تأثیر چند ساله نانوذرات بر برخی خصوصیات خاک

الهه دارائی[۱]، حسین بیات[۲]، مصطفی راستگو[۳] و سیده فاطمه اسلامی[۳]
به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجویان دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

در سال‌های اخیر رفتار و ویژگی‌های نانوذرات آزاد شده به محیط زیست مورد مطالعه قرارگرفته است. در حقیقت، انتقال و تحرک نانوذرات به شدت وابسته به شرایط محیط زیست می‌باشد. با این حال اثرات کاربرد چند ساله نانوذرات بر خصوصیات خاک کم‌تر شناخته شده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر چند ساله نانوذرات بر برخی خصوصیات خاک بود. برای این منظور مقادیر مختلفی از دو نوع نانوذره اکسید فلزی MgO و Fe_3O_4 (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) با یک خاک لومی در سه تکرار مخلوط شد و اثرات احتمالی نانوذرات بر خواص مختلف خاک بعد از گذشت سه سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد نانوذره، درصد کربن آلی خاک را کاهش داد. همچنین نانو ذرات به سبب دارا بودن سطح ویژه زیاد میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها را افزایش دادند. هرچند تاثیر نانو اکسید منیزیم بیشتر بود.

واژه های کلیدی: میانگین وزنی قطر ذرات خاک، نانو ذره اکسید آهن، نانوذره اکسید منیزیم

مقدمه

نانوتکنولوژی یکی از مدرن‌ترین فناوری‌های موجود است که به علت پتانسیل بالا و خصوصیات منحصر به فرد آن در تمام زمینه‌های علوم و تحقیقات از جمله منابع طبیعی و حفاظت خاک کاربرد دارد (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۲). این فناوری به تدریج در حال گذر از مرحله‌ی آزمایشگاهی به مرحله عملیاتی و کاربردی است و این امر منجر به حضور محسوس‌تر این فناوری در کشاورزی خواهد گردید (باروها و دوتا، ۲۰۰۹).

اندازه ذرات نانو اغلب بین ۱ تا۱۰۰ نانومتر می‌باشند. این ذرات از لحاظ اندازه با کلوئیدها همپوشانی دارند. کلوئیدها در دامنه ذرات بین ۱ نانومتر تا ۱ میکرومتر قرار دارند (بافل، ۲۰۰۶). ذرات نانو اغلب با یکدیگر هم‌آوری پیدا نموده و ذرات کلوئیدی و دانه‌های بزرگتری را تولید می‌کنند که خصوصیات این ترکیبات جدید از لحاظ انتقال، واکنش‌پذیری و دیگر خصوصیات شیمیایی ممکن است با ذرات اولیه متفاوت باشد (نواک و بوچلی، ۲۰۰۷). نتایج تحقیقات نشان داده است که نانواکسید آهن تمایل شدیدی به ایجاد پیوند با ذرات رس خاک دارد و می‌تواند از طریق سیمانی کردن و جذب الکترواستاتیک باعث افزایش خاکدانه‌سازی شود (اشمرتمن و تایلر، ۱۹۸۹). سطح ویژه زیاد ذرات نانو سبب به وجود آمدن انرژی بسیار قوی سطحی بین ذرات می‌شود، لذا خاصیت هم‌آوری بسیار بالایی دارند (ناندا و همکاران، ۲۰۰۳) که می‌تواند بر بهبود پایداری ساختمان خاک مؤثر باشند. قدسی و همکاران (۱۳۹۰) دریافتند که نانواکسید آهن در ایجاد خاکدانه و پایداری ساختمان خاک بسیار مؤثر است.

باتوجه به مطالب بیان شده در مورد اثر نانوذرات بر پایداری ساختمان خاک، نانوذرات را به عنوان عامل پیوند دهنده ذرات خاک می‌دانند (ناندا و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین می‌توان انتظار داشت که کاربرد نانوذرات در خاک، با کاهش درز و شکاف‌ها و افزایش پیوند بین ذرات، مقاومت کششی خاکدانه‌ها را افزایش دهد. تأثیر چند ساله نانوذرات بر خصوصیات فیزیکی خاک در هیچ تحقیقی گزارش نشده است. با در نظر گرفتن استفاده از نانوذرات در اصلاح خاک‌ها در سطوح مختلف در نقاط مختلف دنیا، همچنین اثر آن‌ها بر پایداری ساختمان خاک، بررسی تأثیر بلند مدت این ذرات بر خصوصیات خاک ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد چند ساله نانو اکسید آهن و منیزیم بر برخی خصوصیات خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، یک نمونه خاک لوم، از روستای قیه علی بلاغ واقع در استان همدان از یک مزرعه با کشت غالب گندم، با موقعیت جغرافیایی ۱۲۶ ۳۵ شمالی و ۱۴ ۱۹ ۴۸ شرقی تهیه شد. نمونه‌برداری با اطلاع از خصوصیات خاک منطقه و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. فاکتورها شامل ذرات نانو در دو سطح (نانو اکسید آهن و منیزیم) و سطح استفاده از نانوذرات در چهار سطح (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) بود. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و در مجموع ۲۴ نمونه آزمایشی طراحی گردید. بر روی نمونه‌های برداشت شده پس از سه سال از اعمال تیمارها، کربن آلی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها اندازه‌گیری شد. تأثیر نانو ذرات و سطوح کاربرد آن‌ها بر روی این ویژگی‌ها از طریق تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها، از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی خاک لوم آزمایش شده در این پژوهش شامل درصد کربن آلی، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها برحسب میلی‌متر بودند. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین آن‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

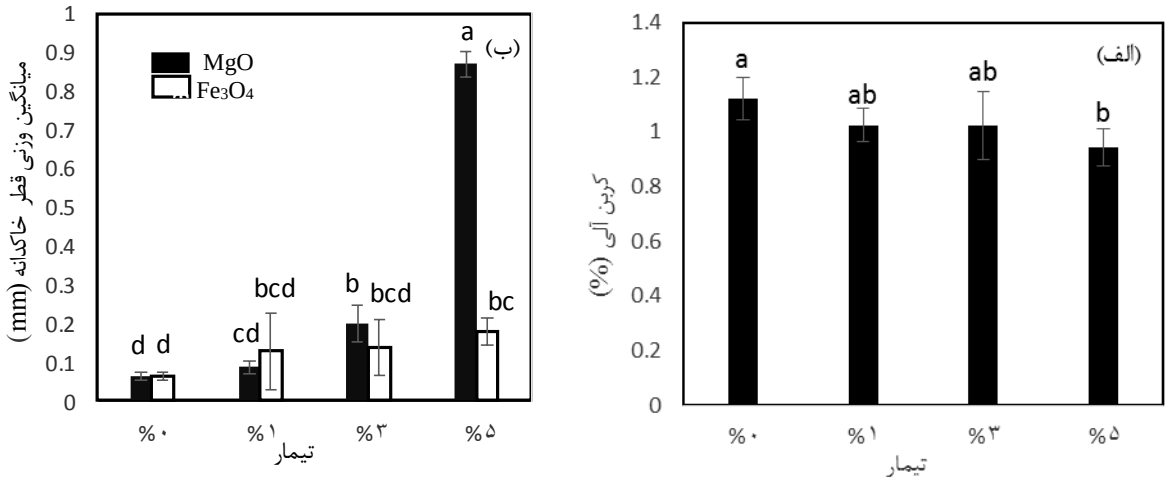
تأثیر نانوذره بر کربن آلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای نانواکسید بر کربن آلی معنی‌دار نشد، ولی تأثیر سطوح کاربرد آن‌ها (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی)، در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف نانوذره بر مقدار کربن آلی خاک نشان داد که استفاده از نانو ذرات موجب کاهش ماده آلی خاک گردید و این کاهش در سطح ۵ درصد وزنی نانوذره نسبت به شاهد (صفر درصد وزنی نانوذره) معنی‌دار بود (شکل ۱- الف). تجمع نانوذرات در خاک سبب مسدود شدن منافذ و کاهش تخلخل خاک می‌شود (بن-موشه و همکاران، ۲۰۱۳). لذا باعث کاهش تهویه و اکسیژن موجود در خاک و به تبع آن کاهش تجزیه مواد آلی در خاک می‌شود، که در نتیجه‌ی آن تجمع ماده‌ی آلی در خاک افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزودن نانوذره، کربن آلی در خاک کاهش می‌یابد که برخلاف یافته‌های محققان دیگر می-باشد که احتمالا می‌توان دلیل این را به چرخه‌ی تر و خشک شدن خاک در بازه‌ی زمانی مشخص ربط داد که باعث افزایش شرایط اکسیداسیون و در نتیجه کاهش ماده‌ی آلی در خاک می‌شود (کاتریس و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین اضافه کردن نانوذرات به خاک باعث رقیق شدن خاک و تغییر میزان ماده‌ی آلی خاک می‌شود. به طوری که در سطوح پایین‌تر میزان کاهش ماده‌ی آلی کمتر بوده ولی در سطوح بالاتر این کاهش چشمگیرتر است. بن-موشه و همکاران، (۲۰۱۳) گزارش کردند که نانوذرات بر کربن آلی خاک تأثیر قابل توجهی ندارند، ولی با توجه به خصوصیات نانوذرات و از آنجایی که نانوذرات به عنوان جاذب و واکنش دهنده‌های کارآمد در جهت کاهش آلاینده‌های آلی و معدنی مطرح هستند و با تأثیری که بر جوامع میکروبی خاک می‌گذارند، توانایی تغییر در ماده آلی خاک را دارند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر کربن آلی، میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها

		میانگین مربع‌ها		
منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی (%)	میانگین وزنی قطر خاکدانه (mm)	میانگین هندسی قطر خاکدانه (mm)
نوع نانو ذره	۱	۰/۰۱۹۴^{ns}	۰/۱۹۱۹**	۰/۰۱۱*
سطح	۳	۰/۰۳۲۰*	۰/۲۶۴۸**	۰/۰۰۸۴*
نوع نانو ذره × سطح	۳	۰/۰۰۳۵^{ns}	۰/۱۷۹۹**	۰/۰۰۶۲^{ns}
خطا	۱۶	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۴

ns ، * و ** به‌ترتیب نشان دهنده عدم تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ درصد و تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.



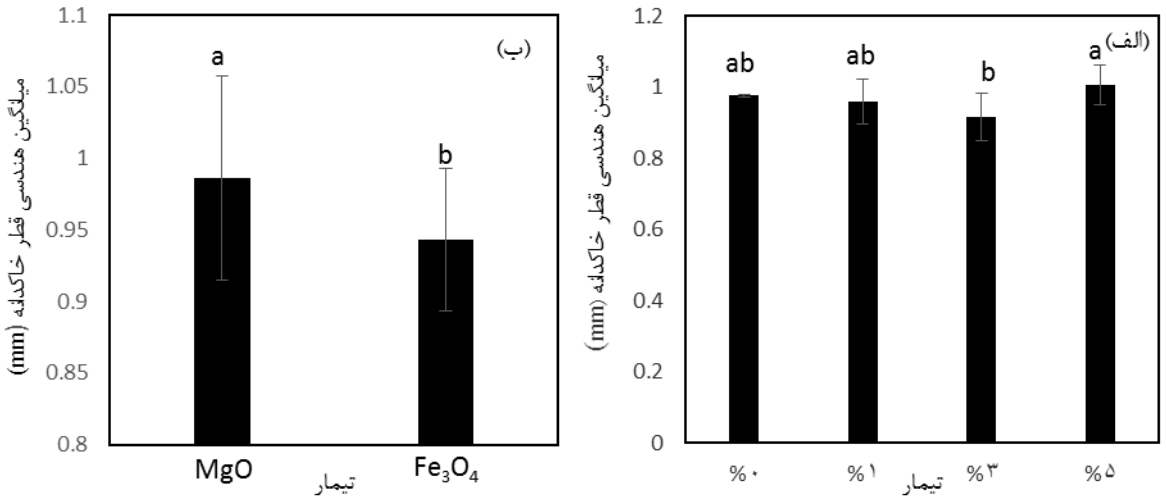
شکل ۱- مقایسه میانگین (الف) اثر سطوح مختلف تیمارها بر کربن آلی و (ب) اثر تیمارهای مختلف بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها در هر یک از نمودارها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی هر ستون نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها است.

تأثیر نانوذره بر میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع نانوذره، سطوح کاربرد و برهمکنش بین نوع نانوذره و سطوح کاربرد آن‌ها در سطح ۱ درصد آماری بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). سطوح ۳ و ۵ درصد وزنی نانواکسید منیزیم باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نسبت به شاهد (بدون نانوذره) شد (شکل ۱- ب). نانواکسید آهن نیز باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نسبت به شاهد شد، که این افزایش در سطح ۵ درصد وزنی معنی‌دار بود. علت افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با افزایش سطح نانواکسید را می‌توان با سطح ویژه بالای این ذرات مرتبط دانست، که باعث به وجود آمدن انرژی بسیار قوی سطحی بین ذرات خاک شده و جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده است. لذا با ایجاد خاصیت هم‌آوری بسیار بالا، پایداری خاکدانه‌ها را افزایش دادند (ناندا و همکاران، ۲۰۰۳). ذرات رس و نانوذرات اکسیدهای آهن و منیزیم در پایداری خاکدانه‌ها نقش بسزایی دارند و ذرات نانو به عنوان عامل پیوند دهنده بین ذرات رس می‌باشند. تأثیر منیزیم در افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بیشتر به دلیل نقش منیزیم در هم‌آوری رس‌ها از طریق جایگزینی کاتیون منیزیم به جای کاتیون‌هایی مانند سدیم تبادلی است که باعث تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها بخصوص خاکدانه‌های کوچک می‌گردد (روستا و عنایتی، ۱۳۹۲). تأثیر تیمارهای منیزیم نسبت به آهن چشمگیرتر بود، بطوری که تفاوت آنها در سطح ۵ درصد وزنی معنی‌دار شد. چرا که حفظ وضعیت و ماندگاری نانواکسید آهن تحت شرایط خاک بسیار

کم است (سان و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین علت این کاهش را می‌توان به رسوب نانواکسید آهن به دلیل آهکی بودن خاک مورد مطالعه (اسپارکس، ۲۰۰۳) نسبت داد، که از اتصال ذرات خاک به یکدیگر جلوگیری کرده و سبب افزایش ذرات ریز در خاک می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها نشان داد که تأثیر نوع نانواکسید و سطوح کاربرد آن‌ها (صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی) در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). نانوذرات با ایجاد و افزایش شبکه‌ای از خاکدانه‌های ریز و بهم پیوسته می‌توانند در توزیع خاکدانه‌های ریز مؤثر باشند (ژانگ، ۲۰۰۷). همچنین مقایسه میانگین، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در سطوح کاربرد نانوذرات (شکل ۲- الف) نشان داد که مقدار آن در سطح ۵ درصد وزنی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار ان در سطح ۳ درصد بود. مقایسه میانگین اثر نوع نانوذره نشان داد که نانوذره منیزیم موجب افزایش معنی‌دار میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها نسبت به تیمارهای نانوذره آهن شد (شکل ۲- ب). این نتایج را می‌توان به اندازه نانوذرات اکسید آهن و منیزیم ربط داد. اندازه ذره نانو اکسید آهن (۵۰-۳۰ نانومتر) نسبت به نانو اکسید منیزیم (۲۵-۲۰ نانومتر) بزرگتر است (مهدوی، ۱۳۹۲)، در نتیجه چگالی ظاهری نانو اکسید آهن بیشتر از نانو اکسید منیزیم می‌باشد، هرچه چگالی ظاهری کمتر سطح تماس بیشتر می‌شود که خود مستعد افزایش پایداری ساختمان خاک می‌باشد. همچنین تأثیر پایین تیمارهای نانو اکسید آهن به علت آهکی بودن خاک بود که مانع از تشکیل پل‌های کاتیونی بین ذرات و هماوری آن‌ها شده است. ایگوی و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که کاتیون‌های چند ظرفیتی همانند آهن و آلومینیوم می‌توانند از طریق تشکیل پل‌های کاتیونی بین ذرات و تشکیل ترکیبات آلی-فلزی سبب هماوری ذرات خاک، تشکیل خاکدانه و بهبود ساختمان خاک شوند.



شکل ۲- مقایسه میانگین (الف) اثر سطوح مختلف تیمارها بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها و (ب) مقایسه میانگین اثر نوع نانو ذرات بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها در هر یک از نمودارها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.خطوط عمودی بر روی هر ستون نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر نانوذرات اکسید آهن و منیزیم بر برخی خصوصیات یک خاک لومی بعد گذشت زمان سه سال از اعمال تیمار مورد بررسی قرار گرفت. به نظر می‌رسد نانوذرات بسیاری از خواص فیزیکی، شمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند که گذر زمان باعث تشدید این تغییرات شده است. با برآیندی از نتایج آزمایشات می‌توان گفت که افزودن نانوذره به خاک به دلیل افزایش اکسیداسیون و احیا در چرخه‌ی تر و خشک شدن خاک در بازه‌ی زمانی مشخص و افزایش نسبت مواد معدنی، درصد کربن آلی خاک را کاهش داد. همچنین استفاده از نانوذره منیزیم در مقدار بهینه به دلیل اندازه کوچک و سطح ویژه زیاد این نانوذره باعث افزایش میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها می‌شود. در مقابل نانوذره اکسید آهن با

اندازه ذره بزرگتر و چگالی ظاهری بیشتر بر میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها نسبت به نانوذره اکسید منیزیم تأثیر کمتری داشت.

منابع

بروغنی، م. میرنیا، خ. وهابی، ج. و احمدی، ج. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر نانوزئولیت در کاهش فرسایش خاک با استفاده از باران‌ساز FEL3. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال پنجم. ، شماره ۹. ، صفحه‌های ۹۵ تا ۱۰۶.

روستا، م. و عنایتی، ک. ۱۳۹۲. اثر اصلاح کننده آلی و معدنی بر میانگین وزن-قطر خاکدانه‌ها. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، سال ..شماره ۸، صفحه‌های ۲۴ تا ۳۳.

قدسی، ع. آستارایی، ع. امامی، ح. و میرزاپور، م. ۱۳۹۰. تأثیر نانو ذرات اکسید آهن و کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی بر غلظت عناصر کم مصرف در خاک‌های شور و سدیمی. صفحه‌های ۱ تا ۵. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران.

مهدوی، شهریار. ۱۳۹۲. حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی و کاهش آبشویی و زیست فراهمی آن‌ها از خاک با استفاده از نانوذرات سنتزی. پایان نامه دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا.

Baruah , S. and Dutta, J. 2009. Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. Environmental Chemistry Letters, 7(3), 191-204.

Ben-Moshe, T., Frenk, S., Dror, I., Minz, D., and Berkowitz, B. 2013. Effects of metal oxide nanoparticles on soil properties. Chemosphere, 90(2), 640-646.

Buffle, J. 2006. The key role of environmental colloids/nanoparticles for the sustainability of life. Environmental Chemistry, *3*(3), 155-158.

Busscher, W. J., Novak, J. M., and Caesar-Ton That, T. C. 2007. Organic matter and polyacrylamide amendment of Norfolk loamy sand. Soil and Tillage Research, 93(1), 171-178.

Coutris, C., Joner, E.J., and Oughton, D.H. 2012. Aging and soil organic matter content affect the fate of silver nanoparticles in soil. Science of the Total Environment, 420, 327-333.

Igwe C.A. and Mbagwu J.S.C. 1995). Physical properties of soils of southeastern Nigeria and the role of some aggregating agents in their stability. Soil Science, 160(6), 431-441.

Nanda, K. K., Maisels, A., Kruis, F. E., Fissan, H., and Stappert, S. 2003. Higher surface energy of free nanoparticles. Physical review letters, 91(10), 106102.

Schwertmann, U., and Taylor, R. M. 1989. Iron oxides. Minerals in soil environments, mineralsinsoile, 379-438.

Sparks D.L. (2003). Environmental soil chemistry. Academic press. 1-367.

Sun Y.P. Li X.Q. Zhang W.X. and Wang H.P. (2007). A method for the preparation of stable dispersion of zero-valent iron nanoparticles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 308(1), 60-66.

Zhang G. 2007. Soil nanoparticles and their influence on engineering properties of soils. In Geo-Denver 2007 Congress: New Peaks in Geotechnics. 1-13.

Several years effect of nano-particles on some of the soil properties

E. Daraei, H. Bayat, M. Rastghoo, and S.F. Eslami
M.Sc. Student, Associate Professor and Ph.D. Students respecetively, Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University

Abstract

In recent years the behavior and properties of nanoparticles released to the environment have been studied. In fact, transport and mobility of nanoparticles in soil were shown to be strongly dependent on environmental conditions. However, little is known about the several years effects of nanoparticles on soil properties. Therefore, the aim of this study was to study about the several years effects of nanoparticles on some of the soil properties. Different amounts of two types of nanoparticle metal oxides, MgO and Fe_3O_4 (zero, 1, 3 and 5 percent) were mixed with a loamy soil in three replications and their possible effects on different properties of the soil after three years, were studied. The results showed that the use of nanoparticles, reduced soil organic carbon content. Also, nanoparticles increased mean weight diameter and geometric mean diameter of soil aggregates due to large specific surface. However, nano-magnesium effect was more effective than that of the nano-iron.

Keywords: Mean weight diameter, Iron oxide nanoparticles, Magnesium oxide nanoparticles.