پذیرفتاری مغناطیسی خاک و ارتباط آن با برخی از عناصر مغذی قابل‌جذب

علیرضا مرجوی[۱] و پریسا مشایخی[۲]
۱ و ۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ۱-دانشجوی دکتری دانشکده محیط‌زیست دانشگاه صنعتی اصفهان
amarjovvi@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه کارایی پذیرفتاری مغناطیسی برای پایش عناصر مغذی گیاه شامل آهن، منگنز، روی و مس در فاز قابل‌جذب خاک، دو شهرستان دهاقان و شهرضا در استان اصفهان بررسی گردید. ۴۰ نمونه از خاک سطحی در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری از این شهرستان‌ها برداشت شد و پذیرفتاری مغناطیسی نمونه‌ها در دو فرکانس پایین و بالا توسط دستگاه MS2 اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد در کل منطقه مورد مطالعه بین پذیرفتاری مغناطیسی خاک و عناصر مس، روی و منگنز همبستگی معنی‌دار آماری وجود ندارد؛ این امر می‌تواند به دلیل عدم ورود آن‌ها به شبکه ساختمانی کانی‌های فرو مگنتیت باشد. همبستگی منفی میان فلز آهن و پذیرفتاری مغناطیسی خاک نشان می‌دهد که افزایش غلظت این عنصر در فاز قابل‌جذب، لزوماً دلیل بر بالا بودن این عنصر در ساختار کانی‌های مغناطیسی خاک نبوده و تأثیری مثبت بر مغناطیس نخواهد داشت. بر اساس این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که به منظور پایش فلزات سنگین در بخش‌های قابل‌جذب خاک و همچنین مناطقی که تحت تأثیر منبع مشخصی از آلودگی نباشد سنجش پذیرفتاری مغناطیسی کارایی بالایی ندارد.

واژه‌های کلیدی: پذیرفتاری مغناطیسی، غلظت قابل‌جذب، فلزات سنگین، شهرضا، دهاقان

مقدمه

میزان آلودگی به فلزات سنگین را می‌توان از طریق آنالیز شیمیایی و عمدتاً هضم اسیدی نمونه‌های خاک تعیین نمود ولی این روش‌ها زمان بر و پر هزینه است (محمودی و خادمی، ۱۳۹۲). امروزه سعی بر آن است روش‌هایی مورد استفاده قرار گیرند که پیچیدگی و آلودگی روش‌های شیمیایی را نداشته، سریع، مؤثر و ارزان باشند. یکی از این روش‌ها مغناطیس سنجی به‌ویژه پذیرفتاری مغناطیسی است که به آسانی قابل اجرا هست (جورکش و همکاران، ۱۳۹۳). پذیرفتاری مغناطیسی درجه‌ای است که ماده، میدان مغناطیسی شناخته شده و معینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مقدار این تأثیر تابع غلظت و نوع کانی‌های مغناطیسی موجود در نمونه هست. عامل ایجاد ویژگی‌های مغناطیسی در خاک غالباً کانی‌های مگنتیت و ماگهمیت هستند. غلظت این کانی‌ها در خاک کم است؛ ولی نسبت به سایر کانی‌های آهن‌دار، تأثیر بیشتری در تنظیم شدت پذیرفتاری مغناطیسی خاک دارند(دنکوب، ۱۳۹۱). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه‌ی اندازه‌گیری فلزات سنگین و همبستگی آن‌ها با پذیرفتاری مغناطیسی در گردوغبار(محمودی و همکاران، ۱۳۹۲)، رسوبات دریاها و دریاچه‌ها (Petrovský et al. 2000) و خاک‌های مناطق مختلف (جورکش و همکاران،۱۳۹۳) در ایران و جهان صورت گرفته است. به‌رغم مطالعات مختلفی که در جهان انجام شده، مطالعات انجام شده در ایران محدود بوده و اکثراً در زمینه آلودگی عناصر سمی و ارتباط میان پذیرفتاری مغناطیسی با غلظت کل فلزات سنگین خاک هست، ولی تاکنون در کشور ما ارتباط میان پذیرفتاری مغناطیسی خاک و غلظت عناصر ضروری گیاه در فاز قابل‌دسترس(قابل‌جذب) برای گیاهان، مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو این مطالعه باهدف تعیین غلظت عناصر کمیاب و مغذی شامل روی، مس، آهن و منگنز در بخش قابل‌تبادل زیستی در خاک‌های سطحی صورت پذیرفته و توزیع مکانی پذیرفتاری مغناطیسی خاک و همبستگی آن با عناصر قابل‌جذب خاک مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۴۰ نمونه از خاک سطحی (عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری) شهرستان‌های دهاقان و شهرضا برداشت گردید. فاصله ایستگاه‌های نمونه‌برداری حداقل ۲ کیلومتر بوده که موقعیت نقاط با GPS ثبت گردیده است. نمونه‌ها درون کیسه پلاستیکی ریخته شد و برای آماده‌سازی و تجزیه و تحلیل‌های بعدی به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها در هوای آزاد و دمای محیط خشک شدند. به منظور اندازه‌گیری فرم قابل‌جذب فلزات ۲۰ گرم خاک خشک و الک شده(خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد) را توزین نموده و به آن ۴۰ میلی‌لیتر محلول کلات کننده (۱/۹۶ گرم Titriplex V به نام اختصاری DTPA و ۱/۴۷ گرم کلرور کلسیم و ۱۳/۴ میلی‌لیتر تری اتانل آمین را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل نموده و pH آن را توسط اسید کلریدریک یک نرمال به ۷/۳ رسانده و درنهایت با آب مقطر حجم کل را به یک لیتر می‌رسانیم) اضافه کردیم. محلول آماده شده را به مدت دو ساعت در شیکر قرار می‌دهیم تا کاملاً مخلوط و یکنواخت گردد، پس از آن عصاره را صاف نموده و با دستگاه جذب اتمی پرکین المر، مدل ۶۰۳۰ غلظت عناصر را قرائت نمودیم (احیایی و همکاران،۱۳۷۲).

اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه Bartington MS2 dual frequency sensor و حسگر MS2B در دو فرکانس پایین[1] (χlf) ۰/۴۷ کیلوهرتز و فرکانس بالا[2] (χhf) ۴/۷ کیلوهرتز انجام شد. از هر نمونه سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت و برای هر تکرار سه قرائت انجام شد، تا مقدار خطای آزمایشگاهی قرائت به حداقل برسد؛ در نهایت میانگین قرائت‌های انجام شده به عنوان نتیجه نهایی پذیرفتاری مغناطیسی هر نمونه گزارش گردید.

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنف[3] استفاده شد. در ابتدا ارتباط و همبستگی بین غلظت فلزات قابل‌جذب در کل محدوده مورد مطالعه و به صورت مجزا در دو منطقه دهاقان و شهرضا با آنالیز همبستگی پیرسون بررسی گردید. علاوه براین، اثر پذیرفتاری مغناطیسی در نقاط مختلف نمونه‌برداری با عناصر قابل‌جذب به صورت کل و مجزا در مناطق مورد مطالعه آنالیز گردید. به منظور مقایسه تفاوت‌های دو منطقه شهرضا و دهاقان در کلیه پارامترهای مورد بررسی از آنالیز واریانس یک طرفه[4] و آزمون توکی[5] استفاده شد. کلیه آنالیزها در نرم‌افزار SPSS 16 انجام گرفت.

نـــتایج

توصیف آماری متغیرها

اطلاعات آماری غلظت فلزات قابل‌جذب در جدول ۱ ارائه شده است. بر پایه اطلاعات این جدول غلظت متوسط مس، روی، منگنز و آهن به ترتیب۳/۱۲، ۸/۳۱، ۱۶/۰۵ و ۷/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. پذیرفتاری مغناطیسی خاک نیز در این مناطق(χlf ، χhf) در رنج $m^3\ kg^{-1}$ ۱۰ $^{-۸}$ ×(۷±۰/۷۱)۳۰-۲۹ متغیر است. علاوه بر این غلظت فلزات قابل‌جذب در هر دو منطقه مقایسه گردید(جدول ۱). از بین فلزات قابل‌جذب تنها فلز منگنز در دو منطقه دارای تفاوت معنی‌دار داشته است($p<۰/۰۵$). همچنین χlf و χhf در شهرضا و دهاقان تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد نشان می‌دهد. میزان χlf، χhf در منطقه دهاقان به ترتیب ۱۰ $^{-۸}$ ×۳۵/۰۹ و ۱۰ $^{-۸}$ ×۳۴/۱۰ متر مکعب بر کیلوگرم به دست آمد که مقدار آن‌ها در خاک شهرضا بالاتر بوده است(۱۰ $^{-۸}$ ×۲۵/۵۲ و ۱۰ $^{-۸}$ ×۲۴/۹۹).

[1] Low frequencies
[2] High frequencies
[3] Kolmogrov-Smirnov
[4] Analysis of Variance (ANOVA)-one way
[5] Tukey's HSD test

جدول ۱. اطلاعات آماری غلظت فلزات قابل‌جذب به همراه نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در دو منطقه شهرضا و دهاقان

پارامترها	واحد	دهاقان		شهرضا		معنی‌داری	کل(دهاقان و شهرضا)	
		میانگین	SD	میانگین	SD		میانگین	SD
χlf	$m^3\ kg^{-1}$ ۱۰$^{-۸}$	۳۵/۰۸	۶/۶۱	۲۵/۵۲	۵/۹۸	۰/۰۱>	۳۰/۳۰	۷/۸۹
χhf	$m^3\ kg^{-1}$ ۱۰$^{-۸}$	۳۴/۱۰	۶/۳۳	۲۴/۹۹	۵/۷۴	۰/۰۱>	۲۹/۵۵	۷/۵۴
χfd	%	۲/۷۵	۱/۰۳	۱/۹۴	۱/۳۳	۰/۰۴	۲/۳۴	۱/۲۴
مس	$mg\ kg^{-1}$	۳/۴۱	۳/۶۲	۲/۸۲	۲/۳۳	۰/۵۴	۳/۱۲	۳/۰۲
روی	$mg\ kg^{-1}$	۸/۵۷	۳/۱۵	۸/۰۴	۳/۷۲	۰/۶۳	۸/۳۱	۳/۴۱
منگنز	$mg\ kg^{-1}$	۱۹/۰۳	۶/۶۱	۱۳/۰۷	۵/۶۶	۰/۰۱>	۱۶/۰۵	۶/۷۸
آهن	$mg\ kg^{-1}$	۵/۸۳	۳/۴۸	۹/۸۳	۱۰/۳۳	۰/۱۱	۷/۸۳	۷/۸۷

ارتباط بین پذیرفتاری مغناطیسی و عناصر قابل‌جذب

همبستگی میان عناصر و ویژگی‌های خاک مناطق مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول همبستگی مس با سه عنصر دیگر و روی با آهن در سطح ۹۹٪ معنی‌دار شد ولی میان روی و منگنز همبستگی ضعیفی در سطح ۹۵٪ مشاهده گردید(r=۰/۳۴). همبستگی میان غلظت روی و مس نسبت به سایر عناصر بیشتر بوده است(r=۰/۵۳). همچنین بر اساس جدول شماره ۲ پذیرفتاری مغناطیسی χlf و χhf خاک با فلزات قابل‌جذب اندازه‌گیری شده تنها فلز آهن همبستگی معنی‌دار منفی نشان دارد که این همبستگی نیز بسیار ضعیف بوده است(در سطح ۹۵ درصد).

جدول ۲. همبستگی غلظت عناصر کمیاب قابل‌جذب و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک در کل منطقه مورد مطالعه

پارامتر	Cu	Zn	Mn	Fe	χlf	χhf	χfd
Cu	۱						
Zn	۰/۵۳۴**	۱					
Mn	۰/۴۳۲**	۰/۳۳۷*	۱				
Fe	۰/۴۰۸**	۰/۴۴۴**	۰/۱۶۱	۱			
χlf	-۰/۲۰۷	-۰/۲۲۸	۰/۲۴۷	-۰/۴۰۱*	۱		
χhf	-۰/۲۰۲	-۰/۲۲۹	۰/۲۴۷	-۰/۴۰۳*	۰/۹۹۹	۱	
χfd	-۰/۲۰۳	-۰/۱۲۶	۰/۱۱۱	-۰/۱۹۴	۰/۴۸۰**	۰/۴۴۱**	۱

و * همبستگی در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار است.

بحث و نتیجه‌گیری

از بین فلزات قابل‌جذب مورد بررسی، بین فلزات مس و روی همبستگی معنی‌دار مشاهده شد. کریمی و همکاران ۲۰۱۱ همبستگی میان مس و روی را در خاک‌های سطحی مناطق شهری اصفهان معنی‌دار گزارش نمودند. بر اساس جدول شماره ۲ همبستگی میان عناصر با یکدیگر نشان دهنده‌ی ارتباط معنی‌دار مس با سه عنصر آهن، روی و منگنز است. همبستگی مثبت این عنصر با سه فلز دیگر نشان دهنده‌ی منشأ یکسان چهار عنصر در خاک مناطق مورد بررسی هست. همبستگی روی نیز با آهن و منگنز معنی‌دار شده که این نتیجه نیز منشأ یکسان این عناصر را تائید می‌کند. بعد از بررسی نتایج حاصل از پذیرفتاری مغناطیسی مشخص گردید که در مطالعه حاضر اختلاف ناچیزی (در برخی موارد بدون اختلاف) بین پذیرفتاری مغناطیسی در فرکانس بالا و پایین در منطقه مورد مطالعه به صورت کلی و به صورت مجزا در دو منطقه شهرضا و دهاقان وجود دارد. از آنجایی که اختلاف ناچیز در پذیرفتاری مغناطیسی در دو فرکانس بیانگر اثر غالب عوامل طبیعی (پدوژنی یا لیتوژنی) در حضور ترکیبات مغناطیس خاک می‌باشد بنابراین پذیرفتاری مغناطیسی در خاک مورد مطالعه فقط منشأ طبیعی دارد. علاوه بر این،

متوسط χfd در مطالعه حاضر ۲/۳٪ در خاک سطحی به دست آمد که این میزان کمتر از مقدار متوسط گزارش شده ۳/۹۳٪ در مطالعه کریمی و همکاران(۲۰۱۱) برای خاک‌های شهری استان اصفهان (از سمت غرب به سمت جنوب شرقی در طول مسیر رودخانه زاینده‌رود) و همچنین کمتر از میزان متوسط گزارش شده ۴/۱۷٪ در مطالعه ایوبی و همکاران(۲۰۱۴) برای شهر اصفهان بود. پذیرفتاری علاوه بر این پذیرفتاری مغناطیسی خاک در مناطق مورد مطالعه (χlf، χhf) در رنج $m^3\ kg^{-1}$ 10^{-8} × (۷/۷۱±۳۰)۲۹-۳۰ متغیر است. ایوبی و همکاران(۲۰۰۲) میانگین پذیرفتاری مغناطیسی در خاک‌های سطحی دست نخورده در شرق اصفهان $m^3\ kg^{-1}$ 10^{-8} × ۴۰ گزارش دادند.

علاوه بر این میان پذیرفتاری مغناطیسی خاک و عناصر مس، روی و منگنز در فاز قابل‌تبادل خاک همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. محمودی و خادمی نیز عدم همبستگی پذیرفتاری مغناطیسی را در خاک مناطق شهری استان اصفهان با مس و روی در سال ۱۳۹۲ گزارش نمودند. همبستگی پایین و یا عدم همبستگی بین χfd و فلزات قابل‌جذب در خاک‌های سطحی بیانگر حضور مقادیر کمی از ذرات سوپرپارامگنتیک و آن هم عمدتاً ناشی از فرایندهای پدوژنی هست که این نتایج با مطالعه کریمی و همکاران(۲۰۱۱)، نعیمی و ایوبی(۲۰۱۳) و لو و همکاران(۲۰۰۷) سازگار است.

به طور کلی ورود عناصر به داخل شبکه ساختمانی کانی‌های فری مگنتیت در زمان شکل‌گیری کانی‌ها در طول زمان، می تواند سبب همبستگی میان عنصر مورد نظر و مغناطیس خاک گردد(دنکوب، ۱۳۹۱). عدم وجود همبستگی میان مس، روی و منگنز با پذیرفتاری مغناطیسی خاک می‌تواند به دلیل عدم ورود آن‌ها به داخل شبکه‌ی ساختمانی کانی‌های فری مگنتیت باشد زیرا عناصر اندازه‌گیری شده در این مطالعه در بخش قابل‌دسترس زیستی خاک حضور دارند، در حالی که در مطالعات قبلی همبستگی میان غلظت کل عناصر و مغناطیس خاک مورد بررسی قرار گرفته است. عدم همبستگی معنی‌دار میان این عناصر و پذیرفتاری مغناطیسی خاک نشان‌دهنده‌ی نقش بسیار کم منابع انسانی در انتشار این عناصر در خاک مناطق مورد مطالعه هست (دنکوب،۱۳۹۱). در منطقه مورد مطالعه همبستگی میان فلز آهن با پذیرفتاری مغناطیسی خاک منفی شده است. همچنین این همبستگی منفی در منطقه‌ی شهرضا بسیار بیشتر از دهاقان هست. دنکوب و همکاران(۱۳۹۱)، محمودی و خادمی(۱۳۹۲)، همبستگی غلظت کل فلزات مس، روی، آهن و منگنز را با مغناطیس خاک مثبت ارزیابی نمودند. علاوه بر این، فقط همبستگی بین فلز روی و χlf در منطقه شهرضا و فلز مس و χlf در منطقه دهاقان دارای همبستگی منفی متوسطی است که نشان از عدم تمایل روی و مس موجود در فاز محلول خاک برای ترکیب با کانی‌های فری مگنتیت است. افزایش حضور فلز آهن در بخش قابل‌جذب خاک دلیل بر بالا بودن غلظت آن در ساختار خاک نیست. بنابراین لزوماً افزایش غلظت این عنصر در بخش قابل‌جذب خاک، تأثیری مثبت بر مغناطیس نخواهد داشت بلکه می‌تواند تأثیر منفی نیز داشته باشد.

به طور کلی، این مطالعه به منظور بررسی قابلیت روش سنجش پذیرفتاری مغناطیسی خاک در پایش فلزات قابل‌جذب و موردنیاز گیاه انجام گرفت. از مطالب فوق مشخص گردید که به دلیل پایین بودن میزان پذیرفتاری مغناطیسی در بخش قابل‌دسترس زیستی خاک‌های مورد مطالعه نسبت به سایر مناطق طبیعی اصفهان، خاصیت مغناطیسی در مطالعه حاضر تحت تأثیر مواد مادری و ویژگی‌های ذاتی خاک قرار دارد. عدم همبستگی و یا همبستگی منفی بین پذیرفتاری مغناطیسی با فلزات قابل‌جذب بیانگر عدم تأثیر فعالیت‌های انسانی بر روی غلظت فلزات مورد بررسی در منطقه است. بر اساس این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی در بخش‌های قابل‌دسترس زیستی خاک و مناطقی که تحت تأثیر منبع مشخصی از آلودگی نباشد کارایی بالایی ندارد.

منابع

احیایی، م.، و بهبهانی زاده، ع. ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول) . نشریه شماره ۸۹۳ موسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

جورکش، ش.، صالحی، م. ح.، اسفندیار پور بروجنی، ع. ۱۳۹۳. مقایسه‌ی تغییرات مکانی پذیرفتاری مغناطیسی و برخی از عناصر سنگین در خاک‌های منطقه‌ی لنجانات اصفهان. نشریه آب و خاک(علوم و صنایع غذایی)، جلد۲۸، شماره۳، ۵۸۶-۵۷۵.

دنکوب، ز.، خادمی، ح. ، ایوبی، ش.ا.، پذیرفتاری مغناطیسی و ارتباط آن با غلظت برخی فلزات سنگین و خصوصیات خاک‌های سطحی اطراف اصفهان، مجله محیط شناسی، سال سی و هشتم، شمارۀ ۳، پاییز ۹۱ ، ۲۶-۱۷.

محمودی، ز.، خادمی، ح. استفاده از پذیرفتاری مغناطیسی در پیش‌بینی آلودگی فلزات سنگین درگرد و غبار اتمسفری اصفهان و شهرهای اطراف. محیط شناسی، سال سی و نهم، شمارۀ ۲، تابستان ۹۲ ، صفحۀ ۱۲۳-۱۳۲.

Ayoubi S, Amiri S, Tajik S. 2014. Lithogenic and anthropogenic impacts on soil surface magnetic susceptibility in an arid region of Central Iran. Archives of Agronomy and Soil Science (ahead-of-print):1-17

Karimi R, Ayoubi S, Jalalian A, Sheikh-Hosseini AR, Afyuni M. 2011. Relationships between magnetic susceptibility and heavy metals in urban topsoils in the arid region of Isfahan, central Iran. Journal of Applied Geophysics 74 (1):1-7.

Lu S, Bai S, Xue Q .2007. Magnetic properties as indicators of heavy metals pollution in urban topsoils: a case study from the city of Luoyang, China. Geophysical Journal International 171 (2):568-580.

Naimi S, Ayoubi S (2013) Vertical and horizontal distribution of magnetic susceptibility and metal contents in an industrial district of central Iran. Journal of Applied Geophysics 96:55-66

Petrovský E, Kapička A, Jordanova N, Knab M, Hoffmann V. 2000. Low-field magnetic susceptibility: a proxy method of estimating increased pollution of different environmental systems. Environmental Geology 39 (3-4):312-318.

Soil magnetic susceptibility and its relationship with some of the available nutrients

A. Marjovvi[1] and P. Mashayekhi[2]
1-2.Scientific Member Of Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, 1- Ph.D student of Environmental pollutions Department of Isfahan University of Technology
amarjovvi@yahoo.com

Abstract

In the present study, the potential of the magnetometric method to monitoring the available plant nutrient elements such as iron, manganese, zinc and copper was evaluated, also their relationship with soil characteristics of the two town of Isfahan Province (Dehaqan and shahreza) were investigated. A total of 40 topsoil samples were collected (0-20 cm depth) and the magnetic susceptibility (χ) of the collected samples was measured at both low and high frequency using the Bartington MS2 dual frequency sensor. The results indicated that no significant correlations were found between the soil magnetic susceptibility and the bioavailable metals of Cu, Zn and Mn in the whole of the study area that it can be probably due to lack of penetration of these elements into the lattice structure of the ferromagnetic materials. The negative correlations between magnetic susceptibility and Fe showed that the increase of the bioavailable concentration of Fe is not necessity related to the high contents in the soil magnetic structure so it won't affect magnetic susceptibility positively. Based on this study it can be concluded that in order to monitor the heavy metals in the bioavailable fraction of soils and also, the area that are not affected by the certain sources of pollution, susceptibility-based monitoring techniques have no a high efficiency.

Key words: Magnetic susceptibility, Bioavailable Concentration, Heavy metals, Shahreza, Dehaqan