مقایسه تاثیر ذرات میکرو و نانو اکسید روی بر گیاه خیار رشد کرده در خاک

سحر مقدسی بروجنی[۱]، امیر فتوت[۱]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۲]، رضا خراسانی[۱]، فتح‌الله کریم‌زاده[۳] و حمیدرضا خزاعی[۴]

۱- گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳- گروه مواد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۴- گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد

*smoghadasy@gmail.com

چکیده

در پژوهش حاضر، دسترسی نانو ذرات پوشش‌دار و فاقد پوشش اکسید روی و نیز همتای حجیم آن، در خاکهای با مقادیر متفاوت ماده آلی (دارای کود گاوی و فاقد آن) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، نانو ذرات فاقد پوشش اکسید روی در مقایسه با ذرات حجیمشان قابلیت دسترسی بسیار بیشتری برای گیاه دارند و برخلاف آثار مثبت بیشتر در غلظت‌های پایین (<۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، در غلظت‌های بالا آثار سمی بسیار زیادی دارند. همچنین به طور کلی گیاهان رشد یافته در خاک تیمار شده با ماده آلی، دارای سطوح بالاتری از روی در بافت‌های خود در مقایسه با تیمار خاک فاقد ماده آلی بودند.

واژه های کلیدی: نانو ذرات پوشش‌دار و فاقد پوشش، اکسید روی، ماده آلی

مقدمه

در میان تمامی ذرات نانو، اکسید روی یکی از پرکاربردترین نانو ذرات به حساب می‌آید. آثار سمی نانو ذرات اکسید روی بر باکتری‌ها توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (زانگ و همکاران، ۲۰۰۷). تحقیقات اخیر انجام شده بر روی گیاهان، نشان داد نانو ذرات اکسید روی در سطوح بالا موجب ایجاد سمیت در گیاه می‌گردند (لین و زینگ، ۲۰۰۸). از سوی دیگر روی به عنوان یکی از عناصر ضروری برای گیاه به حساب می‌آید که در سالهای اخیر عنوان مهمترین عنصر کم مصرف را به خود اختصاص داده است. این فرضیه مطرح است که نانو ذرات اکسید روی قابلیت بیشتری در تامین روی مورد نیاز گیاه باشند. با این وجود فاکتورهای متعددی بر فرآهم‌آوری روی از نانو ذرات اکسید روی و جذب آن توسط گیاه مطرح است. مواد آلی خاک پتانسیل زیادی در تشکیل پیوند با اکسیدهای فلزی از جمله اکسید روی و در نتیجه حلالیت آن دارند. همچنین نانو ذرات توانایی ایجاد پوشش بر سطح ذرات کلوئید را دارند.اکثر مطالعات انجام شده بر روی نانو ذرات از جمله تاثیر نانو ذرات اکسیدروی بر گیاهان در محیط هیدروپونیک بوده است و تا کنون رفتار شیمیایی نانو ذرات اکسید روی تحت تاثیر مواد آلی، زمان تماس و پوشش دهی بررسی نشده است. این در حالیست که از یک سو نانو ذرات اکسید روی به عنوان یکی از نانو ذرات پر کاربرد در محصولات مرتبط وارد خاک می‌گردد و شناخت کافی از رفتار این ذره در خاک وجود ندارد و از سوی دیگر این نانو ذرات در غلظت‌های کنترل شده می‌تواند موجبات افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولاتی از جمله خیار را فرآهم آورد. با توجه به پیچیدگیهای محیط خاک، رفتار شیمیایی نانو ذرات در خاک با محیط‌های آبی و نتایج مربوط به کشت هیدروپونیک متفاوت خواهد بود. در این راستا با توجه به ناشناخته بودن سرنوشت نانو ذرات در خاک و نیز عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص رفتار شیمیایی نانو ذرات در محیط خاک، بررسی تاثیر عوامل خاکی بر رفتار نانو ذرات به خصوص نانو ذرات اکسید رویبسیار با اهمیت به نظر میرسد. در پژوهش حاضر سعی بر آن شده تا ضمن استفاده از نانو ذرات اکسید روی و ذرات میکرونی آن در سطوح مختلف (از غلظت‌های کم تا سمی) در کشت خاکی خیار، تاثیر ماده آلی، پوشش نانو ذرات، غلظت روی بر جذب و قابلیت دسترسی روی توسط گیاه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه نانو ذرات و تولید نانو ذرات پوشش‌دار اکسید روی:

نانو ذرات اکسید روی به روش تبخیری تولید گردید (مقدسی و همکاران ۲۰۱۳). بدین منظور ۵ گرم استات روی در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر بر روی همزن مغناطیسی با دور ۱۰۰۰ rpm و دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حل گردید. ۴۵۰ میلی لیتر اتیلن گلیکول قطره قطره به محلول اضافه شد. پس از پنج ساعت محلول باقی ماند در آون به مدت ۱ ساعت قرار داده و نهایتا به منظور کلسینه شدن نانو ذرات در کوره با دمای ۶۰۰ درجه قرار گرفت.

پوشش‌دار کردن نانو ذرات:

به منظور بدست آوردن کمپلکس ۵ گرم از نانو اکسید روی را با ۱ لیتر از محلول هیومیک اسید مخلوط و به مدت ۲ روز شیک کرده. بعد از ان محلول با دور ۳۵۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه جدا سازی گردید. ماده رسوب داده شده با آب مقطر شستشو داده شده و درون فریز درایر قرار گرفت.

آماده‌سازی خاک و کشت گیاه

مقدار ۱۰۰ کیلوگرم از خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متری) منطقه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان دارای بافت سیلت رس لوم، جمع‌آوری و نمونه خاک هوا خشک و از الک با مش ۱ میلی‌متر رد شد. نیمی از خاک خشک شده در آون با ۱٪ از کود گاوی (pH: 7/3، C:N 3/1 ، 6/6 %OC و ۲/۲ %N) مخلوط گردید. کود جمع‌آوری شده از مزرعه منطقه قبل از اضافه شدن به مدت سه روز هوا خشک و سپس از الک ۲ میلی‌متر رد شده. ویژگیهای مختلف خاک مورد استفاده، از قبیل بافت خاک (به روش هیدرومتر، (بویوس، ۱۹۶۲)، پی اچ (با استفاده از پی‌اچ متر در KCl یک مولار در نسبت محلول به خاک ۵/۲)، درصد کربن آلی (به روش اکسیداسیون تر در مجاورت بیکربنات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ)و درصد نیتروژن کل (با استفاده از دستگاه اتوکلکت به روش کلدال) تعیین شده است.

۲۰، ۲۰۰ و ۲۰۰۰ گرم از نانو ذرات پوشش‌دار و فاقد پوشش اکسید روی و ذرات حجیم آن در سه تکرار به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز) التراسونیک شده و به طور همگن بر سطح خاک مه‌پاش (۱۰۰ میلی لیتر) گردید تا غلظت نهایی معادل ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک را ایجاد کند. نمونه فاقد روی نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

بذرهای همگن خیار *Cucumis sativus* L. cv. Dominus پس از جوانه زدن به گلدان‌های دو کیلوگرمی منتقل شد و به مدت سی روز در شرایط گلخانه نگهداری شدند. دوره‌های نوری گلخانه ۱۲ ساعت و حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۳۰ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. در طول کشت رطوبت در حد ظرفیت زراعی نگه داشته شد. در زمان برداشت توده هوایی از ریشه جدا و وزن شد و پس از شستشو با آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شد. در نهایت ریشه و شاخسارع در اسیدکلردیدریک دو مولار عصاره‌گیری و غلظت روی با کمک دستگاه جذب اتمی (پرکین المر مدل ۳۰۳۰) تعیین شد.

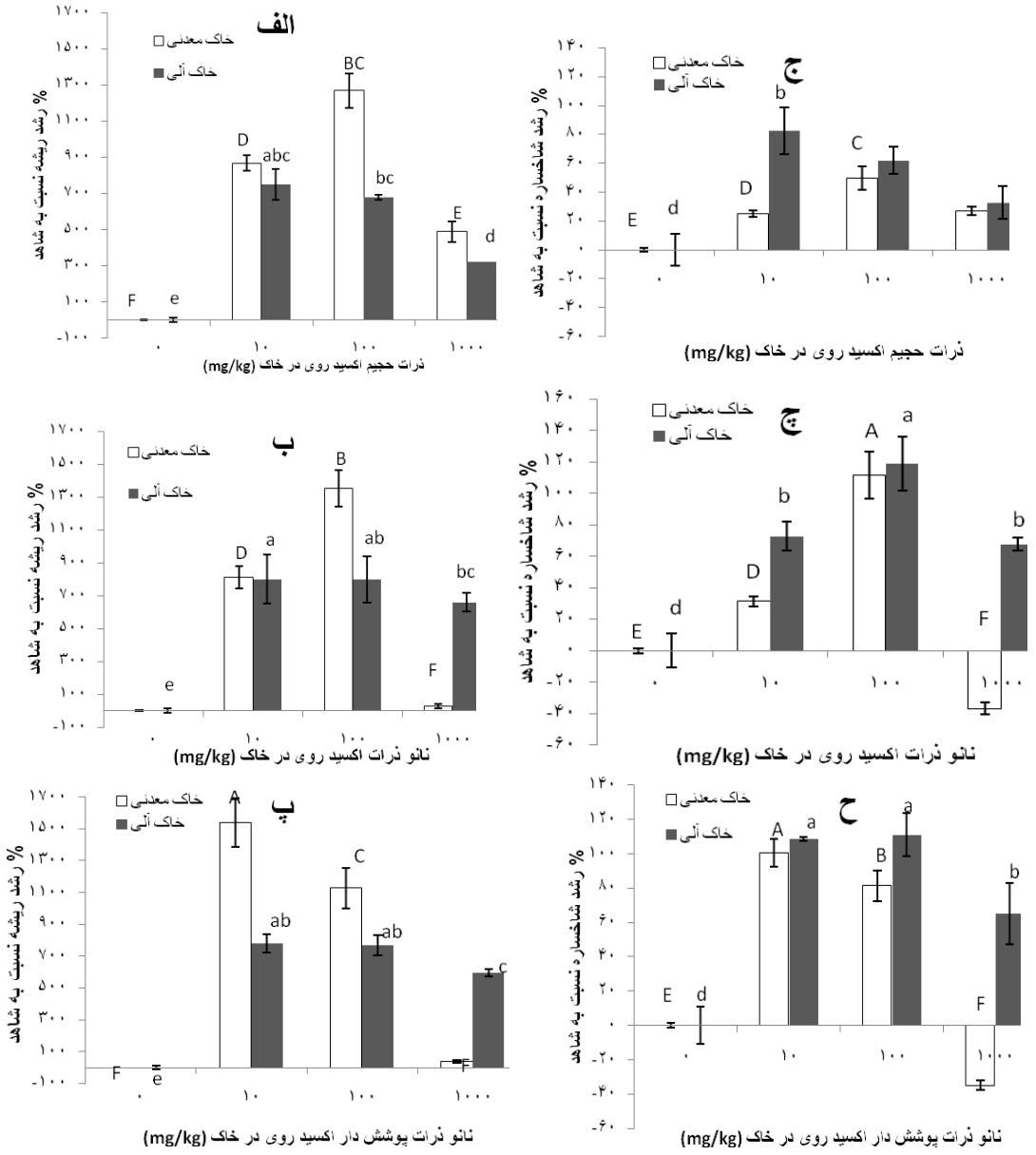
تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل پژوهش شامل پنج سطح روی (صفر، ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از سه منبع کودی (اکسید روی حجیم و نانو ذرات پوشش‌دار و فاقد پوشش اکسید روی) در دو خاک غنی شده با ماده آلی بوده است. تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم افزار Statistix 8 و Excell و آزمون t-student آنالیز گردید. همچنین برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

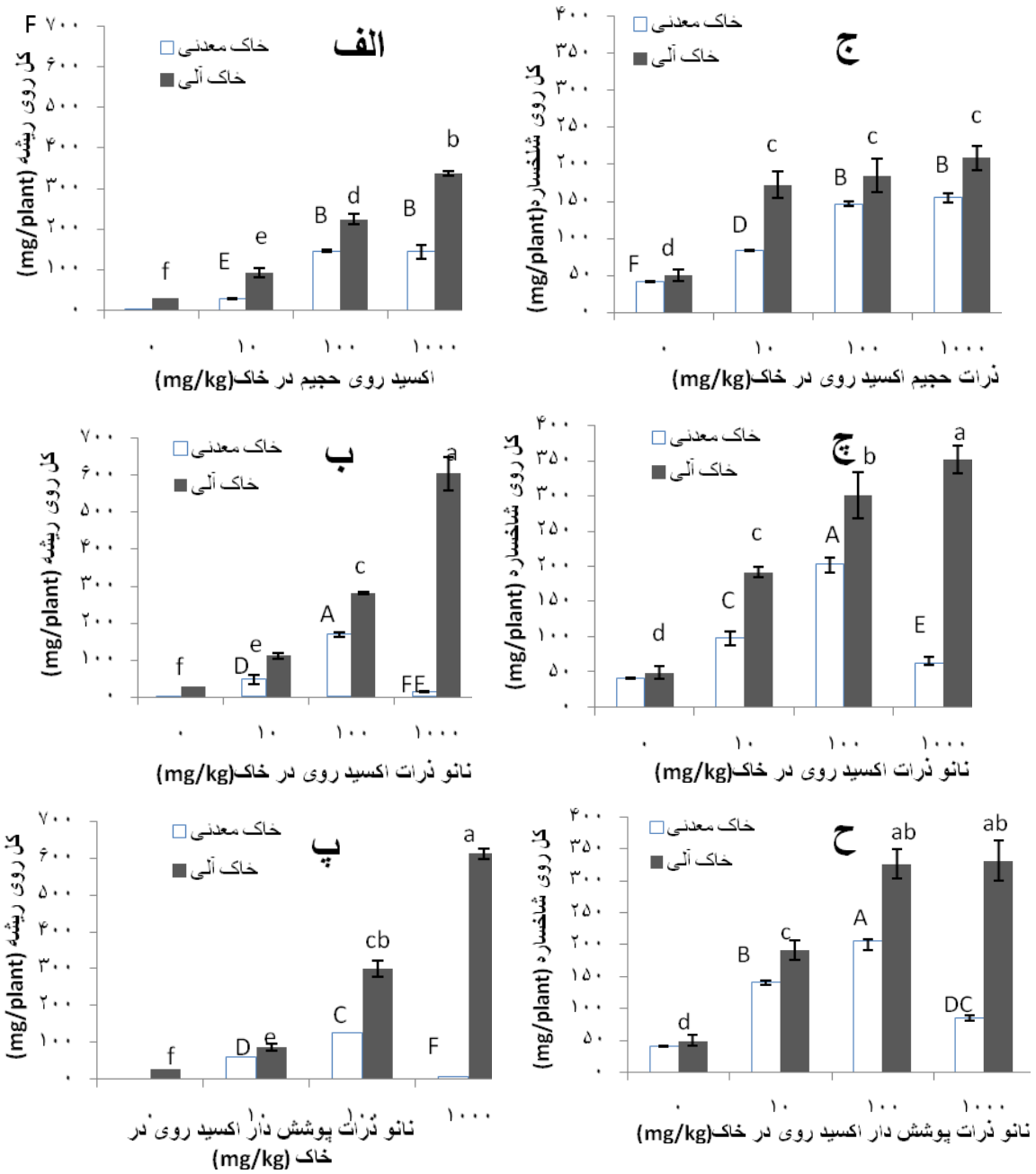
در غلظت بالای اکسید روی در خاک معدنی،سمیت نانو ذرات (پوشش‌دار و فاقد پوشش) در مقایسه با ذرات حجیم بیشتر بود. غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی از منبع نانو ذرات پوشش‌دار و فاقد پوشش اکسیدروی در خاک معدنی به ترتیب موجب کاهش ۳۵ و۳۷ درصدی رشد شاخساره در مقایسه با تیمار شاهد و ۱۳۸ و ۱۵۰ درصدی در مقایسه با بیشینه زیست توده شاخساره تولیدی (در سطح ۱۰ و یا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شد (شکل ۱). این در حالیست که همین غلظت روی (۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از منبع ذرات حجیم اکسید روی نه تنها زیست‌توده را کاهش نداد بلکه سبب افزایش ۱۸ درصدی رشد گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شد.

تاثیر نانو ذرات در افزایش رشد شاخساره حدود۶۰ درصد در خاک معدنی و ۳۶ درصد در خاک غنی شده با ماده آلی از ذرات حجیم اکسید روی بیشتر بود.این درحالیست که در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی،کاربرد نانو اکسید روی موجب کاهش ۵۲ درصدی زیست توده شاخساره در خاک معدنی و افزایش ۳۵ درصدی زیست توده شاخساره در خاک آلی، در مقایسه با ذرات حجیم شد. به نظر میرسد مواد آلی باعث کاهش اثرهای مخرب ویژه نانو ذرات میگردند به طوری که در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی از منبع نانوذرات اکسید روی، کاهش زیست توده ریشه در خاک معدنی بیشتر ازخاک آلی بود. برخی تحقیقات نشان داده با توجه به ویژگی‌های خاک، سمیت نانو ذرات موجود در آن، حتی در سطوح بالا میتواند جزیی باشد (واتسون و همکاران ۲۰۱۵). لی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، اگرچه پوشش مواد آلی بر سطح نانو ذرات، مانع از آگلومره شدن آنها میشود، اما از سوی دیگر دسترسی آنها برای سلول‌های زنده را محدود میکند. مواد الی طبیعی غنی از گروه‌های عاملی، میتوانند با نانو ذرات تشکیل کمپلکس داده که این موضوع میتواند سبب کاهش زیست فراهمی آنها شود (لی و همکارن ۲۰۱۱).



شکل ۱- ٪ رشد وزنی ریشه (الف-ج) و شاخساره (چ-ح) گیاه خیار نسبت به شاهد

تاثیر کاربرد روی بر جذب روی توسط گیاه بسته به نوع خاک (آلی یا معدنی) و منبع مورد مصرف متفاوت است (شکل ۲). بر اساس نتایج، مقدار روی جذب شده توسط ریشه و شاخساره در خاک غنی شده با ماده آلی بیشتر از خاک معدنی بود که این اختلاف در تمامی موارد بجز سطح ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانو ذرات پوشش‌دار اکسید روی، معنی‌دار بود. تفاوت جذب روی شاخساره بین خاک معدنی و خاک غنی شده با ماده آلی، در تیمار نانو ذرات (پوشش‌دار و فاقد پوشش) بیشتر از تیمار ذرات حجیم بود.



شکل ۲- مقدار جذب کل روی در ریشه (الف-ج) و شاخساره (چ-ح)گیاه خیار

در خاک غنی شده با ماده آلی، در اکثر سطوح کاربردی روی، جذب کل ریشه تحت تیمار نانو ذرات اکسید روی بیشتر از ذرات حجیم بود. جذب کل شاخساره گیاه نیز در تیمار نانو ذرات بیشتر از ذرات حجیم اکسید روی در سطوح ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک معدنی و ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک غنی شده با ماده آلی، بود. در خاک معدنی و در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی، جذب روی ریشه و شاخساره گیاه از منبع نانو ذرات کمتر ازاکسید روی حجیم بود با توجه به جذب بیشتر روی در خاک غنی شده با ماده آلی نسبت به خاک معدنی، به نظر میرسد که زیست فراهمی روی برای گیاه تحت تاثیر نانو ذرات در خاک غنی شده با ماده آلی نسبت به خاک معدنی افرایش یافته است. در خاک آلی به سبب تعدیل اثرات نانو ذرات توسط مواد آلی، مقدار زیست توده گیاه در تیمار نانو ذرات بیشتر از ذرات حجیم بوده است ولی در خاک معدنی آثار مخرب ویژه نانو ذرات (پوشش‌دار و فاقد پوشش) باعث گردیده زیست توده ریشه به شدت نسبت به همین سطح از همتای حجیم کاهش پیدا کند.

بطور کلی مقادیر روی پیوند شده با ماده آلی در خاک غنی شده با ماده آلی بیشتر از خاک معدنی بوده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد نانو ذرات اکسید روی، رفتار متفاوتی در خاک نسبت به ذرات حجیم خود داشته و این رفتار بسته به درصد ماده آلی خاک متفاوت بود. همچنین نتایج نشان داد نانو ذرات پوشش دار و فاقد پوشش نسبت به ذرات حجیم اکسید روی، زیست فراهمی بیشتری برای گیاه داشته و علیرغم اثرهای مثبت بیشتر در سطوح پایین، سمیت بیشتری برای گیاه در سطوح بالاتر نسبت به ذرات حجیم اکسید روی در خاک معدنی داشتند.

با توجه به نتایج، پوشش‌دار بودن و یا عدم پوشش‌دار بودن نانو ذرات، اندازه ذرات، سطوح بکار رفته و میزان مواد آلی موجود در خاک تاثیر بسزایی در نتایج کاربرد نانو ذرات دارد.

منابع

Lee, S., Kim, K., Shon, H.K., Kim, S.D., Cho, J., 2011. Biotoxicity of nanoparticles: effects of natural organic matter. J. Nanopart. Res. 13, 3051–3061.

Lin, D. H., Xing, B. S., 2008, Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. Environ. Sci. Technol. 42: 5580-5585.

Moghaddasi, S., Fotovat, A., Karimzadeh, F., Khazaei, H. R., Khorassani, R., Lakzian, A., 2016. Effects of Coated and Non-Coated ZnO Nano Particles on Cucumber Seedlings Grown in Gel Chamber. Arch. Agron. Soil Sci. 63, 1108-1120.

Watson, J. L., Fang, T., Dimkpa, C. O., Britt, D. W., McLean, J. E., Jacobson, A., Anderson, A. J., 2015. The phytotoxicity of ZnO nanoparticles on wheat varies with soil properties. Biometals. 28, 101–112.

Zhang, L., Su, M., Liu, C., Chen, L., Huang, H., Wu, X., Liu, X., Yang, F., Gao, F., Hong, F., 2007. Antioxidant Stress is Promoted by Nano-anatase in Spinach Chloroplasts Under UV-B Radiation. Biol Trace Elem Res. 109:68.

Comparison the impact of coated and uncoated ZnO nanoparticles with its bulk counterpart to cucumber growth in soil

S. MOGHADDASI[1]*, A. FOTOVAT[1], A. H. KHOSHGOFTARMANESH[2], R. KHORASSANI[1], F . KARIMZADEH[3] and H. R. KHAZAI[4]

Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad[1], Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology[2], Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology[3], Department of Crop Science, Ferdowsi University of Mashhad[4]

Abstract

In this study, the availability ZnO NPs in two soils with different organic matter content (one treated with cow manure (CM) and the other as untreated) was compared with their bulk particles. Results showed that coated and uncoated ZnO NPs can be more bioaccessible than their bulk counterpart and despite their more positive effects at low concentration (< 100 mg kg^{-1}), they were more phytotoxic for plants compared to the bulk ZnO particles at high concentration (1000 mg kg^{-1}) in the soil untreated with CM. In general, plants in the CM-treated soil showed higher Zn concentration in their tissues compared with those in untreated soil.

Keywords: Coat and uncoated nano particles, Soil organic matter