بررسی تغییرات کمی و کیفی عملکرد گندم دوروم با کاربرد کودهای نیتروژن و روی تحت سطوح مختلف آبیاری

علیرضا میرصالح مهابادی[۱]، شهرام رضوان[۲*] و علی دماوندی[۳]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.
۲ و ۳) استادیار گروه زراعت، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

* نویسنده مسئول: **shahram.rezvan@yahoo.com**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۰۷**

چکیده

کم‌آبی، کمبود کود نیتروژن و عنصر روی از عوامل مهم کاهش عملکرد کمی و کیفی گندم می‌باشد. پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، با سه سطح ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و دو سطح کاربرد و عدم کاربرد عنصر روی در شرایط آبیاری نرمال، آبیاری تا مرحله گلدهی کامل و آبیاری تا ساقه‌دهی اجرا شد. آبیاری تا ساقه‌دهی منجربه کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه (۱۱/۲۴ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین محلول‌پاشی کود روی افزایش ۴/۲۳ درصدی وزن هزار دانه را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد. شاخص-ترین نتیجه، در کاربرد هم‌زمان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کود روی تحت تیمار آبیاری تا ساقه‌دهی بود که منجربه افزایش ۴۳/۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار آبیاری تا گلدهی شد. آبیاری تا ساقه‌دهی در مقایسه با آبیاری نرمال موجب افزایش ۲۸ درصدی میانگین پروتئین دانه شد. کاربرد ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار منجربه جذب بیشتر عنصر روی در اندام گیاهی گردید. به‌طور کلی کاربرد هم‌زمان کودهای روی و نیتروژن (۸۰ کیلوگرم در هکتار) تحت تیمار آبیاری تا ساقه‌دهی سبب تعدیل اثرات منفی ناشی از کم‌آبیاری شد. کاربرد هم‌زمان کود روی و نیتروژن (۸۰ کیلوگرم) تحت شرایط آبیاری تا ساقه‌دهی برای منطقه مهاباد استان اصفهان قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تعداد دانه، محتوی روی دانه و محلول‌پاشی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.4.6]

مقدمه

یکی از منابع شناخته شده تأمین انرژی و پروتئین در جهان گندم دوروم یا گندم ماکارونی (*Triticum turgidum* L. sub sp. Durum Desf) می‌باشد. گندم دوروم در ۱۰ درصد نواحی گندم‌خیز دنیا کشت می‌شود. بیش از ۱۱ میلیون هکتار از گندم دوروم کشت شده در نواحی مدیترانه‌ای تحت شرایط بارندگی و درجه حرارت تغییرات غیرقابل پیش‌بینی و بزرگی را در تمام سال‌ها نشان می‌دهند (حبیبی خانیانی و همکاران، ۱۳۹۱). کشور ایران به‌علت موقعیت خاص جغرافیایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است. متوسط میزان بارش سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر است که حدود یک سوم متوسط میزان بارش جهانی می‌باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۴). نیتروژن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه و از اجزای اصلی پروتئین‌ها می‌باشد. پژوهشگران بیان داشتند که کاربرد کود نیتروژن از منبع اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم اثر معنی‌داری داشته است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Mosanaei *et al*., 2017). کود نیتروژن باعث افزایش تولید بیوماس گیاهی، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، تولید تعداد بیشتر دانه به ازای هر سنبله و پر شدن بهتر آن‌ها بعد از مرحله گلدهی شده که در نهایت این تغییرات منجربه افزایش عملکرد می‌گردد (خیاط و همکاران، ۱۳۹۳؛ Mosanaei *et al*., 2017; Abedifar, 2018). سطح بهینه کود نیتروژن وابسته به رژیم آبیاری و فهم دقیقی از پاسخ گیاه به برهم‌کنش‌های کود نیتروژن و آب می‌باشد. روی جزء تشکیل دهنده برخی از پروتئین‌های غیرآنزیمی و همچنین کوفاکتور شماری از آنزیم‌هاست. عنصر روی در سنتز پروتئین، تولید انرژی سلولی، حفظ و تمامیت غشای سلولی و گرده‌افشانی نقش مهمی دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Marschner, 2011). روی همچنین، در تنظیم بیان ژن در تحمل به تنش‌های محیطی نقش مهمی دارد. به‌عنوان مهم‌ترین نقش این عنصر می‌توان به ساخته شدن ایندول استیک اسید از تریپتوفان اشاره نمود (Abbasi *et al*., 2016). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد کود روی علاوه بر افزایش غلظت روی در گیاهان بر میزان جذب سایر عناصر نیز تأثیر دارد (Kisan *et al*., 2015). پژوهشگران بیان داشتند که مصرف کود روی منجربه افزایش تحمل گندم به شرایط تنش می‌گردد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). وقوع تنش کم‌آبی در کشتزارهای گندم و تنوع ژنتیکی گندم دوروم از یک سو و کمبود عناصر غذایی از سوی دیگر، عملکرد کمی و کیفی گندم به‌عنوان قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاه در میان محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (یاقوتی‌پور و فرشادفر، ۱۳۹۷). بدیهی است افزایش دسترسی عناصر از منابع مختلف و کاهش اثرات تنش کم‌آبی می‌توانند نقش مؤثری در بهبود وضعیت حاضر داشته باشند. از ضرورت اجرای پژوهش حاضر می‌توان به نبود اطلاعات کافی در زمینه تأثیرات کاربرد هم‌زمان نیتروژن و روی در کشت گندم دوروم در منطقه مورد آزمایش (شهرستان مهاباد استان اصفهان) اشاره کرد. بدین منظور، هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات کمی و کیفی گندم دوروم در پاسخ به کاربرد کودهای نیتروژن و روی تحت سطوح مختلف آبیاری بود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی در شهرستان مهاباد استان اصفهان واقع در فاصله ۱۴۵ کیلومتری شمال شهر اصفهان و ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اردستان در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه اجرای آزمایش دارای ۱۳۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا و میزان بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی‌متر بود که بر اساس سیستم طبقه-بندی دومارتین نوع اقلیم خشک می‌باشد، اما میانگین بارندگی سالانه در سال اجرای آزمایش، ۲۱۵/۵ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی، کلی، لوم با اسیدیته ۶/۷ و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین میزان نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک نیز به‌ترتیب ۰/۰۶ درصد و ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. خاک محل آزمایش با ظرفیت زراعی ۳۶/۵ درصد رطوبت حجمی و با حد آب قابل جذب ۱۷ درصد بود. این پژوهش به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با سه سطح آبیاری نرمال، آبیاری گل‌دهی کامل و آبیاری تا ساقه‌دهی اجرا شد. آبیاری تمامی کرت‌ها قبل از این مراحل به‌صورت یکسان انجام شد، سپس در مراحل فوق قطع آبیاری صورت گرفت. کود نیتروژن (اوره) در سه سطح ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و کود روی در دو سطح ۰ و ۳ در هزار در کرت‌های فرعی مقایسه گردید. کود اوره ساخت شرکت پتروشیمی شیراز به صورت تقسیط در سه مرحله، ابتدای کاشت، ساقه‌دهی و ابتدای گلدهی و کود روی از منبع سولفات روی ساخت شرکت Multichem به‌صورت محلول‌پاشی در دو مرحله ساقه‌دهی و گلدهی استفاده گردید. قبل از اعمال تیمارهای خشکی، آبیاری تمامی کرت‌ها (به‌صورت خطی) یکسان انجام شد. برای تعیین رطوبت حجمی خاک، نمونه‌گیری در زمان شروع هر یک از تیمارهای تحت تنش خشکی انجام شد که این رطوبت‌ها در تیمار آبیاری تا مرحله ساقه‌دهی ۳۲ درصد و در تیمار آبیاری تا گلدهی کامل ۳۳ درصد بودند. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم و در تابستان تحت آیش بوده است. جهت اصلاح ساختمان خاک هم‌زمان با تهیه زمین ۲۰ تن کود دامی پوسیده در هکتار به خاک افزوده و عملیات شخم در ۲۶ آبان ماه انجام شد و هر لاین در کرتی به ابعاد ۲/۲۵ در ۳ متر با هشت خط به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر که بذرها (رقم دنا) پس از ضدعفونی با تبوکونازل دو درصد در روز ۲۹ آبان ماه به‌صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری با تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع کشت شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش کلودنیافوپ پروپاژیل به‌میزان دو در هزار و برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش تری‌بنورون به میزان ۱/۵ در هزار به‌صورت هم‌زمان با استفاده از سم‌پاش تراکتوری در مرحله چهار برگی استفاده شد. عملیات برداشت نهایی برای کلیه تیمارها زمانی صورت گرفت که تمامی سنبله‌های هر کرت به‌رنگ زرد درآمدند. برای این منظور، از وسط هر کرت با رعایت حاشیه،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.4.6]

سطحی معادل ۱/۵ متر مربع برای مقایسه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برداشت گردید. برای انجام آزمون‌های بذری و اندازه‌گیری پروتئین، نمونه‌های از بذرها به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور تعیین صفاتی مانند طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد ۱۵ بوته از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند و میانگین آن‌ها برای هر صفت محاسبه شد. همچنین وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی دقیق الکترونیکی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه، ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال در آزمایشگاه درصد نیتروژن کل دانه‌ها محاسبه و سپس با ضرب کردن درصد نیتروژن دانه در ضریب ۶/۲۵ میزان پروتئین موجود در دانه به‌دست آمد (پای‌گذار، ۱۳۸۷). اندازه‌گیری محتوی روی گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی صورت گرفت (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). فعالیت آنزیم کاتالاز با روش Beers و Sizer (۱۹۵۲)، فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) و فعالیت سوپراکسید دیسموتاز براساس روش Giannopolitis و Ries (۱۹۷۷) انجام شد. بعد از جمع‌آوری داده‌های آزمایش و تست نرمال بودن خطای آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

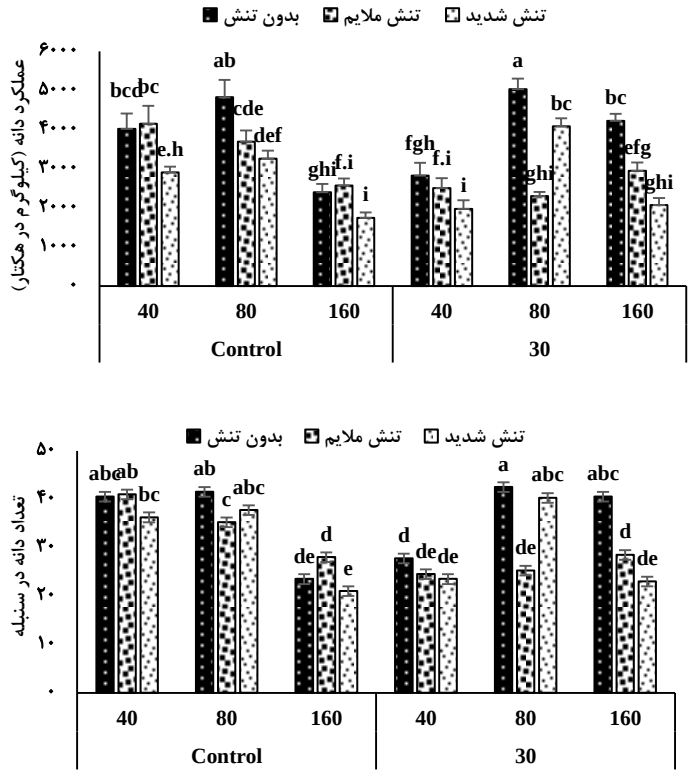
نتایج و بحث

اثر متقابل آبیاری در کود نیتروژن و نیتروژن در روی در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد سنبله معنی‌دار بودند (جدول ۱). بالاترین میانگین تعداد سنبله (۲۴۹/۳ عدد در متر مربع) در کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تحت شرایط آبیاری نرمال به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۵/۲۱ درصدی داشت. همچنین، کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تحت تیمار آبیاری تا مرحله گلدهی کمترین میانگین این صفت را داشت (جدول ۲). در پژوهشی اثر تنش کم-آبیاری و کاربرد کودهای نیتروژن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم معنی‌دار گزارش شد و بیان شد که کاربرد این دو کود در شرایط تنش کم‌آبیاری منجر به ایجاد تحمل در برابر تنش وارده شده می‌گردد (Parsaei *et al*., 2016). به‌طور کلی کم‌آبیاری به دلیل ایجاد فشار اسمزی، افزایش تنفس گیاه، کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش تقسیم سلولی منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2018). نتایج به‌دست آمده نشان داد که از نظر تعداد سنبله، کاربرد یا عدم کاربرد کود روی در سطوح پایین کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در سطوح بالاتر نیتروژن (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) کاربرد روی باعث افزایش تعداد سنبله در بوته شد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که کارایی استفاده از کود روی در سطوح بالاتر نیتروژن از نظر صفت تعداد سنبله مشهودتر است. کاربرد هم‌زمان کود روی و ۴۰ گرم نیتروژن در هکتار منجر به ایجاد بیشترین تعداد سنبله گردید. همچنین عدم کاربرد کود روی در سطح ۸۰

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز دارای بیشترین میانگین این صفت بود (جدول ۳). بیان شد کاربرد عناصر ریزمغذی همچون روی منجر به ایجاد مقاومت گیاه به تنش خشکی می‌گردد (Karim and Rahman, 2015). کاربرد کود روی تحت شرایط تنش گرما با اثر مثبتی بر روی پارامترهای فتوسنتزی منجربه افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد (Eisvand *et al*., 2018). پژوهشگران گزارش کردند که در شرایط بدون تنش رطوبتی کاربرد کود نیتروژن، تعداد سنبله در متر مربع را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن منجر به کاهش میانگین برخی از اجزای عملکرد گردید (Barati and Ghadiri, 2016) که همسو با یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، نیتروژن، روی و اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه این عوامل تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در نیتروژن در روی، کاربرد هم‌زمان روی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۴۲/۵ دانه در هر سنبله بالاترین میانگین را داشت که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۳۴/۷ درصدی داشت. در کاربرد هم‌زمان روی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش ۳۴/۷ درصدی تعداد دانه در سنبله در مقایسه با تیمار شاهد داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده آبیاری تا ساقه‌دهی هم‌زمان با کاربرد کود ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اثرات کاهنده بر تعداد دانه در سنبله داشت و منجر به کاهش میانگین این صفت به پایین‌ترین میزان شد (شکل ۱).



شکل ۱: برهم‌کنش تنش خشکی، نیتروژن و روی بر تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم دوروم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

جدول ۱: تجزیه واریانس بررسی تغییرات کمی و کیفی گندم دوروم با کاربرد کودهای نیتروژن و روی تحت سطوح مختلف آبیاری

	میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد سنبله	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین دانه	روی گیاه	SOD	CAT	POD
تکرار (R)	۳	۱۰۱/۰ns	۱۲/۵۵ns	۱۰/۵ns	۹۵۶۶۸/۶ns	۴۱۲۷۶۳۳/۱ns	۶/۴۶ns	۷/۷۸**	۰/۰۰۰۶ns	۱/۱۹**	۱/۱۶**	۱/۶۹ns
آبیاری (I)	۲	۲۲۱۶/۹**	۲۴۸/۳**	۱۷۳/۴**	۹۳۶۸۷۱۸/۰**	۳۶۹۰۱۳۱۴/۶**	۹۹/۵ns	۵۱/۵**	۰/۰۵**	۱۰/۷**	۰/۱۷ns	۰/۳۰ns
خطای اصلی	۶	۲۴۰/۳	۹/۷۰	۱۱/۳	۹۳۷۶۰۹/۱	۱۱۴۹۸۸۶/۹	۳۵/۳	۲/۴۸	۰/۰۰۰۸	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۵۳
نیتروژن (N)	۲	۱۰۳۸/۴*	۵۶۱/۱**	۱۲۱/۹**	۹۰۴۵۶۵۶/۷**	۸۰۰۳۰۱۹/۵*	۶۷۷/۷**	۱۶/۶**	۰/۰۰۹**	۲/۶۱**	۵۴/۳**	۹/۰**
روی (Zn)	۱	۱۷/۲۶ns	۲۰۶/۷**	۶۰/۶*	۵۶۶۲۷۳/۷ns	۱۴۷۳۱۵۹۲/۰*	۴۲۵/۵**	۵/۱۶*	۰/۰۱**	۰/۱۸ns	۰/۱۷ns	۰/۱۵ns
I × N	۴	۵۳۹/۸*	۱۴۸/۰**	۲۳/۵ns	۲۳۳۷۴۰۸/۰**	۷۰۸۳۴۲۸/۴*	۱۹۴/۱**	۱/۷۱ns	۰/۰۰۰۴ns	۱/۸۴**	۱/۴۵**	۳/۳**
I × Zn	۲	۲۰/۹۵ns	۱۸۰/۵**	۱۴/۳ns	۲۳۳۱۲۰۵/۶**	۱۹۳۷۳۵۲/۶ns	۱۵۳/۴*	۰/۴۲ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۲۶ns	۰/۲۱ns	۳/۲*
N × Zn	۲	۵۹۳/۸*	۶۶۸/۲**	۳/۵۹ns	۶۶۴۲۸۳۸/۱**	۷۲۰۸۷/۵ns	۶۲۰/۶**	۲/۸۶ns	۰/۰۰۱ns	۹/۴۵**	۱۲/۷**	۴/۷**
I × N × Zn	۴	۲۹۱/۲ns	۴۸/۷**	۱۴/۲ns	۱۰۰۴۸۳۲/۵*	۶۹۷۰۸۵/۹ns	۵۴/۶ns	۱/۲۶ns	۰/۰۰۱ns	۱/۸۶**	۱/۹۲**	۷/۵**
خطا فرعی	۴۵	۲۲۱/۶	۱۲/۳۹	۱۸/۳	۲۷۴۱۱۲/۶	۲۱۲۹۶۹۷/۵	۳۸/۲	۱/۲۸	۰/۰۰۱	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۸۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۶۱	۱۰/۸۸	۱۰/۱۲	۱۶/۳۸	۱۳/۶۷	۲۰/۴۸	۱۲/۵۴	۱۰/۲۶	۱۲/۲۱	۱۳/۱۳	۲۷/۹

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

SOD: فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، CAT: فعالیت آنزیم کاتالاز، POD: فعالیت آنزیم پراکسیداز

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در نیتروژن بر برخی صفات مورد بررسی گندم دوروم

تنش خشکی × نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار)	تعداد سنبله (متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	شاخص بازآوری (درصد)
بدون تنش × ۴۰	۲۳۳/۶ ^{ab}	۱۰۴۰۱/۲^{bc}	۳۳/۲۶^{ab}	۱۷/۳۳^{abc}
بدون تنش × ۸۰	۲۴۹/۳^{a}	۱۳۱۵۹/۸^{a}	۳۷/۵۴^{a}	۱۵/۲۸^{cd}
بدون تنش × ۱۶۰	۲۳۹/۳^{ab}	۱۲۶۰۹/۰^{a}	۲۶/۱۶^{cd}	۱۳/۹۱^{d}
تنش ملایم × ۴۰	۲۳۸/۹^{ab}	۹۶۴۱/۰^{bc}	۳۴/۸۳^{ab}	۱۸/۴۲^{ab}
تنش ملایم × ۸۰	۲۲۳/۵^{bcd}	۱۰۵۴۹/۳^{bc}	۲۹/۲۹^{bc}	۱۶/۷۸$^{a.d}$
تنش ملایم × ۱۶۰	۲۱۶/۲^{cd}	۱۰۷۴۲/۸^{b}	۲۵/۸۳^{cd}	۱۶/۱۱^{bcd}
تنش شدید × ۴۰	۲۳۲/۳^{abc}	۱۰۰۹۴/۰^{bc}	۲۴/۷۸^{cd}	۱۶/۳۴$^{a.d}$
تنش شدید × ۸۰	۲۲۵/۵^{bcd}	۹۸۳۰/۰^{bc}	۳۸/۴^{a}	۱۹/۴۰^{a}
تنش شدید × ۱۶۰	۲۱۴/۱^{d}	۹۰۵۱/۰^{c}	۲۱/۶۰^{d}	۱۷/۹۳^{abc}

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند.

بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر دارند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر کودهای نیتروژن در روی بر برخی صفات مورد بررسی گندم دوروم

نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار) × روی (ppt)	تعداد سنبله (متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)
۴۰ × صفر	۲۳۶/۵^{a}	۳۸/۵^{a}
۴۰ × ۳۰	۲۳۵/۱^{a}	۲۳/۳^{c}
صفر × ۸۰	۲۳۸/۱^{a}	۳۷/۳^{ab}
۸۰ × ۳۰	۲۲۷/۴^{ab}	۳۲/۸^{b}
صفر × ۱۶۰	۲۱۸/۶^{b}	۲۱/۹^{c}
۱۶۰ × ۳۰	۲۲۷/۸^{ab}	۲۷/۰^{c}

به‌نظر می‌رسد کاربرد نیتروژن بیش از نیاز گیاه همزمان با تنش کم‌آبی سبب افت پارامترهای رشدی در و عملکردی از جمله تعداد دانه در سنبله شده است. از طرف دیگر کاربرد ریزمغذی روی با توجه به افزایش آغازش و نمو گل‌ها، قابلیت زنده‌مانی گرده و نمو بساک، تولید ماده خشک و تسهیم آن بین اندام‌های گیاهی افزایش تعداد دانه در سنبله را باعث شده است (Jafari Moghadam *et al*., 2012). پژوهشگران گزارش کردند که کمبود روی باعث تشکیل کمتر دانه در هر سنبله خواهد شد که هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). از بین عوامل مورد آزمایش، اثر آبیاری (در سطح احتمال ۱ درصد) و نیتروژن و روی (در سطح احتمال ۵ درصد) بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). قطع آبیاری در مرحله گلدهی منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه (۱۱/۲۴ درصد) در مقایسه با آبیاری نرمال گردید. از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌دار بین آبیاری نرمال و آبیاری تا گلدهی مشاهده نشد. کاربرد کود نیتروژن

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

به میزان ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب تولید بالاترین وزن هزار دانه شد. همچنین محلول‌پاشی کود روی منجربه افزایش ۴/۲۳ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد (داده‌ها ارائه نشده است). فراهمی نیتروژن به‌عنوان کلیدی‌ترین عنصر غذایی رشد و تمایز گیاه افزایش تعداد سنبله و وزن دانه را به دنبال دارد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۷). یافته‌های پژوهش حاضر نیز نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش میانگین عملکرد و اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه گردید.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آبیاری در نیتروژن در روی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد هم‌زمان کود روی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت شرایط آبیاری نرمال باعث افزایش ۴۳/۸ درصدی میانگین عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. از طرف دیگر، عدم کاربرد کود روی هم‌زمان با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت تیمار آبیاری تا ساقه‌دهی منجر به کاهش شدید عملکرد دانه شد (شکل ۱). شاخص‌ترین نتیجه، در کاربرد هم‌زمان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کود روی تحت تیمار آبیاری تا ساقه‌دهی بود که منجربه افزایش ۴۳/۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار آبیاری تا گلدهی شد. به توجه به نتایج ارائه شده، کاربرد کود روی هم‌زمان با سطح متوسط کود نیتروژن (۸۰ کیلوگرم) اثر افزاینده ولی عدم کاربرد کود روی هم‌زمان با کاربرد سطوح بالاتر نیتروژن (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) اثر کاهنده بر پارامترهای رشدی و عملکردی تحت شرایط آبیاری تا ساقه-دهی داشت. به‌طور کلی تنش کم‌آبیاری (آبیاری تا ساقه‌دهی) منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. عملکرد پایین در شرایط تنش به‌واسطه اثر مستقیم تنش آبی بر تجمع کربوهیدرات‌ها می‌باشد (Hammad and Ali, 2014). در همین راستا، نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2018). این پژوهشگران بیان داشتند که بیشترین میانگین تعداد سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در آبیاری نرمال به-دست آمد. تنش خشکی علاوه بر تغییر فرآیندهای فیزیولوژیکی، باعث تغییر تعادل فیتوهورمونی نیز می‌گردند، که در مجموع این تغییرات منجر به کاهش میزان فتوسنتز و افت عملکرد دانه منتهی می‌گردد (Iqbal, 2009). از طرف دیگر، با توجه به اینکه، عملکرد دانه تحت تأثیر اجزای عملکرد بوده و تمامی اجزای عملکرد دانه در پژوهش حاضر تحت شرایط آبیاری تا ساقه‌دهی کاهش معنی‌داری نشان دادند، افت عملکرد در این سطح تیمار آبیاری قابل پیش‌بینی می‌باشد. تأثیرپذیری رشد گیاهان از کمبود عنصر روی در نهایت سبب کاهش عملکرد گیاهان زراعی خواهد شد، این مهم به‌دلیل اهمیت عنصر روی در انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان زراعی می‌باشد (Khan *et al*., 2008). سایر پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد خاکی سولفات روی در تیمار آبیاری نرمال و همچنین کاربرد سولفات روی تحت تیمارهای تنش کم‌آبیاری بیشترین مقادیر عملکرد دانه را از آن خود کرد (عباسی و شکاری، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده کم-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

آبیاری (آبیاری تا مرحله گلدهی) می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مناسب جهت توزیع عادلانه منابع محدود آب در بین تعداد بیشتری کشاورزی به‌کار رود. نتایج نشان می‌دهد که کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی، اساساً تحت تأثیر کاهش وزن دانه است. این نتیجه‌گیری منطقی به‌نظر می‌رسد، زیرا اثرات تنش خشکی انتهایی بیشتر در مراحل پیشرفته رشد و نمو گیاه نمایان می‌شود. در چنین شرایطی فرآیندهای فتوسنتز و انتقال مجدد دچار اختلال شده و تعداد سلول‌های آندوسپرم جنین و در نهایت وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر این تنش خشکی انتهایی باعث می‌شود که پنجه‌های دوم و سوم به مرحله باروری نرسند و یا اینکه اگر بارور هم شوند، تعدادی دانه لاغر تولید کنند (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰؛ Barati and Ghadiri, 2016). در این راستا سایر پژوهشگران نتیجه گرفتند که تنش قطع آبیاری باعث کاهش رشد و عملکرد شده، اما استفاده از ریز مغذیی به میزان چهار در هزار توانسته تا ۳۵ درصد کاهش عملکرد در گیاه کلزا را جبران کند (پاینده و همکاران، ۱۳۹۹).

اثر تیمار آبیاری در نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب منجربه افزایش ۲۰/۹ و ۱۷/۵ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شد. همانند اکثر پارامترهای عملکردی، کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن تحت شرایط آبیاری تا ساقه‌دهی موجب کاهش شدید عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده حاکی از اثر معنی‌دار سولفات روی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۵ درصد بود (جدول ۱). با توجه به بررسی منابع، سولفات روی منجر به افزایش تولید ایندول استیک اسید گردید که نتیجه آن افزایش رشد گیاه و پیرو آن ماده خشک گیاه بوده است. همچنین پژوهشگران دریافتند که تغذیه مناسب گیاه با عنصر روی غلظت اسید جیبرلیک درون گیاه را هم افزایش می‌دهد، این پژوهشگران دلیل اصلی توقف رشد برگی را کاهش هم‌زمان اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید دانستند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). پژوهشگران اثر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم معنی‌دار گزارش کردند که همراستا با یافته‌های پژوهش حاضر بود (عباسی و حمزه‌ئی، ۱۳۹۶).

اثر تیمار آبیاری در نیتروژن و اثر متقابل کود نیتروژن در روی بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که کاربرد ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تحت تیمارهای آبیاری تا ساقه‌دهی و آبیاری نرمال منجر به افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسات با سایر ترکیبات تیماری شد (جدول ۲). بیشترین افزایش شاخص برداشت در عدم کاربرد کود روی به همراه ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مشاهده شد و کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار هم‌زمان با مصرف یا عدم مصرف کود روی منجر به کاهش معنی‌دار میانگین شاخص برداشت در مقایسه با سایر سطوح تیماری شد (جدول ۳). شاخص برداشت به نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.4.6]

اندام‌های زایشی و رویشی بستگی دارد و تنش خشکی از طریق تأثیر بر اندام‌ها بر شاخص برداشت اثر می‌گذارد. پژوهشگران گزارش کردند که بیشترین شاخص برداشت گندم تحت شرایط آبیاری نرمال و کم‌ترین مقدار آن، تحت شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد (زارعیان و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج نشان داد که کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت شرایط آبیاری تا ساقه‌دهی کمترین شاخص برداشت را داشت. کاهش شاخص برداشت به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن به‌ویژه در شرایط تنش خشکی به پدیده hay off نسبت داده می‌شود. این پدیده وقتی رخ می‌دهد که کود نیتروژن به مقدار زیادی در شرایط تنش خشکی به‌کار رود. در این شرایط، عملکرد زیست‌توده بیشتر شده و آب موجود در منطقه ریشه بیشتر تخلیه می‌شود و در نهایت فراهمی آب در دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد (Van Herwaarden *et al*., 1998). افزایش بخش رویشی در مقایسه با بخش اقتصادی (دانه) منتج به کاهش شاخص برداشت می‌گردد (Barati and Ghadiri, 2016).

اثر تیماری آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر کود روی در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). آبیاری تا ساقه‌دهی در مقایسه با آبیاری نرمال منجربه افزایش ۲۸ درصدی میانگین پروتئین دانه شد. کاربرد ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجربه افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گردید. همچنین محلول‌پاشی کود روی منجربه افزایش ۵/۶ درصدی محتوی پروتئین دانه در مقایسه با تیمار عدم محلول‌پاشی شد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (بوربوری و طهرانی، ۱۳۸۹). بنابه اظهارات پژوهشگران عنصر روی در تولید پروتئین نقش مهمی را ایفا کرده و می‌تواند درصد آن را افزایش دهد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). تیمار اکسید روی به علت افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر آنزیم‌های هیدرولیز کننده قندها یا به دلیل سنتز پروتئین‌ها و پلی پپتیدهای درگیر در سیستم دفاعی سلول، افزایش mRNA و به‌تبع آن افزایش مقدار کل پروتئین دانه باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش میزان پروتئین دانه در شرایط افزایش عنصر روی توسط سایر پژوهشگران در گیاهان مختلف گزارش شده است (Baghizadeh and Hajmohammadrezaei, 2011). بنابه اظهارات پژوهشگران فعالیت آنزیم گلوتامیک دهیدروژناز به‌واسطه تأثیر مستقیم عنصر روی فعال می‌گردد که این امر باعث افزایش گلوتن اندوخته شده در دانه و بالا رفتن میزان پروتئین دانه خواهد شد (Keram, 2014).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، کود نیتروژن و روی در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای روی گیاه معنی‌دار بودند (جدول ۱). آبیاری تا ساقه‌دهی منجربه کاهش معنی‌دار (۱۸/۶ درصدی) میزان جذب روی در گیاه شد، اما بین سطوح آبیاری نرمال و آبیاری تا گلدهی از نظر جذب میزان روی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در پژوهش‌های مشابه، کاهش جذب مواد معدنی در گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش شده است (Maria *et al*., 2008). این کاهش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

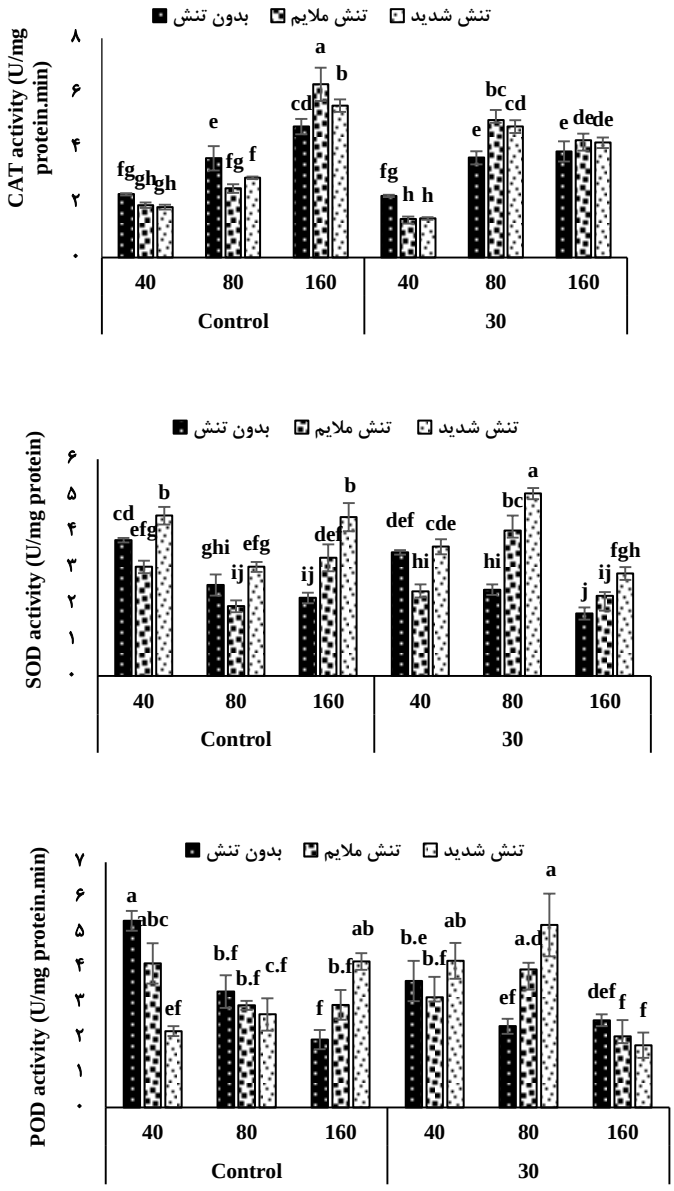
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

به‌علت افت جذب کلی گیاه و ریشه (به‌دلیل کاهش جذب ریشه‌ای و تنش اسمزی) در مواجهه با شرایط تنش اتفاق می‌افتد (Hammad and Ali, 2014). کاربرد ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار منجر به جذب بیشتر عنصر روی در اندام‌های مختلف گیاهی گردید. محلول‌پاشی کود روی نیز منجر به افزایش جذب این عنصر در اندام‌های گیاهی گردید به‌طوری که افزایش ۷/۱۴ درصدی در مقایسه با تیمار عدم مصرف مشاهده شد. در کاربرد تیمار اکسید روی در آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین میزان جذب این عنصر در اندام‌های مختلف گیاه گندم مشاهده شد و کمترین میانگین جذب این عنصر در تیمار عدم مصرف (شاهد) تحت شرایط تنش شدید بود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). افشانه کردن عنصر روی بر اندام‌های هوایی، علاوه بر رشد ریشه و شاخساره می‌تواند موجب افزایش عملکرد و غلظت روی در دانه نیز گردد (Movahhedy-dehnavy *et al*., 2009; Cakmak *et al*., 2010). بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت شرایط تنش شدید خشکی و مصرف هم‌زمان کود روی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۵/۰۵ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۳۲/۲ درصدی داشت (شکل ۲). تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در نتیجه تنش خشکی یکی از دلایل اصلی کاهش تولید جهانی محصولات می‌باشد (Gill and Tuteja, 2010). شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد اکسیژن منجربه تولید اتیلن و پراکسیداسیون لیپیدها غشا شده و باعث آسیب غشا می‌گردد. به‌منظور مقابله با تولید مداوم و کاهش صدمات رادیکال‌های آزاد اکسیژن، گیاهان از آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی به‌عنوان سیستمی بسیار مؤثر و هماهنگ استفاده می‌کنند. اولین آنزیم پاک‌ساز یا سم‌زدا، سوپراکسید دیسموتاز است که سوپراکسید را به‌سرعت پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند (Gill and Tuteja, 2010). در پژوهش حاضر افزایش فعالیت این آنزیم تحت شرایط تنش خشکی مشاهده شد. در همین راستا، گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان مختلف تحت شرایط تنش وجود دارد و به‌دنبال این افزایش فعالیت، تحمل گیاه به تنش خشکی افزایش می‌یابد (Moharramnejad *et al*., 2016). کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت شرایط تنش ملایم و عدم مصرف کود روی منجر به ایجاد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۶/۳۲ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) گردید که افزایش ۶۳/۴ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشت (شکل ۲). گزارش شد که تنش خشکی با اثر مستقیم بر مقادیر هورمون‌های گیاهی و سایر پارامترهای فیزیولوژیکی اثرات نامطلوبی را بر روی رشد و نمو گیاهان دارد. از طرف دیگر بهره‌گیری از کود روی می‌تواند با افزایش ساخت متابولیت‌های مختلف و پیشگیری از تخریب کلروفیل و تعدیل فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان همچون کاتالاز و پراکسیداز موجب کاهش اثرات سوء تنش خشکی و بهبود شرایط رشدی گیاه گندم گردید که نهایتاً به بهبود عملکرد کمی و کیفی منتهی می‌گردد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷) که همراستا با یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. فعالیت آنزیم پراکسیداز شبیه فعالیت آنزیم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.46.4.6]

سوپراکسید دیسموتاز بود. به‌طوری که بیشترین فعالیت این آنزیم نیز در کاربرد کود روی و نیتروژن (۸۰ کیلوگرم در هکتار) تحت شرایط تنش شدید خشکی با میانگین ۵/۲۱ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه به‌دست آمد که افزایش ۳۰/۷ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشت (شکل ۲). کاهش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت شرایط تنش توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است. در پژوهشی بیان شد که تحت شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم پراکسیداز در گندم کاهش نشان می‌دهد (Hammad and Ali, 2014).



شکل ۲: برهم‌کنش تنش خشکی، نیتروژن و روی بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز،کاتالاز و پراکسیداز برگ گندم دوروم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاربرد هم‌زمان کود روی و ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن منجربه افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه گندم دوروم و همچنین افزایش محتوای پروتئین دانه و روی گیاه شد. از طرف دیگر، کاربرد این دو کود تحت شرایط آبیاری تا ساقه‌دهی اثرات منفی ناشی از کم‌آبیاری را تعدیل کرده و سبب افزایش پارامترهای رشدی، عملکردی و فیزیولوژیکی شد. در نهایت کاربرد کود روی هم‌زمان با کاربرد ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تحت شرایط کم‌آبیاری برای تولید عملکرد مطلوب در منطقه مهاباد استان اصفهان قابل توصیه می‌باشد.

منابع

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز.

بوربوری، م.ر. و طهرانی، م.م. ۱۳۸۹. اثر برهم‌کنش مقادیر و روش مصرف مس و روی بر خصوصیات گیاهی و پروتئین گندم. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲(۸):۴۴-۲۹.

پای‌گذار، ی. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی عناصر میکرو بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن تحت تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.

پاینده، خ.، مجدم، م. و دروگر، ن. ۱۳۹۹. مطالعه کیفیت و عملکرد دانه کلزا رقم هایولا ۴۰۱ با کود مرکب آهن، روی و منگنز تحت تنش قطع آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳(۱):۱۱۹-۱۰۹.

حبیبی خانیانی، ب.، کریمی‌زاده، ر. و فاصل‌زاده دزفولی، س.ع. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم دوروم. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۱۴):۱۱۰-۹۵.

خیاط، ش.، مجدم، م. و علوی فاضل، م. ۱۳۹۳. اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ژنوتیپ‌های گندم دوروم در خوزستان. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۳۱):۱۰۳-۱۱۳.

زارعیان، ع.، حمیدی، آ. و حسنی، ف. ۱۳۹۶. تأثیر قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دو رقم و یک لاین گندم نان. به‌زراعی کشاورزی. ۱۹(۴):۱۰۷۷-۱۰۹۳.

سعیدی، م.، عبدلی، م.، شفیعی ابنوی، م.، محمدی، م. و اسکندری قلعه، ز. ۱۳۹۴. ارزیابی تنوع ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم براساس خصوصیات زراعی و برخی از صفات مورفولوژیک در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. تحقیقات غلات. ۵(۴):۳۵۳-۳۶۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

عباسی، ا. و شکاری، ف. ۱۳۹۵. اثر سولفات روی بر رشد و عملکرد گندم در شرایط کمبود روی خاک و تنش خشکی. تحقیقات غلات. ۶(۲):۱۴۵-۱۵۸.

عباسی، ه. و حمزه‌ئی، ج. ۱۳۹۶. اثر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه و اسید هیومیک بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم رقم پیشتاز. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۵(۹):۸۸-۷۳.

عباسی، ا.، شکاری، ف.، موسوی، س.ب. و جوانمرد، ع. ۱۳۹۶. تأثیر سولفات روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی. تحقیقات غلات. ۷(۲):۲۱۷-۲۳۳.

عباسی، ا.، شکاری، ف. و لطفی، ر. ۱۳۹۷. اثر شرایط مختلف رطوبتی خاک و کاربرد نانو اکسید روی بر تغییرات فیتوهورمونی و کیفیت تغذیه‌ای گندم نان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۶(۳):۵۶۹-۵۸۲.

غلامی، ب.، نوروزی شهری، ف.، مندنی، ف.، جلالی هنرمند، س. و سعیدی، م. ۱۳۹۷. بررسی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گندم در پاسخ به کاربرد کود اوره و دود-آب. به‌زراعی کشاورزی. ۲۰(۳):۶۲۶-۶۰۹.

کریمی، م.، مرعشی، س.ک. و پاینده، خ. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفاته و نیتروژنه بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۱۰(۱):۸۴-۶۹.

یاقوتی‌پور، ا. و فرشادفر، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم براساس صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط بدون تنش. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰(۳۷):۳۵-۴۸.

Abbasi, A., Shekari, F., Mousavi, S. B. and Sabaghnia, N. 2016. Assessment of the effect of zinc sulfate biofortification on the quantity and quality characteristics of spring wheat cultivars. Advances in Bioresearch. 7(1):18-25.

Abdel-Motagally, F. M. F. and El-Zohri, M. 2018. Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. Journal of the Saudi Society of Agricultural Science. 17:178-185.

Abedifar, M. 2018. Evaluation seed yield, its components and protein concentration of wheat in response to different level of nitrogen and vermicompost. Journal of Crop Nutrition Science. 4(4): 47-61.

Baghizadeh, A. and Hajmohammadrezaei, M. 2011. Effect of Drought stress and its interaction with soluble sugar and salicylic acid on okra (*Hibisicus Esculentus* L.) germination and seedling growth. Journal of Stress and Biochemistry. 1: 55-65.

Barati, V. and Ghadiri, H. 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and grain protein content of two barley cultivars. Journal of Corp Production and Processing. 6(20):191-207.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

Beers, G. R. and Sizer, I. W. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Biology Chemical. 195: 133-140.

Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A. A., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O., Ozturk, L. and Horst, W. J. 2010. Bio-fortification and localization of zinc in wheat grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58: 9092-9102.

Chance, B. and Maehly, A. 1955. Assay of catalase and peroxidase. Methods Enzymology. 2: 764-817.

Eisvand, H. D., Kamaei, H. and Nazarian, F. 2018. Chlorophyll fluorescence, yield and yield components of bread wheat affected by phosphate bio-fertilizer, zinc and boron under late-season heat stress. Photosynthetica. 56:1-10.

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. 1977. Superoxide dismutases I. occurrence in higher plants. Plant Physiology. 59: 309-314.

Gill, S. S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48: 909-930.

Hammad, S. A. R. and Ali, O. A. M. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Annals of Agricultural Science. 29: 133-145.

Iqbal, S. 2009. Physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions and the role of phytohormones under water stress. Ph.D. Thesis, Fac. of Biological Sci., Quaid-i-azam Univ., Islamabad, pp. 83–154.

Jafari Moghadam, M., Heidari Sharifabad, H. and Noormohamadi, G. 2012. The effect of zinc, boron and copper foliar application, on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). Annuls Biological Research. 3: 3875-3884.

Karim, M. R. and Rahman, M. A. 2015. Drought risk management for increased cereal production in Asian Least Developed Countries. Weather and Climate Extremes. 7: 24-35.

Keram, K.S. 2014. Response of zinc fertilization to wheat on yield, quality, nutrients uptake and soil fertility grown in a zinc deficient soil. European Journal of Academic Essays 1(1): 22-26.

Khan, M. ., Fuller, M. P. and Baloch, F. S. 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. Cereal Research Communications. 36(4): 571-582.

Kisan, B., Shruthi, H., Sharanagouda, H., Revanappa, S. and Pramod, N. 2015. Effect of nano-zinc oxide on the leaf physical and nutritional quality of spinach. Agrotechnology. 5: 135140.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

Maria, A. M., Gendy, A. A., Selim, A. H. and Abd El-All, A. M. 2008. Response of wheat plants grown under water stress in relation to Jasmonic acid. Minufiya Journal of Agriculture Research. 33(6): 1355-1375.

Marschner, H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants, Academic press.

Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asgari, A. and Shiri, M. 2016. Response of antioxidant defense system to osmotic stress in maize seedlings. Fresenius Environmental Bulletin. 25: 805-811.

Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asgari, A. and Shiri, M. 2016. Response of antioxidant defense system to osmotic stress in maize seedlings. Fresenius Environmental Bulletin. 25: 805-811.

Mosanaei, H., Ajamnorozi, H., Dadashi. M. R., Faraji, A. and Pessarakli, M. 2017. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield. Emirates Journal of Food and Agriculture. 29(11): 899-910.

Movahhedy-dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S. A. M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products. 30: 82-92.

Parsaei, N., Vazin, F. and Hassanzadeh, M. 2016. The effect of irrigation intervals scheduling and nitrogen and zinc content on wheat yield and yield components in drought stress. Cercetări Agronomice in Moldova. 168(4): 15-26.

Van Herwaarden, A. F., Farquhar, G. D., Angus, J. F., Richards, R. A. and Howe, G. N. 1998. Haying off, the negative grain yields response of dryland wheat to N fertilizer. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research. 49:1067-1081.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]

Investigation of quantitative and qualitative changes in durum wheat yield with the application of nitrogen and zinc fertilizers under different irrigation levels

A. Mirsaleh Mahabadi[1], Sh. Rezvan[2] and A. Damavandi[3]

1) PhD Student, Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.
2 & 3) Assistant Professor, Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

Corresponding authors: shahram.rezvan@yahoo.com

This article is extracted from Ph.D. thesis.

Received date: 2020.01.21 **Accepted date: 2020.05.27**

Abstract

Water shortage, nitrogen fertilizer and zinc deficiency are important factors affecting quantitative and qualitative of wheat. This study was conducted as a split-factorial experiment based on randomized complete block design with four replications in 2017-18 with nitrogen in three levels 40, 80, and 160 kg/ha and application and non-application of zinc under normal irrigation, irrigation up to complete flowering and stem elongation were applied. Irrigation up to stem elongation resulted in a significant decrease in 1000-grain weight (11.24%) compared to the control treatment. Foliar application of zinc fertilizer showed a 4.24% increase in 1000-grain weight compared to the control treatment. The most prominent result was the simultaneous application of 80 kg N/ha and Zn fertilizer under irrigation up to stem elongation, which resulted in 43.6% increase in grain yield compared to irrigation up to flowering. Irrigation up to stem elongation compared to normal irrigation resulted in a 28% increase in the average grain protein. The application of 40 and 80 kg N/ha compared to the treatment of 160 kg/ha led to more adsorption of zinc in plant organs. In general, the co-application of zinc and nitrogen fertilizers (80 kg/ha) under irrigation up to stem elongation treatment led to the modification of the negative effects of water shortage. The co-application of zinc and nitrogen fertilizer (80 kg/ha) under irrigation up to stem elongation conditions is recommended for Mahabad region of Isfahan province.

Keywords: Seed protein, Number of seeds, Seed zinc content and Foliar application.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.46.4.6]