فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۱، شماره ۴۸، خرداد و تیرماه ۱۴۰۱ صفحه: ۲۱۱-۲۲۷

مقاله پژوهشی

تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی روی بر پرشدن دانه و برخی صفات فیزیولوژیک سه رقم جو

مهرداد محلوجی

استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۱۰)

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی کود روی بر پرشدن دانه و برخی صفات فیزیولوژیک سه رقم جو در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت نوار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. شوری در سه سطح (کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب ۲، ۱۰ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) به‌صورت عامل عمودی، چهار سطح محلول-پاشی کود روی (نانو اکسید روی، کلات‌روی، کلات + نانو و محلول‌پاشی آب) به‌صورت عامل افقی و سه رقم جو (موروکو، نصرت و خاتم) در فاکتور عمودی خرد شدند. نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری، طول دوره پرشدن دانه، فلورسانس حداقل و حداکثر، حداکثر وزن دانه کاهش و درنتیجه عملکرد دانه کاهش یافت. محلول¬پاشی کود روی تا شوری متوسط، افزایش عملکرد دانه ارقام را به-همراه داشت. بیشترین شاخص سبزینگی (۴۶/۷)، فلورسانس حداقل (۶۱/۹) و حداکثر (۳۱۴/۲)، ماکزیمم وزن دانه (۰/۰۳۶۷ گرم) در رقم خاتم مشاهده شد. مصرف کلات روی در شوری زیاد، کمترین میزان پرولین را در ارقام نصرت (۱۴۱/۴ میکرومول بر گرم) و خاتم (۲۰۱/۸ میکرومول بر گرم) تولید نمود. با افزایش شوری، مصرف کود روی باعث بالارفتن میزان آنزیم پراکسیداز در ارقام نصرت و خاتم گردید. در شوری زیاد، عملکرد دانه تابع رقم و نوع محلول‌پاشی کود روی بود. در این سطح شوری، محلول‌پاشی با کود روی در رقم موروکو، کاهش عملکرد را به‌دنبال داشت؛ ولی رقم خاتم با کاربرد کلات روی، بیشترین دانه تولیدی (۲۶۲۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن رقم نصرت نیز با محلول‌پاشی کلات‌روی (۲۴۵۴/۷ کیلوگرم در هکتار) در جایگاه بعدی قرار داشتند به‌نظر می‌رسد که حضور عنصر روی در شرایط تنش شوری از طریق افزایش سرعت پرشدن دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن دانه و میزان آنزیم پراکسیداز، تحمل گیاه به تنش بالا رفته، موجب کاهش میزان پرولین شده و نهایتاً موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود.

کلمات کلیدی: آنزیم پراکسیداز، پرولین، کلات‌روی، نانو اکسید روی

مقدمه

شوری محدودکننده تولید در جهان (Poustini *et al.*, 2020) بوده و ۱۹/۵ درصد از اراضی فاریاب (Sonia *et al.*, 2019) را تحت‌تأثیر قرار داده است. وجود غلظت بالای املاح مختلف در آب آبیاری گیاه را با تنش شوری مواجه کرده و گیاه با قرار گرفتن در پتانسیل اسمزی منفی و غلظت بیش از حد یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر صدمه می‌بیند (Tabatabaei and Ehsanzadeh, 2016). در شرایط شوری، فراهمی عناصر غذایی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mmahlooji2000@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

در محلول خاک به‌واسطه غلظت زیاد یون‌های سدیم و کلر، کاهش یافته و منجر به اختلال در تغذیه و برهم‌خوردن تعادل عناصر غذایی گیاه می‌گردد. بنابراین نقش تغذیه صحیح در این شرایط بسیار حائز اهمیت بوده تا بتوان با کمک حفظ تعادل عناصر غذایی، زمینه رشد، نمو و عملکرد مطلوب گیاه را فراهم نمود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Morshedi and Farahbakhsh, 2012).

تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک موجب القای خشکی فیزیولوژیک در گیاه، نا¬به¬سامانی در فتوسیستم II، کاهش فلورسانس کلروفیل، کاهش تدریجی در سرعت فتوسنتز و سرعت انتقال الکترون می‌شود. همچنین مسدودشدن مسیر انتقال الکترون به‌وسیله یون کلر در غلظت¬های سمی این عنصر و پراکسیداسیون لیپید غشای تیلاکوئیدها می¬تواند موجب کاهش در فلورسانس کلروفیل برگ در غلظت¬های بالای نمک شود (محلوجی، ۱۳۹۵).

عنصر روی نقش‌های فیزیولوژیکی گوناگونی در گیاهان داشته و جزء فلزی کامل‌کننده نزدیک به ۳۰۰ آنزیم است. روی با وجود اینکه جزء عناصر کم‌مصرف است ولی به‌دلیل نقش گسترده‌ای که در فعالیت‌های متابولیکی گیاه دارد، کمبود آن موجب اختلال در این فرآیندها می‌شود. کمبود روی به‌عنوان یک مشکل اساسی به‌خصوص در گیاهان رشد کرده در خاک‌های شور و pH بالا شناخته می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که کاربرد عنصر روی به‌صورت محلول‌پاشی، می‌تواند توانایی گیاهان در شرایط تنش شوری را افزایش دهد. این عنصر، از طریق کنترل کانال‌های عبور یون کلر و جلوگیری از جذب آن، موجب افزایش جذب یون نیترات شده و با کمترین آسیب به غشای پلاسمایی، موجب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش شوری می‌شود (نریمانی و سیدشریفی، ۱۳۹۹). کمبود عنصر روی را در مواردی که ناشی از محدودیت‌های خاک زیرین، خشکی خاک‌های سطحی و بیماری‌ها باشد نمی‌توان به‌طور کامل و قطعی از طریق مصرف کودهای حاوی این عنصر رفع نمود. بنابراین استفاده از ژنوتیپ‌های کارآمد برای جذب عنصر روی می‌تواند راه‌حل مؤثر و پایدار برای تولید بیشتر محصولات زراعی در شرایط کمبود روی باشد (Sadeghzadeh, 2013).

استفاده از ژنوتیپ‌های مقاوم و کارا در جذب و استفاده از روی می‌تواند تکمیل‌کننده کاربرد خاکی و محلول‌پاشی روی در نظر گرفته شود، به‌خصوص زمانی‌که کشاورزان از کمبود روی در خاک مزرعه خود آگاه نبوده و یا دسترسی به کود روی ندارند. استفاده از ارقام دارای کارآیی بالای عنصر روی، می‌تواند با حداقل میزان روی در دسترس علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی باعث افزایش کمیت و کیفیت محصول گردند (Sadeghzadeh and Rengel, 2011).

استفاده دو منظوره از گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) در تولید دانه و علوفه، سازگاری گسترده با شرایط مختلف آب و هوایی، کشت پاییزه و استفاده از آب سبز، کشت در زمین‌های فقیر، آستانه تحمل به شوری بالا اهمیت این گیاه را دو چندان نموده است. در بیشتر مناطق تحت کشت جو، شوری آب آبیاری یکی از موانع اصلی دستیابی به عملکرد بهینه این گیاه محسوب می‌شود و این در حالی است که عنصر روی نقش اساسی در تعدیل و یا کاهش اثرات ناشی از شوری در گیاه دارد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تنش شوری و کود روی بر پرشدن دانه سه رقم جو بر برخی صفات فیزیولوژیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در منطقه رودشت واقع در ۶۰ کیلومتری شرق اصفهان در محل ایستگاه تحقیقات شوری اجرا گردید. ایستگاه فوق در مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۲۷ متر از سطح دریا واقع شده است. آزمایش به‌صورت نوار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. کشت با ردیف‌کار مخصوص آزمایشات غلات در کرت‌هایی شامل شش ردیف چهار متری با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع در سال‌زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. عامل اصلی نوار (عمودی) شامل شوری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کشت (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

EC	pH	ازت کل	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	مس	روی	منگنز	آهن	کلسیم+منیزیم	سدیم
				قابل جذب							
dS/m		درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم						میلی‌اکی‌والان بر متر	
۱۳	۷/۷	۰/۰۵	۰/۴۷	۱۱/۸	۳۴۰	۲/۳۸	۰/۷۲	۶/۴۸	۵/۵۴	۶۰	۷۹/۱

جدول ۲- نتایج تجزیه آب در سه سطح کیفیت آب آبیاری

مشخصه	Ece	pH	بی‌کربنات	کلرید	سولفات	مجموع آنیون	کلسیم+ منیزیم	سدیم	مجموع کاتیون	سختی کل
	dS/m		میلی‌اکی والان بر لیتر							
تیمار ۱	۱/۴	۷/۷	۲	۱/۴	۰/۸	۴/۲	۲/۶	۱/۵	۴/۱	۱۳۰
تیمار ۲	۹/۷	۸/۱	۵/۷	۶۰	۲۶/۹	۹۲/۶	۴۴	۴۷/۸	۹۱/۸	۲۲۰۰
تیمار ۳	۱۷/۸	۷/۶	۶/۴	۱۱۱	۵۴/۹	۱۷۲/۳	۷۲	۹۹/۳	۱۷۱/۳	۳۶۰۰

(کیفیت آب آبیاری) در سه سطح: شوری کم (آب رودخانه زاینده‌رود با شوری حدود ۲ دسی‌زیمنس بر متر)، متوسط (عرف منطقه با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و زیاد (آب زهکش یا شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) بود. عامل افقی، محلول¬پاشی کود روی و شامل مصرف نانواکسید روی (۱۰۰ گرم در هکتار، براساس توصیه شرکت نوتیرینو چین)، کلات روی (۱ کیلوگرم در هکتار، براساس توصیه شرکت تریدکورپ اسپانیا)، مخلوط کلات روی و نانواکسید روی (۰/۵ کیلوگرم در هکتار کلات روی و ۵۰ گرم در هکتار نانواکسید روی) و عدم محلول‌پاشی روی (مصرف آب) به‌عنوان شاهد بود. از مرحله چهار برگی با فاصله ۷ روز و در سه نوبت محلول‌پاشی انجام گردید. سه رقم جو (موروکو، نصرت و خاتم) به‌صورت عمودی در داخل کرت‌های اصلی خرد شدند. رقم جو موروکو (تهیه‌شده از مؤسسه ایکاردا) به‌عنوان رقم حساس تا نیمه‌حساس، رقم نصرت به‌عنوان رقم نیمه‌متحمل و رقم جو خاتم به‌عنوان رقم متحمل انتخاب شدند. آبیاری به‌صورت کرتی پس از تلفیق آب چاه و زهکش و رسیدن به هدایت الکتریکی مورد نیاز، انجام شد. پس از آبیاری اول و دوم با آب رودخانه (حدود یک دسی‌زیمنس بر متر)، هدایت الکتریکی خاک کاهش یافت. خصوصیات خاک و آب محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD Konica Minolta) و محتوای پرولین با روش Bates (۱۹۷۳)، تعداد سه برگ پرچم از هر واحد آزمایشی در مرحله سنبله‌دهی به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز از برگ پرچم در مرحله سنبله‌دهی نمونه‌برداری صورت گرفت (Pask *et al.*, 2011). برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه فلورسانس‌سنج (Chlorophyll fluorometer, OS-30p, USA) با توانایی اندازه‌گیری فلورسانس در دو حالت روشنایی و تاریکی استفاده شد. برای سازگارکردن برگ به تاریکی به حداقل ۲۰ دقیقه زمان نیاز است که در آن زمان Fv/Fm ثابت گردد که با استفاده از فویل آلومینیومی و قراردادن بر روی پهنک برگ و در نقطه وسط آن، شرایط مهیا گردید. مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل ثبت‌شده شامل Fm (فلورسانس حداکثر) و F0 (فلورسانس حداقل) بودند (Mahlooji and Pessarakli, 2017).

به‌منظور تعیین سرعت پرشدن دانه، نمونه‌برداری از ۱۸ روز بعد از سنبله‌دهی و در فواصل زمانی هر سه روز یک بار انجام شد. قبل از پنجه‌زنی، در خط پنجم کاشت ۵۰ بوته مشابه و با ظاهر یکنواخت انتخاب و با نخ رنگی ساقه اصلی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

علامت‌گذاری شدند. در هر مرحله از نمونه‌برداری سه سنبله از هر کرت بطور تصادفی انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شدند. بعد به‌مدت دو ساعت در آون در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Rondanini *et al.*, 2004). برای تعیین دوره مؤثر پرشدن دانه از رابطه (EFP = MGW / b) استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). در این رابطه EFP دوره مؤثر پرشدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و b سرعت پرشدن دانه است.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، در زمان برداشت و پس از حذف اثر حاشیه، مساحت سه متر مربع در هر کرت به‌وسیله کمباین آزمایشات غلات برداشت و عملکرد دانه از توزین آن بدست آمد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودار از برنامه گرافیکی Microsoft Excel استفاده شد. صفاتی که اثر برهمکنش (متقابل) آن معنی‌دار شدند، برش‌دهی (Slicing) و مقایسات میانگین این صفات توسط آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که سرعت پرشدن دانه، حداکثر وزن دانه، شاخص کلروفیل برگ، محتوای پرولین، میزان آنزیم پراکسیداز، و عملکرد دانه، تحت‌تأثیر تمامی اثرات ساده عوامل (شوری، کود و رقم) قرار گرفتند. اثر ساده شوری بر فلورسانس حداکثر و اثر ساده رقم بر فلورسانس حداقل و حداکثر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش دوگانه شوری × کود صفات حداکثر وزن دانه، شاخص سبزینگی برگ، محتوای پرولین، میزان آنزیم پراکسیداز و عملکرد معنی‌دار شد. برهمکنش دوگانه شوری × رقم صفات سرعت پرشدن دانه، حداکثر وزن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه، شاخص سبزینگی برگ، محتوای پرولین، میزان آنزیم پراکسیداز و عملکرد نیز معنی¬دار شد. برهمکنش دوگانه کود × رقم تعدادی از صفات شامل: دوره مؤثر پرشدن دانه، شاخص سبزینگی برگ، محتوای پرولین و میزان آنزیم پراکسیداز معنی¬دار گردید. برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم صفاتی نظیر: سرعت پرشدن دانه، محتوای پرولین، میزان آنزیم پراکسیداز و عملکرد نیز معنی¬دار شد.

مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه شوری × رقم، صفات حداکثر وزن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه و شاخص کلروفیل برگ، مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه شوری × کود صفات حدکثر وزن دانه و شاخص سبزینگی، مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه کود × رقم صفات دوره مؤثر پرشدن دانه و شاخص سبزینگی و مقایسه میانگین برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم صفات سرعت پرشدن دانه، محتوای پرولین، آنزیم پراکسیداز و عملکرد دانه در ادامه توصیف می‌شود.

پر شدن دانه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که سرعت پرشدن دانه تحت‌تأثیر شوری، کود مصرفی، رقم، برهمکنش دوگانه شوری × رقم و برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم مصرفی بطور معنی‌داری قرار گرفت. حداکثر وزن دانه نیز تحت‌تأثیر کیفیت آب، کود مصرفی، رقم، برهمکنش دوگانه شوری × کود و برهمکنش دو گانه شوری × رقم قرار گرفت. دوره مؤثر پرشدن دانه تحت‌تأثیر کود مصرفی، رقم و همچنین اثر دوگانه شوری × رقم واقع گردید.

مقایسه میانگین (جدول ۴) برهمکنش دوگانه شوری × رقم صفت حداکثر وزن دانه نشان داد که در برش‌دهی شوری آب آبیاری، حداکثر وزن دانه (۰/۰۴۲۰ گرم) در حداقل شوری آب را رقم موروکو و در شوری متوسط و زیاد، حداکثر وزن دانه را رقم خاتم (به‌ترتیب ۰/۰۳۵۴ و ۰/۰۳۳۲ گرم) را داشت. مقایسه میانگین (جدول ۵) برهمکنش دوگانه شوری × کود مصرفی صفت حداکثر وزن دانه نشان داد که در برش‌دهی شوری آب آبیاری، حداکثروزن دانه در حداقل شوری آب و شوری متوسط با مصرف کود روی بدست آمد و در برش‌دهی شوری زیاد، حداکثر وزن دانه را کود کلات مصرفی (۰/۰۳۱۳ گرم) را داشت. نتایج نشان داد که با افزایش شوری تا حد متوسط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در سه رقم جو تحت سطوح شوری آب آبیاری و کود روی

منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت پر-شدن دانه	حداکثر وزن دانه	دوره مؤثر پر-شدن دانه	شاخص سبزینگی	فلورسانس حداقل
بلوک (R)	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۰۸۵۹	۲/۹۹	۱/۱۷	۴۰/۹۵
شوری (S)	۲	۰/۰۰۰۰۰۱۴**	۰/۰۰۱۶۳۰۶۳**	۸۳/۱۵ns	۱۱۷/۲۰**	۲۵۸/۱۲ ns
خطا	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۰۱۲۰۷	۲۳/۷۶	۲/۲۷	۳۷/۴۸
کود روی (Zn)	۳	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲۹*	۰/۰۰۰۱۲۵۳۵**	۵۲/۳۲**	۱۰۵/۴۷**	۱۹/۲۲ ns
خطا	۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۱۲۱۷	۴/۲۹	۹/۲۷	۸/۰۵
Zn × S	۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۶ns	۰/۰۰۰۰۳۶۳۰*	۱۶/۴۳ ns	۲۴/۱۳**	۸۰/۵۵ ns
خطا	۱۲	۰۰۰۰۰۰۰۷۰	۰/۰۰۰۰۰۹۳۳	۳۲/۲۱	۲/۲۱	۹/۶۹
رقم (C)	۲	۰/۰۰۰۰۰۲۳**	۰/۰۰۰۱۸۲۶۳**	۱۲۰۴/۱۷**	۵۱۸/۵۴**	۱۲۱۴/۴۵**
S × C	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴*	۰/۰۰۰۰۷۱۱۱**	۶۸/۲۹**	۳۶/۸۷**	۵۷/۹۸ns
Zn × C	۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ns	۰/۰۰۰۰۳۲۴۷ ns	۸۹/۸۴**	۶۱/۹۶**	۱۲۳/۹۲ns
Zn× C×S	۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۲۶۷۳ ns	۲۶/۲۳ ns	۶/۸۹ ns	۱۶۴/۴۵ns
خطا	۴۸	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۱۵۲۷	۱۷/۴۵	۶/۲۵	۲۱/۰۵
ضریب تغییرات		۱۵/۵	۱۱/۴	۱۴/۹	۵/۵	۸/۲

***، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، عدم معنی‌داری**

ادامه جدول ۳-

منابع تغییر	درجه آزادی	فلورسانس حداکثر	محتوای پرولین	آنزیم پراکسیداز	عملکرد دانه
بلوک (R)	۲	۱۱۷/۵۳	۱۴۸/۹۳	۱۳/۹۳	۱۹۳۵۲
شوری (S)	۲	۱۱۷۶۲/۱۹**	۲۰۵۰/۷۵**	۸۸/۸۰**	۱۴۴۳۳۹۶۷۲**
خطا	۴	۹/۳۹	۵۲/۶۲	۰/۳۹	۳۰۴۳۶۷
کود روی (Zn)	۳	۴۴۳/۰۲ ns	۲۳۵۵۲/۴۲**	۱۲۰/۰۳**	۲۸۸۱۳۳*
خطا	۶	۹۴/۱۴	۸۸/۰۶	۰/۳۷	۳۳۷۵۲۳
Zn × S	۶	۵۱۰۰/۹۶ ns	۸۴۹۸/۸۳**	۵۲۶/۸۴**	۱۰۸۸۴۷۹*
خطا	۱۲	۱۶۶/۰۲	۹۷/۴۶	۰/۷۹	۳۳۸۲۳۷
رقم (C)	۲	۴۲۶۸۱/۶۹**	۷۶۲۷/۰۷**	۱۵۱۰/۲۳**	۳۷۷۷۸۷۱**
S × C	۴	۶۲۷/۱۸ns	۱۰۳۹/۴۳**	۴۸۹/۶۵**	۷۳۷۸۳۷**
Zn × C	۶	۵۶۶۳/۳۸ns	۹۳۱۰/۸۳**	۵۲۴/۷۱**	۱۹۴۰۴۴ ns
Zn× C×S	۱۲	۵۹۹۹/۷۸ns	۸۹۱۴/۹۸**	۲۶۸/۳۹**	۳۵۲۴۰۹*
خطا	۴۸	۸۵/۹۶	۶۶/۱۶	۰/۵۴	۱۳۸۵۶۶
ضریب تغییرات		۳/۴	۳/۸	۲/۰	۹/۰

***، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، عدم معنی‌داری**

(۱۰ ds/m)، حداکثر وزن دانه را رقم خاتم با مصرف کود روی و با افزایش بیشتر شوری (۱۸ ds/m)، حداکثر وزن دانه را رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش شوری × رقم جو بر صفات فیزیولوژیکی

شوری (dS/m)	رقم	حداکثر وزن دانه (گرم)	دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)	شاخص سبزینگی (اسپد)
۲	موروکو	۰/۰۴۲۰^{a}	۳۵/۱^{a}	۴۱/۸ ^{b}
	نصرت	۰/۰۴۰۴^{a}	۲۴/۵^{b}	۴۳/۳ ^{b}
	خاتم	۰/۰۴۱۵a	۲۶/۱^{b}	۴۹/۸ ^{a}
۱۰	موروکو	۰/۰۳۱۰^{ab}	۳۳/۸^{a}	۴۳/۷ ^{b}
	نصرت	۰/۰۳۳۱^{a}	۲۲/۸^{b}	۴۵/۲ ^{b}
	خاتم	۰/۰۳۵۴^{a}	۲۵/۹^{b}	۵۳/۴ ^{a}
۱۸	موروکو	۰/۰۲۵۰^{b}	۳۰/۱^{a}	۴۲/۲ ^{b}
	نصرت	۰/۰۲۵۴^{b}	۲۳/۶^{b}	۴۳/۴ ^{b}
	خاتم	۰/۰۳۳۲^{a}	۲۴/۷^{b}	۴۵/۹ ^{a}

در هر ستون و هر سطح شوری حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans است.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش شوری × کود روی، برهمکنش رقم × کود بر برخی صفات فیزیولوژیکی

شوری × کود روی				رقم × کود		
شوری (dS/m)	کود	حداکثر وزن دانه (گرم)	شاخص سبزینگی	رقم	کود	دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	شاخص سبزینگی
۲	نانو روی	۰/۰۴۳۹^{a}	۴۳/۱^{c}	موروکو	نانو روی	۲۸/۵^{c}	۳۸/۹^{b}
	کلات روی	۰/۰۴۱۷^{a}	۴۴/۸^{b}		کلات روی	۳۴/۶^{b}	۴۴/۶^{a}
	کلات + نانو	۰/۰۴۳۶^{a}	۴۶/۴^{a}		کلات + نانو	۳۵/۱^{b}	۴۵/۷^{a}
	شاهد (آب)	۰/۰۳۵۸^{b}	۴۵/۵^{ab}		شاهد (آب)	۳۹/۷^{a}	۴۰/۹ ^{ab}
۱۰	نانو روی	۰/۰۳۴۵^{a}	۴۵/۹^{c}	نصرت	نانو روی	۲۳/۸^{ab}	۴۰/۷^{b}
	کلات روی	۰/۰۳۳۹^{a}	۴۸/۸^{b}		کلات روی	۲۱/۹^{b}	۴۴/۷^{a}
	کلات + نانو	۰/۰۳۳۵^{a}	۵۱/۱^{a}		کلات + نانو	۲۶/۳^{a}	۴۶/۶^{a}
	شاهد (آب)	۰/۰۳۰۹^{b}	۴۳/۶^{d}		شاهد (آب)	۲۲/۴^{ab}	۴۳/۶^{c}
۱۸	نانو روی	۰/۰۲۷۱^{b}	۴۲/۱^{b}	خاتم	نانو روی	۲۶/۵^{a}	۵۲/۶^{a}
	کلات روی	۰/۰۳۱۳^{a}	۴۲/۸^{b}		کلات روی	۲۴/۹^{a}	۴۷/۱^{b}
	کلات + نانو	۰/۰۲۷۲^{b}	۴۶/۹^{a}		کلات + نانو	۲۶/۲^{a}	۵۲/۱^{a}
	شاهد (آب)	۰/۰۲۶۱^{b}	۴۲/۴^{b}		شاهد (آب)	۲۴/۷^{a}	۴۷/۱^{b}

در هر ستون در هر سطح شوری و در هر سطح رقم حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر-اساس آزمون Lsmeans است.

خاتم با مصرف کلات روی داشت. مقایسه میانگین (جدول ۴) برهمکنش دوگانه شوری × رقم صفت دوره مؤثر پرشدن دانه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

نشان داد که در تمام سطوح برش‌دهی شوری آب آبیاری با کیفیت ۲، ۱۰ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین دوره مؤثر پر شدن به‌ترتیب ۳۵، ۳۳ و ۳۰ روز متعلق به رقم موروکو بود. مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه رقم × کود مصرفی (جدول ۵) نشان داد که در برش¬دهی ژنوتیپ، شاهد آب (بدون کود روی) در رقم موروکو، مخلوط نانو + کلات روی در رقم نصرت بیشترین دوره مؤثر پرشدن دانه را داشتند. به علت زودتر به سنبله رفتن رقم موروکو دوره پرشدن دانه طولانی‌تری نسبت به دو رقم دیگر جو داشت.

مقایسه میانگین (جدول ۶) برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم صفت سرعت پرشدن دانه نشان داد که در برش‌دهی کیفیت آب مصرفی (حداقل شوری)، همه ژنوتیپ‌ها با مصرف کود، سرعت پرشدن دانه بیشتری داشتند. در شوری متوسط (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، ژنوتیپ موروکو و خاتم با مصرف نانواکسید روی، ژنوتیپ نصرت با کود مصرفی کلات + نانو، بیشترین سرعت پرشدن دانه را داشتند. در شوری زیاد (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، کود مصرفی تأثیری بر ژنوتیپ موروکو نداشت ولی تأثیر کود کلات + نانو بر رقم نصرت و کلات روی بر رقم خاتم، بیشترین سرعت پرشدن دانه را داشتند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری تا درجه متوسط (۱۰ ds/m)، حداکثر سرعت پرشدن دانه را رقم نصرت با مصرف کود کلات + نانو داشت. با افزایش بیشتر شوری (ds/m ۱۸)، بیشترین سرعت پرشدن دانه را رقم خاتم با مصرف کلات روی داشت. مشاهدات Dias و Lidon (۲۰۰۹) نیز نشان داد که ارقام متحمل به تنش در طی پرشدن دانه می‌توانند سرعت پرشدن دانه بیشتری داشته باشند. به‌نظر می‌رسد افزایش شوری، ضمن بر همزدن تعادل یون‌ها باعث اختلال در فرآیندهای فتوسنتزی و صفات پرشدن دانه (حداکثر وزن دانه، طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه) می‌شود. تنش بر فتوسنتز، تداوم پرشدن دانه، تجمع ماده خشک، تخصیص مواد به دانه (Tahir and Nakata, 2005)، کاهش حداکثر وزن دانه و تسریع در فرآیند پرشدن دانه (Dias and Lidon, 2009; Yin *et al.*, 2009; Fischer, 2011; Schittenhelm *et al.*, 2020; Pessarakli, 1999) مؤثر واقع می‌شود.

نتایج برخی آزمایشات بیانگر این است که در شرایط تنش و تجمع مواد سمی، کاهش وزن دانه به‌دلیل اختلال در انتقال کربوهیدرات و برهم‌خوردن تعادل یونی است که درنهایت منجر به کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه می‌گردد (حیدری‌سیاه خلکی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Mashi *et al.*, 2008). در همین راستا نتایج پژوهشی روی گیاه جو نشان داد محلول‌پاشی با نانواکسید روی در شرایط شوری منجر به افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه جو در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد. به‌نظر می‌رسد روی با تعدیل اثر ناشی از تنش شوری، موجب افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه شده است (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۴). گزارش شده است که روی موجب افزایش معنی‌دار وزن دانه گندم از طریق بهبود سرعت پرشدن آن می‌شود و میانگین وزن هزار دانه و سرعت پرشدن دانه در شرایط مصرف روی، به‌ترتیب ۲/۴ گرم و ۰/۰۹۱ میلی‌گرم بر دانه در روز بیش از تیمار بدون روی است (افیونی و همکاران، ۱۳۹۴). در اثر محلول‌پاشی عنصر روی به‌دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین ساخته‌شده توسط گیاه، وزن دانه، سرعت و طول دوره پرشدن دانه افزایش یافته است و در مجموع موجب افزایش عملکرد دانه شده است (Mohamad *et al.*, 1990).

شاخص سبزینگی برگ: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که شاخص کلروفیل برگ در مرحله گلدهی تحت تأثیر تمامی اثرات ساده عوامل (شوری، کود و رقم) کلیه برهمکنش‌های دوگانه (کود × شوری، رقم × شوری و رقم × کود) قرار گرفت. مقایسه میانگین (جدول ۴) برهمکنش دوگانه شوری × رقم صفت شاخص کلروفیل برگ نشان داد که در برش‌دهی شوری آب آبیاری (slicing) در همه سطوح با کیفیت ۲، ۱۰ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، حداکثر این شاخص به‌ترتیب ۴۹/۸، ۵۳/۴ و ۴۵/۹ متعلق به رقم خاتم بود. مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه شوری × کود مصرفی صفت کلروفیل نشان داد که در سطوح شوری حداقل و حداکثر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

جدول ۶- مقایسه میانگین برهم‌کنش سه عامل (شوری، رقم و کود روی) بر برخی صفات

شوری (dS/m)	رقم	کود	سرعت‌پر شدن دانه (g/day)	محتوای پرولین (µmole/gFW)	آنزیم پراکسیداز (µmole/gFW)	عملکرد دانه (kg/ha)
۲	موروکو	نانوروی	۰/۰۰۱۵۴^{ab}	۱۴۱/۴^{f}	۴۲/۲^{c}	۵۲۶۲/۵^{c}
		کلات روی	۰/۰۰۱۲۸^{b}	۱۸۵/۷^{e}	۴۰/۶^{d}	۶۲۱۸/۷^{b}
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۳۸^{b}	۱۴۹/۱^{f}	۲۶/۲^{g}	۵۰۷۹/۲^{c}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۰۰۸^{c}	۳۰۰/۴^{a}	۳۷/۹^{e}	۴۵۳۳/۳^{d}
	نصرت	نانوروی	۰/۰۰۱۶^{ab}	۲۵۷/۸^{b}	۱۹/۸^{h}	۶۹۰۰/۰^{a}
		کلات روی	۰/۰۰۱۷^{a}	۱۴۶/۶^{f}	۲۰/۵^{h}	۶۵۰۰/۰^{ab}
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۷^{a}	۱۹۵/۲^{de}	۴۰/۶^{d}	۶۷۲۹/۲^{ab}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۱۵^{ab}	۲۰۳/۳^{d}	۵۴/۳^{a}	۴۸۵۰/۰^{cd}
	خاتم	نانوروی	۰/۰۰۱۶^{ab}	۲۲۵/۹^{c}	۲۵/۹^{g}	۵۳۶۰/۴^{c}
		کلات روی	۰/۰۰۱۷^{a}	۱۹۴/۴^{de}	۴۵/۲^{b}	۶۶۱۶/۷^{ab}
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۶^{ab}	۲۲۳/۵^{c}	۲۹/۲^{f}	۵۹۵۰/۰^{b}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۱۴^{ab}	۲۲۹/۵^{c}	۴۵/۰^{b}	۵۰۷۵/۰^{cd}
۱۰	موروکو	نانو روی	۰/۰۰۱۲^{b}	۲۲۹/۰^{d}	۲۹/۶^{e}	۴۰۸۰/۳^{bc}
		کلات روی	۰/۰۰۰۸^{c}	۱۲۸/۴^{g}	۳۰/۸^{e}	۴۲۹۳/۶^{bc}
		کلات + نانو	۰/۰۰۰۷^{c}	۱۰۴/۹^{h}	۲۶/۲^{f}	۴۴۵۲/۷^{bc}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۰۷^{c}	۳۳۴/۳^{a}	۳۳/۳^{d}	۳۸۶۸/۱^{c}
	نصرت	نانوروی	۰/۰۰۱۳^{b}	۲۸۳/۸^{b}	۳۳/۵^{d}	۴۴۹۸/۵^{b}
		کلات روی	۰/۰۰۱۴^{ab}	۱۱۷/۹^{gh}	۳۹/۸^{d}	۵۰۸۱/۰^{ab}
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۷^{a}	۲۷۳/۴^{b}	۳۱/۹^{e}	۵۰۱۰/۸^{ab}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۱۳^{b}	۲۰۶/۶^{e}	۳۰/۷^{d}	۳۹۸۶/۵^{b}
	خاتم	نانوروی	۰/۰۰۱۵^{ab}	۲۶۳/۸^{c}	۵۴/۹^{a}	۵۲۲۱/۵^{a}
		کلات روی	۰/۰۰۱۴^{ab}	۱۸۶/۲^{f}	۴۹/۱^{c}	۵۲۸۱/۸^{a}
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۲^{b}	۲۰۴/۴^{g}	۵۱/۹^{b}	۴۷۵۰/۹^{ab}
		شاهد(آب)	۰/۰۰۱۳^{b}	۲۳۷/۹^{d}	۴۸/۵^{c}	۴۵۸۱/۱^{b}

در هر ستون و هر سطح شوری و رقم، حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans است.

شوری، نانواکسید روی حداقل کلروفیل را داشته است (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه کود × رقم (جدول ۵) نشان داد با مصرف کود کلات + نانو، ژنوتیپ‌های موروکو (۴/۸ واحد) و نصرت (۳ واحد)، رقم خاتم (۵/۵ واحد) با مصرف کود نانو روی، شاخص کلروفیل برگ بیشتری نسبت به شاهد داشتند. کاربرد روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتز کلروفیل می‌گردد. پورفوبیلینوژن پیش‌ماده کلروفیل بوده که برای تشکیل این ماده منیزیم و روی مورد نیاز است (Cakmak, 2000).

نتایج نشان داد که در همه سطوح شوری، رقم خاتم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

ادامه جدول ۶-

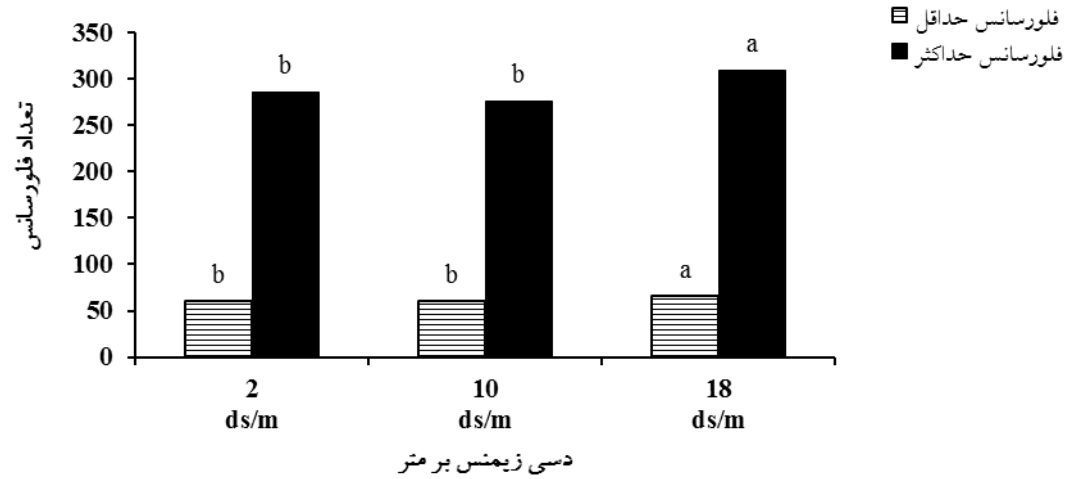
شوری (dS/m)	رقم	کود	سرعت‌پر شدن دانه (g/day)	محتوای پرولین (µmole/gFW)	آنزیم پراکسیداز (µmole/gFW)	عملکرد دانه (kg/ha)
۱۸	موروکو	نانوروی	۰/۰۰۰۷ b	۱۷۹/۹ f	۳۳/۳ e	۱۷۶۸/۰ b
		کلات روی	۰/۰۰۰۹ b	۲۰۸/۸ de	۴۰/۷ d	۱۶۶۶/۷ b
		کلات + نانو	۰/۰۰۰۹ b	۲۱۷/۶d	۳۴/۱ e	۱۶۸۰/۰ b
		شاهد(آب)	۰/۰۰۰۷ b	۲۲۲/۰ d	۲۷/۷ g	۲۲۲۰/۰ ab
	نصرت	نانوروی	۰/۰۰۱۲ ab	۲۷۱/۷ b	۴۳/۶ c	۲۰۶۱/۳ ab
		کلات روی	۰/۰۰۱۲ ab	۱۴۱/۴ g	۲۹/۸ e	۲۴۵۴/۷ ab
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۴ b	۱۹۷/۷ ef	۲۹/۴ e	۱۶۷۳/۳ b
		شاهد(آب)	۰/۰۰۰۸ b	۲۱۳/۵ d	۲۳/۱ f	۲۰۸۶/۷ ab
	خاتم	نانوروی	۰/۰۰۱۳ ab	۲۴۵/۷ c	۶۹/۶ a	۲۳۱۷/۳ ab
		کلات روی	۰/۰۰۱۵ a	۲۰۱/۸ e	۵۶/۵ b	۲۶۲۲/۷ a
		کلات + نانو	۰/۰۰۱۲ ab	۲۱۴/۹ d	۳۳/۹ e	۱۹۶۱/۳ b
		شاهد(آب)	۰/۰۰۱۳ ab	۳۱۶/۱ a	۲۰/۹ h	۲۱۴۱/۳ ab

در هر ستون و هر سطح شوری و رقم، حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans است.

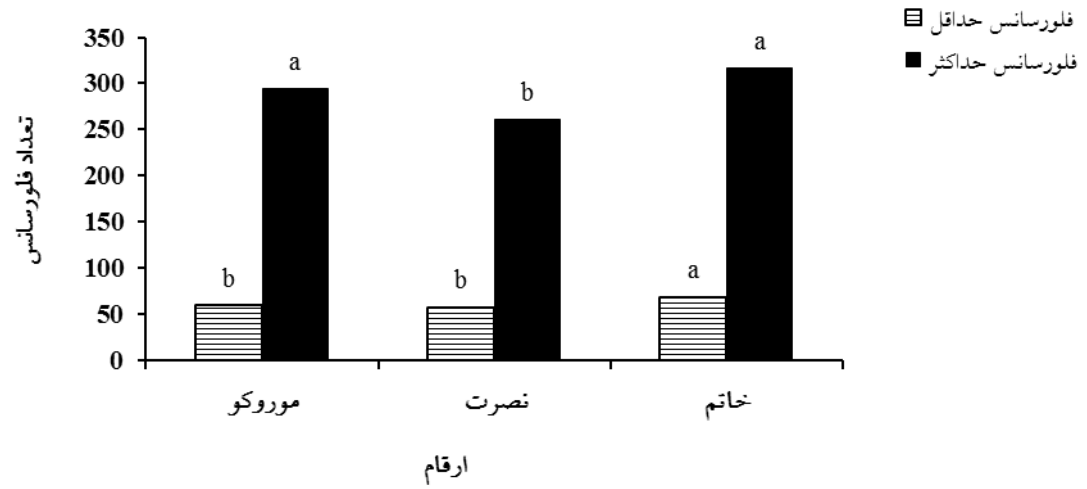
بیشترین شاخص سبزینگی را داشت. در شوری کم، رقم خاتم نسبت به موروکو و نصرت به‌ترتیب ۱۹ و ۱۵ درصد، در شوری متوسط، رقم خاتم نسبت به موروکو و نصرت به‌ترتیب ۲۲ و ۱۸ درصد و در شوری زیاد، رقم خاتم نسبت به موروکو و نصرت به‌ترتیب ۸ و ۶ درصد، شاخص سبزینگی بیشتری داشت. با افزایش شوری آب، محلول‌پاشی کود روی به‌صورت کلات + نانو، شاخص سبزینگی بیشتری داشته است. در شوری کم، متوسط و زیاد مخلوط کود کلات + نانو نسبت به شاهد (آب) به‌ترتیب ۲، ۱۷ و ۹ درصد شاخص سبزینگی بیشتری داشت. تنش می‌تواند محتوای کلروفیل ارقام ارزن (Nematpour *et al*., 2019) و گندم (Ristic *et al*., 2007) را کاهش دهد و علت کاهش میزان کلروفیل به‌دلیل خسارت وارد شده به تیلاکوئید است. همچنین در شرایط تنش شوری، افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند آبسیزیک اسید و اتیلن منجر به تحریک آنزیم کلروفیلاز شده و به این ترتیب کلروفیل‌ها و ماکرومولکول‌ها تجزیه می‌شود (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Orabi *et al*., 2010). در تحقیق انجام‌شده توسط نریمانی و سیدشریفی (۱۳۹۹) بر روی گندم، نیز بیشترین میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با کاربرد توأم سولفات روی و نانواکسید روی در عدم اعمال شوری مشاهده شود.

پارامترهای فلورسانس کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) صفت فلورسانس حداکثر نشان داد که فقط اثر ساده شوری آب آبیاری و اثر ساده رقم بر صفات فلورسانس حداقل و حداکثر در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری تا شوری متوسط، فلورسانس حداقل (۹/۹ درصد) و فلورسانس حداکثر (۱۲/۲ درصد) کاهش و در شوری زیاد آب، فلورسانس حداقل (۶/۲ درصد) و فلورسانس حداکثر (۷/۴ درصد) نسبت به شوری حداقل دو دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. تأثیر رقم بر مؤلفه‌های فلورسانس حداقل و فلورسانس حداکثر، معنی‌دار و رقم خاتم دارای فلورسانس حداقل و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]



شکل ۱- نتایج فلورسانس حداقل و حداکثر در سطوح مختلف شوری



شکل ۲- نتایج فلورسانس حداقل و حداکثر در ارقام مختلف جو

حداکثر بیشتری است (شکل ۲). فلورسانس حداقل و حدکثر رقم خاتم نسبت به موروکو به‌ترتیب ۲۲/۹ و ۲۶/۹ درصد بیشتر و نسبت به رقم نصرت، ۹/۴ و ۷/۴ درصد بیشتر گردید. تفاوت پارامترهای فلورسانسی کلروفیل ارقام گندم (فتحی، ۱۳۹۱) و جو (Ramzi and Morales, 1994) که ناشی از کارآیی بالاتر ارقام متحمل به تنش شوری است، گزارش شده است. همچنین مشاهدات بهاری‌ساروی و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که تنش باعث تغییر ساختاری در مراکز واکنش کلروفیل می‌گردد.

محققان اظهار داشتند در ارقام مقاوم به شوری، کلروفیل کمتر تجزیه می‌گردد (Kumar Parida and Bandhu Das, 2005). به‌نظر می‌رسد ارقام متحمل به تنش، دارای کارآیی سیستم نوری بیشتر، فلورسانس حداقل (Fo) و حداکثری (Fm) بالاتر و کاهش عملکرد کمتری دارند. نتایج چندین پژوهش (ممنوعی و سیدشریفی، ۱۳۸۹؛ Ramzi and Morales, 1994) نشان داد که ارقام متحمل به شوری و خشکی جو نسبت به ارقام حساس، کارآیی سیستم نوری II بالاتری داشتند. مطالعه انجام‌شده توسط برده‌جی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که عملکرد کوانتومی بین ارقام جو متفاوت است و تنش در ژنوتیپ‌های گندم (اردلانی و همکاران، ۱۳۹۴)، نیز کاهش کارایی فتوسیستم شده است. نتایج مشاهدات (Dash and Mohanty 2001; Sharkey, 2005; Correia *et al.*, 2020)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

نشان داد که تنش شدید، فعالیت سیستم نوری II را کاهش داده ولی تنش ملایم اثر جدی بر فعالیت این سیستم (Allakhverdiev *et al.*, 2008) اثری نداشته است.

محتوای پرولین: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تمامی اثرات ساده (شوری، کود و رقم)، اثرات دوگانه برهمکنش (شوری × کود، شوری × رقم و کود × رقم) و اثر سه گانه (شوری × کود × رقم)، بر محتوای پرولین برگ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین (جدول ۶) برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم، صفت پرولین به‌وسیله آزمون برش‌دهی نشان داد که در برش‌دهی کیفیت آب (حداقل شوری آب دو دسی‌زینس بر متر)، کمترین میزان پرولین در ژنوتیپ موروکو (۱۴۱/۴ میکرومول بر گرم) با مصرف نانواکسید روی و رقم نصرت (۱۴۶/۶ میکرومول بر گرم) با مصرف کلات روی بدست آمد. در برش‌دهی کیفیت آب (شوری متوسط آب ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، کمترین میزان پرولین در ژنوتیپ موروکو با مصرف کلات + نانو و در در رقم نصرت خاتم با مصرف کلات روی بدست آمد. در برش‌دهی کیفیت آب با شوری زیاد (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، ژنوتیپ موروکو با مصرف نانواکسید روی، ارقام نصرت و خاتم با مصرف کلات روی، حداقل پرولین را داشتند.

ارقام نصرت و خاتم در تمام کیفیت‌های آب مصرفی، با مصرف کود کلات روی حداقل میزان پرولین را تولید نمودند. اثر محافظتی عنصر روی می‌تواند به نقش آن در حفظ یک پارچگی ساختار غشاء پلاسمایی، کنترل جذب سدیم و دیگر یون‌های سمی نسبت داده شود که در اثر این امر از بالارفتن پتانسیل اسمزی جلوگیری شده و به‌تبع آن نیازی به تولید و تجمع پرولین و دیگر ترکیبات محلول سازگار نمی‌باشد (Cakmak and Marschner, 1988). در برنج تیمارشده با سولفات روی، کاهش در میزان پرولین نسبت به گیاه تیمار نشده مشاهده گردید (Saleh and Maftoun, 2008). با توجه به اینکه پرولین بیشتر به‌منظور حفظ بقاء گیاه تا حفظ جریان رشد آن است، به‌نظر می‌رسد که حضور روی در شرایط تنش شوری از طریق افزایش غلظت عناصر داخل سلول و افزایش تحمل گیاه به تنش، باعث کاهش پرولین می‌شود (کرملاچعب و قرینه، ۱۳۹۲).

آنزیم پراکسیداز: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تمامی اثرات ساده (شوری، کود و رقم)، اثرات دوگانه برهمکنش (کود × شوری، رقم × شوری و رقم × کود) و اثرات سه گانه (شوری × کود × رقم)، بر میزان آنزیم پراکسیداز معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین (جدول ۶) برهمکنش سه گانه شوری × رقم × کود مصرفی میزان آنزیم پراکسیداز نشان داد که در برش‌دهی کیفیت آب مصرفی شوری کم، تقریباً بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در ارقام نصرت و خاتم بدون مصرف کود روی (شاهد) بدست آمد. برش‌دهی کیفیت آب مصرفی شوری متوسط و زیاد، بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در ارقام نصرت و خاتم با مصرف کود روی و کمترین میزان آنزیم در شاهد مصرف آب حاصل شد.

به‌نظر می‌رسد تحمل گیاه به تنش با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها مرتبط است. تعدادی از محققین نیز (Zhang *et al.*, 2016) افزایش آنزیم پراکسیداز تحت شرایط تنش را در تجزیه پراکسید اکسیژن و حفظ فتوسنتز مؤثر می‌دانند. در این آزمایش همزمان با افزایش شوری و مصرف کود روی، میزان آنزیم پراکسیداز افزایش یافته است. مطالعات (Zhao *et al.*, 2007; Almeselmani *et al.*, 2006) نشان داده، فعالیت پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز با تحمل تنش مرتبط است. عنصر روی محافظ غشاها در برابر تنش اکسیداتیو و خسارت پراکسیداتیو عمل کند (Hassan *et al.*, 2005). فعالیت دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز نیز به‌عنوان سازوکار تدافعی در برابر تنش اکسیداتیو مطرح هستند (Sanita di toppi and Gabbrieli, 1999). در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد کلیه تیمارهای محتوی عنصر روی اعم از سولفات و کلات روی هم در حضور و هم در غیاب تنظیم‌کننده رشد اکسین، موجب افزایش سطوح فعالیت پراکسیداز ذرت دانه‌ای گردیدند (زند و همکاران، ۱۳۸۹). بطور کلی آنتی‌اکسیدان‌ها نقش بسیار مهم و کلیدی در تحمل به تنش گیاهان ایفا می‌کنند. افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

مختلف در اثر بروز تنش‌های محیطی می‌تواند به‌دلیل اثر سمیت یون کلر بر کارایی سیستم فتوسیستم II و یا تغییرات انسجام غشای سلولی در اثر افزایش نسبت سدیم به کلسیم باشد (Meneguzzo *et al*., 1999). این آنزیم‌ها به گیاه در برابر پراکسیداسیون چربی ناشی از اثرات کلرید سدیم کمک می‌کنند. همچنین گیاهان متحمل به شوری علاوه بر توانایی تنظیم اسمزی، توانایی بالایی در افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان‌های خود در مواجهه با تنش شوری دارند (Yasar, 2007).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تمامی اثرات ساده (شوری، کود و رقم)، اثرات دوگانه برهمکنش (شوری × کود، شوری × رقم و کود × رقم) و اثر سه گانه (شوری × کود × رقم)، عملکرد دانه را تحت‌تأثیر قرار داد. با افزایش شوری، عملکرد دانه کاهش یافت. مقایسه میانگین (جدول ۶) برهمکنش سه گانه شوری × کود × رقم، روی عملکرد دانه نشان داد با افزایش شوری تا حد متوسط (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، عملکرد دانه بیشتر در ژنوتیپ‌های مختلف با مصرف کود بدست آمد. حداکثر عملکرد دانه در شوری متوسط، در رقم موروکو با مصرف کود کلات + نانو به میزان ۴۴۵۲/۷ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۱ درصد نسبت به شاهد بدون کود)، در رقم نصرت با مصرف کود کلات به میزان ۵۰۸۱/۰ کیلوگرم در هکتار (۲۷/۵ درصد نسبت به شاهد) و در رقم خاتم نیز با مصرف کود کلات روی به میزان ۵۲۸۱/۸ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۳ درصد نسبت به شاهد) حاصل شد. با زیادتر شوری آب مصرفی(سطح ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، بیشترین میزان عملکرد دانه در رقم موروکو (۲۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بدون مصرف کود، در رقم نصرت (۲۴۵۴/۷ کیلوگرم درهکتار) و خاتم (۲۶۲۲/۷ کیلوگرم در هکتار) با مصرف کود کلات روی به‌ترتیب با ۱۷/۶ و ۲۲/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد بدون مصرف کود، بدست آمد.

کارآیی استفاده از کود نسبت به شاهد (مصرف آب) در شوری کم (دو دسی‌زیمنس بر متر)، در ارقام موروکو، نصرت و خاتم به‌ترتیب ۲۱، ۳۸ و ۱۷ درصد افزایش داشت. این کارایی در شوری متوسط (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، در ارقام موروکو، نصرت و خاتم به‌ترتیب ۱۰، ۱۱/۷ و ۱۲/۲ درصد افزایش داشته است. با زیادتر شوری (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، رقم موروکو تیمار شاهد عملکرد بیشتر داشته (عدم کارایی کود روی) ولی در ارقام نصرت و خاتم، بیشترین تولید دانه را کود کلاته داشته و کارایی این کود نسبت به شاهد، در رقم نصرت ۲۲ درصد و در رقم خاتم ۱۱ درصد بدست آمد.

در این تحقیق مصرف کود روی تا شوری متوسط (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، افزایش عملکرد در همه ژنوتیپ‌ها را به‌همراه داشت. احمدی و همکاران (۱۳۸۵) اظهار داشتند افزودن روی در شرایط شوری کم تا متوسط می¬تواند از طریق بهبود وضعیت عناصر غذایی در گیاه و کاهش اثرات شوری موجب رشد بیشتر و تا حدودی افزایش عملکرد دانه گندم گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۵). با افزایش زیادتر شوری (۱۸ دسی‌زیمنس بر متر)، عملکرد دانه با مصرف کود کلاته، در ارقام نصرت و خاتم افزایش یافته است، ولی کود روی مصرفی نتوانسته جبران خسارت شوری آب آبیاری و اختلالات ایجادشده را در رقم موروکو انجام دهد. تفاوت‌های ژنتیکی ارقام و کارآیی بالاتر ارقام متحمل و نیمه‌متحمل در استفاده از عناصر کم¬مصرف در رشد محصول (شامل فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی)، منجر به حصول عملکردهای بالاتر آنها می‌شود. در پژوهشی علت افزایش عملکرد با مصرف کود روی در جو را، افزایش محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز (سیدشریفی و همکاران، ۱۳۹۴) و در مطالعه دیگر (بابایی و همکاران، ۱۳۹۹) افزایش عملکرد دانه گندم با مصرف کود روی را، بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه و شاخص کلروفیل گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

با افزایش شوری آب آبیاری، فلورسانس حداقل و فلورسانس کلروفیلی حداکثر کاهش یافته، تأثیر رقم بر مؤلفه‌های فوق معنی‌دار و رقم خاتم دارای فلورسانس حداقل و حداکثر بیشتری است. به‌نظر می‌رسد ارقام متحمل به تنش، دارای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

کارآیی سیستم نوری بیشتر، فلورسانس حداقل (Fo) و حداکثری (Fm) بالاتر و کاهش عملکرد کمتری هستند.

محتوای پرولین و آنزیم پراکسیداز به میزان شوری، نوع رقم و کود مصرفی بستگی دارد. در حداقل شوری، کمترین میزان پرولین در ژنوتیپ موروکو با مصرف نانواکسید روی و در رقم نصرت با مصرف کلات روی بدست آمد. بیشترین میزان آنزیم اکسیدانتی پراکسیداز در سطح حداقل شوری، بدون مصرف کود روی در ارقام نصرت و خاتم بدست آمد. در شوری متوسط و زیاد، با مصرف کلات روی، کمترین میزان پرولین در ارقام نصرت (۱۱۷/۹ میکرومول بر گرم، ۴۳ درصد کمتر نسبت به شاهد بدون کود) و خاتم (۱۸۶/۲ میکرومول بر گرم، ۲۱/۷ درصد کمتر نسبت به شاهد بدون کود) تولید شد. میزان آنزیم پراکسیداز در شوری متوسط و زیاد، با مصرف کود روی در ارقام نصرت و خاتم افزایش یافت. این میزان آنزیم در رقم نصرت، ۴/۱ و ۱۱/۱ میکرومول بر گرم و در رقم خاتم، ۳/۵ و ۲۲/۵ میکرومول بر گرم به‌ترتیب در شوری متوسط و زیاد آب آبیاری تولید گردید. به‌نظر می‌رسد هر چه مقدار میزان پرولین در ساختار گیاه کمتر باشد، میزان ماده بیشتری در طی فرآیند جذب و سوخت‌وساز به عملکرد اقتصادی در گیاه منجر می‌شود. همچنین گیاهان متحمل به شوری علاوه بر توانایی تنظیم اسمزی، توانایی بالایی در افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان‌های خود در مواجهه با تنش شوری دارند.

با افزایش شوری، حداکثر وزن دانه کاهش یافت. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم خاتم حداکثر وزن دانه را در شوری متوسط (۰/۰۳۵ گرم) و شوری زیاد (۰/۰۳۳ گرم) به خود اختصاص داد. بالاترین وزن دانه در شوری متوسط با مصرف کود روی و در شوری زیاد با مصرف کلات روی تولید شد. بیشترین دوره مؤثر پرشدن دانه را رقم موروکو در شرایط بدون محلول‌پاشی (۳۹/۷ روز) و رقم نصرت با مصرف کلات + نانو (۲۶/۳ روز) مشاهده شد. با مصرف کود روی در شرایط حداقل شوری آب، سرعت پرشدن دانه رقم نصرت (۱۳ درصد) و رقم خاتم (۱۶ درصد) بیشتر شد. در شوری متوسط، رقم نصرت با محلول‌پاشی کلات + نانو (۰/۰۰۱۷ گرم در روز) و در شوری زیاد، رقم خاتم با مصرف کلات روی (۰/۰۰۱۵ گرم در روز) بیشترین سرعت پرشدن دانه را به خود اختصاص دادند.

محلول‌پاشی کود روی تا شوری متوسط در ارقام مختلف آزمایش، افزایش عملکرد دانه را به‌همراه داشت. با افزایش شوری، عملکرد دانه کاهش یافت. در شوری زیاد، عملکرد دانه تابع رقم و نوع محلول‌پاشی کود روی دارد. در این سطح شوری، محلول‌پاشی با کود روی در رقم موروکو، کاهش عملکرد را به‌دنبال داشت؛ ولی رقم خاتم با کاربرد کلات روی، بیشترین دانه تولیدی (۲۶۲۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن رقم نصرت نیز با محلول‌پاشی کلات روی (۲۴۵۴/۷ کیلوگرم در هکتار) در جایگاه بعدی قرار داشتند. به‌نظر می‌رسد تفاوت‌های ژنتیکی ارقام و کارآیی بالاتر ارقام متحمل و نیمه‌متحمل در استفاده از عناصر کم‌مصرف در رشد محصول (شامل فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی)، منجر به حصول عملکرد¬های بالاتر آنها می‌شود.

منابع

اردلانی، ش.، سعیدی، م.، جلالی‌هنرمند، س. و قبادی، م. ا. (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی پس از گرده‌افشانی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲۱: ۱۹-۵.

احمدی، م.، آستارایی، ع. ر.، کشاورز، پ. و نصیری‌محلاتی، م. (۱۳۸۵) تأثیر شوری آب آبیاری و کود روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی گندم. مجله بیابان ۱۱: ۱۴۱-۱۲۹.

افیونی، د.، اله‌دادی، ا.، اکبری، غ. ع. و نجفیان، گ. (۱۳۹۴) بررسی تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تنش خشکی انتهای فصل براساس برخی صفات زراعی. مجله خشک بوم ۵: ۱۶-۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

بابایی، خ.، سیدشریفی، ر. و پیرزاد، ع. ر. (۱۳۹۹) اثر کودهای بیولوژیک و نانواکسید آهن و روی بر عملکرد کوانتومی و روند پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۳۰: ۹۴-۷۳.

برده‌جی، س.، عشقی‌زاده، ح. ر. و زاهدی، م. (۱۳۹۹) بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو. فرآیند و کارکرد گیاهی ۹: ۱۴-۱.

بهاری‌ساروی، س. ح.، پیردشتی، ه. ا. و یعقوبیان، ی. (۱۳۹۶) واکنش پارامترهای فلورسانس کلروفیل و فیزیولوژیک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) تحت تنش شوری. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۶: ۱۰۴-۸۹.

فتحی، ع. (۱۳۹۱) بررسی تأثیر تغذیه برگی نانو ذرات آهن و روی بر پاسخ گندم و ذرت به تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی اردبیل، ایران.

حیدری سیاه خلکی، م. ص.، سیدشریفی، ر. و صدقی، م. (۱۳۹۱) تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد، سرعت و طول دوره پرشدن دانه گندم. مجله تحقیقات علوم و تکنولوژی بذر ۲: ۷۸-۶۴.

سیدشریفی، ر.، کمری، ح. و نجفی، ق. (۱۳۹۴) تأثیر تنش شوری و تغذیه برگی با نانواکسید روی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی جو. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۳: ۴۱۰-۳۹۹.

زند، ب.، سروش‌زاده، ع.، قناتی، ف. و مرادی، ف. (۱۳۸۹) اثر محلول‌پاشی روی (Zn) و اکسین (IBA) بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ذرت دانه‌ای. زیست‌شناسی گیاهی ۲:۴۸-۳۵.

کرمللاچعب، ع. و قرینه م. ح. (۱۳۹۲) تأثیر عنصر روی بر رشد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم. پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱: ۴۵۳-۴۴۶.

محلوجی، م. (۱۳۹۵) تأثیر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی با نانواکسید روی برخصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های جو. پایان‌نامه دکترا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

ممنوعی، ا. و سیدشریفی، ر. (۱۳۸۹) بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنوتیپ جو و رابطه آن با دمای آسمانه (Canopy) و عملکرد. زیست‌شناسی گیاهی ۲: ۶۲-۵۱.

نریمانی، ح. و سیدشریفی، ر. (۱۳۹۹) تأثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی روی بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و عملکرد گندم در شرایط شوری خاک. مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار ۱۰: ۱۰۵-۸۹.

Allakhverdiev, S. I., Kreslavski, V. D., Klimov, V. V., Los, D. A., Carpentier, R. and Mohanty, P. (2008) Heat stress: An overview of molecular responses in photosynthesis. Photosynthesis Research 98: 541-550.

Almeselmani, M., Deshmukh, P. S., Sairam, R. K., Kushwaha, S. R. and Singh, T. P. (2006) Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. Plant Science 171: 382-388.

Bates, L. S. (1973) Rapid determination of free proline for water- stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Cakmak, I. (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist 146: 185-205.

Cakmak, I. and Marschner, H. (1988) Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. Journal of Experimental Botany 39: 1449-1460.

Correia, P. M. P., Silva, A. B., Roitsch, T., Carmo-Silva, E. and Silva, J. M. D. (2020) Photoprotection and optimization of sucrose usage contribute to faster recovery of photosynthesis after water deficit at high temperatures in wheat. Physiology of Plant 1: 1-38.

Dash, S. and Mohanty, N. (2001) Evaluation of assays for the analysis of thermotolerance and recovery potentials of seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Journal of Plant Physiology 158: 1153-1165.

Dias, A. S. and Lidon, F. C. (2009) Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis. Journal of Agronomy and Crop Science 195: 137-147.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

Ellis, R. H. and Pieta-Filho, C. (1992) The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research 2: 19-25.
Fischer, R. A. (2011) Wheat physiology: A review of recent developments. Crop Pasture Science 62: 95-114.
Hassan, M. J., Zhang, G., WU, F., Wei, K. and Chen, Z. (2005) Zinc alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by cadmium in rice. Journal of Plant Nutrition Soil Science 168: 255-261.
Kumar Parida, A. and Bandhu Das, A. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
Mahlooji, M. and Pessarakli, M (2017) Agrophysiological responses of barley cultivars to salt stress and zinc fertilization. Research on Crop Ecophysiology 12: 116-130.
Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Noorinia, A. (2008) Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-les barley. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 1-10.
Meneguzzo, S., Navari-Izzo, F. and Izzo, R. (1999) Antioxidative responses of shoots and roots of wheat to increasing NaCl concentrations. Journal of Plant Physiology 155: 274-280.
Mohamad, W., Ighbal, M. and Shal, S. M. (1990) Effect of mode of application to zine and iron on yield of wheat. Journal of Agriculture 6: 615-618.
Morshedi, A. and Farahbakhash, H. (2012) The role of potassium and zinc in reducing salinity and alkalinity stress conditions in two wheat genotypes. Archives of Agronomy and Soil Science 58: 371-384.
Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R. and Zahedi, M. (2019) Drought-tolerance mechanisms in foxtail millet (*Setaria italica*) and proso millet (*Panicum miliaceum*) under different nitrogen supply and sowing dates. Crop and Pasture Science 70: 442-452.
Orabi, S. A., Salman, S. R. and Shalaby, A. F. (2010) Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. World Journal of Agricultural Sciences 6: 252-259.
Pask, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M. and Reynolds, M. P. (2011) Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Cimmyt.
Pessarakli, M. (1999) Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker. Inc. New York.
Ramzi, B. and Morales, F. (1994) Chlorophyll flourescens as a possible tool for salinity tolerance screening in barley. Plant Physiology 104: 667-673.
Ristic, Z., Bukovnik, U. and Prasad, P. V. V. (2007) Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. Crop Science 47: 2067-2073.
Rondanini, D., Savin, R. and Hall, A. J. (2004) Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research 83: 79-90.
Poustini, K., Esmaeili, A. R., Abbasi, A. R. and Sadeghpour, A. (2020) Ion concentration and energy response of two wheat cultivars to salt stress. Journal of Plant Nutrition 43: 1-11.
Sadeghzadeh, B. (2013) A review of zinc nutrition and plant breeding. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13: 905-927.
Sadeghzadeh, B. and Rengel, Z. (2011) Zinc in soils and crop nutrition. In: The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops (eds. Malcolm, J. and Barraclough, P.) Pp: 335-375. John Wiley and Sons, Inc.
Saleh, J. and Maftoun, M. (2008) Interactive effects of NaCl levels and zinc sources and levels on the growth and mineral composition of rice. Journal of Agricultural Sciences and Technology 10: 325-336.
Sanita di toppi, L. and Gabbrieli, R. (1999) Response to cadmium in higher plants. Environmental and Experimental Botany 41: 105-130.
Sharkey, T. D. (2005) Effects of moderate heat stress on photosynthesis: Importance of thylakoid reactions, rubisco deactivation, reactive oxygen species, and thermo tolerance provided by isoprene. Plant and Cell Environment 28: 269-277.
Schittenhelm, S., Langkamp-Wedde, T., Kraft, M., Kottmann, L. and Matschiner, K. (2020) Effect of two-week heat stress during grain filling on stem reserves, senescence, and grain yield of European winter wheat cultivars. Journal of Agronronomy and Crop Science 206: 722-733.
Sonia, R., Manoj, K. S., Neeraj, K. and Neelam, N. (2019) Impact of salinity and zinc application on growth, physiological and yield traits in wheat. Current Science 116: 1324-1330.
Tabatabaei, S. and Ehsanzadeh, P. (2016) Photosynthetic pigments, ionic and antioxidative behaviour of hulled tetraploid wheat in response to NaCl. Photosyntheica 54: 340-350.
Tahir, I. S. A. and Nakata, N. (2005) Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. Journal of Agronomy and Crop Science 191: 106-115.
Yasar, F. (2007) Effects of salt stress on ion and lipid peroxidation content in green beans genotypes. Asian Journal of Biochemistry 19: 1165-1169.
Yin, X., Guo, W. and Spiertz, J. H. (2009) A quantitative approach to characterize sink–source relationships during grain filling in contrasting wheat genotypes. Field Crops Research 114: 119-126.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

Zhang, C. X., Fu, G. F., Yang, X. Q., Yang, Y., Zhao, J. X., Chen, T. T., Zhang, X. F., Jin, Q. Y. and Tao, L. X. (2016) Heat stress effects are stronger on spikelets than on flag leaves in rice due to differences in dissipation capacity. Journal of Agronronomy and Crop Science 202: 394-408.

Zhao, H., Dai, T. B., Jing, Q., Jiang, D. and Cao, W. X. (2007) Leaf senescence and grain filling affected by post-anthesis high temperatures in two different wheat cultivars. Plant Growth Regulation 51: 149-158.

Zlatev, Z. and Yordanov, T. (2004) Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]

Effects of salinity stress and Zinc application and some physiological traits on grain filling of three barley cultivars

Mehrdad Mahlooji

Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(Received: 06/08/2021, Accepted: 02/10/2021)

Abstract

To evaluate the effect of salinity stress and Zinc application on grain filling of three barley cultivars and some physiological traits this experiment was arranged as a split block in a randomized complete block design with three replications at the Isfahan (Rodasht) Salinity Research Station (2013-14). Three water quality treatments including (2, 10 and 18 dS/m) were evaluated in vertical factors. The horizontal factors were foliar spraying including (nano zinc-oxide, chelated zinc, mixture of nano and chelated zinc and water spraying as a control). Three different barley cultivars including (Morocco, Nosrat and Khatam) spilted within vertical factors. The results showed that with increasing salinity irrigation water, grain filling period, minimum and maximum fluorescence as well as maximum grain weight decreased, and eventually the grain yield decreased. To moderate salinity (10 ds/m), foliar application of Zinc fertilizer in all experimental cultivars increased grain yield. Khatam cultivar had the highest chlorophyll index (46.7), minimum (61.9) and maximum fluorescence (314.2) and maximum grain weight (0.0367 gr). At high salinity, Zinc application was produced the lowest amount of proline by Nosrat (141.4 µmole/g) and Khatam (201.8 µmole/g) cultivars. With increasing salinity, Zinc application was produced high amount of peroxidase anzyme at Nosrat and Khatam cultivars. At high salinity, grain yield was related to cultivar and kind of Zinc fertilizer. At this salinity level, foliar application with Zinc reduced grain yield of Morocco cultivar but, foliar application of zinc chelate in Khatam cultivar (2622.7 kg/ha) and Nosrat cultivar (2454.7 kg/ha) had the highest grain yield. It seemed that the use of zinc element under salinity stress conditions increased plant tolerance to stress by increasing grain-filling rate, grain-filling duration, maximum grain weight and peroxidase enzyme content. As a result, the plant's tolerance to stress reduces the amount of proline and ultimately increases grain yield.

Keywords: Chelated zinc, Nano zinc-oxide, Proline, Peroxidase enzyme

.

Corresponding author, Email: mmahlooji2000@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.14.5]