters Journal* 891-901.
7. Dahnke W. C. and G. V. Johnson. 1990. Testing soils for available nitrogen. *Soil Testing and Plant Analysis* 3: 127-139.
8. Dai, J., T. Becquer, J. H. Rouiller, G. Reversat, F. Bernhard-Reversat and P. Lavelle. 2004. Influence of heavy metals on C and N mineralisation and microbial biomass in Zn-, Pb-, Cu-, and Cd-contaminated soils. *Applied Soil Ecology* 25(2): 99-109.
9. Dixon, J. B. and D. G. Schulze. 2002. Manganese oxides. Soil mineralogy with environmental applications. *Soil Science Society of America Inc* 7: 367-388.
10. Environmental Protection Research Department. 1992. Sewage Outlet Standard. Environmental Education Office.
11. Golia, E. E., A. Dimirkou and I. K. Mitsios. 2008. Level of heavy metals pollution in different types of soil of central Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 80(3): 206-210.
12. Han, F. X. 2007. Biogeochemistry of trace elements in arid environments (Vol. 13). Springer Science & Business Media.
13. Human Environment Deputy. 2013. Soil quality standards and guidelines.
14. Jackson, M. L. 2005. Soil Chemical Analysis: Advanced course. UW-Madison Libraries Parallel Press.
15. Kabata-Pendias, A. 2010. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press.
16. Kashyap, R., R. Sharma and S. K. Uniyal. 2018. Bioindicator responses and performance of plant species along a vehicular pollution gradient in western Himalaya. *Environmental Monitoring and Assessment* 190: 1-17.
17. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42(3): 421-428.
18. Malakuti M. J and Gheibi M. N. 2000. Determining the critical level of effective nutrient on soil, plant and fruit
19. Nelson D. W. and L. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539-580. *In*: Page, A. L. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison.
20. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. *In*: Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, and M. E. Sumner. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series, Number 5, Madison, WI,
21. Rezapour S., A. A. Jafarzadeh, A. Samadi and S. Oustan. 2010. Distribution of iron oxides forms on a transect of calcareous soils, north-west of Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 56(2): 165-182.

22. Rezapour S., and A. Samadi. 2011. Soil quality response to long-term wastewater irrigation in inceptisols from a semi-arid environment. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91(3): 269-280.
23. Rezapour, S., A. Samadi and H. Khodaverdiloo. 2011. An investigation of the soil property changes and heavy metal accumulation in relation to long-term wastewater irrigation in the semi-arid region of Iran. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 20(7): 841-856.
24. Rezapour, S. and A. Samadi. 2012. Assessment of inceptisols soil quality following long-term cropping in a calcareous environment. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(3): 1311-1323.
25. Rezapour, S., A. Samadi and H. Khodaverdiloo. 2012**.** Impact of long-term wastewater irrigation on variability of soil attributes along a landscape in semi-arid region of Iran. *Environmental Earth Sciences* 67(6): 1713-1723.
26. Rezapour, S. 2014. Response of some soil attributes to different land use types in calcareous soils with Mediterranean type climate in north-west of Iran. *Environmental Earth Sciences* 71(5): 2199-2210.
27. Rezapour, S., P. Kouhinezhad, A. Samadi and M. Rezapour. 2015. Level, pattern, and risk assessment of the selected soil trace metals in the calcareous-cultivated Vertisols. *Chemistry and Ecology* 31(8): 692-706.
28. Rezapour, S. and H. Moazzeni. 2016. Assessment of the selected trace metals in relation to long-term agricultural practices and landscape properties. International Journal of Environmental Science and Technology 13(12): 2939-2950.
29. Sharma, B. D., S. S. Mukhopadhyay, P. S. Sidhu and J. C. Katyal. 2000. Pedospheric attributes in distribution of total and DTPA-extractable Zn, Cu, Mn and Fe in Indo-Gangetic plains. *Geoderma* 96(1): 131-151.
30. Sharma, R. P., M. Singh and J. P. Sharma. 2003. Correlation studies on micronutrients vis-à-vis soil properties in some soils of Nagaur district in semi-arid region of Rajasthan. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 51(4): 522-527.
31. Sharma, B. D., H. Arora, R. Kumar and V. K. Nayyar. 2004. Relationships between soil characteristics and total and DTPA-extractable micronutrients in Inceptisols of Punjab. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35(5-6): 799-818.
32. Sharma, R. K. and M. Agrawal. 2005. Biological effects of heavy metals: an overview. *Journal of Environmental Biology* 26(2): 301-313.
33. Sun, Y., Q. Zhou, X. Xie and R. Liu. 2010. Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. *Journal of Hazardous Materials* 174(1): 455-462.
34. Tiller, K. G. and R. H. Merry. 1981. Copper pollution of agricultural soils. PP. 119-137, *In*: Loneragan, J. F. and A. D. Robson. (Eds.), Copper and Soils in Plants.
35. Weather Bureau of West Azarbaijan, Iran. Available at http://www.met-ag.ir.
36. Weber, J. and A. Karczewska. 2004. Biogeochemical processes and the role of heavy metals in the soil environment. *Geoderma* 122(2): 105-107.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 24, No. 2, Summer 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Different Soil Types on the Concentration, Distribution, and Trend of Some Micro Nutrients in the Apple Orchards of Urmia Plain

S. Rezapour*, P. Najafi and B. Atashpaz[1]

(Received: September 9-2018; Accepted: November 15-2019)

Abstract

In the present study, six soil profiles belonging to five soil types were dug, described and sampled. Soil samples were analyzed for the determination of different physicochemical properties and total and DTPA-extractable iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), lead (Pb), and cadmium (Cd). Considering the variability of pH and calcium carbonate equivalent, the examined soils were alkaline and calcareous. A considerable change in the values of the DTPA fraction of Fe (1.4-25.8 mg/kg), Zn (0.01-3.3 mg/kg), Cu (0.32- 6.2 mg/kg), Mn (1-11.8 mg/kg), Cd (0.05- 0.12 mg/kg) and Pb (0.22- 2.56 mg/kg) as well as in the total fraction of Fe (10.6-20.6 g/kg), Zn (35- 67.5 mg/kg), Cu (9 to 26.40 mg/kg), Mn (262- 588.8 mg/kg), Cd (0.5- 1.75 mg/kg) and Pb (17- 31.3 mg/kg) was observed in different soils. The content and pattern of both DTPA and total fraction of the metal were varied among the soil types, which could be related to several processes such as the diversity of weathering rate, geomorphologic condition, soil formation process, different physicochemical properties of soils, and the inputs of different agrochemical compounds. The concentration of both DTPA and total fraction of the metal were in the acceptable maximum level in the majority of the soil samples.

Keywords: Soil type, Micronutrient, Soil profile, Urmia region.

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*: Corresponding author, Email: S_rezapour2000@yahoo.com