محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تأثیر نانوذرات اکسیدروی (ZnO) بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌هایی با بافت متفاوت

سحر رضایی[۱*]، حسین بیات[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

باتوجه به بحران انرژی در جهان و همچنین افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، نیاز به استفاده از انرژی‌های تمیز و تجدیدپذیر و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. نانو ذرات به دلیل دارا بودن سطح ویژه بسیار زیاد، فعال و واکنش‌پذیر، توانایی تغییر در برخی از خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک را دارند. با این‌وجود، تأثیر نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) بر بسیاری از خواص خاک مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر نانو ذرات اکسیدروی بر برخی خواص شیمیایی خاک بود. برای این منظور نمونه‌برداری از ۳ خاک با بافت‌های لوم‌شنی، لومی و رسی انجام شد و با درصدهای وزنی مشخصی از نانوذرات اکسیدروی در سه تکرار مخلوط گردید. خاک‌های تیمارشده درون ظروف پلاستیکی، به مدت ۱۲۰ روز تحت شرایط اشباع و خشک شدن متوالی قرار گرفتند. سپس اثرات احتمالی نانو ذرات اکسیدروی بر برخی خواص خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانو اکسید روی منجر به افزایش مقدار گنجایش تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی ($P < 0.05$) در بافت‌های مختلف خاک گردید. در مقابل، کاربرد نانو ذرات اکسید روی منجر به کاهش پ- اچ و محتوای ماده‌آلی ($P < 0.05$) در بعضی سطوح از خاک‌های لوم‌شنی و رسی گردید. بنابراین استفاده از ذرات نانو به‌ویژه اکسیدهای فلزی همچون نانو اکسید روی در خاک به عنوان یک اصلاح کننده می‌تواند سبب بهبود کیفیت خاک‌های زراعی گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی زیست محیطی، خصوصیات شیمیایی، نانو ذرات اکسیدروی

مقدمه

فناوری نانو یکی از جدیدترین فناوری‌های موجود است که به علت پتانسیل بالا و ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن در تمام زمینه‌های علوم و تحقیقات ازجمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۳). ذرات نانو ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند که اغلب ویژگی‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک را به‌طور معنی‌داری تغییر می‌دهند (Tassi، ۲۰۱۲، Kim و همکاران، ۲۰۱۳). نانو ذرات با توجه به داشتن سطح ویژه، سطح واکنش‌پذیری بسیار بالا و اندازه کوچک، می‌توانند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ازجمله جذب و نگه‌داشت عناصر غذایی تأثیر بگذارند. Conway و Keller (۲۰۱۶) بیان کردند که نانو ذرات مهندسی شده، با افزایش انتشار یون‌ها در خاک، pH خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. غلظت زیاد کاتیون‌ها به‌ویژه کاتیون‌های قلیایی موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۷). نانو ذرات موجب افزایش درصد ماده‌آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کاهش تخلخل می‌گردند (Ben- Moshe و همکاران، ۲۰۱۳).

در میان تمامی ذرات نانو، اکسیدروی (ZnO) یکی از پرکاربردترین نانو ذرات به حساب می‌آید. نانو اکسید روی (ZnO) در حذف عناصر سنگین مانند کادمیوم، مس، نیکل و سرب از محلول‌های آبی (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۲)، حذف فسفات از محلول‌های آبی (عبدلی، ۱۳۹۴) و همچنین حذف نیترات از محلول‌های آبی و خاک (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۸) مورداستفاده قرارگرفته است. باوجوداینکه در پژوهش‌های زیادی از نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) استفاده‌شده است ولی بیشتر مطالعات انجام‌شده در زمینه‌های جذب آلودگی فلزات سنگین در خاک، محلول‌های آبی و گیاه بوده است و همچنین تأثیر یک نانوذره بر روی سه خاک با بافت متفاوت در هیچ تحقیقی گزارش نشده است. بنابراین با در نظر گرفتن استفاده از نانو ذرات در اصلاح خاک‌ها در نقاط مختلف کشور و دنیا و همچنین تأثیر این ذرات بر سلامت انسان و محیط‌زیست، بررسی اثر نانو ذرات اکسید روی در هر سه نمونه خاک شنی، لومی و رسی ضروری به نظر می‌رسد و همچنین با توجه به موارد عنوان شده ملاحظه می‌گردد که در خصوص تأثیر مواد نانو بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحقیقات کافی صورت نگرفته است. پس با استناد به پژوهش‌هایی که تأثیر نانو ذرات اکسید روی (ZnO) را بر برخی خواص خاک

* ایمیل نویسنده مسئول: sa.rezaei.95@gmail.com

موردبررسی قرار داده‌اند و با توجه به مرتبط بودن خواص خاک با یکدیگر، احتمالاً نانو ذرات بر سایر ویژگی‌های خاک تأثیر دارند که تاکنون بررسی نشده‌اند، یا بررسی اندکی در مورد آن‌ها صورت گرفته است و احتمال می‌رود که استفاده از ترکیبات نانو، ویژگی‌های شیمیایی خاک ازجمله ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد نانوذرات اکسیدروی (ZnO) بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌هایی با بافت متفاوت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، ۳ نمونه خاک با بافت لوم شنی، لوم و رسی به‌ترتیب از ۳ منطقه ملایر، عباس‌آباد و نهاوند، با موقعیت‌های جغرافیایی ″۲ ′۱۵ °۳۴ شمالی، ″۲۴ ′۳۶ °۴۸ شرقی، ″۲۶ ′۴۷ °۳۴ شمالی، ″۴۰ ′۲۸ °۴۸ شرقی و″۵۸ ′۹ °۳۴ شمالی، ″۱۴ ′۱۷ °۴۸ شرقی واقع در استان همدان تهیه گردید. به لحاظ رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، مناطق نمونه برداری ملایر، عباس‌آباد و نهاوند دارای رژیم رطوبتی Xeric و رژیم حرارتی Mezic بودند (Soil Survey Staff، ۲۰۱۴). بر اساس مشخصات مورفولوژیکی، خاک‌ها بر اساس رده‌بندی WRB 2014 طبقه‌بندی گردیدند. خاک‌های مناطق ملایر، عباس‌آباد و نهاوند به‌ترتیب در سه رده Regosols، Inceptisols و Cambisols طبقه‌بندی می‌گردند. نمونه برداری با اطلاع از خصوصیات خاک منطقه و از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در۳ تکرار و در مجموع ۳۶ نمونه آزمایشی طراحی گردید. فاکتورها شامل بافت خاک در ۳ سطح شنی، لومی و رسی و فاکتور دوم درصد وزنی نانو ذرات اکسید روی در ۴ سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۳ درصد بود. ۵۳۵/۵ گرم خاک هوا خشک‌شده وزن شد و سپس با درصدهای وزنی مذکور از نانو ذرات اکسیدروی (ZnO) مخلوط گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌های تیمار شده، خاک‌ها به‌صورت همگن و با چگالی مربوط به مزرعه در داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۸ × ۵/۵ × ۸ سانتی‌متر ریخته شدند. در مجموع ۳۶ ظرف (۱۲ ظرف برای هر بافت خاک) برای کل نمونه‌ها آماده گردید. خاک‌های تیمار شده درون ظروف پلاستیکی، برای گذراندن دوره انکوباسیون ۱۲۰ روزه به‌طور متوالی با آب شهری تر و خشک شدند. بعد از گذر ۱۲۰ روز از شروع انکوباسیون، نمونه-برداری از ظروف انجام شد. بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از ظرف‌ها پس از اعمال تیمارها، ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS. ۹.۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه گرفت. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، شناسایی داده‌های پرت انجام شد. نرمال بودن توزیع خطا با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک بررسی شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس کلیه متغیرهای مورداستفاده در این پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

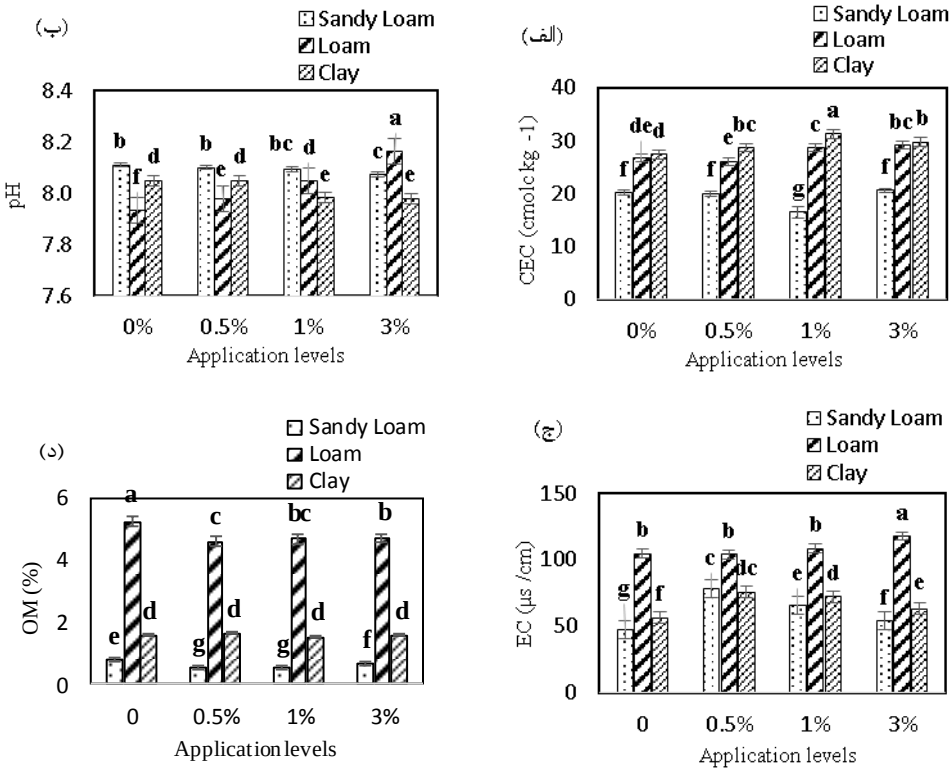
جدول۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر ظرفیت تبادل کاتیونی، پ- اچ، هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک*

منابع تغییرات	درجه آزادی	CEC	pH	EC	OM
		P-Value			
بافت خاک	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
سطوح کاربرد نانو ذره	۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
بافت × سطح کاربرد نانو ذره	۶	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
خطا	۲۴	۰/۳۸۱۲۷	۰/۰۰۰۱۴۱۶	۹/۵۷۸۵	۰/۰۰۳۹۲۴

*CEC : ظرفیت تبادل کاتیونی خاک؛ pH: واکنش خاک؛ EC: هدایت الکتریکی خاک و OM: مقدار ماده آلی خاک.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و همچنین برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک× سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر متغیر گنجایش تبادل کاتیونی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در ۲ بافت خاک لومی و رسی شد، که این افزایش در خاک لومی در دو سطح ۱ و ۳ درصد و در خاک رسی در هر سه سطح ۰/۵، ۱ و ۳ درصد نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۱- الف).

نانو ذرات اکسید روی با توجه به سطح ویژه بسیار بالا (۴۳/۹ متر مربع بر گرم)، موجب افزایش تعداد گروه‌های عاملی همانند هیدروکسیل در واحد جرم (اوستان، ۱۳۸۹) و در نتیجه افزایش CEC خاک لومی و رسی خواهد شد. از سوی دیگر در خاک لومی نانواکسیدروی موجب افزایش پ- اچ خاک شد (شکل ۱-ب). با افزایش پ- اچ به علت بارهای وابسته به پ- اچ ، میزان بار منفی افزایش یافته و در نتیجه گنجایش تبادل کاتیونی خاک افزایش می‌یابد (Sparks، ۲۰۰۳). بیات و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که در یک خاک لوم، افزایش سطوح کاربرد نانو اکسیدمنیزیم به واسطه کاهش پراکندگی رس خاک، موجب افزایش سدیم قابل تبادل گردیده‌است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در خاک لوم‌شنی، گنجایش تبادل کاتیونی با افزایش سطوح کاربرد نانوذرات اکسیدروی نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در تیمار ۱ درصد وزنی کمترین مقدار بود و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) داشت. موادآلی و جزء رس خاک از منابع اصلی بار منفی خاک به‌شمار می‌روند (Sparks، ۲۰۰۳). به همین علت، در خاک لوم شنی چون میزان رس و ماده‌آلی کم‌تر است، بنابراین میزان تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خاک‌های لومی و رسی نیز کمتر می‌باشد (میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵). موادآلی اهمیت فراوانی در افزایش گنجایش تبادل کاتیونی خاک دارند. هنگامی که پ- اچ خاک پایین باشد. تیمار نانواکسید روی موجب کاهش مقدار ماده آلی (معنی‌دار در هر سه سطح نانوذره نسبت به شاهد) و پ- اچ (معنی دار در سطوح ۱ و ۳ درصد نانوذره نسبت به شاهد) خاک لوم شنی (شکل ۲ و شکل ۱- ب) شد. به همین علت در این خاک افزودن نانوذره موجب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی شد. نتایج این پژوهش نشان از این داشت که افزودن نانوذرات به خاک موجب افزایش معنی‌دار گنجایش تبادل کاتیونی خاک در بعضی سطوح بافت‌ها شده‌است.



شکل ۱- اثر متقابل نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانوذرات اکسید روی (ZnO) بر (الف) گنجایش تبادل کاتیونی، (ب) واکنش خاک، (ج) هدایت الکتریکی و (د) درصد ماده‌آلی خاک. در هر شکل وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آماری آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی هر ستون نشان‌دهنده انحراف استاندارد داده‌ها است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و همچنین برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر پ- اچ خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر پ- اچ خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات در سطح ۳ درصد در بافت لوم شنی و در سطح ۱ و ۳ درصد در بافت رسی موجب کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) پ- اچ خاک

شد، اما در خاک لومی همه سطوح کاربرد نانو ذره موجب افزایش معنی دار ($P < 0.05$) پ- اچ خاک نسبت به شاهد شدند، که تفاوت بین همه آن‌ها نیز با همدیگر معنی‌دار ($P < 0.05$) بود (شکل ۱- ب). Gimbert و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تجمع نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در محلول خاک همبستگی منفی با ویژگی‌های خاک همچون ماده‌آلی محلول و مقدار رس و همبستگی مثبت با قدرت یونی، پتانسیل زتا و پ- اچ خاک دارد. با کوچک شدن ذرات در اندازه نانو بر میزان حلالیت ذرات افزوده شده و به همین دلیل میزان روی (Zn) در محلول خاک افزایش می‌یابد. با توجه به پتانسیل یونی متوسط ذرات روی (Zn)، این ذرات هیدرولیز شده و موجب رسوب هیدروکسید روی در محلول خاک، آزاد شدن پروتون در محلول خاک و در نهایت کاهش پ- اچ خاک و ایجاد شرایط اسیدی می‌گردند (Bohn و همکاران، ۲۰۰۲). به همین علت در خاک لوم شنی و رسی در سطوح ذکر شده استفاده از نانوذره اکسیدروی باعث کاهش پ- اچ گردید. از سوی دیگر تغییرات ماده‌آلی خاک می‌تواند موجب کاهش یا افزایش pH خاک شود. این عمل مربوط به تکامل موادآلی و سطح تجزیه آن‌ها می‌باشد. مولکول‌های آلی توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند و سبب تولید CO_2، اسیدهای آلی و انتشار اولیه آمونیاک می‌شوند که موجب کاهش pH خاک می‌گردد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به مطالب گفته شده، خاک لوم‌شنی در سطح ۳ درصد حاوی مقدار بیشتر موادآلی نسبت به سطوح ۰/۵ و ۱ درصد می‌باشد (شکل ۲). بنابراین با وجود مقادیر بیشتر ماده‌آلی در این سطوح، شاهد تجزیه ماده آلی و تولید بیشتر CO_2 و سرانجام کاهش pH خاک خواهیم بود. همچنین در مقایسه بین تمامی سطوح خاک لوم‌شنی و رسی، همانطور که مشاهده می‌شود خاک لوم‌شنی در تمامی سطوح از مقدار محتوای ماده‌آلی کمتری نسبت به خاک رسی برخوردار می‌باشد (شکل ۲) و به علت تجزیه کمتر و تولید کمتر CO_2، از کاهش کمتر pH خاک نیز برخوردار می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک × سطوح کاربرد نانو ذره در سطح ۱ درصد آماری بر مقدار هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر هدایت الکتریکی خاک نشان داد که استفاده از نانوذرات در خاک‌های لوم شنی و رسی در همه سطوح کاربرد نانو ذره و در بافت لومی تنها در سطح ۳ درصد موجب افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) هدایت الکتریکی نسبت به شاهد شد (شکل ۱- ج). علت افزایش قابلیت هدایت الکتریکی را می‌توان با انحلال آهک خاک به دلیل شرایط اسیدی ایجاد شده ناشی از هیدرولیز ذرات Zn در محلول خاک مرتبط دانست، که موجب افزایش شوری خاک می‌گردد (Bohn و همکاران، ۲۰۰۲) و با توجه به کاهش pH در بعضی از سطح‌های خاک‌های لوم‌شنی و رسی، مورد پذیرش می‌باشد. همچنین، ماده‌آلی خاک دارای بار وابسته به پ- اچ می‌باشد که با افزایش اسیدیته خاک، خالص بار الکتریکی منفی خاک زیاد شده و هدایت‌الکتریکی خاک افزایش می‌یابد (اوستان، ۱۳۸۹). با توجه به مقدار بالای پ- اچ خاک برای تیمار ۳ درصد وزنی خاک لومی (شکل ۱-ب)، افزایش قابلیت هدایت الکتریکی برای خاک لومی نیز مورد قبول می‌باشد. Tejada و Gonzalez (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که در اثر افزایش ماده‌آلی، مقدار هدایت الکتریکی عصاره‌ی خاک بالا رفته و در اثر این افزایش، هم‌آوری و تشکیل خاکدانه‌ها به صورت موقتی بیشتر شده که منجر به بهبود وضعیت ساختمان خاک شده‌است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر بافت خاک، سطوح کاربرد نانو ذره و برهم‌کنش دو طرفه نوع بافت خاک× سطوح کاربرد در سطح ۱ درصد آماری بر متغیر ماده‌آلی خاک معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد نانوذره بر محتوای ماده‌آلی خاک نشان داد که در خاک لوم شنی و لومی، همه سطوح نانوذرات موجب کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) مقدار ماده‌آلی خاک نسبت به شاهد شدند، ولی در خاک رسی تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) بین سطوح مختلف کاربرد نانو ذره نسبت به تیمار شاهد وجود نداشت (شکل ۱- د). در تحقیقات مختلف گزارش‌هایی مبنی بر افزایش معدنی شدن کربن آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن متوالی گزارش شده است. در این مطالعات افزایش تنفس میکروبی، به عنوان شاخصی از فعالیت ریز جانداران خاک و میزان معدنی شدن کربن آلی بعد از مرطوب شدن مجدد گزارش شده‌است. افزایش مجدد فعالیت ریزجانداران خاک منجر به افزایش مصرف کربن آلی محلول خاک و کاهش کربن آلی در محلول خاک می‌گردد (Fierer و Schimel، ۲۰۰۱، Wu و Brookes، ۲۰۰۵). همچنین به علت اینکه در طی بازه زمانی انکوباسیون هیچ ورودی ماده‌آلی به ظروف حاوی خاک‌های تیمار شده وجود نداشته‌است به همین علت کاهش و یا عدم تفاوت معنی‌دار در سطوح مختلف خاک‌ها امری منطقی می‌باشد. یکی دیگر از علت‌های این کاهش می‌تواند مربوط به اثر رقیق-سازی (مخلوط شدن خاک + نانو) باشد که موجب کاهش میزان ماده‌آلی در خاک‌های مذکور (لوم‌شنی و لومی) شده‌است.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست‌آمده در این پژوهش درک روشنی از اثرات کاربرد نانو اکسیدروی (ZnO) بر برخی خواص شیمیایی خاک‌ها را بیان کرد. افزایش نانو اکسید روی موجب افزایش مقدار گنجایش تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی خاک در بافت‌های مختلف خاک گردید که این امر به دلیل سطح ویژه بسیار بالای این ذرات و افزایش انحلال کربنات کلسیم ناشی از هیدرولیز ذرات Zn در محلول خاک می‌باشد. در مقابل، کاربرد نانو ذرات

اکسید روی منجر به کاهش محتوای ماده‌آلی در بعضی سطوح از خاک‌های لوم‌شنی و لومی گردید که موجب بی ثباتی ساختمان و ساختار خاک خواهد شد، اما در خاک لومی موجب افزایش پ- اچ و در خاک رسی در سطح ۳ درصد موجب افزایش ماده‌آلی خاک نسبت به سطوح ۰/۵ و ۱ درصد وزنی شد. بنابراین استفاده از ذرات نانو به‌ویژه اکسیدهای فلزی همچون نانو اکسیدروی در مرحله اول می‌تواند راهکار مناسبی در جهت کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی باشد و ثانیا کاربرد آن در خاک به عنوان یک تیمار و اصلاح کننده آلی می‌تواند سبب بهبود کیفیت خاک‌های زراعی گردد.

منابع:

اوستان، ش. ۱۳۸۳. شیمی خاک با نگرش زیست محیطی. انتشارات دانشگاه تبریز. ۴۵۴-۱.

بروغنی، م. میرنیا، س. وهابی، ج. احمدی، س. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر نانوزئولیت درکاهش فرسایش خاک با استفاده از باران‌ساز FEL3. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال پنجم. شماره ۹. ص ۹۵-۱۰۶.

سالاردینی، ع. ۱۳۸۷. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۰-۱.

عبدلی، م. ۱۳۹۴. حذف فسفات از محلول‌های آبی با استفاده از نانوجاذب‌های اکسیدی ساده و اصلاح شده (TiO_2, ZnO, MgO). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی ملایر.

مرادی، ن. رسولی صدقیانی، م. سپهر، ا. ۱۳۹۶. تأثیر نوع و مقدار بیوچار بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت استفاده بعضی عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۳۱. شماره ۴. ص ۱۲۴۶-۱۲۳۲.

Bayat, H., Kolahchi, Z., Valaey, S., Rastgou, M., & Mahdavi, S. 2019. Iron and magnesium nano-oxide effects on some physical and mechanical properties of a loamy Hypocalcic Cambisol. Geoderma, 335, 57-68.

Ben-Moshe, T., Frenk, S., Dror, I., Minz, D., and Berkowitz, B. 2013. Effects of metal oxide nanoparticles on soil properties. Chemospere, 90,640-646.

Bohn, H. L., Myer, R. A., & O'Connor, G. A. 2002. Soil chemistry. John Wiley & Sons.

Conway, J. R., and Keller, A. A. 2016. Gravity-driven transport of three engineered nanomaterials in unsaturated soils and their effects on soil pH and nutrient release. Water research, 98, 250-260.

Fierer, N., & Schimel, J. P. 2002. Effects of drying–rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. Soil Biology and Biochemistry, 34(6), 777-787.

Gimbert, L. J., Hamon, R. E., Casey, P. S., & Worsfold, P. J. 2007. Partitioning and stability of engineered ZnO nanoparticles in soil suspensions using flow field-flow fractionation. Environmental Chemistry, 4(1), 8-10.

Kim, J. (Ed.). 2016. Advances in Nanotechnology and the Environment. CRC Press.

Mahdavi, S., Jalali, M., and Afkhami, A. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solutions using Fe 3 O 4, ZnO, and CuO nanoparticles. In Nanotechnology for Sustainable Development (pp. 171-188). Springer, Cham.

Mahdavi, S., Molodi, P., and Zarabi, M. 2018. Utilization of bare MgO, CeO2, and ZnO nanoparticles for nitrate removal from aqueous solution. Environmental Progress and Sustainable Energy.

Mirkhani, R., & Saadat, S. 2005. Using Particle Size Distribution and Organic Carbon Percentage to Predict the Cation Exchange Capacity of Soils of Lorestan Province.

Sparks, D. L. 2003. Environmental soil chemistry. Elsevier.

Tassi, E., Pini, R., Gorini, F., Valadão, I. C. R. P., and De Castro, J. A. 2012. Chemical and physical properties of soil influencing Tio2 nanoparticles availability in terrestrial ecosystems. Journal of Environmental Research and Development, *6*(4), 1034-1038.

Tejada, M., & Gonzalez, J. L. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research, 91(1-2), 186-198.

Wu, J., & Brookes, P. C. 2005. The proportional mineralisation of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. Soil Biology and Biochemistry, 37(3), 507-515.

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Effect of zinc oxide nano-particles (ZnO) on some chemical properties of soils with different textures

Rezaei, S*[1]., Bayat, H. [2]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu- Ali Sina University, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu- Ali Sina University, Iran

Abstract

Given the energy crisis in the world and the increase in environmental pollution, clean and renewable energy and the reduction of environmental pollution are needed. Nanoparticles have the ability to alter some of the physical, mechanical and chemical properties of soils due to their high specific surface area and reactivity. But, the effect of ZnO nanoparticles on most soil properties, has not been investigated, so far. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of ZnO nanoparticles on some chemical properties of the soil with different textures. For this purpose, sampling from soils with sandy loam, loamy and clay textures was performed, and soils mixed with certain weight percentages of ZnO nanoparticles in three replicates. The treated soils were placed in plastic containers for 120 days under continuous saturation and drying conditions. Then, the possible effects of zinc oxide nanoparticles on some soil properties were investigated. The results showed that zinc oxide increased the amount of cation exchange capacity and soil electrical conductivity ($P < 0.05$) in different soil textures. In contrast, the application of ZnO nanoparticles resulted in a decrease in pH and organic matter content ($P < 0.05$) in some levels of sandy loam and clayey soils. Therefore, the use of nanoparticles, especially metal oxides such as zinc oxide in soils as a modifier, can improve the quality of agricultural soils.

Keywords: environmental pollution, chemical properties, zinc oxide nanoparticles

* Corresponding author, Email: sa.rezaei.95@gmail.com