اثر نانواکسید 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 محلول‌پاشی نانواکسید روی، بر طول، دوره مؤثر، سرعت پرشدن و وزن دانه ارقام آفتابگردان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی به اجرا درآمد. تیمارها شامل ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح به نام‌های Aline۱۹۱، Aline۱۲۲ و فرخ و ذرات نانواکسید 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 نانواکسید 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 نانواکسید روی، سرعت پرشدن دانه و حداکثر وزن دانه را در ارقام Aline۱۹۱ و Aline۱۲۲ 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 نانواکسید روی، در صفت سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به طورکلی، 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 نانواکسید روی جهت افزایش عملکرد دانه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، سرعت پرشدن دانه، نانواکسید روی

مقدمه

آفتابگردان گیاهی یک‌ساله از تیره آستراسه با نام علمی *Helianthus annuus* (L.) 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 حمل می‌شود. روی به تولید اسکلت رشدی گیاه، سیستم‌های آنزیمی و نیز تنظیم سرعت واکنش‌های متابولیکی ضروری کمک می‌کند (پرایس[۱]، ۱۹۷۰). از دیگر نقش‌های آن می‌توان به ایجاد یک سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن[۲] و نقش بنیادی در حفاظت و نگهداری (استحکام) ساختمان غشاهای

[1] Price
[2] Reactive Oxygen Species

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

سلول اشاره کرد (ولش[1] و همکاران، ۱۹۸۲). روی نقش مهمی در ساختن پروتئین، عملکرد غشا، کشیدگی سلول (دراز شدگی) و مقاومت به تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (کاکماک[2]، ۲۰۰۸). به گفته برخی از محققین، روی نقش اساسی در رشد و عملکرد گیاه دارد (فاجریا[3] و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج به دست آمده توسط سایر محققان حاکی از آن است که محلول‌پاشی روی موجب افزایش درصد پروتئین دانه می‌گردد (رز[4] و همکاران، ۱۹۸۱؛ گروینگ[5] و همکاران، ۲۰۰۳). محلول‌پاشی عنصر روی اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان داشت (تالوث[6] و همکاران، ۲۰۰۵؛ خلیلی محله، ۱۳۸۴). استفاده از تیمار آهن و روی به صورت محلول‌پاشی و یا تیمار خاکی موجب افزایش وزن هزار دانه و افزایش نسبت وزن دانه به وزن خورجین در کلزا گردید (بایبوردی و مامدو[7]، ۲۰۱۰). محلول‌پاشی روی قبل از گلدهی، موجب افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه در سویا شد (رز و همکاران، ۲۰۰۲). پرشدن دانه به فرآیندهای فتوسنتزی (فتوسنتز جاری برگ، فتوسنتز 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[8] و همکاران، ۱۹۸۳) و میزان تأثیر هر یک از این عوامل بر روی عملکرد نهایی دانه به ژنوتیپ و محیط بستگی دارد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱). بر اساس مطالعات وان‌سانفورد[9] (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 (موگنسون[10]، 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[11] و همکاران، ۲۰۰۸). از دیدگاهی دیگر نمو دانه را به دو مرحله بزرگ شدن دانه و پرشدن دانه تقسیم می‌کنند (جنر[12] 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[13]، ۱۹۷۷؛ سیمون[14] 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 فرآورده‌های پلیمری در سلول‌ها و اندامک‌هایی است که طی مرحله بزرگ شدن دانه ایجاد شده‌اند (جنر و همکاران، ۱۹۹۱). نمو دانه را می‌توان حاصل‌ضرب دو مولفه دوره و سرعت پرشدن دانه دانست. نمو خطی دانه در مرحله پرشدن دانه واقع می‌گردد.

[1] Welch
[2] Cakmak
[3] Fageria
[4] Rose
[5] Gerwing
[6] Thalooth
[7] Bybordy and Mamedov
[8] Felker
[9] Vansonford
[10] Mogneson
[11] Sedghi
[12] Jenner
[13] Brocklehurst
[14] Simmons

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

چون بیشتر پروتئین و نشاسته دانه طی مرحله نمو خطی در دانه انباشته می‌شود، می‌توان نمو نهایی دانه را محصول این مرحله دانست. بنابراین، سرعت پرشدن دانه در این مرحله را سرعت پرشدن خطی دانه می‌نامند (وانسانفورد، ۱۹۸۵). اگر چه 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، ۱۹۹۱). دوره پرشدن دانه ۱۵-۱۰ روز پس از گرده‌افشانی شروع می‌شود و ۲۰ تا ۳۰ روز دوام دارد و به نظر می‌رسد که بین دوره نمو و دوره پرشدن دانه مقداری همپوشانی وجود داشته باشد (کوبی و سینگ[1]، ۱۹۹۴). از آن جا که عوامل مادری اثر عمده‌ای 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 بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال زراعی ۹۱-۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در محدوده طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. تیمارها شامل ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح به نام‌های Aline۱۹۱، Aline۱۲۲ و فرخ و ذرات نانواکسید روی در سه سطح شامل غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر بود که طی سه مرحله در مزرعه انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش تجزیه خاک، pH خاک ۸/۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، هدایت الکتریکی گل اشباع ۳/۶۱ میلی اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم و نوع بافت سیلتی لومی بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ 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 ۰/۵ متر و فاصله کشت بر روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و ابعاد کرت ۲ در ۳ متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. در هر کرت ۵ ردیف کشت وجود داشت و عمق کاشت به طور متوسط ۵ سانتی‌متر بود. محلول‌پاشی نانواکسید روی در ۳ مرحله (مرحله ۴ برگی، ظهور طبق و ۵ 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 (۱۰۰ وات و ۴۰ کیلوهرتز، Sonorex، آلمان) به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد (پاراساد[2] و همکاران، ۲۰۱۲) و درون سمپاش چند قطعه آهنربا برای جلوگیری از انعقاد ذرات قرار داده شد. ۱۵ روز پس از گلدهی نمونه‌برداری دانه‌ها از ۳-۲ طبق هر کرت آزمایشی به فاصله هر ۵ روز یک بار انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و ۲۴ ساعت در آون قرار گرفت (روندانینی[3] و همکاران، ۲۰۰۴) و سپس، وزن خشک دانه‌ها با ترازوی حساس ۰/۰۰۱ توزین و ثبت گردید. صفات اندازه‌گیری شده شامل سرعت پرشدن دانه (دینارد و دانکن[4]، ۱۹۶۹)، دوره مؤثر پرشدن دانه (الیس[5]، ۱۹۹۲)، طول دوره پرشدن (دینارد و دانکن، ۱۹۶۹) و حداکثر وزن دانه (دینارد و دانکن، ۱۹۶۹) بود که به شرح زیر اندازه‌گیری شد (صدقی و همکاران، ۲۰۰۸). 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

[1] Chauobey and singh

[2] Parasad
[3] Rondanini
[4] Daynard and Duncan
[5] Ellis

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

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

رابطه ۱:

$$Gw = \begin{cases} a + bt, & t < t0 \\ a + bt0, & t \geq t0 \end{cases}$$

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 حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب 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.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

شوری ($ds\ m^{-1}$)	pH	درصد اشباع	درصد آهک	آهن ($mg\ kg^{-1}$)	روی ($mg\ kg^{-1}$)	درصد کربن	درصد نیتروژن	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۳/۶۱	۸/۲	۴۶	۱۸/۰۶	۴/۱	۱/۴	۱/۷۱	۰/۱۶	۲۰	۷۰۰

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

رابطه ۲:

$$EFP = MGW/GFR$$

EFP[1] دوره مؤثر پرشدن دانه، MGW[2] حداکثر وزن دانه و GFR[3] 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 دانکن انجام شد. نمودارها با کمک نرم افزار Excel 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 نمونه‌برداری نهایی، در جدول تجزیه واریانس جهت اختصار و پرهیز از تکرار اعداد فقط ۵ مرحله نمونه برداری آورده شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح نانواکسید روی و ارقام در مورد وزن خشک دانه در همه نمونه برداری‌ها معنی‌دار بود. همچنین، اثرات ساده نانواکسید روی و ارقام در همه نمونه‌برداری‌ها 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 گلدهی به طور خطی تا ۳۳ روز پس از گلدهی 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 نمونه‌برداری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی روی، رقم فرخ نسبت به دو رقم دیگر برتر بود و کمترین وزن خشک دانه در رسیدگی وزنی (۰/۳۸ گرم) در رقم Aline۱۹۱ مشاهده شد که نسبت به دو رقم دیگر (به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۵۷ گرم برای Aline۱۲۲ و فرخ) اختلاف بیشتری داشت (شکل ۱). با محلول‌پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر نانواکسید روی (شکل ۲)،

[1] Effective Filling Period
[2] Maximum Grain Weight
[3] Grain Filling Rate

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

میانگین وزن خشک دانه در رقم Aline۱۹۱ به دو رقم دیگر نزدیکتر شد و در عین حال، رقم Aline۱۲۲ از

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نمونه‌برداری یک	نمونه‌برداری دو	نمونه‌برداری سه	نمونه‌برداری چهار	نمونه‌برداری پنج
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۳۶ ns	۰/۰۰۰۲۶ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۵ ns
رقم	۲	۰/۰۴۶ **	۰/۰۴۷ **	۰/۰۵۹ **	۰/۰۶۸ **	۰/۰۴ **
نانواکسید روی	۲	۰/۰۰۱۱ *	۰/۰۰۵ **	۰/۰۱۲۸ **	۰/۰۱۹ **	۰/۰۰۲۲ *
رقم×نانواکسید روی	۴	۰/۰۰۳۹ **	۰/۰۰۶ **	۰/۰۱۲۲ **	۰/۰۰۴۶ **	۰/۰۰۶۱ **
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۶۵	۱۱/۴۷	۷/۵۸	۳/۶۵	۳/۹۴

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌داری است.

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سرعت پرشدن دانه	دوره مؤثر پرشدن دانه	طول دوره پرشدن	حداکثر وزن دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۵۹ ns	۰/۱ ns	۰/۲۱ ns	۰/۰۰۰۵ ns
رقم	۲	۰/۰۰۰۰۱۳ **	۹۰/۲۵ **	۴۰/۴۵ **	۰/۰۴۰۱۴ **
نانواکسید روی	۲	۰/۰۰۰۰۳۵ **	۲۹/۴ **	۲۲/۷۴ **	۰/۰۰۲۲۴ **
رقم× نانواکسید روی	۴	۰/۰۰۰۰۱۹ **	۴۰/۰۹ **	۲/۵۹ *	۰/۶۱۳۴۸ **
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۰۱۸	۲/۹۶	۰/۶۹	۰/۰۰۰۴۰۶
ضریب تغییرات (٪)		۶/۶۵	۶/۸۳	۲/۶۲	۳/۹۴

*، ** وns به‌تربیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌داری است

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

رقم	نانواکسید روی (گرم در لیتر)	سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در روز)	دوره مؤثر پرشدن (روز)	طول دوره پرشدن (روز)	حداکثر وزن دانه (میلی گرم)	معادله برازش داده شده
Aline ۱۹۱	صفر	۰/۰۱۶ b	۲۳/۷۵ a	۳۴/۰۱ a	۰/۳۸ b	۰/۰۱۷۲x -۰۰/۱۸۵۶
	۰/۵	۰/۰۲۱ a	۲۲/۲۴ b	۳۲/۰۱ b	۰/۴۶۷ a	۰/۰۲۱۴x -۰۰/۱۳۸۲
	۱	۰/۰۲ a	۲۳/۱۵ ab	۳۳/۱۹ ab	۰/۴۶۳ a	۰/۰۱۹۶x -۰۰/۰۶۶۸
Aline ۱۲۲	صفر	۰/۰۱۹ b	۲۹/۰۵ b	۳۴/۹۳ a	۰/۵۵۲ a	۰/۰۲۰۲x -۰۰/۱۹۲۶
	۰/۵	۰/۰۲۴ a	۲۳/۲۰ b	۲۹/۷۶ b	۰/۵۵۷ a	۰/۰۲۱x -۰۰/۰۱۱۱
	۱	۰/۰۱۶ b	۳۵/۷۵ a	۳۳/۶۴ a	۰/۵۷۲ a	۰/۰۱۹۲x -۰۰/۰۹۱۶
فرخ	صفر	۰/۰۲۲ a	۲۵/۸۲ a	۳۰/۴۷ a	۰/۵۶۸ a	۰/۰۲۰۱x -۰۰/۲۰۷۳
	۰/۵	۰/۰۲۲ a	۲۴/۶۳ a	۲۸/۲۱ a	۰/۵۴۲ a	۰/۰۱۹۶x -۰۰/۰۷۲۸
	۱	۰/۰۲۱ a	۲۲/۶۲ a	۲۹/۱ a	۰/۴۷۵ b	۰/۰۲x -۰۰/۱۷

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

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

رقم فرخ پیشی گرفت. در تیمار ۱ گرم بر لیتر نانواکسید روی، رقم Aline۱۲۲ 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 می‌دهد که رقم فرخ نسبت به کاربرد روی واکنش منفی نشان می‌دهد و در شرایط شاهد وزن خشک دانه بیشتری دارد. در مورد دو رقم دیگر، واکنش‌پذیری به نانواکسید روی مثبت و غلظت بهینه آن نیز ۰/۵ گرم بر لیتر بود. بررسی‌های سایر محققان نیز بیانگر تفاوت واکنش ارقام به کاربرد روی بوده است (چیکاز[1] و همکاران، ۲۰۰۲؛ ژانگ[2] و همکاران، ۲۰۰۹؛ بنی عباس شهری[3] و همکاران، ۲۰۱۲).

در رسیدگی وزنی، حداکثر وزن دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم * نانواکسید روی (جدول ۴) نشان داد که به جز رقم فرخ در غلظت ۱ گرم بر لیتر و رقم Aline۱۹۱ در تیمار شاهد بدون نانواکسید روی، بقیه تیمارها از نظر حداکثر وزن خشک دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند. این نتایج، بحث فوق را در مورد ارقام مطالعاتی تایید می‌کند، به طوری که رقم فرخ جزو ارقام واکنش‌گر منفی به روی و دو رقم دیگر نیازمند به روی در نظر گرفته می‌شوند.

در آفتابگردان انرژی عمده گیاه مادری در شرایط مساعد صرف رشد دانه می‌شود، ولی شرایط مناسب در کل دوره رشد اغلب به ندرت اتفاق می‌افتد. اثر متقابل بین محیط و ژنتیک گیاه نقش عمده‌ای 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 نانواکسید روی و ارقام تفاوت معنی‌داری بر سرعت پرشدن دانه و پارامترهای آن در ارقام آفتابگردان داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم Aline۱۹۱ بیشترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۲۱ میلی گرم بر روز) با محلول‌پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر نانواکسید روی به دست آمد که با تیمار ۱ گرم بر لیتر (۰/۰۲۰ میلی گرم بر روز) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱۶ میلی گرم بر روز) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴).

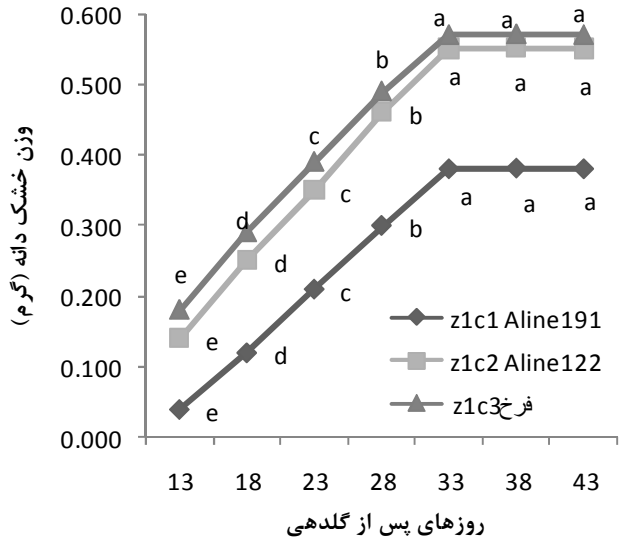
در رقم Aline۱۲۲ بیشترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۲۴ میلی گرم بر روز) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر و کمترین سرعت پرشدن دانه (۰/۰۱۶ میلی گرم بر روز) در تیمار ۱ گرم بر لیتر بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در هیبرید فرخ بیشترین سرعت پرشدن دانه در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر نانواکسید روی مشاهده شد که با تیمارهای شاهد و ۱ گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

عنصر روی نقش عمده‌ای در ایجاد تحمل به خشکی ایفا می‌کند و ارقام نیز از نظر کارایی استفاده از روی متفاوت هستند. بنی عباس شهری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی 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 فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتر در شرایط کاربرد روی است. بنابراین، روی می‌تواند از طریق طولانی‌تر کردن دوره پرشدن دانه به افزایش وزن آن کمک کند.

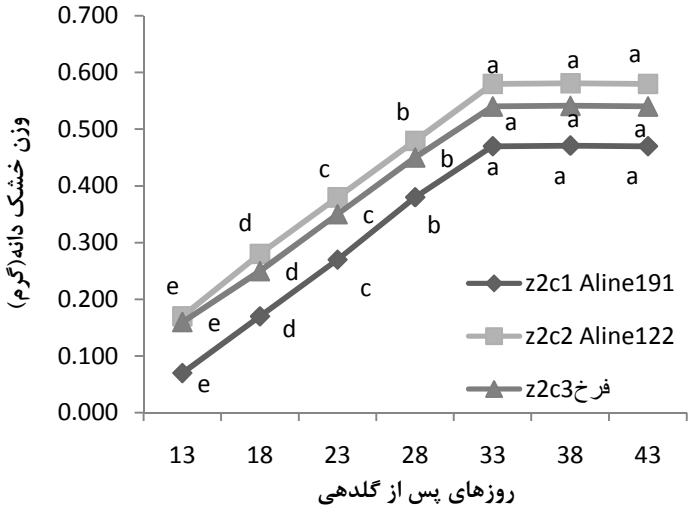
ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف روی را بر ارقام آفتابگردان مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که پرشدن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف روی دارای روند سیگموئیدی است. به طوری که با افزایش غلظت روی ابتدا افزایش در میزان پرشدن دانه مشاهده می‌شود و پس از آن، افزایش غلظت روی موجب کاهش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

[1] Csikász
[2] Zhang
[3] Baniabbass-Shahri

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

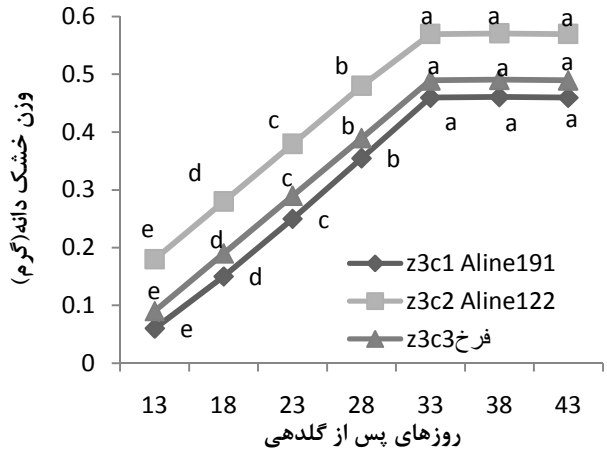


شکل ۱- روند پرشدن دانه‌ی ارقام آفتابگردان بدون محلول‌پاشی نانواکسید روی (C1-C3 غلظت‌های، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانواکسید روی) حروف متفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد



شکل ۲- روند پرشدن دانه‌ی ارقام آفتابگردان با محلول‌پاشی نیم گرم بر لیتر نانواکسید روی (C1-C3 غلظت‌های، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر نانواکسید روی) حروف متفاوت با یکدیگر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]



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

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل سطوح نانواکسید روی و ارقام تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بر دوره مؤثر پرشدن دانه داشت. در رقم Aline۱۹۱ 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 نانواکسید روی بود. در Aline۱۲۲ بیشترین دوره مؤثر پرشدن دانه (۳۴/۹۲ روز) در تیمار ۱ گرم بر لیتر نانواکسید 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 نانواکسید 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 فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌آورد (گرنت[1] و همکاران، ۱۹۸۵). طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل سطوح نانواکسید روی و ارقام بر طول دوره پرشدن دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که در Aline۱۹۱ 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 Aline ۱۲۲ بیشترین مقدار این صفت (۳۴/۹۳ روز) مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمار ۱ گرم بر لیتر نانواکسید 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 نانواکسید 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 پرمحصول 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 همبستگی منفی گزارش شده است (کاتو[2]، 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 نانواکسید روی و ارقام بر حداکثر وزن دانه معنی‌دار بود. در رقم Aline۱۹۱، حداکثر وزن دانه (۰/۰۴۶۷ میلی‌گرم) در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر بود که با تیمار ۱ گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری

[1] Grant

[2] Kato

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

نداشت و کمترین وزن نهایی دانه (۰/۰۳۸۱ میلی‌گرم) در تیمار شاهد بود (جدول ۴). در Aline۱۲۲، بین سه غلظت نانواکسید 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 ۰/۵ گرم بر لیتر نانواکسید روی تفاوت معنی داری 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 فتوسنتزی 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[1] و همکاران، ۱۹۹۳). در رقم Aline۱۹۱ و Aline۱۲۲ 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 مجتهدی، ۱۳۷۸). کوماری و والارماتی[2] (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پرشدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار هستند. همان طور 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 (۲۰-۵ روز بعد از گلدهی) و رشد کند ثانویه به اتمام می‌رسد (داس و سارکار[3]، ۱۹۸۱؛ کوبی و سینگ، ۱۹۹۴). شکل‌های ۱ تا ۳ بیانگر همین مطالب است. ظرفیت تجمع ماده خشک به وسیله دانه طی مرحله نمو دانه که از گلدهی تا ۲۰-۱۵ روز پس از آن است، تعیین می‌شود. پرشدن دانه نیز ۱۵-۱۰روز پس از گرده افشانی 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 نانواکسید 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 Aline۱۲۲ در شرایط بدون کاربرد روی نیز حداکثر وزن دانه را داشتند، ولی برای افزایش عملکرد دانه رقم Aline۱۹۱ محلول‌پاشی عنصر روی ضروری به نظر می‌رسد.

[1] Jongkaettana
[2] Kumari and Valarmathi
[3] Das and Sarkar

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

منابع

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۷۲. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۲ صفحه.

خلیلی محله، ج. ۱۳۸۴. اثر محلول‌پاشی 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.

سرمدنیا، 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 مجتهدی، 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.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

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-Sinica, 1: 043.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 1(2), 2015

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

Mohammad Sedghi[1, *], Farzaneh Hasani[2], Raouf Seyed Sharifi[1]

[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

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.4.1]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.103]