

اثر نانوکسید روی بر دوره پرشدن دانه ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

محمد صدقی^{۱*}، فرزانه حسنی^۲، رئوف سید شریفی^۱

^۱ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

^۲ دانشآموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: mosedghi2003@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۸)

چکیده

کاربرد روی می‌تواند مقاومت و تحمل گیاهان به ویژه آفتابگردان را به شرایط نامساعد محیطی افزایش دهد و بر تشکیل دانه و عملکرد مؤثر باشد. برای بررسی اثر مقادیر مختلف محلول پاشی نانوکسید روی، بر طول، دوره مؤثر، سرعت پرشدن و وزن دانه ارقام آفتابگردان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی به اجرا درآمد. تیمارها شامل ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح به نام‌های Aline1۹۱ و Aline1۲۲ و فرخ و ذرات نانوکسید روی در سه سطح شامل غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر بود که طی سه مرحله در مزرعه انجام شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح نانوکسید روی و ارقام تفاوت معنی‌داری بر سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه، حداکثر وزن دانه و طول دوره پرشدن دانه داشتند. تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر نانوکسید روی، سرعت پرشدن دانه و حداکثر وزن دانه را در ارقام Aline1۹۱ و Aline1۲۲ افزایش داد، ولی در رقم فرخ موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه نسبت به شاهد شد. همچنین، در رقم فرخ بین تیمارهای صفر، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانوکسید روی، در صفت سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی، محلول پاشی نانو ذرات روی موجب بهبود وزن دانه و پارامترهای پرشدن آن گردید و ارقام خارجی واکنش مناسب‌تری به کاربرد این کود نشان دادند، در حالی که در رقم فرخ وزن نهایی دانه کاهش یافت. بنابراین، برای ارقام خارجی Aline می‌توان از ۰/۵ گرم بر لیتر نانوکسید روی جهت افزایش عملکرد دانه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، سرعت پرشدن دانه، نانوکسید روی

حمل می‌شود. روی به تولید اسکلت رشدی گیاه، سیستم‌های آنزیمی و نیز تنظیم سرعت واکنش‌های متابولیکی ضروری کمک می‌کند (پرایس، ۱۹۷۰). از دیگر نقش‌های آن می‌توان به ایجاد یک سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های فعل اکسیژن^۱ و نقش بنیادی در حفاظت و نگهداری (استحکام) ساختمان غشایانی

مقدمه

آفتابگردان گیاهی یک‌ساله از تیره آستراسه با نام علمی (L.) *Helianthus annuus* است. ذخایر غذایی دانه آفتابگردان به طور عمده شامل لیپید و مقداری پروتئین که روغن آن از نظر کیفیت برای تغذیه انسان مناسب است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). روی به عنوان یکی از ریز مغذی‌های ضروری شناخته شده برای گیاهان است که از طریق سطوح ریشه گیاهان توسط فرآیند انتشار

¹ Price

² Reactive Oxygen Species

(موگنسون^{۱۰}، ۱۹۸۰). مرحله سوم، مرحله کند ثانویه است که در آن سرعت نمو بتدریج کاهش پیدا می‌کند تا رسیدگی وزنی (حداکثر وزن) حاصل شود (در این مرحله حداکثر وزن خشک دانه ثابت است). مدل تغییرات وزن دانه را می‌توان به دو مرحله تفکیک کرد. در مرحله اول، وزن دانه تا رسیدن به رسیدگی وزنی به طور خطی افزایش می‌یابد و در مرحله دوم که بعد از رسیدگی وزنی است، وزن دانه تغییر نمی‌کند (صدقی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۸). از دیدگاهی دیگر نمو دانه را به دو مرحله بزرگ شدن دانه و پرشدن دانه تقسیم می‌کند (جنر^{۱۲} و همکاران، ۱۹۹۱). در مرحله اول که شامل مرحله کند اولیه است، پتانسیل نمو دانه تعیین می‌شود. این پتانسیل به تعداد سلول‌های آندوسپرم که در این مرحله تشکیل شده است، بستگی دارد. البته باید توجه داشت که در هر نوع تقسیم‌بندی مراحل نمو دانه، مدت هر مرحله به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی و نیز عوامل ژنتیکی قرار دارد. یکی از این عوامل تعیین کننده پتانسیل وزن دانه، فراهم بودن مواد اولیه برای تقسیم سلولی است (امام و نیکنژاد، ۱۳۷۲). بررسی‌ها نشان داد که وزن دانه نسبت به حذف تعدادی دانه (بروکلهرست^{۱۳}، ۱۹۷۷، سیمون^{۱۴} و همکاران، ۱۹۸۲) و یا برگ‌ها (سیمون و همکاران، ۱۹۸۲) در زمان گلدهی، در مقایسه با انجام این تیمارها در^{۱۴} روز بعد، واکنش شدیدتری نشان می‌دهد. این حالت مربوط به تعداد سلول‌های آندوسپرم تشکیل شده در مدت دو هفته بعد از گلدهی است (بروکلهرست، ۱۹۷۷). امام و نیکنژاد (۱۳۷۲) خاطر نشان کردند که علاوه بر شیره پرورده نقش عوامل دیگر از جمله نقش هورمون‌ها را نباید نادیده گرفت. مرحله دوم (پرشدن دانه)، مرحله ذخیره‌سازی فرآوردهای پلیمری در سلول‌ها و اندامکهایی است که طی مرحله بزرگ شدن دانه ایجاد شده‌اند (جنر و همکاران، ۱۹۹۱). نمو دانه را می‌توان حاصل ضرب دو مولفه دوره و سرعت پرشدن دانه دانست. نمو خطی دانه در مرحله پرشدن دانه واقع می‌گردد.

^{1۰} Mogneson

^{1۱} Sedghi

^{1۲} Jenner

^{1۳} Brocklehurst

^{1۴} Simmons

سلول اشاره کرد (ولش^۱ و همکاران، ۱۹۸۲). روی نقش مهمی در ساختن پروتئین، عملکرد غشا، کشیدگی سلول (دراز شدگی) و مقاومت به تنفس‌های محیطی ایفا می‌کند (کاکماک^۲، ۲۰۰۸). به گفته برخی از محققین، روی نقش اساسی در رشد و عملکرد گیاه دارد (فاجریا^۳ و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج به دست آمده توسط سایر محققان حاکی از آن است که محلول‌پاشی روی موجب افزایش درصد پروتئین دانه می‌گردد (رز^۴ و همکاران، ۱۹۸۱؛ گروینگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۳). محلول‌پاشی عنصر روی اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتتابگردان داشت (تالوٹ^۶ و همکاران، ۲۰۰۵، خلیلی محله، ۱۳۸۴). استفاده از تیمار آهن و روی به صورت محلول‌پاشی و یا تیمار حاکی موجب افزایش وزن هزار دانه و افزایش نسبت وزن دانه به وزن خورجین در کلزا گردید (بایبوردی و مامدو^۷، ۲۰۱۰). محلول‌پاشی روی قبل از گلدهی، موجب افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه در سویا شد (رز و همکاران، ۲۰۰۲). پرشدن دانه به فرآیندهای فتوسنترزی (فتوسنترز جاری برگ، فتوسنترز جاری سایر اندام‌های سبزینه‌دار)، بارگیری عناصر آبکشی، انتقال مواد پرورده، تخلیه آبکش، تبدیل قندها به نشاسته و انتقال مجدد ترکیبات تجمع یافته در اندام‌ها قبل از گلدهی وابسته است (فلکر^۸ و همکاران، ۱۹۸۳) و میزان تأثیر هر یک از این عوامل بر روی عملکرد نهایی دانه به ژنتیک و محیط بستگی دارد (سرمندیا و کوچکی، ۱۳۷۱). بر اساس مطالعات وان‌سانفورد^۹ (۱۹۸۵) نمو دانه شامل سه مرحله است. مرحله کند که در آن سرعت نمو دانه به تدریج در حال افزایش است. مرحله نمو خطی که در آن سرعت نمو دانه تا حدودی ثابت و در بالاترین مقدار خود است. در این مرحله که طولانی‌ترین مرحله است، قسمت اعظم وزن خشک دانه (در حدود ۹۲ درصد) تشکیل می‌شود

¹ Welch

² Cakmak

³ Fageria

⁴ Rose

⁵ Gerwing

⁶ Thalooth

⁷ Bybordy and Mamedov

⁸ Felker

⁹ Vansonford

سه مرحله در مزرعه انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش تجزیه خاک، pH خاک $8/20$ دسیزیمنس بر متر، هدایت الکتریکی گل اشباع $3/61$ میلی اکیوالان بر 100 گرم و نوع بافت سیلتی لومی بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان دار، خرد کردن کلوخه‌ها با دیسک و تسطیح مزرعه انجام گرفت. کاشت بذر به صورت جوی و پشته و به روش دستی صورت پذیرفت. فاصله خطوط کشت $5/5$ متر و فاصله کشت بر روی ردیف 30 سانتی‌متر و ابعاد کرت 2 در 3 متر و بین بلوكها $1/5$ متر فاصله در نظر گرفته شد. در هر کرت 5 ردیف کشت وجود داشت و عمق کاشت به طور متوسط 5 سانتی‌متر بود. محلول‌پاشی نانواکسید روی در 3 مرحله (مرحله 4 برگی، ظهور طبق و 5 روز بعد از کامل شدن گلدهی) انجام شد. برای جلوگیری از رسوب ذرات روی، حل کردن پودر ذرات نانواکسید روی با آب در دستگاه اولترا سونیک لرزاننده (100 وات و 40 کیلوهرتز، Sonorex آلمان) به مدت 30 دقیقه انجام شد (پاراساد^۲ و همکاران، 2012) و درون سمپاش چند قطعه آهنربا برای جلوگیری از انعقاد ذرات قرار داده شد. 15 روز پس از گلدهی نمونه‌برداری دانه‌ها از $2-3$ طبق هر کرت آزمایشی به فاصله هر 5 روز یک بار انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و 24 ساعت در آون قرار گرفت (روندانینی^۳ و همکاران، 2004) و سپس، وزن خشک دانه‌ها با ترازوی حساس $0/001$ توزین و ثبت گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل سرعت پرشدن دانه (دینارد و دانکن^۴، 1969)، دوره مؤثر پرشدن دانه (الیس^۵، 1992)، طول دوره پرشدن (دینارد و دانکن، 1969) و حداقل وزن دانه (دینارد و دانکن، 1969) بود که به شرح زیر اندازه‌گیری شد (صدقی و همکاران، 2008). به منظور برآورد پارامترهای مربوط به پرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به صورت زیر استفاده گردید و برای محاسبه سرعت و دوره‌ی

چون بیشتر پروتئین و نشاسته دانه طی مرحله نمو خطی در دانه انباسته می‌شود، می‌توان نمو نهایی دانه را محصول این مرحله دانست. بنابراین، سرعت پرشدن دانه در این مرحله را سرعت پرشدن خطی دانه می‌نامند (وانسانفورد، 1985). اگرچه ممکن است که مؤلفه‌های نمو دانه در دوره خطی با میانگین اعداد مربوط به تمام دوره گلدهی تا رسیدگی وزنی تفاوت داشته باشد، پرشدن خطی دانه به دلیل استفاده از مواد پرورده ذخیره شده در منابع ثانویه نمو دانه (مثل ساقه‌ها) کم و بیش ثابت می‌ماند و از نوسان‌های مربوط به تغییرات روزانه شرایط محیطی متأثر نمی‌شود. بنابراین، محدود کردن بررسی نمو دانه به این مرحله از رشد کلی آن، موجب شناخت دقیق‌تر اثر تیمارها بر فرآیندهایی است که نمو اصلی دانه را بر عهده دارد (جنر و همکاران، 1991). دوره پرشدن دانه $10-15$ روز پس از گردهافشانی شروع می‌شود و 20 تا 30 روز دوام دارد و به نظر می‌رسد که بین دوره نمو و دوره پرشدن دانه مقداری همپوشانی وجود داشته باشد (کوبی و سینگ^۱، 1994). از آن‌جا که عوامل مادری اثر عمدہ‌ای بر رشد و نمو دانه دارند، هدف از اجرای این پژوهش، بررسی اثر سطوح مختلف ذرات نانواکسید روی و رقم (به عنوان عوامل مادری) بر دوره پرشدن دانه و پارامترهای مرتبط با آن در آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی ذرات نانواکسید روی (خریداری شده از شرکت نوترینو) بر دوره پرشدن دانه ارقام آفتابگردان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در سال زراعی $90-91$ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در محدوده طول جغرافیایی 48 درجه و 15 دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی 38 درجه و 15 دقیقه شمالی و با ارتفاع 1350 متر از سطح دریا اجرا شد. تیمارها شامل ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح به نامهای Aline 191 ، Aline 122 و فرج و ذرات نانواکسید روی در سه سطح شامل غلظت‌های صفر، $0/5$ و 1 گرم بر لیتر بود که طی

² Parasad

³ Rondanini

⁴ Daynard and Duncan

⁵ Ellis

¹ Chauobey and singh

حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شبی خط رگرسیون (b) در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پرشدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر همه داده‌ها، ابتدا دو پارامتر مهم پرشدن دانه یعنی سرعت پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمد سپس، مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه ۱ قرار داده شد و GW که وزن دانه است، محاسبه گردید.

پرشدن دانه از رویه DUD و دستور Proc NLIN نرم افزار SAS 9.1 استفاده شد (سلطانی، ۱۳۹۱).

رابطه ۱:

$$GW = \begin{cases} a + bt, & t < t_0 \\ a + bt_0, & t \geq t_0 \end{cases}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان، b سرعت پرشدن دانه، t_0 پایان دوره پرشدن دانه (رسیدگی وزنی) و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه را نسبت به زمان به دو مرحله تفکیک می‌کند. مرحله اول که مرحله خطی پرشدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

پتانسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	درصد نیتروژن	درصد کربن	روی (mg kg ⁻¹)	آهن (mg kg ⁻¹)	درصد آهک	درصد اشباع	pH	شوری (ds m ⁻¹)
۷۰۰	۲۰	۰/۱۶	۱/۷۱	۱/۴	۴/۱	۱۸/۰۶	۴۶	۸/۲	۳/۶۱

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح نانو اکسید روی و ارقام در مورد وزن خشک دانه در همه نمونه برداری‌ها معنی‌دار بود. همچنین، اثرات ساده نانو اکسید روی و ارقام در همه نمونه برداری‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت.

نتایج مقایسه میانگین وزن خشک دانه در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. در هر سه رقم وزن خشک دانه از ۱۳ روز پس از گلدھی به طور خطی تا ۳۳ روز پس از گلدھی افزایش داشت و پس از آن ثابت ماند و تا آخر فصل از رطوبت دانه کاسته شد. در فاز خطی افزایش وزن خشک دانه، همه نقاط نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در تیمار شاهد بدون محلول پاشی روی، رقم فرخ نسبت به دو رقم دیگر برتر بود و کمترین وزن خشک دانه در رسیدگی وزنی ۰/۳۸ گرم) در رقم Aline1۹۱ مشاهده شد که نسبت به دو رقم دیگر (به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۵۷ گرم برای Aline1۲۲ و فرخ) اختلاف بیشتری داشت (شکل ۱). با محلول پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید روی (شکل ۲)،

برای تعیین دوره مؤثر پرشدن دانه از رابطه ۲ استفاده شد (الیس، ۱۹۹۲).

رابطه ۲:

$$EFP = MGW/GFR$$

EFP^۱ دوره مؤثر پرشدن دانه، MGW^۲ حداکثر وزن دانه و GFR^۳ سرعت پرشدن دانه است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش، پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS16، با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Excel دانکن انجام شد. نمودارها با کمک نرم افزار 2010 ترسیم شد. تعداد نمونه برداری‌ها در طول دوره پرشدن دانه ۷ بار بود که به دلیل یکسان بودن وزن خشک دانه در سه مرحله نمونه برداری نهایی، در جدول تجزیه واریانس جهت اختصار و پرهیز از تکرار اعداد فقط ۵ مرحله نمونه برداری آورده شده است.

^۱ Effective Filling Period

^۲ Maximum Grain Weight

^۳ Grain Filling Rate

میانگین وزن خشک دانه در رقم Aline ۱۹۱ به دو رقم Aline ۱۲۲ از دیگر نزدیکتر شد و در عین حال، رقم

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای نانوآکسید روی و رقم در نمونهبرداری‌های مختلف بر وزن خشک دانه آفتابگردان

میانگین مربعات						منابع تغییرات
نمونهبرداری پنج	نمونهبرداری چهار	نمونهبرداری سه	نمونهبرداری دو	نمونهبرداری یک	نمونهبرداری پنجم	درجه آزادی
۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۵ ^{ns}	۲
۰/۰۴**	۰/۰۶۸**	۰/۰۵۹**	۰/۰۴۷**	۰/۰۴۶**	۰/۰۴۶**	۲
۰/۰۰۲۲*	۰/۰۱۹**	۰/۰۱۲۸**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱۱*	۰/۰۰۱۱*	۲
۰/۰۰۶۱**	۰/۰۰۴۶**	۰/۰۱۲۲**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۳۹**	۴
۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۱۲
۳/۹۴	۳/۶۵	۷/۵۸	۱۱/۴۷	۱۱/۶۵	۱۱/۶۵	ضریب تغییرات (/)

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌داری است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای نانوآکسید روی و رقم بر صفات پرشدن دانه آفتابگردان

میانگین مربعات						منابع تغییرات
حداکثر وزن دانه	طول دوره پرشدن	دوره مؤثر پرشدن دانه	سرعت پرشدن دانه	درجه آزادی		
۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵۹ ^{ns}	۲	تکرار	
۰/۰۴۰۱۴**	۴۰/۴۵**	۹۰/۲۵**	۰/۰۰۰۰۱۳**	۲	رقم	
۰/۰۰۲۲۴**	۲۲/۷۴**	۲۹/۴**	۰/۰۰۰۰۳۵**	۲	نانوآکسید روی	
۰/۶۱۳۴۸**	۲/۵۹*	۴۰/۰۹**	۰/۰۰۰۰۱۹**	۴	رقم × نانوآکسید روی	
۰/۰۰۰۴۰۶	۰/۶۹	۲/۹۶	۰/۰۰۰۰۱۸	۱۲	خطا	
۳/۹۴	۲/۶۲	۶/۸۳	۶/۶۵	۶/۶۵	ضریب تغییرات (/)	

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌داری است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای نانوآکسید روی و رقم بر صفات پرشدن دانه آفتابگردان

رقم	نانوآکسید روی (گرم در لیتر)	سرعت پرشدن دانه (میلی گرم در روز)	دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)	طول دوره پرشدن (روز)	حداکثر وزن دانه (میلی گرم)	معادله برآش داده شده
Aline ۱۹۱	۰/۰۰۰۱۶ ^b	۰/۰۲۱ ^a	۰/۰۲۴ ^b	۰/۰۲۱ ^a	۰/۰۴۶۷ ^a	۰/۰۱۷۲X-۰/۰۱۸۵۶
						۰/۰۲۱۴X-۰/۰۱۳۸۲
Aline ۱۲۲	۰/۰۰۰۱۹ ^b	۰/۰۲۴ ^a	۰/۰۲۰ ^b	۰/۰۲۰ ^a	۰/۰۴۶۳ ^a	۰/۰۱۹۶X-۰/۰۰۶۶۸
						۰/۰۲۰۲X-۰/۰۱۹۲۶
فرخ	۰/۰۰۰۱۶ ^b	۰/۰۲۲ ^a	۰/۰۲۰ ^b	۰/۰۲۰ ^a	۰/۰۵۵۷ ^a	۰/۰۱۹۲X-۰/۰۰۹۱۶
						۰/۰۲۰۱X-۰/۰۰۷۷۳
۱	۰/۰۰۰۱۹ ^b	۰/۰۲۲ ^a	۰/۰۲۰ ^b	۰/۰۲۰ ^a	۰/۰۵۶۸ ^a	۰/۰۱۹۶X-۰/۰۰۷۲۸
						۰/۰۲۰۲X-۰/۰۰۱۷

در هر ستون حروف متفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد

آمد که با تیمار ۱ گرم بر لیتر (۰/۰۲۰ میلی گرم بر روز) تفاوت معنی داری نداشت و کمترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱۶ میلی گرم بر روز) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴).

در رقم Aline1۲۲ بیشترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۲۴ میلی گرم بر روز) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر و کمترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱۶ میلی گرم بر روز) در تیمار ۱ گرم بر لیتر بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشت. در هیبرید فرخ بیشترین سرعت پرشدن دانه در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید روی مشاهده شد که با تیمارهای شاهد و ۱ گرم بر لیتر تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴).

عنصر روی نقش عمدہ ای در ایجاد تحمل به خشکی ایغا می کند و ارقام نیز از نظر کارایی استفاده از روی متفاوت هستند. بنی عباس شهری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، محلول پاشی عنصر روی توانست که وزن هزار دانه آفتابگردان را نسبت به شاهد افزایش دهد. آنها بیان کردند که این امر ناشی از افزایش شدت فتوسنتز و تولید فرآورده های فتوسنتزی بیشتر در شرایط کاربرد روی است. بنابراین، روی می تواند از طریق طولانی تر کردن دوره پرشدن دانه به افزایش وزن آن کمک کند.

ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر محلول پاشی غلظت های مختلف روی را بر ارقام آفتابگردان مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که پرشدن دانه تحت تأثیر غلظت های مختلف روی دارای روند سیگموئیدی است. به طوری که با افزایش غلظت روی ابتدا افزایش در میزان پرشدن دانه مشاهده می شود و پس از آن، افزایش غلظت روی موجب کاهش سرعت پرشدن دانه می گردد. همچنین، بیان نمودند که با افزایش مقدار عنصر روی، زمان رسیدن به حداکثر سرعت پرشدن دانه کاهش می یابد که این امر در نهایت با کاهش دوره پرشدن دانه همراه است. این نتایج با یافته های آزمایش حاضر مطابقت دارد.

رقم فرخ پیشی گرفت. در تیمار ۱ گرم بر لیتر نانو اکسید روی، رقم Aline1۲۲ بیش از سایر ارقام افزایش در وزن خشک دانه را نشان داد و دو رقم دیگر نیز از نظر این صفت به یکدیگر نزدیکتر شدند (شکل ۳). این مشاهدات نشان می دهد که رقم فرخ نسبت به کاربرد روی واکنش منفی نشان می دهد و در شرایط شاهد وزن خشک دانه بیشتری دارد. در مورد دو رقم دیگر، واکنش پذیری به نانو اکسید روی مثبت و غلظت بهینه آن نیز ۰/۵ گرم بر لیتر بود. بررسی های سایر محققان نیز بیانگر تفاوت واکنش ارقام به کاربرد روی بوده است (چیکاز^۱ و همکاران، ۲۰۰۲؛ ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۹؛ بنی عباس شهری^۳ و همکاران، ۲۰۱۲).

در رسیدگی وزنی، حداکثر وزن دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم * نانو اکسید روی (جدول ۴) نشان داد که به جز رقم فرخ در غلظت ۱ گرم بر لیتر و رقم Aline1۹۱ در تیمار شاهد بدون نانو اکسید روی، بقیه تیمارها از نظر حداکثر وزن خشک دانه تفاوت معنی داری نداشتند. این نتایج، بحث فوق را در مورد ارقام مطالعاتی تایید می کند، به طوری که رقم فرخ جزو ارقام واکنش گر منفی به روی و دو رقم دیگر نیازمند به روی در نظر گرفته می شوند.

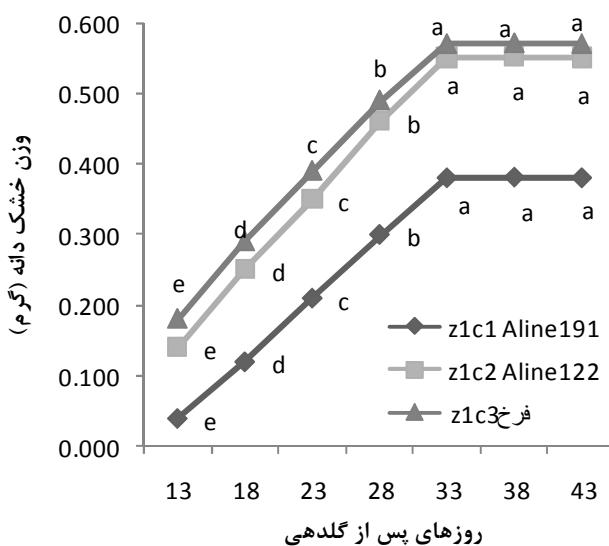
در آفتابگردان انرژی عمدہ گیاه مادری در شرایط مساعد صرف رشد دانه می شود، ولی شرایط مناسب در کل دوره رشد اغلب به ندرت اتفاق می افتد. اثر متقابل بین محیط و ژنتیک گیاه نقش عمدہ ای در تعیین دوره پرشدن دانه دارد و تنوع پذیری فرایند پرشدن دانه از شرایط درونی و بیرونی گیاه همواره مورد بررسی بوده است (چیکاز و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح نانو اکسید روی و ارقام تفاوت معنی داری بر سرعت پرشدن دانه و پارامترهای آن در ارقام آفتابگردان داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم Aline1۹۱ بیشترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۲۱ میلی گرم بر روز) با محلول پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید روی به دست

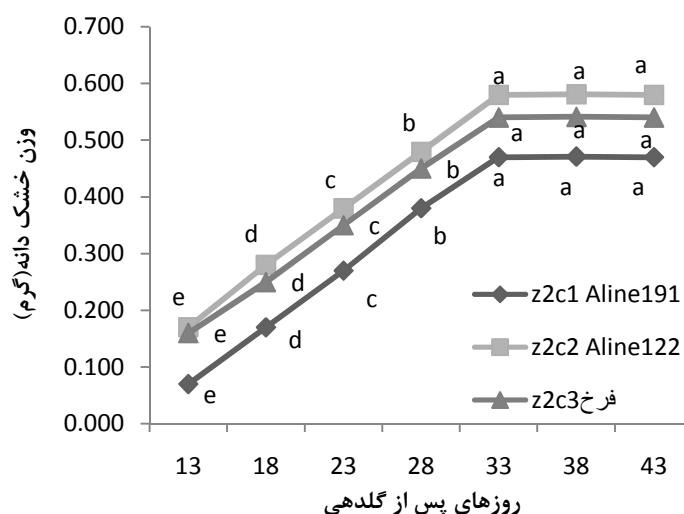
¹ Csikász

² Zhang

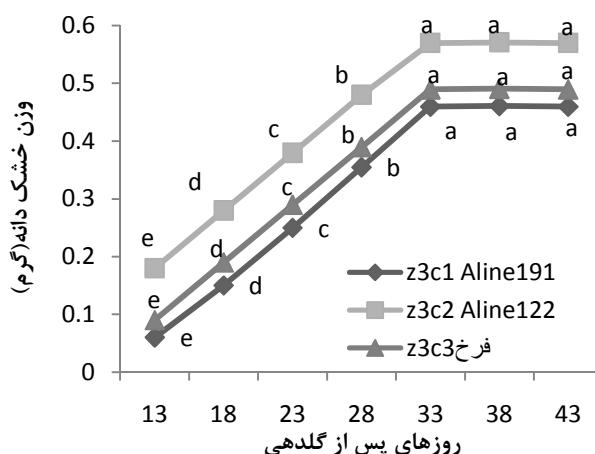
³ Baniabbass-Shahri



شکل ۱- روند پرشدن دانه‌ی ارقام آفتابگردان بدون محلول‌پاشی نانوآکسید روی غلظت‌های، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانوآکسید روی) حروف متفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد



شکل ۲- روند پرشدن دانه‌ی ارقام آفتابگردان با محلول‌پاشی نیم گرم بر لیتر نانوآکسید روی غلظت‌های، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانوآکسید روی) حروف متفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد



شکل ۳- روند پرشدن دانه‌ی ارقام آفتابگردان با محلول پاشی یک گرم بر لیتر نانو اکسید روی (C1-C3) غلظت‌های، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانو اکسید روی) تفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد

Aline ۱۲۲ بیشترین مقدار این صفت (۳۴/۹۳ روز) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار ۱ گرم بر لیتر نانو اکسید روی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن (۲۹/۷۶ روز) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر مشاهده شد. در هیبرید فرخ بین سه غلظت نانو اکسید روی تفاوت معنی‌داری از نظر طول دوره پرشدن دانه مشاهده نشد. چیکاز و همکاران (۲۰۰۲) تنوع بالایی را بین ارقام آفتابگردان از نظر دوره و سرعت پرشدن دانه گزارش و بیان کردند که از این تنوع می‌توان برای اصلاح و تولید ارقام پرمحصلو استفاده کرد. آن‌ها ۴۸ ژنوتیپ مختلف را مورد مطالعه قرار دادند که ۱۱ ژنوتیپ دارای سرعت پرشدن دانه بالا، ۲۳ ژنوتیپ متوسط و ۱۴ ژنوتیپ سرعت پرشدن پایینی داشتند.

بین دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن آن همیستگی منفی گزارش شده است (کاتو، ۱۹۹۹). به عبارت دیگر، با فرض مشخص بودن ظرفیت دانه، هر چه سرعت پرشدن این مقصد بیشتر باشد در زمان کوتاه‌تری پر خواهد شد و در نتیجه دوره پرشدن دانه کوتاه خواهد بود. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سطوح نانو اکسید روی و ارقام بر حداکثر وزن دانه معنی‌دار بود. در رقم Aline191 حداکثر وزن دانه (۰/۰۴۶۷ میلی‌گرم) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر بود که با تیمار ۱ گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سطوح نانو اکسید روی و ارقام تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بر دوره مؤثر پرشدن دانه داشت. در رقم Aline191 بیشترین دوره مؤثر پرشدن دانه (۲۳/۴۷ روز) مربوط به تیمار شاهد و کمترین دوره مؤثر پرشدن دانه (۲۱/۵۴ روز) مربوط به تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید روی بود. در Aline122 بیشترین دوره مؤثر پرشدن دانه (۳۴/۹۲ روز) در تیمار ۱ گرم بر لیتر نانو اکسید روی و کمترین مقدار آن (۲۳/۵۹ روز) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در رقم فرخ بین هر سه غلظت نانو اکسید روی تفاوت معنی‌داری از نظر دوره مؤثر پرشدن دانه مشاهده نشد (جدول ۴).

دوره مؤثر پرشدن دانه، مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره، امکان انتقال مواد فتوسنتری بیشتر از مبدأ به مقصد و افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌آورد (گرن特^۱ و همکاران، ۱۹۸۵). طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سطوح نانو اکسید روی و ارقام بر طول دوره پرشدن دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که در Aline191 بیشترین طول دوره پرشدن (۳۴/۰۱ روز) در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۳۲/۰۱ روز) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر بود. در

² Kato

¹ Grant

تجمع ماده خشک به وسیله دانه طی مرحله نمو دانه که از گلدهی تا ۱۵-۲۰ روز پس از آن است، تعیین می‌شود. پرشدن دانه نیز ۱۰-۱۵ روز پس از گرده افسانی شروع می‌شود و ۲۰ تا ۳۰ روز دوام دارد و به نظر می‌رسد که بین دوره توسعه و دوره پرشدن دانه مقداری همپوشانی وجود داشته باشد (کوبی و سینگ، ۱۹۹۴).

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی ذرات نانوکسید روی می‌تواند بر صفات فیزیولوژیکی دانه از قبیل سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه، طول دوره پرشدن دانه و حداکثر وزن دانه اثر گذار باشد و چشم انداز جدیدی برای استفاده از نانو کودها در بخش کشاورزی باشد. از سوی دیگر، ارقام مورد مطالعه آفتابگردان به شدت از نظر واکنش به روی متفاوت هستند. رقم فرخ و Aline1۲۲ در شرایط بدون کاربرد روی نیز حداکثر وزن دانه را داشتند، ولی برای افزایش عملکرد دانه رقم Aline1۹۱ محلول‌پاشی عنصر روی ضروری به نظر می‌رسد.

نداشت و کمترین وزن نهایی دانه (۰/۰۳۸۱ میلی‌گرم) در تیمار شاهد بود (جدول ۴). در Aline1۲۲، بین سه غلظت نانوکسید روی تفاوت معنی‌داری در حداکثر وزن دانه مشاهده نشد. در هیبرید فرخ حداکثر وزن دانه در تیمار شاهد (۰/۰۵۶۸ میلی‌گرم) به دست آمد که با تیمار ۱/۵ گرم بر لیتر نانوکسید روی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین وزن نهایی دانه (۰/۰۵۴۲ میلی‌گرم) در تیمار ۱ گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۴).

وزن دانه به مقدار انتقال مواد فتوستنتزی وابسته است که این میزان به سرعت و طول دوره انتقال مواد پرورده بستگی دارد و به عنوان سرعت و دوره پرشدن دانه شناخته می‌شود (جونگ کاتانا^۱ و همکاران، ۱۹۹۳). در رقم Aline1۹۱ و Aline1۲۲ تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر موجب افزایش سرعت پرشدن دانه، حداکثر وزن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه شده است و به عنوان تیمار مؤثر پیشنهاد می‌شود. در اغلب مطالعات بین سرعت پرشدن دانه با وزن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (لسانی و مجتهدي، ۱۳۷۸). کوماری و والارماتی^۲ (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پرشدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار هستند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در هر سه رقم سرعت پرشدن دانه با وزن دانه رابطه مثبت و مستقیم دارد و به صورت موازی افزایش یافته‌اند، ولی با طول دوره پرشدن دانه رابطه معکوس دارد و با افزایش سرعت پرشدن دانه، طول دوره کاهش یافته است. این یافته‌ها با نتایج بنی عباس شهری و همکاران (۲۰۱۲)، چیکاز و همکاران (۲۰۰۲) و ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. دوره مؤثر پرشدن دانه نیز بخشی از سرعت پرشدن دانه است که با افزایش سرعت پرشدن دانه تا حدودی افزایش یافته است. پرشدن دانه طی سه مرحله شامل رشد کند (۵ روز بعد از گلدهی)، افزایش خطی (۵-۲۰ روز بعد از گلدهی) و رشد کند ثانویه به اتمام می‌رسد (Das و سارکار^۳، ۱۹۸۱؛ کوبی و سینگ، ۱۹۹۴). شکل‌های ۱ تا ۳ بیان‌گر همین مطالب است. ظرفیت

¹ Jongkaettana

² Kumari and Valarmathi

³ Das and Sarkar

منابع

- امام، ی. و نیکنژاد، م. ۱۳۷۲. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۲ صفحه.
- خلیلی محله، ج. ۱۳۸۴. اثر محلول پاشی آهن، روی و مس بر ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان هیبرید هایسان ۳۳ در کشت دوم در خوی. نهمین همایش علوم خاک.
- خواجه‌پو، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۵۶۴ صفحه.
- سرمندی، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۱. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۵۰ صفحه.
- سلطانی، الف. ۱۳۹۱. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۷۵ صفحه.
- لسانی، ح. و مجتبی‌ی، م. ۱۳۷۸. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۵۲ صفحه.
- Baniabbass Shahri, Z., Zamani, G.H., and Sayyari Zahan, M.H. 2012. Effect of drought stress and zinc sulfat on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Advances in Environmental Biology*, 6(2): 518-525.
- Brocklehurst, P.A. 1977. Factors controlling grain weight in wheat. *Nature*, 266: 348-349.
- Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods for efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 94-103.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio fortification?. *Plant and Soil*, 302(1-2): 1-17.
- Chaubey, P.K., and Singh, R.P. 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield components of rice. *Madras Agricultural Journal*, 81(9): 468-470.
- Csikász, T., Alföldi, Z., Józsa, S., and Treitz, M. 2002. Use of growth analysis to evaluate genetic mechanisms affecting achene yield formation of sunflower. *Journal of Central European Agriculture*, 3(3): 179-187.
- Das, S., and Sarkar, A.K. 1981. Effect of post flowering foliar spray of potassium nitrate solution on grain filling and yield of rice and wheat. *Indian Agriculturist*, 25: 267-273.
- Daynard, T.B., and Duncan, W.G. 1969. The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sience*, 9(4):473-476.
- Ellis, R.H. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science Research*, 2(1): 9-15.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Clark, R.B. 2002. Micronutrient in crop production. *Advances in Agronomy*, 77: 189-268.
- Felker, F.C., Peterson, D.M., and Nelson, O.E. 1983. Growth characteristics, grain filling and assimilate transport in shrunken endosperm mutant of barley. *Plant Physiology*, 72(3): 679-684.
- Gerwing, J.A.B., Gelderman, R., and Berg, R. 2003. Foliar nutrient application influence on soybean yield at Aurora and Berestord SD in 2003 at Agricultural experiment station plant science department. *Plant Science*, 315: 65-69.
- Grant,A.U. , Stobbe, E.H., and Recz, G.J.1985. The effect of fall applied N fertilizer and timing on N application on yield and protein content of winter wheat grown on zero tilled land in Manitoba. *Canadian Journal of Soil Science*, 65(4): 621-628.
- Jenner, C.F., Agalde, T.D., and Aspinall, D. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Functional Plant Biology*, 18(3): 211-226.

- Jongkaettana, S., Geng, S., Hill, J.E., and Miler, B.C. 1993. Within panicle variability of grain in rice cultivars with different maturities. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 171(4): 236-242.
- Kato, T. 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to the grain-filling process in rice cultivars. *Plant Production Sciences*, 2(1):32-36.
- Kumari, S.L., and Valarmathi, G. 1998. Relationship between grain yield, grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Madras Agricultural Journal*, 85(3-4): 210-211.
- Mogenson, V.O. 1980. Drought sensitivity at various growth stage of barley in relation to relative evapo transpiration and water stress. *Agronomy Journal*, 72(6): 1033-1038.
- Parasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R., and Pradeep, T. 2012. Effect of nano scale zinc oxide particles on the germination growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35(6): 905-927.
- Price. 1970. Molecular Approaches to plant physiology. New York: McGraw-Hill. 338 PP.
- Rondanini, D., Savin, R., and Hall, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*, 83(1):79-90.
- Rose L.A. , Feltion, W.L., and Banks, L.W. 1981. Responses of four soybean varieties to foliar zinc fertilizer. *Animal Production Science*, 21(109): 236-240.
- Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Namvar A., Khandan-e-Bejandi, T., and Molaei, P. 2008. Responses of sunflower yield and grain filing period to plant density and weed interference. *Research Journal of Biological Sciences*, 3(9): 1048-1053.
- Simmons, S.R., Crookston, R.K., and Kurla, J.E. 1982. Growth of spring wheat kernel as influenced by reduced kernel number per spike and defoliation. *Crop Science*, 22(5): 983-988.
- Thalooth, A.T., Badr, N.M., and Mohamed, M.H. 2005. Effect of foliar spraying with Zn and different levels of phosphate fertilizer on growth and yield of sunflower plants grown under saline conditions. *Egyptian Journal of Agronomy*, 27: 11-22.
- Van sanford, D.A. 1985. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. *Crop Science*, 25(4): 626-630
- Welch, R.M., Webb, M.J., and Lonegaran, J.E. 1982. Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. In: Scaife A, (ed.) *Proceedings of Ninth Plant Nutrition Colloquium*, Warwickshire, England. Slough: Common wealth Agricultural Bureaux, pp. 710-715
- Zhang, J., Zhang, R., and Zhang, S. 2009. The effect of the zinc fertilizer on dry matter accumulation and the grain filling process of sunflower. *Acta Agriculturae Boreali-Sinicæ* 1: 043.

Effect of Nano Zinc Oxide on the Kernel Filling Period in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars

Mohammad Sedghi^{1,*}, Farzaneh Hasani², Raouf Seyed Sharifi¹

¹ Associate Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

² Graduated student (M.Sc.) in Seed Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

* Corresponding author, E-mail address: mosedghi2003@yahoo.com

(Received: 2014.02.12 - Accepted: 2014.08.30)

Abstract

Application of zinc can improve the tolerance and resistance of plants especially sunflower to environmental stresses and be effective on kernel set and yield. To investigate the effects of zinc oxide nano particles on the length, effective period, rate of kernel filling and kernel weight in sunflower cultivars, a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted at the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Treatments were three sunflower cultivars as Aline 191, Aline 122 and Farrokh and three concentrations of nano zinc oxide including 0, 0.5 and 1 g lit⁻¹ which sprayed at three stages. Results showed that interaction of cultivar and nano zinc oxide was significant on kernel filling rate, effective period of kernel filling, maximum kernel weight and duration of kernel filling. Rate of filling and maximum kernel weight increased with 0.5 g lit⁻¹ spraying of Nano zinc oxide in Aline 191 and 122, but in Farrokh cultivar was significantly reduced in comparison to the control. Also, no significant difference was found between 0, 0.5 and 1 g lit⁻¹ of nano zinc oxide on kernel filling rate, effective kernel filling period and duration in Farrokh cultivar. In conclusion, foliar application of zinc oxide nano particles led to improvement of kernel weight and their filling parameters and more appropriate response was observed in foreign cultivars for this treatment, while final kernel weight decreased in Farrokh cultivar. Therefore, it can be used 0.5 g lit⁻¹ of nano zinc oxide for increasing grain yield in foreign cultivars of Aline.

Keywords: *Sunflower, Kernel filling rate, Nano zinc oxide*