

توزیع شکل‌های روی در تعدادی نمونه خاک آهنکی از دشت‌های ماهیدشت و هلیلان استان‌های کرمانشاه و ایلام

علی چراغی تبار، ابراهیم ادهمی* و حمیدرضا اولیایی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۴)

پژوهش حاضر برای بررسی وضعیت قابلیت جذب و توزیع شکل‌های شیمیایی روی و ارتباط آنها با خصوصیات خاک در سی نمونه خاک آهنکی استان‌های کرمانشاه و ایلام انجام شد. عصاره‌گیری پی‌درپی با نیترات منیزیم (شکل محلول + تبادل)، استات سدیم با $\text{pH}=5$ (شکل کربناتی)، هیپوکلرید سدیم با $\text{pH}=8/5$ (شکل آلی)، هیدروکسیل آمین هیدروکلرید $\text{pH}=2$ (شکل متصل به اکسیدهای منگنز)، هیدروکسیل آمین هیدروکلرید $0/25$ مولار (شکل متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل)، اگزالات آمونیوم $0/2$ مولار (شکل متصل به اکسیدهای آهن متبلور) و اسید نیتریک 7 مولار (شکل باقیمانده) در دو تکرار انجام شد. مقدار DTPA-Zn در محدوده $0/34$ تا $3/7$ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. روی محلول + تبادل، متصل به اکسیدهای منگنز و روی متصل به اکسیدهای آهن متبلور در حد تشخیص دستگاه جذب اتمی نبودند. فراوانی شکل‌های شیمیایی روی به صورت شکل آلی > کربناتی > متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل > باقیمانده بود. شکل آلی روی، شکل متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل و روی باقیمانده با کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی و معنی‌داری نشان دادند. چنین به نظر می‌رسد که عامل اصلی کنترل کننده محتوای روی خاک‌های مورد مطالعه، کربنات کلسیم است.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های آهنکی، توزیع شکل، روی

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: eadhami@gmail.com

مقدمه

روی از عناصر کم مصرف است که برای رشد بهینه گیاهان و جانوران و انسان‌ها در غلظت کم ضروری است (۱۷). مقدار کل روی در خاک‌ها بین ۳۰۰-۱۰ و به طور متوسط ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۲۰). بیشتر از ۶۰ درصد از خاک‌های زیر کشت ایران دارای مشکل کمبود روی با متوسط کاهش محصولی در حدود ۵۰ درصد هستند (۳۰). اغلب مناطق زیر کشت غلات و درختان میوه (مرکبات، سیب، گلابی و هلو) تحت تأثیر کمبود روی قرار دارند. دلایل اصلی کمبود روی در خاک‌ها به صورت کلی شامل بالا بودن مقدار کربنات کلسیم و pH خاک‌ها، کاربرد زیاد کودهای فسفوری و غلظت‌های زیاد بی‌کربنات (HCO_3^-) در آب آبیاری است (۱۷). در بیشتر از ۸۰ درصد از خاک‌های زیر کشت ایران مقدار روی عصاره‌گیری شده با DTPA کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و مقدار بحرانی روی قابل عصاره‌گیری با DTPA، ۱-۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۳۰). در سال‌های اخیر روش‌های عصاره‌گیری دنباله‌ای به‌عنوان یکی از راه‌های تخمین شکل‌های شیمیایی عناصر شناخته شده است که به‌عنوان کامل‌ترین روش توصیفی رفتار کلی فلزات در خاک نام برده می‌شود و می‌تواند تخمین خوبی از وضعیت عناصر در خاک به دست دهد. تعیین شکل‌های شیمیایی یک عنصر در خاک، برای ارزیابی وضعیت تحرک و قابلیت دسترسی آن عنصر مهم است (۱۹).

روش عصاره‌گیری جزء به جزء شامل استفاده متوالی از عصاره‌گیرهای شیمیایی است که روی یک نمونه انجام شده و برای حل کردن انتخابی شکل‌های شیمیایی مختلف یک عنصر در نظر گرفته شده‌اند (۱۴). با استفاده از این روش‌ها می‌توان سرعت تبدیل یک عنصر از یک شکل شیمیایی به شکل دیگر بر اثر تغییر شرایط خاک را ارزیابی کرد (۲۵). انتخاب روش عصاره‌گیری متوالی به همبستگی به پاسخ‌های گیاهی، در دسترس بودن ابزارها و مواد و راحتی روش تجزیه وابسته است (۷).

استور و همکاران (۲۷) شکل‌های مختلف عناصر

کم مصرف در رسوبات را به صورت تبادلی، متصل به مواد آلی، متصل به کربنات‌ها و متصل به سولفیدها نام‌گذاری کردند. تسیر و همکاران (۲۸) شکل‌های عناصر کم مصرف خاک را به محلول در آب، تبادلی، متصل به مواد آلی، متصل به کربنات‌ها، متصل به اکسیدهای آهن و یا منگنز و باقیمانده تقسیم‌بندی کردند و به ترتیب آب مقطر، کلرید منیزیم، استات سدیم، هیدروکسیل آمین هیدروکلرید، آب اکسیژنه و مخلوط سه اسید (کلریدریک، نیتریک-فلوئوریدریک) را برای استخراج آنها پیشنهاد کردند. شومن (۲۵) روشی برای عصاره‌گیری دنباله‌ای عناصر کم مصرف در خاک‌های اسیدی ارائه کرد که در آن جزء متصل به کربنات‌ها وجود نداشت. علت این امر اسیدی بودن خاک‌های مورد مطالعه ایشان و کم‌اهمیت بودن جزء کربناتی بود. سینگ و همکاران (۲۶) شکل‌های عناصر کم مصرف خاک را شکل محلول + تبادلی، کربناتی، آلی، متصل به اکسیدهای منگنز، متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل، متصل به اکسیدهای آهن متبلور و باقیمانده فرض کردند. روش پیشنهادی تسیر و همکاران (۲۸) به صورت گسترده‌ای با اصلاحات جزئی استفاده شده است (۱۸ و ۲۶). کاشم و سینگ (۱۸) روش تسیر و همکاران (۲۸) را به صورت آب مقطر، استات آمونیوم خنثی، استات آمونیوم با pH برابر با ۵، هیدروکسیل آمین هیدروکلرید، آب اکسیژنه و اسید نیتریک اصلاح کردند.

قانع و کریمیان (۹) با جداسازی شکل‌های مختلف روی با استفاده از عصاره‌گیری متوالی سینگ و همکاران (۲۶) در خاک‌های آهکی استان فارس، نشان دادند که شکل‌های مختلف روی با یکدیگر اختلاف معناداری داشته و میانگین فراوانی شکل‌های مختلف به صورت روی تبادلی > شکل آلی > روی > متصل به اکسیدهای منگنز > روی متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل > روی متصل به آهن متبلور > روی کربناته >> باقیمانده بود. آنان همچنین نشان دادند که روی قابل استخراج با DTPA فقط با شکل کربناتی روی همبستگی معناداری دارد. اینگار و همکاران (۱۶) با بررسی توزیع شکل‌های روی قابل دسترس گیاه در ۱۹ خاک با خصوصیات

دشت‌های محدود و کم‌وسعتی وجود دارند که مهم‌ترین آنها دشت حاصلخیز هلیلان است. که در بین سه استان کرمانشاه (بخش ماهیدشت)، لرستان و ایلام قرار گرفته است. میانگین بارش سالانه در هلیلان ۵۰۰ میلی‌متر است. دشت هلیلان تقریباً ۲۵ کیلومتر طول و ۱۴ کیلومتر عرض دارد و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۹۵۰ متر است، رودخانه مهم آن یعنی سیمره اهمیت اقتصادی زیادی دارد. محصول عمده در این دو دشت بیشتر غلات است و تناوب کشتی در این مناطق حبوبات و صیفی‌جات است. مطابق گفته کشاورزان مربوط در این خاک‌ها هیچ‌گاه از کود روی استفاده نشده است. اطلاعات چندانی از وضعیت عناصر کم‌مصرف ضروری از جمله روی در نقاط مختلف استان‌های کرمانشاه و ایلام در دسترس نیست. این پژوهش به منظور بررسی توزیع شکل‌های شیمیایی روی در نمونه خاک‌های آهکی دشت‌های ماهیدشت و هلیلان در استان‌های کرمانشاه و ایلام و نیز بررسی ارتباط بین این شکل‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و انتخاب نمونه‌های خاک

این مطالعه روی ۳۰ نمونه خاک آهکی از افق سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) از دشت‌های ماهیدشت و هلیلان در استان‌های کرمانشاه و ایلام انجام شد. نمونه‌برداری با پیمایش منطقه به نحوی انجام شد که همه پوشش‌های گیاهی موجود شامل پوشش طبیعی (جنگل و مرتع) و زمین‌های زراعی در تقسیم‌بندی برای نمونه‌برداری قرار بگیرند. مقدار کافی از خاک‌های مورد مطالعه به صورت تصادفی جمع‌آوری شده و پس از هواخشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل شد. pH گل اشباع (۲۴) و بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۳) اندازه‌گیری شد. ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از جانشینی کاتیون‌ها با استات آمونیوم (۱۲)، ماده آلی به روش اکسیداسیون مرطوب (۱۰) و کربنات کلسیم معادل با استفاده از تیتراسیون برگشتی (۱۱) تعیین شد. برخی ویژگی‌های

فیزیکی و شیمیایی مختلف به وسیله روش عصاره‌گیری متوالی بیان کردند که قسمت اعظم روی کل (۲۶ درصد) به صورت پیوند یافته با اکسیدهای آهن و آلومینیوم و ۷۰ درصد آن به صورت جزء باقیمانده است. میانگین روی محلول در آب و قابل تبادل ۰/۴ درصد، روی پیوند یافته با مواد آلی ۲/۵ درصد، روی پیوند یافته با اکسیدهای منگنز ۲ درصد و روی جذب اختصاصی شده ۳/۳ درصد روی کل خاک بوده است. سینگ و همکاران (۲۶) با بررسی توزیع شکل‌های روی در ۱۱ خاک با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف بیان کردند که ۸۲ درصد روی کل به صورت باقیمانده، ۷ درصد به صورت پیوند یافته با اکسیدهای آهن متبلور، ۵ درصد به صورت پیوند یافته با اکسیدهای آهن بی‌شکل، یک درصد به شکل آلی، ۲ درصد به صورت پیوند یافته با اکسیدهای منگنز و ۲ درصد به صورت کربناتی و میانگین روی قابل تبادل نیز ۲ درصد بود.

ریحانی تبار و همکاران (۳) توزیع شکل‌های روی را در خاک‌های آهکی استان تهران بررسی و اعلام کردند که میانگین شکل متصل به ماده آلی کمتر از ۰/۱، محلول + تبدالی ۰/۱، متصل به اکسیدهای منگنز حدود ۱، متصل به اکسیدهای متبلور ۳/۸، متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل ۴/۲ و باقیمانده حدود ۸۹/۳ درصد مجموع شکل‌های روی را تشکیل می‌دهند. صفاری و همکاران (۵) گزارش کردند که شکل‌های شیمیایی روی با سه روش عصاره‌گیری دنباله‌ای نشان می‌دهد که هر یک از شکل‌های موجود در هر روش دارای اختلاف معناداری باهم هستند. همچنین شکل‌های مشترک در سه روش، دارای اختلاف معناداری باهم هستند که علت این اختلاف در نوع عصاره‌گیر و همچنین اختلاف در توالی مراحل این روش‌ها است.

دشت ماهیدشت یکی از حاصلخیزترین نقاط استان کرمانشاه است. میانگین بارش سالانه در این دشت ۴۰۰-۵۰۰ میلی‌متر است. مساحت حوضه آبریز آن ۱۴۲۰ کیلومتر مربع و وسعت دشت آن ۴۶۶ کیلومتر مربع می‌باشد و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. در نواحی جنوبی استان کرمانشاه، و شمال و شمال شرقی استان ایلام در بین کوه‌های بزرگ زاگرس

عصاره‌گیری شده خاک‌ها با استفاده از DTPA، معیاری از روی قابل استفاده خاک، در محدوده ۰/۳۴ تا ۳/۷ با میانگین ۰/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده به جز خاک شماره ۳۰ همه خاک‌ها دارای روی قابل جذب کمتر از حد بحرانی پیشنهاد شده به وسیله لو (۲۱) هستند. لو (۲۱) حد بحرانی روی در خاک را به صورت کلی ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان کرد. ضیائیان و ملکوتی (۳۰) حد بحرانی روی قابل استخراج با DTPA را در خاک‌های زیر کشت ایران در دامنه ۰/۷ تا ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان کردند که بر اساس آن نزدیک به ۵۰ درصد خاک‌های ایران دارای کمبود روی محسوب می‌شوند. روی عصاره‌گیری شده با DTPA با شکل کربناتی روی رابطه مثبت و معناداری در سطح پنج درصد آماری نشان داد. این نتیجه در توافق با نتایج گزارش شده توسط ریحانی‌تبار و همکاران (۳) و تابنده و همکاران (۱) است. ریحانی‌تبار و همکاران بیان کردند که همبستگی روی عصاره‌گیری شده با DTPA با شکل کربناتی روی نشان‌دهنده این است که روی کربناتی نه تنها بر روی قابل استفاده گیاه اثر منفی ندارد بلکه می‌تواند منبع بالقوه‌ای برای روی قابل جذب گیاه باشد.

شکل‌های شیمیایی روی

روی استخراج شده با نیترات منیزیم یک مولار که به شکل محلول + تبادل‌ی روی نسبت داده شده است کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود و ناچیز گزارش شد (جدول ۲). زیان (۲۹) بیان کرد که در عصاره‌گیری دنباله‌ای، قابلیت دسترسی عناصر با هر مرحله از عصاره‌گیری دنباله‌ای کاهش می‌یابد. بنابراین، عناصر به صورت جزء‌های محلول در آب و قابل تبادل، خیلی سریع برای محیط قابل دسترس می‌شوند در حالی که عناصر به صورت جزء باقیمانده، پیوندهای قوی محکمی دارند و انتظار نمی‌رود که در شرایط طبیعی رها شوند. شکل تبدیلی شامل فلزهایی است که از طریق پیوند ضعیف الکترواستاتیک به طور ضعیف جذب سطوح جامد شده‌اند و

فیزیکوشیمیایی خاک‌های جمع‌آوری شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

عصاره‌گیری جزء به جزء به روش سینگ و همکاران (۲۶) در دو تکرار انجام شد. به صورت خلاصه این روش شامل عصاره‌گیری متوالی ۲/۵ گرم خاک با ۱۰ میلی‌لیتر نیترات منیزیم یک مولار به مدت دو ساعت (شکل محلول + تبادل‌ی)؛ ۱۰ میلی‌لیتر استات سدیم یک مولار با $pH=5$ (شکل کربناتی)؛ پنج میلی‌لیتر هیپوکلرید سدیم ۰/۷ مولار با $pH=8.5$ به مدت ۳۰ دقیقه (دو بار) (شکل آلی)؛ ۲۵ میلی‌لیتر هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ۰/۱ مولار - اسیدکلریدریک ۰/۲۵ مولار با $pH=2$ به مدت ۳۰ دقیقه (شکل متصل به اکسیدهای منگنز)؛ ۲۵ میلی‌لیتر هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ۰/۲۵ مولار - اسیدکلریدریک ۰/۲۵ مولار به مدت ۳۰ دقیقه (شکل متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل)؛ ۲۵ میلی‌لیتر آگزالات آمونیوم ۰/۲ مولار + آگزالیک اسید ۰/۲ مولار + اسید سیتریک ۰/۱ مولار به مدت ۳۰ دقیقه (شکل متصل به اکسیدهای آهن بلوری) و ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار به مدت ۶ ساعت در حمام آب گرم ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سپس ۲۰ دقیقه تکان دادن (شکل باقیمانده) است. در تمام عصاره‌ها غلظت روی با روش جذب اتمی با دستگاه HITACH ZCAST ۲۳۰۰ تعیین شد. ضرایب همبستگی شکل‌های روی و خصوصیات خاک با نرم‌افزار SPSS محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که خصوصیات خاک‌ها از دامنه تغییرات وسیعی برخوردار بودند (جدول ۱). دامنه تغییرات رس ۹/۴ تا ۵۲ درصد و سیلت ۲۹/۳ تا ۵۲ درصد بود. خاک‌های مورد مطالعه دارای پ-هاش قلیایی و مقدار کربن آلی کم بودند. دامنه تغییرات پ-هاش ۷ تا ۸/۶ و دامنه تغییرات کربن آلی ۰/۶ تا ۳/۳ درصد بود. دامنه تغییرات کربنات کلسیم معادل ۰/۹ تا ۴۳/۸ درصد و دامنه تغییرات گنجایش تبادل کاتیونی خاک‌ها ۱۲/۴ تا ۳۷/۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم بود. مقدار روی

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	منطقه	نوع کاربری	DTPA-Zn (mg/kg)	CCE (%)	CEC (cmol-/kg)	OC (%)	EC (dS/m)	pH	رس (%)	شن (%)	سیلت (%)
۱	هلیلان	زمین زراعی	۰/۷۲۰	۲۸/۷	۲۸/۲	۰/۷۹۰	۱/۳۳	۸/۰۸	۹/۴	۶۱/۳	۲۹/۹
۲	هلیلان	جنگل	۰/۴۳۰	۸/۷۵	۳۴/۹	۱/۰۳	۰/۷۹۹	۸/۵۰	۲۱/۴	۴۷/۳	۳۱/۹
۳	هلیلان	زمین زراعی	۱/۰۷	۳۷/۵	۱۷/۰	۰/۹۴۰	۱/۴۹	۷/۸۰	۳۱/۴	۲۷/۶	۴۱/۰
۴	هلیلان	زمین زراعی	۰/۷۹۰	۳۶/۲	۱۳/۹	۰/۷۲۰	۱/۰۹	۸/۴۰	۲۷/۴	۳۱/۳	۴۱/۹
۵	هلیلان	زمین زراعی	۰/۶۲۰	۱/۲۵	۳۴/۹	۱/۲۷	۰/۶۰۴	۷/۵۰	۲۳/۴	۴۲/۰	۳۴/۷
۶	هلیلان	جنگل	۰/۸۵۰	۰/۸۷۰	۳۶/۰	۱/۷۲	۰/۵۱۸	۷/۰۰	۳۰/۰	۴۰/۰	۳۰/۰
۷	هلیلان	مرتع	۰/۴۴۰	۳۳/۲	۱۷/۰	۰/۶۴۰	۰/۸۹۷	۸/۳۰	۲۲/۰	۳۸/۰	۴۰/۰
۸	هلیلان	زمین زراعی	۱/۸۲	۴۳/۷	۱۶/۲	۱/۰۲	۱/۳۸	۸/۲۰	۳۴/۰	۲۶/۰	۴۰/۰
۹	هلیلان	زمین زراعی	۲/۳۶	۳۷/۴	۱۲/۴	۰/۶۷۰	۱/۶۳	۸/۴۸	۴۴/۰	۱۶/۰	۴۰/۰
۱۰	هلیلان	زمین زراعی	۰/۹۱۰	۳۷/۵	۱۷/۹	۰/۷۶۰	۱/۵۸	۸/۲۰	۳۶/۰	۲۸/۰	۳۶/۰
۱۱	هلیلان	جنگل	۰/۶۶۰	۴/۳۸	۲۵/۲	۰/۶۴۰	۰/۷۲۰	۸/۳۵	۳۰/۰	۲۸/۰	۴۲/۰
۱۲	هلیلان	زمین زراعی	۰/۵۷۰	۳۰/۰	۲۶/۲	۰/۶۱۰	۱/۱۴	۸/۶۰	۵۲/۰	۶/۰۰	۴۲/۰
۱۳	هلیلان	زمین زراعی	۰/۶۲۰	۲۵/۰	۲۰/۵	۰/۶۴۰	۱/۰۸	۸/۲۰	۲۶/۰	۲۸/۰	۴۶/۰
۱۴	هلیلان	زمین زراعی	۰/۸۱۰	۳۸/۷	۱۹/۶	۰/۸۵۰	۱/۳۰	۸/۵۰	۲۶/۰	۳۶/۰	۳۸/۰
۱۵	هلیلان	زمین زراعی	۰/۴۵۰	۳۳/۷	۲۰/۵	۰/۹۴۰	۱/۱۷	۸/۶۰	۴۰/۰	۲۰/۴	۳۹/۶
۱۶	هلیلان	زمین زراعی	۰/۵۰۰	۱۱/۲	۲۴/۲	۰/۷۹۰	۱/۰۳	۸/۵۰	۲۲/۰	۴۴/۴	۳۳/۶
۱۷	هلیلان	زمین زراعی	۰/۵۴۰	۶/۲۵	۳۱/۵	۱/۵۴	۱/۳۴	۷/۴۰	۲۲/۰	۴۴/۷	۳۳/۹
۱۸	هلیلان	مرتع	۰/۵۷۰	۲۲/۵	۳۲/۶	۱/۶۰	۰/۹۴۶	۸/۴۰	۲۸/۰	۳۶/۴	۳۵/۶
۱۹	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۸۰۰	۳۸/۷	۱۴/۶	۰/۷۳۰	۱/۱۴	۸/۱۵	۱۷/۴	۴۶/۰	۳۶/۶
۲۰	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۹۵۰	۲۵/۰	۲۴/۲	۰/۷۹۰	۱/۲۴	۸/۴۵	۲۵/۴	۳۰/۰	۴۴/۶
۲۱	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۵۴۰	۳۶/۰	۱۶/۲	۰/۵۸۰	۱/۱۳	۸/۴۵	۲۵/۴	۲۴/۰	۵۰/۷
۲۲	ماهیدشت	جنگل	۰/۴۲۰	۳۱/۰	۲۲/۳	۰/۶۷۰	۱/۰۲	۸/۵۵	۲۳/۴	۳۸/۰	۳۸/۶
۲۳	ماهیدشت	مرتع	۰/۵۳۰	۱۱/۲	۳۳/۷	۰/۹۷۰	۱/۶۵	۸/۳۰	۲۰/۱	۴۳/۳	۳۶/۷
۲۴	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۵۷۰	۸/۳۷	۳۲/۶	۱/۲۱	۰/۹۷۲	۸/۱۰	۲۶/۰	۳۰/۰	۴۴/۰
۲۵	ماهیدشت	زمین زراعی	۱/۱۶	۲۵/۰	۲۱/۴	۱/۰۵	۰/۷۷۳	۸/۰۰	۲۲/۰	۲۶/۰	۵۲/۰
۲۶	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۶۴۰	۲۱/۲	۲۵/۲	۰/۷۲۰	۱/۲۲	۸/۲۰	۲۴/۰	۳۲/۴	۴۳/۶
۲۷	ماهیدشت	زمین زراعی	۱/۰۲	۲۵/۰	۳۴/۹	۱/۳۳	۱/۴۷	۸/۴۶	۲۸/۰	۳۴/۴	۳۷/۶
۲۸	ماهیدشت	زمین زراعی	۰/۳۴۰	۲۴/۳	۲۸/۲	۰/۷۰۰	۱/۰۱	۸/۳۵	۲۰/۰	۴۰/۴	۳۹/۶
۲۹	ماهیدشت	جنگل	۰/۸۹۰	۳۲/۵	۳۳/۷	۳/۳۴	۱/۰۶	۸/۲۰	۲۰/۰	۴۶/۳	۳۳/۶
۳۰	ماهیدشت	زمین زراعی	۳/۷۰	۳/۷۵	۳۷/۲	۱/۵۴	۱/۰۲	۸/۰۲	۲۸/۰	۴۰/۳	۳۱/۶

EC و OC, CCE, CEC، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی و قابلیت هدایت الکتریکی محلول خاک هستند.

جدول ۲. توزیع شکل‌های شیمیایی روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	نیتрат منیزیم	عصاره‌گیر			هیپوکلرید سدیم pH=۸/۵	استات سدیم pH=۵	نیترات	شماره خاک
		هیپروکسیل آمین pH=۲	هیپروکسیل آمین	آگزالات				
۱	ن چ	ن چ	۰/۴۰۰	ن چ	۱/۴۰	ن چ	۳۷/۳	۱
۲	ن چ	ن چ	۲/۸۰	ن چ	۱/۳۲	ن چ	۳۵/۴	۲
۳	ن چ	ن چ	۱/۸۵	ن چ	۱/۰۴	ن چ	۲۸/۹	۳
۴	ن چ	ن چ	۱/۸۰	ن چ	۰/۸۸۰	ن چ	۲۸/۶	۴
۵	ن چ	ن چ	۲/۲۵	ن چ	۱/۱۶	ن چ	۲۷/۶	۵
۶	ن چ	ن چ	۰/۷۰۰	ن چ	۱/۳۶	ن چ	۲۶/۰	۶
۷	ن چ	ن چ	۰/۷۵۰	ن چ	۰/۹۰۰	ن چ	۳۱/۴	۷
۸	ن چ	ن چ	۱/۹۰	ن چ	۰/۶۴۰	ن چ	۲۶/۶	۸
۹	ن چ	ن چ	۲/۸۵	ن چ	۰/۸۲۰	ن چ	۳۳/۵	۹
۱۰	ن چ	ن چ	۲/۴۰	ن چ	۰/۷۲۰	ن چ	۴۲/۰	۱۰
۱۱	ن چ	ن چ	۲/۵۰	ن چ	۰/۴۰۰	۲/۰۰	۴۵/۲	۱۱
۱۲	ن چ	ن چ	۱/۲۰	ن چ	۱/۲۰	ن چ	۲۶/۲	۱۲
۱۳	ن چ	ن چ	۰/۱۵۰	ن چ	۱/۴۴	ن چ	۲۷/۸	۱۳
۱۴	ن چ	ن چ	۲/۰۵	ن چ	۱/۷۲	ن چ	۳۴/۰	۱۴
۱۵	ن چ	ن چ	۲/۰۵	ن چ	۱/۳۰	ن چ	۴۱/۶	۱۵
۱۶	ن چ	ن چ	۲/۷۵	ن چ	۱/۸۶	ن چ	۳۵/۹	۱۶
۱۷	ن چ	ن چ	۰/۳۵۰	ن چ	۱/۶۸	ن چ	۳۶/۶	۱۷
۱۸	ن چ	ن چ	۱/۹۰	ن چ	۱/۶۶	ن چ	۴۲/۷	۱۸
۱۹	ن چ	ن چ	۱/۰۵	ن چ	۲/۴۲	ن چ	۳۲/۷	۱۹
۲۰	ن چ	ن چ	۲/۲۰	ن چ	۱/۳۸	ن چ	۳۱/۷	۲۰
۲۱	ن چ	ن چ	۲/۰۵	ن چ	۱/۰۶	ن چ	۲۷/۲	۲۱
۲۲	ن چ	ن چ	۲/۳۰	ن چ	۱/۵۰	ن چ	۳۶/۵	۲۲
۲۳	ن چ	ن چ	۱/۲۰	ن چ	۰/۸۲۰	ن چ	۳۱/۱	۲۳
۲۴	ن چ	ن چ	۱/۷۰	ن چ	۰/۴۴۰	۰/۸۴۰	۳۴/۰	۲۴
۲۵	ن چ	ن چ	۲/۰۵	ن چ	۰/۲۰۰	۱/۶۲	۳۰/۴	۲۵
۲۶	ن چ	ن چ	۲/۸۵	ن چ	۰/۳۶۰	۱/۴۶	۲۹/۰	۲۶
۲۷	ن چ	ن چ	۱/۵۵	ن چ	۰/۱۶۰	۱/۰۶	۳۳/۵	۲۷
۲۸	ن چ	ن چ	۱/۹۵	ن چ	۰/۱۰۰	۱/۱۲	۳۹/۰	۲۸
۲۹	ن چ	ن چ	۲/۴۰	ن چ	۰/۴۰۰	۱/۵۲	۲۶/۴	۲۹
۳۰	ن چ	ن چ	۵/۴۵	ن چ	۱/۱۰	۳/۹۲	۴۹/۸	۳۰
میانگین	ن چ	ن چ	۱/۹۱	ن چ	۰/۱۰۵	۱/۳۹	۳۳/۶۲	۳۰/۲

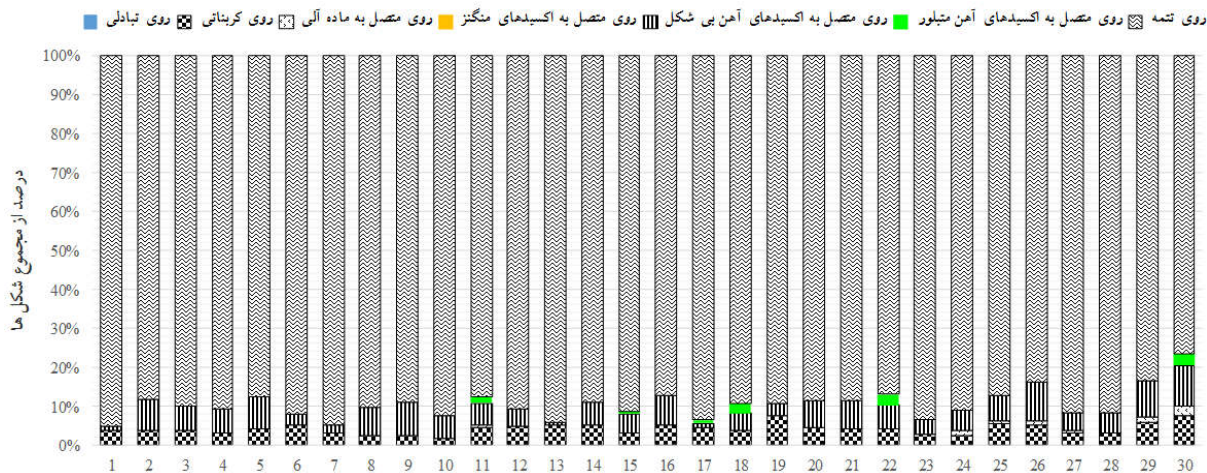
ن چ (ناچیز): کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی.

خاک و تفاوت در اندازه ذرات کربنات کلسیم در خاک‌های مورد مطالعه مربوط باشد. سینگ و همکاران (۲۶) مقدار کل روی کربناتی را دو درصد روی کل گزارش کردند. فیلگورز و همکاران (۱۴) نیز بیان کردند که جزء کربناتی نسبت کمی از غلظت کل فلز را شامل می‌شود. شکل کربناتی روی با هیچ‌یک از خصوصیات خاک رابطه معناداری را نشان نداد (جدول ۳). غلامی و بارانی مطلق (۸) و سپهوند و فرقانی (۴) نیز گزارش کردند که شکل کربناتی روی با هیچ‌یک از ویژگی‌های خاک همبستگی معناداری نداشت. ریحانی‌تبار و همکاران (۳) نیز گزارش کردند که روی کربناتی با کربنات کلسیم معادل در بیست نمونه خاک آهکی تهران، همبستگی معناداری نشان نداد. آنان توضیح دادند که احتمالاً واکنش روی با کربنات کلسیم معادل، وابستگی بیشتری با سطح ویژه کربنات کلسیم معادل که نشانه توزیع ذرات کربنات کلسیم معادل است نسبت به مقدار کربنات کلسیم معادل دارد. رجایی و همکاران (۲۳) نیز دلیل تبدیل کمتر نیکل افزوده شده به خاک به شکل کربناتی را تمایل کمتر کربنات کلسیم برای پیوند با نیکل بیان کردند. در تحقیق حاضر نیز احتمال دارد که از یک‌سو نقش سطح ویژه ذرات کربنات کلسیم در نگهداری روی در خاک و از سوی دیگر تمایل کم کربنات کلسیم برای واکنش با روی سبب شده باشد که همبستگی معناداری بین کربنات کلسیم و روی کربناتی مشاهده نشود.

شکل آلی روی که در تحقیق حاضر با هیپوکلرید سدیم ۰/۷ مولار $pH=۸/۵$ ، از خاک عصاره‌گیری شد، در محدوده ناچیز تا ۱/۱۰ با میانگین ۰/۱۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که حدود ۰/۳۱ درصد مجموع شکل‌های روی را شامل می‌شود (شکل ۱). غلامی و بارانی مطلق (۸) با بررسی شکل‌های روی در ۱۵ نمونه خاک استان گلستان دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متنوع به روش عصاره‌گیری دنباله‌ای سینگ و همکاران (۲۶) گزارش کردند که روی متصل به مواد آلی، یک درصد روی کل را تشکیل داد. آنان دلیل کم بودن مقدار این شکل روی را کم بودن نسبی مواد آلی در خاک‌های مورد بررسی و احتمالاً

می‌توانند توسط فرآیندهای تبادل یونی رها شوند (۱۴). این شکل بخشی از عناصر کم‌مصرف را در بر می‌گیرد که می‌تواند تقریباً بیشتر از همه به محلول خاک رها شود و معمولاً بخش کوچکی از مقدار کل فلز را در خاک شامل می‌شود (۲۶). این شکل بلافاصله و بالقوه قابلیت زیست‌دسترسی برای گیاهان را دارد (۱۴). نیلسن و همکاران (۲۲) توزیع شکل‌های مختلف روی را در خاک‌های ایالت بریتیش کلمبیا بررسی کرده و گزارش کردند که ۰/۳ تا ۲۳/۲ درصد روی کل به صورت محلول + تبدالی بوده است. قانع و کریمیان (۹) با جداسازی شکل‌های مختلف روی با استفاده از روش عصاره‌گیری متوالی سینگ و همکاران (۲۶) در خاک‌های آهکی استان فارس نشان دادند که شکل‌های مختلف روی با یکدیگر اختلاف معناداری داشته و کمترین مقدار مربوط به روی تبدالی بوده است. غلامی و بارانی مطلق (۸) با بررسی شکل‌های مختلف روی در ۱۵ نمونه خاک استان گلستان که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت بودند با استفاده از روش عصاره‌گیری دنباله‌ای سینگ و همکاران گزارش کردند که روی محلول + تبدالی (عصاره‌گیر نیترات منیزیم یک مولار) با میانگین ۰/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ۵۱/۰ درصد از روی کل خاک را تشکیل می‌دهد.

روی عصاره‌گیری شده با استات سدیم یک مولار $pH=۵$ که به‌عنوان شکل کربناتی فلزات شناخته می‌شود در محدوده ۰/۶۴ تا ۳/۹۲ با میانگین ۱/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود که حدود ۴/۱۳ درصد از مجموع شکل‌های روی را شامل شد. شکل کربناتی به‌عنوان فلزهایی که همراه با کربنات رسوب کرده‌اند، معرفی شده است. قانع و کریمیان (۹) با استفاده از روش عصاره‌گیری متوالی سینگ و همکاران شکل کربناتی (استفاده از عصاره‌گیر استات سدیم) را بعد از شکل باقیمانده شکل غالب روی معرفی کردند. درحالی‌که سپهوند و فرقانی (۴) با استفاده از روش سینگ و عصاره‌گیر استات سدیم یک مولار $pH=۵$ شکل کربناتی برای عنصر روی را کمترین شکل (۰/۳۵ درصد روی کل) گزارش کردند. به نظر می‌رسد دلیل این تفاوت به روش مورد استفاده برای استخراج شکل‌های روی از



شکل ۱. درصد نسبی میانگین شکل‌های مختلف روی در خاک‌های مورد مطالعه

جدول ۳. همبستگی بین شکل‌های شیمیایی روی با ویژگی‌های خاک به روش سینگ و همکاران (۱۹۸۸)

ویژگی‌های خاک	روی کربناتی	روی آلی	اکسیدهای آهن بی‌شکل	روی باقیمانده
CCE	-۰/۲۰۲ ^{ns}	-۰/۴۱۴*	-۰/۵۸۳**	-۰/۵۴۲**
CEC	۰/۱۹۵ ^{ns}	۰/۵۱۳**	۰/۶۲۴**	۰/۳۰۶ ^{ns}
EC	-۰/۰۷۱ ^{ns}	-۰/۱۵۱ ^{ns}	-۰/۱۸۷ ^{ns}	-۰/۲۱۹ ^{ns}
OC	۰/۲۱۹ ^{ns}	۰/۵۰۷**	۰/۳۸۱*	-۰/۰۴۱ ^{ns}
PH	-۰/۲۳۹ ^{ns}	-۰/۲۳۶ ^{ns}	-۰/۲۸۹ ^{ns}	-۰/۲۴۸ ^{ns}
Clay	۰/۳۴۴ ^{ns}	-۰/۰۶۹ ^{ns}	-۰/۱۶۸ ^{ns}	۰/۰۸۱ ^{ns}
Silt	-۰/۰۷۹ ^{ns}	-۰/۴۵۸*	-۰/۱۹۴ ^{ns}	-۰/۰۳۵ ^{ns}
Sand	-۰/۲۲۰ ^{ns}	۰/۲۸۴ ^{ns}	۰/۲۲۵ ^{ns}	-۰/۰۴۳ ^{ns}

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: معنی‌دار نیست.

مقدار روی متصل به اکسیدهای منگنز (استخراج شده با هیدروکسیل‌آمین یک مولار $\text{pH}=2$) و روی متصل به اکسیدهای آهن متبلور (استخراج شده با اگزالات آمونیوم ۰/۲ مولار) بسیار کم و غیر قابل اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی بود. همچنین در مطالعه حاضر شکل متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل (استخراج شده با هیدروکسیل‌آمین هیدروکلرید ۰/۲۵ مولار) در محدوده ۰/۱۵ تا ۵/۴۵ با میانگین ۱/۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تغییر کرد (جدول ۲). سپهوند و فرقانی (۴) با بررسی ۲۰ نمونه خاک‌های آهکی استان لرستان به روش عصاره‌گیری دنباله‌ای سینگ و همکاران (۲۶) به‌طور میانگین روی متصل به

متفاوت بودن اجزا و ترکیبات مواد آلی در خاک‌های مورد مطالعه بیان کردند. نتایج مشابهی توسط سینگ و همکاران (۲۶) و ریحانی تبار و همکاران (۳) گزارش شده است. آنان کم بودن روی پیوند یافته با مواد آلی را علاوه بر پایین بودن مقدار مواد آلی در خاک، با زیاد بودن اکسیدهای آهن که در نگهداری روی خاک مؤثرند، مرتبط می‌دانند. مقدار روی متصل با ماده آلی در خاک‌های مورد مطالعه با کربنات کلسیم معادل و سیلت همبستگی منفی و معنادار در سطح پنج درصد و با کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت معناداری در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۳).

مطالعه با کربنات کلسیم معادل رابطه منفی و معناداری در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۳).

به‌طور میانگین روی متصل به کربنات‌ها ۴/۱۳ درصد، روی متصل به ماده آلی حدود ۰/۳۱ درصد، روی متصل با اکسیدهای آهن بی‌شکل ۵/۷ و باقیمانده ۸۹/۹ درصد مجموع شکل‌های اندازه‌گیری شده را تشکیل می‌دهند (شکل ۱). بنابراین می‌توان گفت در خاک‌های مورد مطالعه ترتیب فراوانی شکل‌های شیمیایی روی با صرف‌نظر کردن از شکل‌های محلول + تبادل، روی متصل به اکسیدهای منگنز و روی متصل به اکسیدهای آهن متبلور به‌صورت آلی > کربناتی > متصل با اکسیدهای آهن بی‌شکل > باقیمانده است.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر میانگین روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک‌های مورد مطالعه ۰/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود که بیانگر احتمال وقوع کمبود روی در گیاهان و در نتیجه چرخه غذایی منطقه است. درصد کمی (۴/۱۳ درصد) از روی کل خاک در شکل کربناتی حضور داشت که می‌تواند تا حدودی متحرک و قابل جذب فرض شود. نتایج نشان داد که قسمت عمده روی خاک در شکل‌های غیر قابل استفاده گیاهی هستند. به‌صورت میانگین ۸۹/۹ درصد مجموع شکل‌های روی اندازه‌گیری شده را شکل باقیمانده به خود اختصاص داد. بعد از شکل باقیمانده، قسمت عمده روی خاک، به شکل متصل به اکسیدهای آهن متبلور (۵/۷ درصد روی کل خاک) بود که به‌عنوان شکل غیر قابل دسترس گیاهی شناخته می‌شود. نتایج نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه نه تنها از لحاظ مقدار روی قابل جذب بلکه از نظر مقدار کل روی نیز دچار مشکل هستند و ضرورت اقدامات مناسب برای تقویت این خاک‌ها و جلوگیری از کمبود روی در گیاهان، حیوانات و جامعه انسانی را نشان می‌دهد.

اکسیدهای آهن بی‌شکل را ۰/۷۵ و متصل به اکسیدهای آهن متبلور ۳/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش کردند. سینگر و همکاران (۲۶) بیان کردند که بالاتر بودن روی متصل به اکسیدهای آهن و آلومینیوم نسبت به اکسیدهای منگنز نشان می‌دهد که احتمالاً اکسیدهای آهن نسبت به اکسیدهای منگنز اثر بیشتری بر شیمی روی در خاک‌های مورد مطالعه داشته است. روی متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل با کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی معنادار در سطح یک درصد و همبستگی مثبت معنی‌دار با ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد نشان داد (جدول ۳).

شکل باقیمانده در این پژوهش از ۲۲/۱ تا ۴۰/۳ با میانگین ۳۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود که حدود ۸۹/۹ درصد مجموع شکل‌های روی در مطالعه حاضر را شامل می‌شود (جدول ۲). این یافته که بیشترین مقدار شکل روی در خاک‌های مورد مطالعه به شکل روی باقیمانده است، با گزارش سپهوند و فرقانی (۴) در خاک‌های استان لرستان، ریحانی تبار و همکاران (۳) از خاک‌های آهنی استان تهران، قانع و کریمیان (۹) در خاک‌های استان فارس و رسولی و همکاران (۲) از استان گیلان مطابقت می‌کند. سپهوند و فرقانی (۴) با مطالعه ۲۰ نمونه خاک آهنی استان لرستان به روش عصاره‌گیری دنباله‌ای، میزان کل روی را ۴۵/۲۵ تا ۱۱۵/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به‌دست آوردند و روی باقیمانده ۹۱/۴۳ درصد مجموع شکل‌های اندازه‌گیری شده را تشکیل می‌داد. ریحانی تبار و همکاران (۳) گزارش کردند که شکل متصل به اکسیدهای آهن بی‌شکل بعد از شکل باقیمانده شکل غالب روی بود. درحالی‌که رسولی و همکاران (۲) شکل متصل به اکسیدهای آهن متبلور را شکل غالب روی بعد از شکل باقیمانده بیان کردند. در این تحقیق شکل متصل با اکسیدهای آهن بی‌شکل بعد از شکل باقیمانده شکل غالب است. مقدار روی باقیمانده در خاک‌های مورد

منابع مورد استفاده

۱. تابنده، ل. م. ر. بخشی و ن. ع. کریمیان. ۱۳۹۲. بررسی رابطه بین شکل‌های شیمیایی مس و جذب آن توسط گیاه سویا در چند

- خاک آهکی استان فارس. *مجله مدیریت خاک و تولید پایدار* ۳(۱): ۱۹۸-۱۸۳.
۲. رسولی، س.، ا. فرقانی و ح. رضوانپور. ۱۳۸۶. بررسی توزیع شکل‌های روی در خاک‌های اسیدی استان گیلان و رابطه آنها با برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، دهمین کنگره علوم خاک. کرج.
 ۳. ریحانی تبار، ع.، ن. کریمیان، م. اردلان، غ. ثوابی، و م. قنادها. ۱۳۸۵. توزیع شکل‌های مختلف روی و ارتباط آن با ویژگی‌های خاک در برخی خاک‌های آهکی استان تهران. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۱۰(۳): ۱۳۵-۱۲۵.
 ۴. سپهوند، ه. و ا. فرقانی. ۱۳۹۰. بررسی توزیع شکل‌های مختلف روی و ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک در شماری از خاک‌های استان لرستان، *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)* ۲۵(۵): ۱۱۳۷-۱۱۲۸.
 ۵. صفاری، م.، و. صفاری و م. معاذلهی. ۱۳۹۰. ارزیابی و مقایسه سه روش عصاره‌گیری دنباله‌ای در جداسازی شکل‌های شیمیایی روی در بعضی خاک‌های اسیدی و آهکی. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی. جزیره قشم.
 ۶. علوی، ه.، م. بارانی مطلق و ا. دودی‌پور. ۱۳۹۱. تعیین شکل‌های شیمیایی مس و ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک در برخی خاک‌های استان گلستان. *حفاظت آب و خاک* ۱۹(۳): ۶۳-۴۳.
 ۷. صفاری‌نژاد، ع. و ن. کریمیان. ۱۳۸۶. تعیین شکل‌های شیمیایی منگنز و ارتباط آنها با پاسخ‌های گیاه سویا در شماری از خاک‌های آهکی استان فارس، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۱۱(۱): ۱۳۳-۱۲۵.
 ۸. غلامی، م. و م. بارانی مطلق. ۱۳۹۰. توزیع شکل‌های روی و ارتباط آن با خصوصیات خاک در برخی خاک‌های استان گلستان، *مجله مدیریت خاک و تولید پایدار* ۱(۲): ۱۹-۱.
 ۹. قانع ه. و ن. کریمیان. ۱۳۸۲. توزیع شکل‌های مختلف روی در خاک‌های آهکی استان فارس و رابطه آنها با ویژگی‌های خاک. هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت.
10. Allison, L. E. 1965. Organic carbon. PP. 1372-1396. In: C. A. Black (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2, American Society of Agronomy. Madison, WI.
 11. Allison, L. E. and C. D. Moodie. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. In: Black, C. A., D. D. Evans, L. J. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
 12. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901. In: Black, C. A., D. D. Evans, L. J. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
 13. Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. PP. 545-567. In: Black, C. A., D. D. Evans, L. J. White, L. E. Ensminger, F. E. Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
 14. Filgueiras, A. V., I. Lavilla and C. Bendicho. 2002. Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. *Journal of Environment Monitoring* 4(6): 823-857.
 15. Gunkel, P., E. Roth and B. Faber. 2004. Sequential extraction of copper from soils and relationships with copper in maize. *Environ Chemistry Letter* 2: 99-103.
 16. Iyengar, S. S., D. C. Martens and W. P. Miller. 1981. Distribution and plant availability of soil zinc fractions. *Soil Science Society American Journal* 45: 735-739.
 17. Kabata-Pendias, A. 2000. Trace Elements in Soils and Plants." 3rd edition. CRC Press, Boca Raton, FL.
 18. Kashem, M. A. and B. R. Singh. 2001. Metal availability in contaminated soils: I. Effects of flooding and organic matter on changes in Eh, pH and solubility of Cd, Ni and Zn. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61: 247-255.
 19. Keller, C. and J. C. Vedy. 1994. Distribution of copper and cadmium fractions in two forest soils. *Journal of Environmental Quality* 23: 987-999.
 20. Kichens, L. 1995. Zinc. In: Alloway, B. J. (Ed.), *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic, London.
 21. Loue, A. 1988. Los Microelementos en Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid Spain.
 22. Neilson, D., P. B. Hoyt and A. F. Mackenzie. 1986. Distribution of soil Zn fractions in British Columbia interior orchard soils. *Canadian Journal of Soil Science* 66: 445-454.
 23. Rajaie, M., N. Karimian and J. Yasrebi. 2008. Nickel transformation in two calcareous soil textural classes as affected by applied nickel sulfate. *Geoderma* 144: 344-351.
 24. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Handbook 60 USDA, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

25. Shuman, L. M. 1979. Zinc, manganese and copper in soil fractions. *Soil Science* 127: 10- 17.
26. Singh, J. P., S. P. S. Karwasra and M. Singh. 1988. Distribution and forms of copper, iron, manganese and zin in calcareous soils of India. *Soil Science* 146: 359-367.
27. Stover, R. C., L. E. Sommers and D. J. Silviera. 1976. Evaluation of metals in waste-water sludge. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 48: 2165-2175.
28. Tessier, A., P. G. C. Campbell and M. Bisson. 1979. Squential extraction procedure for the speciation of particulate trace metal. *Analytical Chemistry* 51: 844-851.
29. Xian, X. 1989. Effect of chemical forms of Cadmium, Zinc, and Lead in polluted soils on their uptake by cabbage plants. *Plant and Soil* 113: 256-264.
30. Ziaeiian A. H. and M. J. Malakouti. 2001. Effects of Fe, Mn, Zn and Cu fertilization on the yield and grain quality of wheat in the calcareous soils of Iran. *Plant Nutrition* 92: 840-841.

Distribution of Zinc Fractions in Some Calcareous Soils of Mahidasht and Helilan plains of Kermanshah and Ilam Provinces

A. Cheraghi Tabar, E. Adhami* and H. R. Owliaie¹

(Received: December 21-2015 ; Accepted: April 24-2018)

Abstract

The present study was conducted to evaluate zinc availability and forms, as well as their relationships with soil properties in some soil samples of Kermanshah and Ilam provinces. Sequential extraction included $Mg(NO_3)_2$ (soluble + exchangeable), NaOAc pH = 5 (carbonatic fraction), Na-hypochlorite at pH = 8.5 (organic fraction), hydroxylamine hydrochloride at pH 2 (Mn oxides associated Zn), hydroxylamine hydrochloride (amorphous Fe oxides associated Zn), ammonium oxalate (crystalline Fe oxides associated Zn), and HNO_3 (the residual Zn). DTPA-Zn was in the range of 0.34-3.7 mg/kg. The results showed that soluble+ exchangeable, Mn oxides and crystalline Fe oxides associated Zn were not detectable by atomic absorption. Distribution of Zn fractions was in the order of Organic-Zn < Car-Zn < amorphous Fe oxides-Zn < Res-Zn. Organic matter bound Zn and amorphous Fe oxides associated Zn and the residual fractions showed a significant negative correlation with the calcium carbonate equivalent. It seemed s that calcium carbonates were the major factor in controlling the Zn content in the studied soils.

Keywords: Calcareous soils, Fractions distribution, Zinc

1. Department of Soil Science, College of Agriculture, Yasuj University, Yasuj, Iran.

*: Corresponding Author, Email: eadhami@gmail.com