اثر نانوذرات دی‌اکسیدسیلسیوم و کیتوزان بر برخی پارامترهای رشدی گندم

فریده بهبودی[۱]، زین العابدین طهماسبی سروستانی[۲]، محمد زمان کسایی[۳*]، سید علی محمد مدرس ثانوی[۴]، علی سروش زاده[۵]

[۱] دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، [۲] دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، [۳*] استاد، دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس، [۴] استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، [۵] دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

kassaeem@modares.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر نانوذرات دی‌اکسیدسیلیسیوم (سیلیس) و کیتوزان بر برخی پارامترهای رشدی گیاه گندم، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام آزمایش پس از کاشت بذور، سوسپانسیون نانوذرات سیلیس و کیتوزان آماده شده به خاک و گیاه در سه مرحله‌ی رشدی (پنجه دهی، طویل شدن ساقه و خوشه دهی) به صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی مصرف گردیدند. نتایج نشان داد که مصرف نانوذرات اثر معنی‌داری بر سطح برگ، محتوای آب نسبی برگ، کلروفیل برگ، تعداد پنجه، ارتفاع ساقه و زمان خوشه‌دهی داشت. محلول پاشی نانوذرات موجب افزایش زمان خوشه دهی نسبت به روش دیگر شد. مصرف غلظت بالای هر دو نانوذرات (۶۰ و ۹۰ پی پی ام) موجب بهبود معنی دار میزان صفات اندازه گیری شده نسبت به عدم مصرف نانوذرات شد. در مجموع باید در مصرف انواع نانوذرات در مقادیر و روش‌های مختلف توجه کافی مبذول نمود.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، سیلیس، خوشه‌دهی، نانو تکنولوژی، کیتوزان

مقدمه

گندم از قدیمی ترین گیاهان زراعی است که در نقاط مختلف دنیا به منظور تولید دانه برای تهیه نان، تغذیه حیوانات و مصارف صنعتی کشت می شود. این گیاه بعنوان غذای اصلی نیمی از جمعیت دنیا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و یک گیاه استراتژیک تلقی می گردد (آراسته، ۱۳۷۰). از طرفی، صنعت نانوتکنولوژی از اوایل قرن حاضر رشد و توسعه چشم‌گیری داشته و امیدواری‌هایی را برای غلبه بر برخی مشکلات کشاورزی در آینده به‌وجود آورده است (Moraru et al., 2003). اخیرا از این تکنولوژی در رشد و کنترل بیماری‌های گیاهی و رهاسازی آهسته و دوزهای موثر کودی برای گیاه استفاده می‌شود (Park et al., 2007; Singh, 2012). این فناوری می‌تواند در افزایش تولید گیاهان کوچک خوراکی مانند اسفناج، تربچه و گندم سیاه یا دانه مانند ذرت، برنج و گندم مفید باشد (Rico et al., 2011). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سیلیسیوم به صورت اسپری و کاربرد کودی در ایجاد مقاومت گیاهان به آفات، بیماری‌ها، خشکی و سایر تنش‌های زیستی و غیرزیستی توسط افزایش فعالیت فیزیولوژیکی و در نهایت افزایش عملکرد گیاهان نقش دارد (Bacchus et al., 2010). برخی از محققین در بررسی اثر سیلیسیوم با غلظت ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک بر گندم مشاهده نمودند کاربرد سیلیسیوم به طور معنی‌داری بیوماس، ارتفاع گیاه و وزن خوشه را افزایش داد (Ahmadet al., 2007).

کیتوزان یک پلی ساکارید خطی و مشتق شده از کیتین (در اسکلت خارجی بند پایان مانند حشرات، خرچنگ ردیایی، میگوها، خرچنگ ها و دیواره سلولی نوع خاصی از جلبک ها وجود دارد) می‌باشد که پس از سلولز فراوان‌ترین پلی ساکارید موجود در طبیعت می‌باشد (Dutta et al., 2004). برخی محققین گزارش نمودند که کیتوزان فعالیت آنزیم‌های کلیدی متابولیسم نیتروژن (نیترات ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و پروتئاز) را افزایش داده و موجب افزایش رشد و توسعه‌ی گیاه می‌شود (ChunYan et al., 2003). همچنین، زمانی که کیتوزان در گیاهان استفاده می‌شود، می‌تواند عملکرد را افزایش (Mondal et al., 2012) و تعرق را کاهش دهد (Dzung et al., 2011). از آنجا که امروزه نانو مواد به صورت کود و یا سایر ترکیبات

شیمیایی، وارد محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی می‌شوند، لذا می‌توانند بر فعالیت‌های زیستی و رشد گیاهان به ویژه گرامینه‌ها مؤثر باشند. بنابراین هدف این تحقیق تعیین تأثیر نانوذرات سیلیس و کیتوزان بر گیاه گندم بود.

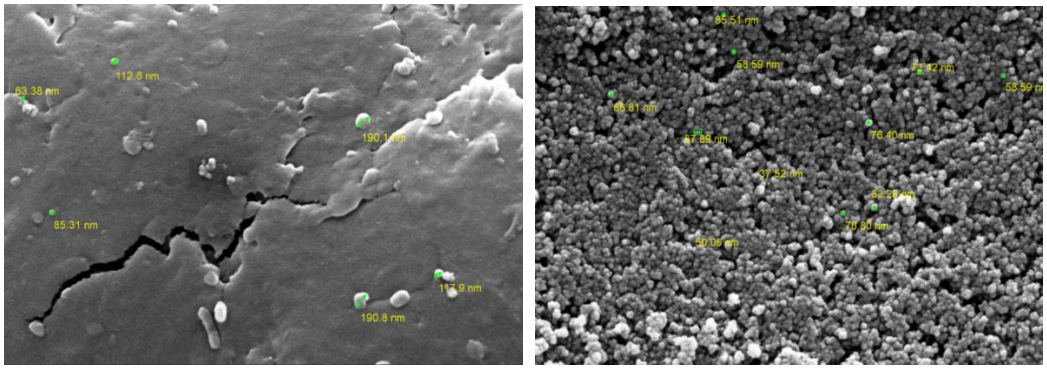
مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۹۴ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور نانوذرات در ۷ سطح (نانوذرات کیتوزان ۳۰، ۶۰، ۹۰ پی‌پی‌ام، نانوذرات سیلیس ۳۰، ۶۰، ۹۰ پی‌پی‌ام و عدم مصرف نانوذرات) و روش مصرف در ۲ سطح (محلول‌پاشی و خاک‌مصرف) در۳ تکرار در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. نانوذرات و خاک از این دانشگاه و بذر گندم رقم پیشتاز از مؤسسه‌ی اصلاح نهال و بذر کرج تهیه گردیدند. ویژگی‌های خاک مصرفی برای انجام آزمایش در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مصرفی

آهن	پتاسیم قابل دسترس	فسفر قابل دسترس	نیتروژن کل	کربن آلی	هدایت الکتریکی	pH	بافت خاک (لومی شنی)		
							شن	سیلت	رس
	ppm		%		$ds.m^{-1}$		%		
۷/۷۶	۶۱۶/۰۸	۶۹/۴۶	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۶۳	۷/۳	۷۲/۲	۱۷/۲۵	۱۲/۵

نانوذرات سیلیس سفید رنگ با خلوص ۹۹٪، متوسط اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر و سطح ویژه بیشتر از ۸۰ متر مربع بر گرم بودند. نانوذرات کیتوزان طوسی رنگ با خلوص ۹۸/۵ ٪ ، متوسط اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر و سطح ویژه بیشتر از ۸۰ متر مربع بر گرم بودند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) این نانوذرات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱- تصاویر FE-SEM نانوذرات. شکل سمت راست نانوذرات دی اکسید سیلسیوم و سمت چپ نانوذرات کیتوزان.

جهت انجام آزمایش، ابتدا کلیه‌ی بذور مورد نظر توسط قارچ‌کش مانکوزب به نسبت ۳ در هزار ضدعفونی شدند. سپس کلیه گلدان‌ها با مخلوطی از خاک مزرعه و کود به مقدار مورد نیاز با توجه به نتایج تجزیه‌ی خاک و توصیه کودی موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب با وزن یکسان پر شدند. بذور ضدعفونی شده داخل بسترهای مورد نظر به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان کشت گردیدند. برای تهیه‌ی سوسپانسیون نانوذرات سیلیس، از روش (Adhikari et al., 2013) و نانوذرات کیتوزان از روش (Li et al., 2008) استفاده گردید. پس از کشت بذور سوسپانسیون نانوذرات آماده شده در غلظت‌های مورد نظر در سه مرحله-

ی رشدی (همزمان با کشت، پنجه‌دهی و خوشه‌دهی) به صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی مصرف گردیدند. پانزده روز بعد از گرده‌افشانی میزان کلروفیل برگ پرچم با استفاده از روش (Arnon, 1967)، پروتئین برگ به روش (Bradford, 1976)، سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ و محتوای آب نسبی برگ بر اساس معادله شونفلد و همکاران (Schonfeld et al., 1988) محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین صفات با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش تیمارهای نانوذرات و روش مصرف بر سطح برگ، محتوای آب نسبی، کلروفیل برگ، تعداد پنجه و ارتفاع ساقه در سطح یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). همچنین اثر تیمار روش مصرف نانوذرات بر زمان خوشه دهی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تیمارهای بکار برده شده اثر معنی داری بر پروتئین برگ نداشت.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر نانوذرات سیلیس و کیتوزان بر گندم

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	df	سطح برگ	محتوای آب نسبی	پروتئین برگ	کلروفیل برگ	تعداد پنجه	ارتفاع ساقه	خوشه‌دهی
تکرار	۲	۴/۸۸	۵۸/۹۵	۰/۰۰۰۰۲ ns	۳۰۴/۸۳	۱/۲۳	۱۰/۶۱	۵/۶۵
نانوذرات (A)	۶	۲۰/۸۵ **	۸۳/۶۱ **	۰/۰۰۰۴۲ ns	۱۷۲۸/۰۲ **	۲۱/۱۷ **	۸۵/۴۸ **	۴/۳۱ ns
روش مصرف (B)	۱	۴/۰۲ ns	۹۹/۲۰ **	۰/۰۰۰۰۲۱ ns	۸۵/۱۷ ns	۳/۹۴ ns	۱۲۵/۰۴ **	۱۴/۲۹ *
A×B	۶	۲۰/۹۹ **	۴۳/۱۷ **	۰/۰۰۰۶۹ ns	۲۰۸۰/۰۷ **	۲۵/۶۱ **	۸۸/۷۴ **	۳/۸۶ ns
خطا	۲۶	۳/۰۱	۳/۸۶	۰/۰۰۰۳۳	۳۵۳/۴۹	۵/۸۰	۵/۰۶	۳/۰۵
CV (%)	-	۷/۵۵	۴/۵۴	۴/۵۱	۲/۷۶	۱۶/۸۸	۳/۴۸	۱/۵۹

**، * و ns : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی دار

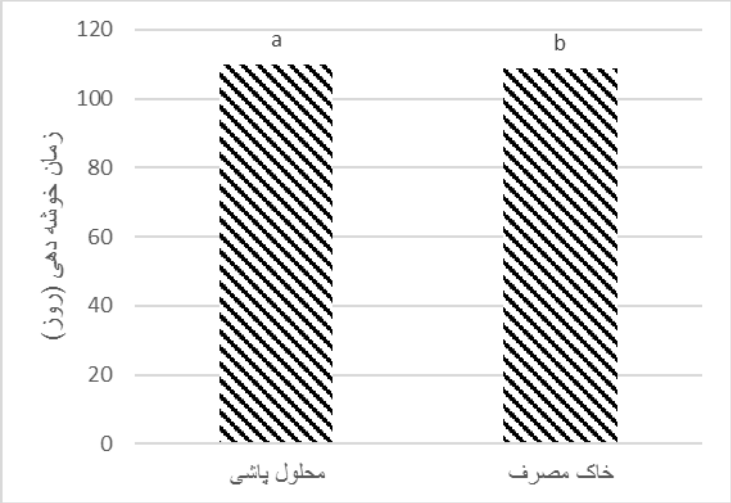
نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین میزان سطح برگ با مصرف خاکی ۹۰ پی‌پی‌ام نانوذرات سیلیس بدست آمد (جدول ۳). بیشترین محتوای نسبی آب برگ نیز با محلول پاشی ۹۰ پی پی ام نانوذرات سیلیس بدست امد. همچنین بیشترین میزان کلروفیل برگ و تعداد پنجه با مصرف خاکی ۳۰ پی پی ام نانوذرات کیتوزان بدست آمد. بین دو نانو ذره اختلاف معنی داری بر میانگین صفات اندازه گیری شده وجود نداشت. مصرف خاکی نانوذرات سیلیس و محلول پاشی هر دو نانوذره اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه نسبت به عدم مصرف نانوذرات نداشت. در حالیکه مصرف خاکی نانوذرات کیتوزان موجب افزایش معنی‌دار تعداد پنجه شد. همچنین مصرف خاکی نانوذرات کیتوزان اثر معنی داری بر ارتفاع ساقه نداشت. همچنین، محلول پاشی نانوذرات موجب افزایش زمان خوشه دهی نسبت به روش خاک مصرف شد (شکل ۲).

سازوکار عمل نانوذرات روی رشد و نمو گیاهان ناشناخته باقی مانده است. نانوذرات کیتوزان ممکن است رشد و نمو گیاه را توسط بعضی مسیرهای انتقال پیام مربوط به بیوسنتز اکسین، از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان، افزایش دهد (Dzung et al., 2011). فاروک و همکاران (Farouk and Ramadan, 2012) گزارش کردند محلول پاشی کیتوزان محتوی کلروفیل و کاروتنوئیدها را افزایش داد. یو و همکاران () [۱۵] در ارزیابی دانه ذرت و سویا با محلول‌پاشی کیتوزان گزارش نمودند که غلظت ۲-۴ گرم بر لیتر کیتوزان منجر به اثر مثبت بر محتوای هورمون داخلی، فعالیت آلفا آمیلاز و محتوای کلروفیل برگ جوانه‌ها گردید. همچنین محلول پاشی کیتوزان در گیاه لوبیا باعث افزایش سطح برگ شد (Sheikha and AL-Malki, 2011). در تحقیقی بر گیاه ذرت (*Zea mays* L.) مشخص شد که کاربرد نانوسیلیکا به‌صورت پودر و مخلوط با خاک گلدان‌ها باعث افزایش ضریب بهره‌وری آب و میزان کلروفیل برگ گیاه نسبت به کنترل و تیمار سیلیکا شد (Yuvakkumar et al., 2011). نتایج تحقیقات حقیقی و پسرکلی (Haghighi and Pessarakli) بر گوجه‌فرنگی نشان داد که سیلیکا در مقیاس درشت دانه و نانوذره سبب بهبود رشد، فتوسنتز، محتوی نسبی رطوبت و میزان کلروفیل گیاه تحت تنش شوری شدند.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر نانوذرات سیلیس و کیتوزان بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گندم

روش مصرف	غلظت نانوذرات (ppm)	سطح برگ (cm^2)	محتوای آب نسبی (٪)	کلروفیل برگ ($mg.m^{-2}$)	تعداد پنجه	ارتفاع ساقه (cm)
محلول‌پاشی	شاهد (۰)	۱۹/۳۳ fg	۷۵/۳۸ f	۶۴۴/۳۷ fg	۱۳/۰۶ bc	۵۴/۳۷ f
	نانو سیلیس ۳۰	۲۰/۳۳ efg	۸۸/۲۷ abc	۶۹۷/۷۲ abcd	۱۲/۸۷ bc	۶۷/۰۲ bc
	نانو سیلیس ۶۰	۲۰/۸۳ defg	۸۴/۸۸ cd	۶۹۲/۳۳ abcd	۱۶/۳۸ ab	۶۶/۸۲ bc
	نانو سیلیس ۹۰	۲۴/۹۱ abc	۹۱/۵۳ a	۶۷۷/۲۸ bcdef	۱۳/۲۶ bc	۶۸/۱۷ a
	نانو کیتوزان ۳۰	۲۲/۵۰ cdef	۸۷/۹۱ bc	۶۵۲/۳۷ efg	۱۲/۴۸ bc	۶۱/۶۱ de
	نانو کیتوزان ۶۰	۲۴/۰۰ bcd	۸۰/۷۱ e	۷۰۵/۰۱ abc	۱۲/۴۸ bc	۶۶/۱۳ bc
	نانو کیتوزان ۹۰	۲۶/۸۳ ab	۸۱/۷۴ de	۶۷۲/۸۳ cdefg	۱۷/۱۶ ab	۶۳/۱۴ cd
خاک مصرف	شاهد (۰)	۱۹/۱۶ g	۷۸/۳۸ ef	۶۳۸/۱۸ g	۱۰/۱۴ c	۵۸/۴۲ e
	نانو سیلیس ۳۰	۲۳/۷۵ bcd	۸۸/۵۷ ab	۶۶۸/۱۵defg	۱۲/۸۷ bc	۶۶/۶۲ bc
	نانو سیلیس ۶۰	۲۱/۶۶ cdefg	۸۶/۵۸ bc	۶۸۴/۰۱ abcde	۱۲/۴۸ bc	۷۳/۴۹ a
	نانو سیلیس ۹۰	۲۷/۶۶ a	۸۱/۰۸ e	۶۷۸/۷۱ bcdef	۱۳/۴۵ bc	۷۴/۰۳ a
	نانو کیتوزان ۳۰	۲۳/۵۰ cde	۸۰/۴۲ e	۷۱۶/۴۳ a	۱۸/۶۷ a	۶۱/۶۲ de
	نانو کیتوزان ۶۰	۲۳/۳۳ cde	۷۹/۶۱ e	۷۱۱/۷۶ ab	۱۵/۹۹ b	۵۹/۸۰ de
	نانو کیتوزان ۹۰	۲۴/۰۰ bcd	۸۰/۲۶ f	۶۶۴/۶۱ defg	۱۶/۳۸ ab	۶۲/۰۳ de

میانگین هایی در ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر روش مصرف نانوذرات بر زمان خوشه‌دهی. میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

از طرفی به نظر می‌رسد که مصرف کیتوزان با تحریک رشد ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی، منجر به افزایش تعداد پنجه می‌گردد. اثر تحریک کنندگی کیتوزان بر رشد گیاهچه‌های گندم (Winter et al., 2002)، ذرت (Worrell et al., 2002) و بادام زمینی (Xie et al., 2001) مشخص شده است. لیمپاناویج و همکاران (Limpanavech et al., 2008) نیز دریافتند که کیتوزان در افزایش محتوی کلروفیل و فتوسنتز نقش دارد و علاوه بر این، آنها ثابت کردند که کیتوزان بیان ژن کلروپلاست برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که تغییرات در اندازه و توسعه

کلروپلاست ممکن است عامل تحریک کننده رشد گیاهان باشد. همچنین در سایر مطالعات، مشاهده شد که نانوذرات سیلیس موجب افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه، تعداد ریشه اصلی شود (Bhatia et al., 2014).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف نانوذرات دی‌اکسیدسیلسیوم و کیتوزان به دو روش مصرف در گیاه گندم موجب بهبود اکثر صفات مورد مطالعه شد. بنابراین لازم است تحقیقات بیشتری در زمینه روش کاربرد نانوذرات در غلظت‌های متفاوت بر گیاهان در محیط‌های مختلف رشد انجام گیرد تا از اثرات این مواد اطلاعات کافی بدست آید.

منابع

آراسته، ن.۱۳۷۰. تکنولوژی غلات. انتشارات آستان قدس رضوی

Adhikari, T., Kundu, S. and Subba A.R. 2013. Impact of SiO_2 and Mo Nano Particles on Seed Germination of Rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 4: 809-816.

Ahmad, F., Rahmatullah, R., Aziz, T., Maqsood, M.A., Mukkram, A.T. and Shamsa, K. 2007. Effect of silicon application on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under water deficiency stress. Emir. Journal of Food Agriculture, 19: 01-07.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chloroophll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Bacchus, G.L. and Bennett, S. 2010. An evaluation of the influence of biodynamic practices including foliar applied silica sprey on nutrient quality of organic and conventionally fertilized lettuce (*Lactuca sativa* L.). Organic systems, 5: 1177-4258.

Bhatia, S.S., Bahri, S. and Moitra, S. 2014. SiO_2 Nanoparticles: Effect on Seedling Biology. International Journal of Applied Engineering Research, 9: 935-939.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review Biochemistry.72: 248-254.

ChunYan, L., GuoRui, M. and WenYing, H. 2003. Induction effect of chitosan on suppression of omato early blight and its physiological mechanism. J Zhejiang Univ Agric Life Sci, 29: 280-286.

Dutta, P.K., Dutta, J. and Tripathi, V.S. 2004. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. Journal of Scientific and Industrial Research, 63: 20-31.

Dzung, N.A., Khanh, V.T.P. and Dzung, T.T. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on bio-physical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. Carbohydrate Polymers, 84: 751-755.

Farouk, S. and Ramadan Amany. 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. Egyptian Journal of Biology, 14: 14-26.

Haghighi, M. and Pessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. Scientia Horticulturae, 161: 111–117.

Li, B., Wang, X. Chen, R., Huangfu, W.G. and Xie. G.L. 2008. Antibacterial activity of chitosan solution against *Xanthomonas* pathogenic bacteria isolated from *Euphorbia pulcherrima*. Carbohydrat Polymer, 72: 287–292.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchanwan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T. 2008. Effect of chitosan on floral production, gene expression and anatomical changes in the Dendrobium orchid. Science Horticulture, 116: 65–72.

Mondal, M.M.A., Malek, M.A., Puteh, A.B., Ismail, M.R., Ashrafuzzaman M. and Naher, L. 2012. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. Australian Journal of Crop, 6: 918-921.

Moraru, C.I., Panchapakesan, C.P., Qingrong, H., Takhistov, P., Sean, L. and Kokini, J.L. 2003. Nanotechnology: A new frontier in food Science. Food Technology, 57: 24-29.

Park, H.J., Kim, S.H., Kim, H.J. and Choi, S.H. 2007. A new composition of man-sized silica-silver for control of various plant diseases. Plant Pathology, 22: 295–302.

Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J.R. and Gardea-Torresdey, J.L. 2011. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 3485–3498.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B. and Morhinweg, D.W. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science, 28: 526-531.

Sheikha, S.A.A.K. and AL-Malki, F.M. 2011. Growth and Chlorophyll Responses of Bean Plants to the Chitosan Applications. European Journal of Scientific Research, 50: 124-134.

Singh, S. 2012. Achieving Second Green Revolution through Nanotechnology in India. Agriculture Situations. India, pp 545- 572.

Winter, Y., House, Q.P., Zhi-Meng, Z., Xiujuan, W. and Xiao-jun, H. 2002. Germinating seed of peanut effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. Journal of peanut science, 31: 22-25.

Worrell, D.B., Sean, Carrington, C.M. and Huber, D.J. 2002. The use of low temperature and coatings to maintain storage quality of breadfruit, Artocarpus altilis (Parks.). Postharvest Biology and Technology, 25: 33-40.

Xie, W.M., Xu, P.X. and Liu, Q. 2001. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 11: 1699-1701.

Yue, D.Y.Z., Zhi, M.Z., Yong, G.Q., Yin, G.W. and J. Xiu. 2001. Effect of chitosan on physiological activities in germinating seed and seedling leaves of maize. Journal of Habei Vocation–Technical Teachers College, 15: 9-12.

Yuvakkumar, R., Elango, V., Rajendran, V., Kannan, N.S. and P. Prabu. 2011. Influence of Nanosilica Powder on the Growth of Maize Crop (*Zea Mays* L.). International Journal of Green Nanotechnology, 3: 180-190.

Effect of silicon dioxide and chitosan nanoparticles on some of wheta growth parameters

F. Behboudi[1], Z. Tahmasebi Sarvestani[2], M. Z. Kassaee[3]*, S. A. M. Modares Sanavi[4], A. Sorooshzadeh[5]

[1]PhD Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
[2]Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
[3]Professor, Department of Chemistry, Collage of Sciences, Tarbiat Modares University
[4]Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
[5]Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Abstract

A factorial experiment was performed based on a randomized complete block design in three replications to evaluate the effects of di SiO_2 (silica) and chitosan nanoparticles (NPs) on some of growth parameters of wheat plants. Experimental procedure includes planting seeds and then prepared silica and chitosan NPs suspension added to them through soil and foliar application in three stages (tillering, stem elongation and heading). Results indicated that the use of NPs had significant effect on leaf area, relative water content (RWC), leaf protein, number of tiller, plant height and time of heading. Foliar application of NPs was increased time of heading as compared to the other method. Use of high concentration of both NPs (60 and 90 ppm) was significantly improved measured traits as compared to the control (No-NPs). In general, selectivity in applications of NPs with different concentration and methods is essential.

Keywords: Chlorophyll, Silica, Heading, Nanotechnology, Chitosan