پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۶۸-۵۷ ، نیمهٔ دوم ۱۳۹۶

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 2, 2017, p. 57-68
DOI: 10.22067/ijpr.v8i2.25752

اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم بر کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris* Medik)

حسین نوری[1*]، پیام معاونی[2] و میلاد سلطانیه[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، مسئول فنی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد شهر قدس
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تاکستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۰

چکیده

یک ذره که حداقل ابعاد آن از ۱۰۰نانومتر تجاوز نکند، به‌عنوان یک نانوذره شناخته می‌شود. نانوذرات با نسبت بالایی از سطح به حجم یا وزن، دارای تأثیر فیزیکی و شیمیایی زیادی هستند. نانو ذرات دارای کاربردهای زیادی در زندگی روزمره هستند. عدس یکی از محصولات عمده حبوبات در سراسر جهان از جمله ایران است. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر برخی صفات زراعی عدس، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شش سطح محلول‌پاشی با نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم (صفر، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵) و دو زمان محلول‌پاشی (۶۰درصد ساقه‌روی و ۵۰درصد گلدهی) بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی بر صفاتی مانند عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف پوک و کلروفیلb و شاخص برداشت معنی‌دار بود. تیمارهای شاهد دارای بیشترین میزان کلروفیلb در هر دو مرحله بودند و کمترین میزان کلروفیلb در تیمار ۰/۰۱درصد نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی مشاهده شد. غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی، بیشترین ارتفاع بوته را داشت و غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۵درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ساقه‌روی کمترین تأثیر را روی ارتفاع گیاه عدس داشت. غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی دارای بیشترین عملکرد دانه بود؛ هرچند با تیمار ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی در همین مرحله اختلاف معنی‌داری نداشت. غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی دارای کمترین عملکرد دانه بود. بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار با غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۵درصد و محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی و کمترین شاخص برداشت مربوط به تیمار با غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۴درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی بود. وزن صد دانه در غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی دارای بیشترین میانگین بود و غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی کمترین وزن صد دانه را داشت. تیمار نانو ذرات تیتانیوم با مقادیر ۰/۰۵درصد و ۰/۰۲درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر میزان کلروفیلa داشت. همچنین مصرف نانو ذرات تیتانیوم در مرحله ۵۰درصد گلدهی و ۶۰درصد ساقه دهی به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر میزان کلروفیلa داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد با این‌که تیمار نانو باعث افزایش در صفات کمی و کیفی گیاه زراعی عدس شد، ولی برای استفاده از نانوذرات توجه به جنبه‌های ایمنی زیست‌محیطی آن اهمیت خاصی دارد.

واژه‌های کلیدی: دی‌اکسید تیتانیوم، ساقه‌روی، عملکرد دانه، گلدهی

مقدمه

در ایران و بیشتر کشورهای جهان تعداد زیادی از مردم، برای تأمین احتیاج پروتئینی خود از حبوباتی نظیر نخود، عدس، لوبیا، ماش استفاده می‌کنند (Soltani *et al*., 2001). ایران از نظر سطح زیرکشت عدس بعد از هند، ترکیه و کانادا رتبه چهارم جهان را به‌خود اختصاص داده است (Sabaghpour *et al*., 2004). عدس (*Lens culinaris* Medik) یکی از قابل

*نویسنده مسئول: زنجان، دانشگاه زنجان، مزرعه تحقیقاتی، تلفن همراه: ۰۹۱۲۷۴۴۰۹۰۲، hossein_nouri2010@yahoo.com

هضم‌ترین حبوبات محسوب می‌شود که دارای منبع پروتئین با ارزش ۲۵درصد است و کاه‌وکلش و پوسته غلاف آن دارای ارزش غذایی بالایی است که به مصرف دام می‌رسد (Majnoun Hosseini, 2008). عدس همچنین قادر است از طریق تثبیت نیتروژن، موجب بهبود حاصلخیزی خاک شود (Chiristianse *et al*., 2002). حبوبات با سطح زیرکشت ۷۷۰هزار هکتار و تولید ۷۰۰هزار تن پس از غلات دومین سطح زیر کشت را در کشور به خود اختصاص داده‌اند که نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز کشور ایفا می‌کنند. کشت عدس در ایران در استان‌های خراسان شمالی و رضوی، اردبیل، کرمانشاه و آذربایجان در سطح وسیعی انجام می‌شود. سطح زیرکشت آن در سال ۱۳۹۲ بالغ بر۱۵۵۰۰۰هکتار و تولید آن ۸۰۰۰۰هزار تن بوده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۲).

ورود فناوری‌ها به عرضه کشاورزی، در چند دههٔ گذشته منجر به وقوع انقلاب سبز و گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی گردید. اکنون با گذشت سال‌ها از وقوع انقلاب سبز لزوم به‌کارگیری فناوری جدید در صنعت کشاورزی بیش از هر زمان دیگری آشکار است. در این بین فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری بین‌رشته‌ای و پیشتاز رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه‌های علمی، به‌خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانده است (Reynolds, 2002). فناوری نانو، در زمینه‌های مختلفی مانند تشخیص سریع بیماری‌های گیاهی، شناسایی باقیمانده سموم در محصولات کشاورزی و حذف آن‌ها، انتقال هوشمند دارو، سموم و عناصر غذایی در دام، شیلات و گیاهان، تصفیه آب‌های روان، افزایش کیفیت فراورده‌های کشاورزی مرتبط با صنایع نساجی، مهندسی ژنتیک گیاهان و دام و افزایش میزان تولید محصول از طریق تولید حیوانات و گیاهان، افزایش مدت‌زمان انبارداری محصولات کشاورزی و موارد بسیاری نظیر آن می تواند نقش بسیار مؤثری را در بخش کشاورزی و منابع طبیعی ایفا کند (Khayyam Nekoei *et al*., 2009).

تاکنون مطالعات مختلفی بر روی محلول‌پاشی ذرات نانو از جمله ZnO_2، $Fe0_2$، AgO_2 و ترکیب SiO_2 و TiO_2 (Lu *et al*., 2002) بر صفات کمی و کیفی گیاهان مختلفی از جمله سویا، گل گاوزبان، ماش و نخود انجام شده است. نتایج تحقیقات نشان دادند SiO_2 و TiO_2 فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز را در سویا و محلول‌پاشیTiO_2 عملکرد دانه را افزایش داد (Lu *et al*.,2002;Moaveni *et al*.,2011c). همچنین نانو ذرات آهن در غلظت ۰/۷۵گرم در لیتر باعث افزایش سطح برگ، وزن غلاف و عملکرد گردید (Reynolds, 2002). Salehi (2008) گزارش کرد محلول‌پاشی نانو نیترات نقره سبب افزایش ترکیبات پلی فنولی در گیاه گل گاوزبان می‌شود. همچنین محققان گزارش داده‌اند نانو اکسید روی باعث افزایش معنی‌داری در رشد ریشه و ساقه گردیده است. عدس به‌واسطه داشتن عادت رشدی نامحدود گل زیادی در یک دوره طولانی می‌دهد. به این‌دلیل مشاهده همزمان گل، غلاف سبز و غلاف رسیده روی یک بوته یک امر غیرعادی نیست.

Moaveni *et al*, (2011b) گزارش کردند که تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات تیتانیوم بر عملکرد دانه و تعداد سنبلک در گیاه جو معنی‌دار بود؛ اما در شاخص برداشت و وزن سنبلک معنی‌دار نبوده است. مقایسات میانگین نشان داده که بالاترین عملکرد دانه ۳/۳۹۰تن در هکتار، وزن سنبلچه ۵/۸ در مترمربع و تعداد سنبلچه‌ها ۶۷۸/۵ در مترمربع با نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در سطح ۰/۰۳درصد به‌دست آمد؛ اما بالاترین شاخص برداشت ۲۷/۵ به‌دست آمد. تیمار اسفناج با ۰/۲۵درصد نانو ذرات تیتانیوم باعث افزایش فتوسنتز شد؛ درنتیجه باعث افزایش سرعت رشد محصول و افزایش عملکرد می‌شود (Soltani *et al*., 2001). پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم روی برخی صفات کمی و کیفی گیاه عدس و دست‌یابی به عملکرد بالاتر صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با عرض ۳۵درجه و ۲۵دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵دقیقه شمالی، طول ۴۷درجه و یک دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۲دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی حدود ۲۹۳/۵میلی‌متر و با خاکی لوم رسی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در پنج سطح (شاهد، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴و ۰/۰۵درصد) به‌عنوان عامل اصلی و در طی دو مرحله (۶۰درصد ساقه‌روی در تاریخ ۱۳ و ۱۴خردادماه و ۵۰درصد گلدهی در تاریخ هشت تیرماه ۱۳۹۰) به‌عنوان عامل فرعی انجام شد. نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم از شرکت نانوپارس لیما تهیه شد. بذور عدس مورد مطالعه رقم محلی زنجان بود. همچنین بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول۱)، به‌دلیل نیاز خاک به کود، قبل از کاشت مقدار ۲۰۰کیلوگرم در هکتار کود دی‌فسفات آمونیوم و کود سولفات پتاسیم (حاوی ۴۶درصد پتاسیم و ۱۷درصد گوگرد) به‌میزان ۱۲۱کیلوگرم در هکتار به‌طور یکنواخت در زمین پخش شد. برای آماده‌سازی بستر کشت، ابتدا زمین مورد نظر در پاییز شخم زده شد. سه هفته قبل از کشت محل آزمایش با علف‌کش ترفلان به‌منظور مبارزه

با بانک بذر علف‌های‌هرز موجود در خاک در فروردین‌ماه سم‌پاشی شد و سپس یک دیسک سطحی زده شد. عملیات کاشت در اواسط اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰ انجام شد. برای تهیه غلظت‌های نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم به‌میزان لازم از پودر نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم توزین گردید و با آب‌مقطر به حجم رسانده و با دستگاه همزن به‌خوبی حل گردید که میزان محلول نانو دی‌اُکسید تیتانیوم جهت محلول‌پاشی در هر کرت ۱/۵لیتر (که برای هر سطح شش لیتر) مصرف شد (شکل۱). محلول‌پاشی در صبح زود قبل از طلوع آفتاب به کل عدس‌ها به ساقه و برگ‌های بالایی و برگ‌های پایینی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil characteristics of the site

ماده آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدته (pH)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P(mg kg^{-1})	پتاسیم K(mg kg^{-1})
1.21	8.18	31	17	42	0.07	5.6	266

بافت خاک محل آزمایش: لومی رسی soil texure in the field: loamy clay

کرت‌های آزمایشی به‌صورت جوی و پشته تهیه شدند که هر یک دارای شش خط کاشت، به طول چهار متر به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم بودند و بذور به فاصله ۱۰سانتی‌متر از هم روی پشته‌ها کشت شدند. مبارزه با علف‌های‌هرز به‌دلیل رشد مجدد برخی از گونه‌های علف‌هرز به‌صورت دستی و در دو مرحله انجام گرفت. برداشت محصول پس از رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت و از هر کرت آزمایشی یک مترمربع به‌صورت تصادفی با رعایت حاشیه، برداشت گردید و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰دانه، عملکرد دانه (براساس ۱۴درصد رطوبت)، عملکرد بیولوژیک و درصد شاخص برداشت محاسبه گردید.

برای تعیین میزان کلروفیل از روش ارائه‌شده توسط Meidner (1981) استفاده شد. برگ‌های بالایی گیاه برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس پنج گرم از هر نمونه برگ تر در پنج میلی‌لیتر استون هموژن گردید. عصاره به‌دست آمده صاف و حجم آن با اضافه‌کردن استون به ۱۰میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrophotometer, Model: V-530, JASCO, Japan) و با طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳نانومتر تعیین گردید. غلظت کلروفیلa و b به کمک فرمول‌های زیر محاسبه گردید (Ashraf *et al.*, 1994). در روابط فوق V حجم نهایی نمونه استخراج شده و W وزن‌تَر نمونه است.

کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تَر) = {(جذب در ۶۶۳نانومتر) ۱۲/۷ - (جذب در ۶۴۵نانومتر) ۲/۶۹} × V/(۱۰۰۰×W)

کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تَر) = {(جذب در ۶۴۵نانومتر) ۲۲/۹ - (جذب در ۶۶۳نانومتر) ۴/۶۹} × V/(۱۰۰۰×W)

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. همچنین مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح پنج درصد با نرم‌افزار MSTAT-C انجام گرفت و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 انجام گرفت.

نتایج بحث

کلروفیل a و b

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که اثر متقابل مرحله رشدی و سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم معنی‌دار نبود (جدول۲). تأثیر سطوح محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). تیمار نانو ذرات تیتانیوم با مقادیر ۰/۰۵درصد و ۰/۰۲درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر میزان کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد داشته است (شکل۲). تأثیر مرحله بر میزان کلروفیل a در سطح یک درصد نیز معنی‌دار بود (جدول۲). در مرحله ۵۰درصد گلدهی و ۶۰درصد ساقه‌دهی به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر میزان کلروفیل a داشته است (شکل۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل مرحله رشدی و سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای شاهد دارای بیشترین میزان کلروفیلb در هر دو مرحله بودند و کمترین میزان کلروفیلb در تیمار ۰/۰۱درصد نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی مشاهده شد. کلروفیل‌ها، مولکول‌های ضروری هستند که مسئول دریافت انرژی خورشیدی در سیستم‌های فتوسنتزی هستند (Tanaka and Tanaka. 2006).

جدول۲- مشخصات نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم مصرف‌شده
Table 2. Characteristic nanoparticle TiO_2 for studied

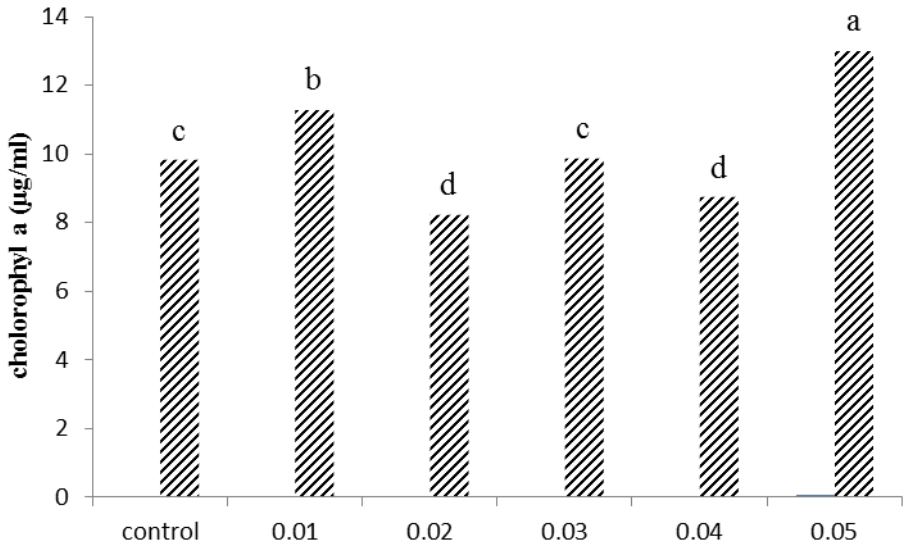
درصد خلوص Percent Purity	ظاهر نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم Appearance of titanium dioxide nanoparticles	میانگین اندازه نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم Titanium dioxide nanoparticles size	محدوده سطح مخصوص نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم Special range of parameters titanium dioxide nanoparticles	وزن خالص Net weight	کشور تولیدکننده Producing country
99.5%	پودر سفید (White powder)	21 nm	> 50 m^2 g	50 g	آلمان (Germany)

شکل۱- نانوذرات دی‌اُکسیدتیتانیوم مصرف شده
Fig. 1. Nanoparticle TiO_2 for studied

غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته شده است (Herzog, 1986) و لذا کاهش در آن در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای به‌حساب آید. Schutzz & Fangmeier, (2001) گزارش کردند که کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی به‌علت تجزیه آن است. (1994) Ashraf *et al*, کاهش غلظت کلروفیل را در شرایط تنش خشکی به اثر فعالیت آنزیم کلروفیلاز، پراُکسیداز و ترکیبات فنلی و در نهایت تجزیه کلروفیل نسبت دادند. البته گزارشاتی نیز مبنی بر عدم تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل و یا عدم تفاوت بین ارقام مقاوم و حساس گندم از لحاظ واکنش به تنش خشکی وجود دارد (Klushreshtha *et al*., 1987). شاید یکی از دلایل تفاوتی‌که در نتایج مشاهده می‌شود، اختلاف در شرایط اجرای آزمایش و شدت و مدت تنش باشد (Jagtap *et al*., 1998). Sairam *et al*, (1997) اظهار داشتند که تحت تنش خشکی و گرما محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد.

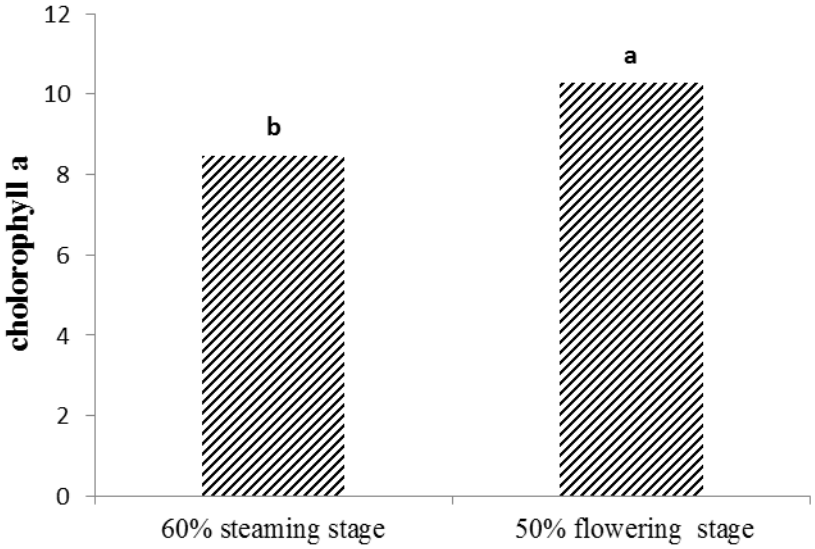
ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل بین غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم و مرحله رشدی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). براساس نتایج مقایسات میانگین، غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی، بیشترین ارتفاع بوته را داشت و غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۵درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ساقه‌روی کمترین تأثیر را روی ارتفاع گیاه عدس داشت (جدول۳). این نتایج با نتایج Moaveni *et al*, (2011a) مطابقت داشت. این محققان بیان کردند ارتفاع بوته گندم در پاسخ به تیمارهای مختلف نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم افزایش یافت.



شکل۲- اثر غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم بر صفت کلروفیلa در گیاه عدس

Fig. 2. Effect of nanoparticle TiO_2 and times of spray on chlorophyll a in lentil



شکل۳- اثر زمان محلول‌پاشی بر میزان کلروفیلa در دو مرحله رشدی در گیاه عدس

Fig. 3. Effect of times of spray on chlorophyll a in lentil

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم×مرحله رشدی روی صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای اثر متقابل نشان داد که غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی دارای بیشترین عملکرد دانه بود؛ هرچند با تیمار ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی در همین مرحله اختلاف معنی‌داری نداشت. غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی دارای کمترین عملکرد دانه بود (جدول۲). این نتایج نشان می‌دهد احتمالاً با کاربرد نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم رشد گیاه تحت تأثیر

نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم قرار گرفته و شاخص سطح برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد شده است. این یافته‌ها با نتایج Moaveni *et al*, (2011b) مطابقت داشت. این محققان بیان کردند محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اُکسیدتیتانیوم منجر به افزایش عملکرد دانه در گیاه جو شد.

جدول۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اثر کود و مرحله رشدی

Table 1. Analysis of variance for studied traits effect of nanoparticle TiO_2 and times of spraying

منابع تغییرات Source of variance	درجه ازادی Df	میانگین مربعات									
		عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت HI	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	تعداد دانه در غلاف seed/pods	وزن صد دانه 100 seed weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف پوک Number of hollow pods	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b
تکرار Replication	3	0.46ns	5.35**	10.08ns	7.94**	0.025*	0.093ns	16.96ns	60.8ns	3.15ns	0.44ns
غلظت(A) Concentration (A)	5	77.31**	572.05**	3.40ns	23.75**	0.079**	0.096ns	48.86**	215*	30.88**	1.1**
مرحله رشدی (B) Growth stages (B)	1	1153.46**	8399.72**	2.28ns	114.08**	0.005ns	0.48**	56.33**	2847.5**	59.82**	0.29ns
A*B Interaction (A×B)	1	166.67**	1275.9**	10.65*	13.03**	0.06**	0.285**	47.86**	380.7**	3.85ns	2.25**
خطا Error	33	1.56	7.53	4.36	2.82	0.008	0.043	8.58	29.2	0.54	0.10
ضریب تغییرات CV%		13.27	10.68	5.68	21.68	13.54	13.19	15.06	18.3	7.22	19.78

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد و ns غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

* and **: significant at 0.01 and 0. 05 probability level, respectively, ns: No significant

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک یکی از شاخصه‌هایی است که با درنظرگرفتن آن می‌توان اثر عوامل محیطی بر عملکرد گیاهان زراعی را مورد بررسی قرار داد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در صفت عملکرد بیولوژیک غلظت‌های نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی بیشترین عملکرد بیولوژیک و غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۲درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی کمترین عملکرد بیولوژیک را داشته‌اند (جدول۳). عملکرد دانه بسیاری از گیاهان رابطه بسیار نزدیک با تولید کل زیست‌توده در مقایسه با شاخص برداشت دارد (Abid *et al*., 2004). کاهش مواد فتوسنتزی از جمله عواملی است که تولید زیست‌توده را به سبب جلوگیری از رشدگیاه، محدود می‌کند (Sandor *et al*., 2006). Moaveni *et al*, (2011b) نشان دادند اثر نانوذرات دی‌اُکسید تیتاتیوم بر روی عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و بیشترین میانگین (۲۱۴۸۱/۴تن در هکتار) برای عملکرد بیولوژیک را برای نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم و کمترین میانگین را برای شاهد (۱۷۷۸۲/۴تن در هکتار) گزارش کردند.

شاخص برداشت

شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی است که بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌هاست. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی روی صفت شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار با غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۵درصد و محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی و کمترین شاخص برداشت مربوط به تیمار با غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۴درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی بود (جدول۳). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌روی باعث افزایش رشد رویشی شده است که سبب بهبود پتانسیل تولید برای اندام‌های زایشی و در نتیجه باعث افزایش

عملکرد دانه می‌شود. در بعضی تیمارهای کودی به‌علت طولانی شدن فصل رشد گیاه مدت استفاده از منابع محیطی نظیر انرژی خورشیدی و مواد غذایی خاک افزایش یافته، زیست‌توده گیاه افزایش می‌یابد و بر مقدار مواد فتوسنتزی افزوده می‌شود و به دلیل مناسب‌بودن شرایط تعداد پرایموردیای گل و غلاف بیشتر می‌شود و تسهیم مواد فتوسنتزی به نحو مطلوب باعث افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌شود. (2005) Zecevic & Knezevic بیان کردند که صفت شاخص برداشت توسط عوامل ژنتیکی و محیطی کنترل می‌شود، اما نقش عوامل ژنتیکی در کنترل این صفت به‌مراتب بیشتر است.

تعداد غلاف در بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی روی تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد حداکثر تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار با غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی بود (جدول۳). نظر به‌این‌که تعداد غلاف در بوته در عدس قبل از گرده‌افشانی یا همزمان با آن صورت می‌گیرد، می‌توان گفت محلول‌پاشی با نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی باعث ایجاد شرایط مطلوب‌تری برای گیاه شده، لذا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود در نتیجه باعث افزایش عملکرد می‌شود. حداقل میانگین مربوط به تیمار با غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۴درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی بود (جدول۳). گلدهی یکی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه محسوب می‌شود. در اثر مصرف غلظت زیاد نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در مرحله گلدهی احتمالاً تعداد گره کاهش و سقط جنین افزایش می‌یابد که در نهایت باعث کاهش تعداد غلاف در بوته‌ها می‌شود. Kumudini (2002) گزارش نمود که ظاهراً گیاهان دارای مکانیزم‌هایی هستند که اندازه مخزن را بر اساس میزان آسیمیلات‌های موجود تنظیم می‌کنند. بنابراین تحت شرایط تنش فتوسنتز و نهایتاً مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و گیاه با ریزش گل‌ها و غلاف‌های خود اندازه مخزن را کاهش می‌دهد، در نتیجه این امر خود سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی روی تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تعداد دانه در غلاف به‌وسیله غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی، به‌طور معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها افزایش یافت و غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۴درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌دهی کمترین میانگین را از خود نشان داد (جدول۳). احتمالاً محلول‌پاشی با مقدار مناسب نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم در مرحله ساقه‌روی منجر به افزایش طول دوره زایشی می‌شود. Oweis *et al*,(2004) نیز گزارش کردند با افزایش طول دوره زایشی، تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد. با وجود این برخی محققان معتقدند که صفت تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر عوامل وراثتی است و عوامل محیطی نقش کمتری در این صفت دارند (Mckenzie & Hill, 1995). همان‌طورکه مشاهده می‌شود، تیماری که دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف است، بیشترین عملکرد دانه را نیز دارد. در این خصوص Pilbeam *et al*, (1991) نیز بیان داشتند که تعداد دانه در غلاف همبستگی قوی و ثابتی با عملکرد دارد و عامل تعیین کننده مهمی در عملکرد است.

وزن صد دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم× مرحله رشدی روی صفت وزن ۱۰۰دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن صد دانه در غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله ۶۰درصد ساقه‌روی دارای بیشترین میانگین بود و غلظت نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۱درصد محلول‌پاشی‌شده در مرحله گلدهی کمترین وزن صد دانه را داشت (جدول۳). نتایج این تحقیق با نتایج Moaveni *et al*, (2011a) مطابقت داشت. Moaveni *et al*, (2011a) گزارش کردند که نانوذرات دی‌اُکسید تیتانیوم باعث افزایش معنی‌داری در وزن هزاردانه در گندم شد.

تعداد غلاف پوک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل مرحله رشدی و غلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم بر تعداد غلاف پوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲).

جدول۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری تحت تأثیر سطوح مختلف نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم و مرحله رشدی

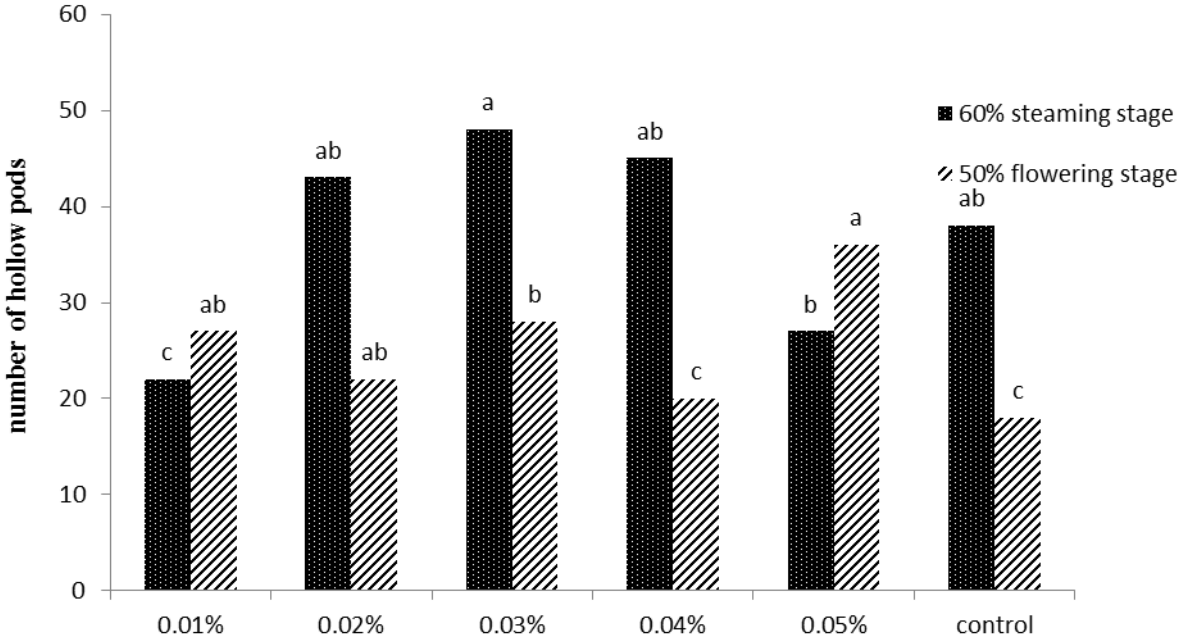
Table 3. Mean comparisons of traits measured of effect of nanoparticle TiO_2 and times of spraying

مرحله رشدی Growth stages	تیمار نانو تیتانیوم (%) Tio_2	عملکرد دانه Seed yield (g b^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g b^{-1})	شاخص برداشت HI (%)	تعدادغلاف در بوته Pods $plant^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed $pods^{-1}$	وزن ۱۰۰دانه (g) 100seed weight (g)	ارتفاع بوته(cm) Plant height	کلروفیل b (µg ml^{-1}) Chlorophyll b (µg ml^{-1})
۶۰درصد ساقه‌دهی 60% steaming stage	شاهد(Control)	5.3def	14.29fg	37.24abc	4.75c	0.8525ab	15.75bc	16.75cd	3.8a
	0.01	21.48a	56.01b	38.28ab	11.75a	0.9a	21.75a	28.25a	0.83c
	0.02	23.10a	65.15a	35.58bc	9.00ab	0.5575c	16.50bc	18.88cd	1.6ab
	0.03	18.17b	48.77c	37.28abc	10.75a	0.5625c	13.25c	24.05ab	2.52a
	0.04	11c	31.72d	34.60c	11.00a	0.5450c	15. 25bc	19.60cd	2.2a
	0.05	6.875de	17.57ef	38.94a	8.5ab	0.5825c	18.28ab	15.68d	1.4ab
۵۰درصد گلدهی 50% flowering stage	شاهد(Control)	5.3def	14.29fg	37.24abc	4.75c	0.8525ab	15.75bc	16.75cd	2.92a
	0.01	3.3f	9.033gh	36.92abc	6.00bc	0.5775c	13.25c	17.20cd	1.47b
	0.02	2.625f	7.035h	37.36abc	6.00bc	0.6650bc	14.00bc	19.25cd	1.12ab
	0.03	3.95f	11.13gh	35.68bc	9.00ab	0.6825bc	15.75bc	20.00bc	1.4ab
	0.04	4.57ef	12.31fgh	36.97abc	4.5c	0.67bc	15.00bc	18.50cd	1b
	0.05	7.35d	20.98e	35.11c	7.00bc	0.67bc	15.00bc	18.50cd	2.62a

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*Values with different letters indicate significant differences at P<0.05

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد غلاف پوک در تیمار محلول‌پاشی درغلظت نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم ۰/۰۳درصد در مرحله ۶۰درصد ساقه‌دهی مشاهده شد. کمترین تعداد غلاف پوک در تیمار شاهد در مرحله گلدهی مشاهده شد (شکل۴). وجود درصد دانه پوک زیاد نسبتاً بالا در برخی تیمارها نشان‌دهنده این مطلب است که مواد فتوسنتزی و میزان مواد پرورده برای اختصاص به دانه‌ها کافی نبود. به عبارت دیگر به‌علت کمبود کود، تمام مقاصد پر نشده‌اند.



شکل۴- اثرات متقابل نانو ذرات دی‌اُکسید تیتانیوم و مرحله رشدی در تعداد غلاف پوک در عدس

Fig. 4. Effect of nanoparticle TiO_2 and times of spray interaction in number pod hollow in lentil

نتایج این تحقیق نشان داد بـا ایـن‌کـه تیمـار نـانو باعـث افزایش در صفات کمی و کیفی گیـاه زراعـی عـدس شـد، ولـی برای استفاده از نانوذرات توجـه بـه جنبـه‌هـای ایمنـی زیسـت محیطی آن اهمیت خاصی دارد. لذا با گسترش استفاده از ذرات نانو در زمینه‌های مختلف، توجه به تأثیرات سوء بیشتر می‌شود.

منابع

1. Abid, H., Chadhary, M.R., Wajid, A., Ahmad, A., Ibrahim, M.R.M., and Goheer, A. R. 2004. Influence of water stress on growth, yield and radiation use efficiency of various wheat cultivars. International Journal Agriculture Biology 6(6): 1074-1079.
2. Ashraf, M., Azim, Y.A.R., Khan, A.H., and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta Physiologia Plantarum 16: 185-191.
3. Chirstianse, I., and Graham, P.H. 2002. Variation in di-nitrogen fixation among Andean bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes grown at low and high levels phosphorus supply. Field Crops Research 73: 133-143.
4. Herzog, H. 1986. Source and sink during the reproductive period of wheat. Scientific publishers, Berlin and Hamburg.
5. Jagtap, V., Bhargara, S., Streb, P., and Feierabend, J. 1998. Comparative effect of water, heat and light stress on photosynthetic reaction in *Sorghum biocolor* (L.) Moench. Journal Expend Botany 49: 1715-1721.
6. Khayyam Nekoei, S., Sharifnasab, M., Ahmadisome, H., Barkhivar, K., and Momeni, M. 2009. A review of nanotech in agricultural-Jehad ministry. Second Edition. Publication of Agricultural Education 23: 45-49 (In Persian).
7. Klushreshtha, S., Mishra, D.P., and Gupta, R.K. 1987. Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplasts and chloroplast membrane fraction at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. Photosynthet 21: 65-70.
8. Kumudini, S. 2002. Trials and tribulations. A review of the role of assimilate supply in soybean genetics yield improvement. Field Crop Research 75: 211-222.
9. Lu C.M., Zhang C.Y., Wu J.Q., and Tao, M.X. 2002. Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of Glycine max and its mechanism, Soybean Science 21: 168-172.
10. Majnoun Hosseini, N., 2008. Grain Legume Production. Jahad Daneshgahi of Tehran University. Tehran, 283p. (In Persian).
11. Mckenzie B.A., and Hill, G.D. 1995. Growth and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Canterbury, New Zealand. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 23: 467- 474.
12. Meidner, H. 1981. Class Expriments in Plant Physiology. British Library Catalogaing in Publication Data. Londan.
13. Moaveni, P., Aliabadi Farahani, H., and Maroufi, K., 2011a. Effect of Tio2 nanoparticles spraying on wheat (*Triticum Aestivum* L.) under field condition. Advances in Environmental Biology 5(8): 2208-2210.
14. Moaveni, P., Talebi, R., Farahani, H.A., and Maroufi., K. 2011b. Study of TiO2 nano particles spraying effect on the some physiological parameters in Barley *(Hordem Vulgare* L.*).* Advances in Environmental Biology 5(7): 1663-1667.
15. Moaveni, P., Valadabadi, S.A., Aliabadi Farahani, H., and Maroufi, K., 2011c. Nanoparticles TiO2 spraying affected on Calendula (*Calendula Officinalis L.*) under field condition. Advances in Environmental Biology 5(8): 2242-2244.
16. Oweis T., Hachum A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.
17. Pilbeam, C.J., Hebblewait, P.D., Rickett, H.E., and Nyongesa, T.E. 1991. Effect of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field bean (*Vicia faba*). Part 1: yield and yield components. Journal Agriculture Science 116: 373-383.
18. Reynolds, G.H. 2002. Forward to the future nanotechnology and regulatory policy. Pacific Research Institute 1-23.
19. Sabaghpour, S., Safikhani, H., Sarker, M., Ghaffari, A., and Ketata, A. H., 2004. Present status andfuture propects of lentil cultivation in Iran. P, 146, Proceeding of 5th European Conference on Grain. 7-11 June, Dijon, France.

20. Sairam, P.K., Deshmukh, P.S., and Shukla, D.S. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal Agronomy Crop Science 178: 171-178.
21. Salehi, M. 2008. Pretreatment effect of nanosilver on germination and seedling growth of wheat under salt stress. Proceeding of First Iranian Congress in Seed Sciences and Technology. Gorgan, Iran. 358 p. Yazdi Sammadi, B. 2008. Waste reduction in wheat production and consumption. Proceeding of 10th Iranian Cong. of Crop Sciences. Karaj, Iran. 519 p.
22. Sandor, D., Istvan, M., Judit, P., Agota, C., Réka, T., and Marta, M. 2006. Effects of drought on photosynthetic parameters and heat stability of PSII in wheat and in Aegilops species originating from dry habitats. Acta Biologica Szegediensis 50(1-2): 11-17.
23. Schutzz, M., and Fangmeier, A. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. CV. Minaret). Pollution 114: 187- 189.
24. Soltani, A., Khoie, F.R., Ghassemi, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semi-arid environments. Agricultural Water Management 49: 225-237.
25. Tanaka, A., and Tanaka, R. 2006. Chlorophyll metabolism. Plant Biology 9: 248- 255.
26. Zecevic, V., and Knezevic, D. 2005. Variability and components of variance for harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L.) Genetica 37: 173-179.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 2, 2017, p. 57-68

Study of nano particle TiO_2 spraying on chlorophyll, yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik)

Nouri[1*], H., Moaveni[2], P. & Soltaanieh[3], M.

1. M.Sc. alumnus, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
2. Asisstant Professor, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran
3. MSc. alumnus in Agronomy, Islamic Azad University, Takestan Branch, Iran

Received: 13 September 2013
Accepted: 29 February 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v8i2.25752

Introduction

A particle in which at least one of the dimensions does not exceed 100 nm is classified as a nanoparticle. Nanoparticles are characterized by high ratio of surface area to volume or weight, what strongly influences physical and chemical properties of Nano sized materials. Nano products find applications in many fields of daily life. Lentil is one of the major legumes crops in all over the world including Iran. It is a cheap source of high quality protein in the diets of millions in developing countries, who cannot afford animal protein for balanced nutrition and also rich in important vitamins, minerals, soluble and insoluble dietary fiber.

Material & Methods

To study the effect of nanoparticle Tio2 spray on some agronomic traits of lentil, a factorial experiment was carried out based on RCBD with four replications in Zanjan University on 2011. Treatments included six levels of nanoparticle Tio2 solution spray (control, 0.01%, 0.02%, 0.03%, 0.04% and 0.05%) and two times of spraying (flowering and 60% steaming stage).

Results & Discussion

Results showed spray concentration × application time interaction on grain and biological yield, number of pod per plant, number of grain per pod, 100 grain weight, plant height, number pod hollow and chlorophyll b and harvest index was significant. But spray concentration × application time interaction on chlorophyll a was not significant. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of chlorophyll b was obtained with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at both stage and the lowest obtained with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of plant height was obtained with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage and the lowest obtained with applying 0.05% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of grain yield was obtained with applying 0.02% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage. However, with applying 0.01% nanoparticle Tio2 this stage there were not significant and the lowest obtained with applying 0.02% nanoparticle Tio2 solution at flowering stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of biological yield was obtained with applying 0.02% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage and the lowest was obtained with applying 0.02% nanoparticle Tio2 solution at flowering stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of harvest index was obtained with applying 0.05% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage and the lowest was obtained with applying 0.04% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of pod per plant was obtained with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage

***Corresponding Author:** hossein_nouri2010@yahoo.com, Mobile: 09127440902

and the lowest was obtained with applying 0.04% nanoparticle Tio2 solution at flowering stage. The result of mean comparison showed that the highest amount of number of grain per pod was related with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage and the lowest was related with applying 0.04% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage. Mean comparison of the traits showed that the highest amount of 100 grain weight was obtained with applying 0.01% nanoparticle Tio2 solution at 60% steaming stage and the lowest was obtained with applying 0.04% nanoparticle Tio2 solution at flowering stage. As well as, the results showed the effect of spray of titanium dioxide nanoparticles and spraying time on chlorophyll a was significant ($P \leq 0.01$). Mean comparison of the traits showed that the highest amount chlorophyll a were obtained with applying 0.05% nanoparticle Tio2, the highest amount chlorophyll a were obtained with applying 0.02% nanoparticle Tio2. The spray of nanoparticles titanium at 50% flowering and steaming stage (60%) was the highest and lowest impact on the amount of chlorophyll a.

Conclusion

According to the results of this study, it is concluded that spray with nanoparticles increased quantity and quality of lentil. But, the use of nanoparticles according to the aspect of environmental safety is very important.

Key words: Flowering, Grain yield, Steaming, TiO_2