بررسی اثرات نانوکلات پتاسیم بر میزان قند محلول، پرولین، پروتئین کل و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش کم‌آبی

زهرا برزگر[۱]، علیرضا قاسمیان[۱*]، سیده یلدا رئیسی ساداتی[۲] و اسداله اسدی[۱]

[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، [۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷)

چکیده

کم‌آبی به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده رشد و تولید محصولات زراعی در ایران شناخته شده است. عنصر پتاسیم نقش به‌سزایی در فعالیت‌های حیاتی گیاه داشته و اثرات مخرب ناشی از تنش کم‌آبی را مهار می‌کند. استفاده از نانوکودها به‌منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد. هدف از این مطالعه بررسی صفات فیزیولوژیک تحت تأثیر نانوکلات پتاسیم بر میزان تحمل به کم‌آبی در گندم است. بدین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۴-۹۵ با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول تنش کم‌آبی در سه سطح پتانسیل اسمزی ۸-، ٤- و صفر بار، عامل دوم شامل دو رقم Rasad و Gascogne و عامل سوم شامل نانوکلات پتاسیم با غلظت‌های صفر، ۳۵ و ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر بود. اعمال تنش در مرحله ۳ تا ۵ برگی صورت گرفت. اولین نمونه‌برداری پنج روز بعد از اعمال تنش کم‌آبی توسط پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ و محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم روی برگ انجام گرفت. نتایج نشان داد که تنش موجب افزایش فعالیت آنزیم¬های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و متابولیت‌هایی از جمله قندهای محلول، پرولین و پروتئین کل گردید. رقم کاسکوژن در اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده در مقایسه با رقم رصد، تغییرات معنی‌داری از خود نشان داد. درنتیجه این رقم نسبت به تنش کم‌آبی متحمل است. به‌طور کلی کاربرد غلظت ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات پتاسیم موجب کاهش تأثیرات تنش بر صفات مورد اندازه‌گیری‌شده و در برخی موارد موجب افزایش سازوکارهای دفاعی گیاه در مقابله با تأثیرات مخرب تنش مانند افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و متابولیت‌های سازگاری گیاه می‌گردد. در بین غلظت‌های مورد استفاده از نانوکلات مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را در سطح تنش ۸- بار داشته و از نظر تأثیرگذاری می‌تواند برای کشاورزان قابل توصیه باشد.

کلید واژه‌ها: پلی‌اتیلن گلیکول، پارامتر فیزیولوژیک، متابولیت‌ها، نانوکودها

مقدمه

اهمیت برخی تنش‌ها از جمله کمبود آب، شوری و دما به‌علت فراگیربودن و خسارتی است که به‌طور گسترده در سطح جهانی به گیاهان وارد می‌کنند و به این علت بیشتر مورد مطالعه قرار می‌گیرند (دولتی، ۱۳۸۷). بحران جهانی آب به‌طور جدی در بهره‌وری محصول تأثیر می‌گذارد، مخصوصاً در بسیاری از کشورهای آسیایی که در آن ۹۰ درصد از کل آب شیرین، در آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. تنش

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: a_ghasemian@uma.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

کم‌آبی علت اصلی کاهش رشد گیاهان و عملکرد آنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، که موجب یک سری پاسخ‌های دفاعی در سطوح مختلف مولکولی، سلولی و فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود (Harb *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2012). شناخت اثرات تنش‌های گوناگون بر فیزیولوژی گیاهان زراعی که نسبت به تنش‌های محیطی نیز بسیار حساس هستند، برای آگاهی از مکانیسم‌های سازگاری و مقاومت و بقای گیاهان به‌منظور افزایش تحمل در برابر تنش ضرورت دارد. گیاهان از دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی برای دفاع در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال استفاده می‌نمایند. سیستم آنزیمی شامل آنزیم‌هایی گلوتاتیون ردوکتاز (EC 1.8.1.10) پراکسیداز (EC 1.11.1.7) کاتالاز (EC 1.11.1.6) و آسکوربات پراکسیداز (EC 1.11.1.11) هستند که در پاک‌سازی مولکول‌های هیدروژن پراکسید تولیدشده در سلول، ایفای نقش می‌نمایند (Mohammadi *et al.*, 2006). در اثر تجمع پرولین، پتانسیل اسمزی سلول کاهش می‌یابد. کاهش پتانسیل اسمزی بافت‌های گیاهی، واکنش‌های بیوشیمیایی را محدود نکرده، بلکه منجر به حفاظت سلول‌ها در برابر اثرات نامطلوب تنش می‌گردد و به‌عنوان یک اسمولیت طبیعی از ساختارهای سلولی محافظت نموده و منجر به پایداری آنزیم‌ها می‌گردد (Kavikishor *et al.*, 2005). تغذیه صحیح گیاه پیش‌نیاز به‌دست آوردن محصول با کیفیت و کمیت بالا است. تأمین محیط تغذیه‌ای مناسب از جمله پتاسیم یکی از مهم‌ترین فاکتورها در مدیریت محصول است. با بهره‌گیری از نانوکودها، عناصر غذایی به آرامی و با سرعت مناسب در تمام طول فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند و بنابراین به‌دلیل کاهش شدید آب‌شویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی خواهند بود (Chinnamuthu and Boopthi, 2009). با بهره‌گیری از نانوکودها، زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه در تمام طول فصل رشد منطبق و هماهنگ شده، لذا گیاه قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی می‌گردد. درنتیجه ضمن کاهش آب‌شویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد. مزیت‌های این تکنولوژی نوپا تقویت شده و در عین حال با معایب آنها مقابله می‌شود (Gao *et al.*, 2013). عنصر پتاسیم به‌عنوان عنصر کیفیت در گیاهان مطرح بوده و جز عناصر ضروری به‌شمار می‌رود و بعد از نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان است و نقش‌های مهمی در گیاه دارد که عمده آنها عبارت است از: افزایش مقاومت گیاهان در برابر کم‌آبی، شوری، تشکیل و انتقال نشاسته، قند و چربی‌ها و متابولیسم گیاه و تعادل بار الکتریکی غشاهای سلولی و تنظیم اسمزی است. علاوه بر این در چندین فرآیند فیزیولوژیک دیگر مانند تنظیم عملکرد روزنه‌ها، فتوسنتز، کاهش جذب یون‌هایی مثل سدیم و آهن در خاک‌های شور و غرقابی و همچنین فعال‌کننده آنزیم‌های زیادی در گیاه است و این آنزیم‌ها به‌عنوان کاتالیزور در ساخت موادی نظیر نشاسته و پروتئین دخالت می‌کنند (Cakmak, 2005). از آنجایی که گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده و همواره احتمال قرارگرفتن آن در معرض تنش کمبود آب حتی در شرایط بهینه وجود دارد، همچنین عنصر پتاسیم نقش به‌سزایی در فعالیت‌های حیاتی گیاه دارد با تأمین این عنصر در گیاه از اثرات مخرب ناشی از تنش کم‌آبی نیز جلوگیری می‌شود. در این راستا با وجود اهمیت اقتصادی و با توجه به اهمیت تکنولوژی نانو طی دهه گذشته، هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش کم‌آبی روی قندهای محلول، پروتئین کل، محتوی پرولین و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در دو رقم گندم نان (رصد و کاسگوژن) تحت تیمار نانوکلات پتاسیم بوده است؛ تا بتوان اثرات تعدیل‌کنندگی نانوکلات پتاسیم تحت تنش کم‌آبی بر روی این دو رقم گندم با این صفات فیزیولوژیک بررسی نموده و متحمل‌ترین رقم را انتخاب کرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتور اول تنش کم‌آبی در سه سطح پتانسیل اسمزی ۸-، ٤- و صفر بار، فاکتور دوم شامل دو رقم رصد و کاسکوژن و فاکتور سوم شامل نانوکلات پتاسیم بود. بذرها قبل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

از کاشت ضدعفونی شدند تا از آلودگی گیاه هنگام رشد توسط قارچ جلوگیری شود. سپس گیاهچه‌ها در عمق ۲ سانتی‌متری در محیط‌کشت هیدروپونیک، کشت داده شدند. گلدان‌های حاوی گیاهچه‌های مذکور از مرحله ۳ تا ۵ برگی در شرایط تنظیم‌شده (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت ۷۰ درصد) درون ژرمیناتور نگهداری شدند و با محلول غذایی ۵۰٪ هوگلند ۱/۲ مورد تغذیه قرار گرفتند. بعد از ۲۳ روز استقرار گیاهچه‌ها در این شرایط پلی‌اتیلن گلیکول (PEG6000) جهت ایجاد تنش کم‌آبی در محلول هوگلند حل گردید و به درون گلدان‌ها افزوده شد. همزمان با افزودن پلی‌اتیلن گلیکول، محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم باغلظت‌های صفر، ۳۵ و ۶۵ میلی‌گرم بر لیتر با استفاده از افشانه دستی هر روز (روزی یک نوبت) و به‌مدت پنج روز بر روی برگ‌های گیاه انجام گردید. به‌عبارت دیگر گیاهچه‌ها همزمان به‌مدت پنج روز تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم قرار گرفتند. سپس نمونه‌برداری گیاه به شکل کامل (اندام هوایی و ریشه) انجام شد و بخش‌های مختلف گیاه تا زمان آنالیز در فریز و تحت دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سنجش میزان قند محلول: برای سنجش میزان قند محلول از روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) استفاده شد. برای این منظور عصاره الکلی از برگ‌ها تهیه شد سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی و ۳ میلی‌لیتر محلول آنترون به هر کدام از فالکون‌ها اضافه شد. سپس فالکون‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه درون حمام آب جوش قرار گرفتند. سپس میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد.

سنجش پروتئین کل: جهت تعیین غلظت پروتئین از روش برادفورد استفاده گردید (Bradford, 1976). ۱ میلی¬لیتر از عصاره پروتئینی با ۵ میلی¬لیتر معرف برادفورد مخلوط و پس از ورتکس، جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد و براساس منحنی استاندارد رسم‌شده توسط سرم آلبومین گاوی غلظت پروتئینی محاسبه گردید.

سنجش مقدار پرولین: استخراج پرولین از جوان‌ترین برگ‌ها با روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) صورت گرفت. این روش براساس تشکیل یک ترکیب رنگی در اثر واکنش میان اسیدآمینه پرولین و معرف نین‌هیدرین در شرایط اسیدی و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس تخلیص این ترکیب رنگی به کمک یک حلال آلی غیرقطبی مانند تولوئن استوار است. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و مقدار جذب آنها در دستگاه اسپکتروفتومتری در طول‌موج ۵۲۰ نانومترخوانده شد.

سنجش آنزیم کاتالاز: فعالیت سینتیکی آنزیم کاتالاز با استفاده از روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) صورت گرفت. بدین منظور ۲/۵ میلی‌لیتر بافر تریس به‌همراه ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه با ۶۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حمام یخ مخلوط شدند. منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش Kar و Mishra (۱۹۷۶) استفاده گردید. بدین منظور ۲/۵ میلی‌لیتر از بافر تریس ۱۰۰ میلی‌مولار با pH= ۷، آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار، پیروگالل ۱۰۶ میلی‌مولار در حمام یخ با هم مخلوط و به آن ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه شد و منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ۴۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت گردید. فعالیت آنزیمی بر حسب واحد جذب در دقیقه به‌ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد.

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز از روش Kar و Mishra (۱۹۷۶) استفاده گردید. بدین منظور ۱/۵ میلی‌لیتر بافر تریس ۰/۲ مولار با pH برابر ۷/۶ و ۰/۴ میلی‌لیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار در داخل حمام یخ اضافه شد. سپس به مجموعه فوق، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه شد و پس از قرارگرفتن در حمام آب گرم با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ دقیقه، منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

اسپکتروفتومتر ثبت گردید.

سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای سنجش فعالیت این آنزیم از بافر فسفات ۰/۰۵ مولار با pH= ۷ به مقدار ۲ میلی‌لیتر و آب اکسیژنه ۰/۳ به مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر و آسکوربات ۵۰ میلی‌مولار به مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر در حمام یخ را با یکدیگر مخلوط کرده بلافاصله ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی را به مجموعه فوق اضافه کردیم، سپس منحنی جذب تغییرات در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر خوانده شد (Kar and Mishra, 1976).

بعد این بررسی فعالیت هر یک از آنزیم‌ها بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به‌ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با Excel و همبستگی بین صفات نیز با استفاده از SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سه‌جانبه رقم × تنش کم‌آبی × نانوکلات پتاسیم برای صفات قند محلول، پروتئین و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز معنی‌داری نشد. تنها برای صفت قند محلول اثرات متقابل رقم × تنش کم‌آبی و رقم × نانوکلات پتاسیم در سطح احتمال ۱درصد معنی‌داری نشان داد (جدول ۱).

قندهای محلول: نتایج مقایسه میانگین نشان داد در رقم رصد در تنش ۸- بار و سطح صفر نانوکلات میزان قند محلول کاهش و در تنش ٤- بار در سطح ۳۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات پتاسیم نانو بر میزان قند محلول تغییری ملاحظه نشد. در تنش ٤- بار مصرف ۳۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات باعث کاهش میزان قند و مصرف ٦۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات نسبت به سطح صفر تغییری در میزان قند مشاهده نشد. بالاترین میزان قندهای محلول در رقم رصد در تنش ۸- بار از مصرف ۳۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات پتاسیم و در تنش صفر و ٤- بار کمترین میزان ملاحظه گردید. تغییرات قندهای محلول در رقم کاسکوژن همانند رقم رصد بود، ولی بالاترین میزان قندهای محلول در این رقم از سطح ملایم تنش (٤- بار) به‌دست آمد (شکل ۱).

میزان قندهای محلول نیز تحت تنش کم‌آبی، نانوکلات پتاسیم در ارقام کاسکوژن و رصد تغییرات متفاوتی را نشان می‌دهد. در سطح صفر نانوکلات در تنش ۸- بار نسبت به ٤- بار کاهش قند محلول ملاحظه شد. نایار بیان داشت که میزان پرولین در ارقام متحمل به کم‌آبی نسبت به ارقام حساس به کم‌آبی بیشتر است (Nayar, 2003). انباشت قندهای محلول در شرایط تنش کم‌آبی، علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیک مهمی که از نظر تأمین انرژی ایفا می‌کند، می‌تواند باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول شده و از طریق تنظیم اسمزی موجب بالاتر نگه‌داشتن میزان آب نسبی در ارقام و لاین‌های متحمل به کم‌آبی شود و به این ترتیب در سازوکار تحمل به کم‌آبی نقش مهمی داشته باشند. در شرایط تنش قندها اصلی‌ترین محلول‌های آلی هستند که در تنظیم اسمزی شرکت دارند. افزایش قندهای محلول در گیاهان تحت تنش باعث حفظ آماس سلولی و جلوگیری از پلاسمولیز می‌شود (munnes and tester, 2008). تحقیقات نشان داده است پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی بیشتر و تولید نشاسته و کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد (Shabala, 2003). پتاسیم به‌ویژه نقش مهمی در تحمل گیاه در برابر کم‌آبی ایفا می‌کند. نقش پتاسیم در تحمل گیاه به تنش کم‌آبی به چند شکل صورت می‌گیرد. اولاً پتاسیم یکی از مهم‌ترین اسمولیت‌های معدنی است و از عوامل اصلی تعدیل نیروی اسمزی به شمار می‌رود (Marschner, 2012). ثانیاً با توجه به ارتباط مستقیم کانال‌های یون پتاسیم و کانال‌های آبی (aquaporins)، یون پتاسیم قدرت جذب آب را افزایش می‌دهد (Kanai *et al.*, 2011). یون پتاسیم از طریق دخالت در تعدیل نیروی اسمزی، نقش مهمی در پایداری غشا سلولی در شرایط تنش کم‌آبی دارد (Wang *et al.*, 2006). یکی از اثرات تنش‌های محیطی بر

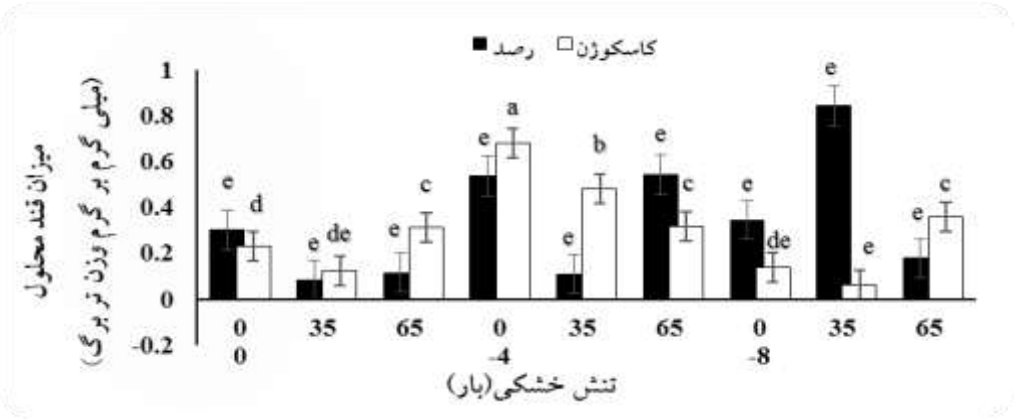
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و متابولیت‌های سازگاری گندم تحت تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قندهای محلول	پرولین	پروتئین	کاتالاز	پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	پلی‌فنل اکسیداز
رقم	۱	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۱۲*	٤/٦٩٣**	۰/۸۱۲**	۰/۸٦۹*	۰/۳۷۳*	۰/۲۰۲*
تنش	۲	۰/۲۳۰**	۰/۰۹٤**	۲/٦٥۸**	۰/۸۳۹**	۱/٦۰۸**	۰/۲۲۷*	۰/۳۲۷*
نانوکلات	۲	۰/۰٥٤**	۰/۱۱٥*	٤/٥۸۳**	۰/۰۲۳**	۰/٤۹۷**	۰/۲۲۱*	۰/۳٤٥*
رقم × تنش	۲	۰/۱٤٦**	۰/۰٦۰^{ns}	۰/۷٥۷^{ns}	۱/۰٥۲^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}
رقم × نانوکلات	۲	۰/۰٥٦**	۰/۰۷۰*	۰/۳٤٥^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۳٤^{ns}	۰/۰۳۷^{ns}	۰/۰۱٥^{ns}
تنش × نانوکلات	٤	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۳۸٦^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۷۳^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۱٤^{ns}
اثرات سه جانبه	٤	۰/۱۸٦^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۱٦٥^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۲٤^{ns}
خطا	۳٦	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/٦۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰٤۷	۰/۰٦٦	۰/۰۸۲
ضریب تغییرات	-	۱۷/۹	۵/۲	۱۰/۵	٤/۹	۱۰/٤	۱۷/۸	۱۹/۵

ns، **، * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد



شکل ۱- تغییرات میزان قندهای محلول ارقام رصد و کاسکوژن گندم در اثر کاربرد نانوکلات و تنش کم‌آبی. حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

گیاهان، ایجاد رادیکال‌های فعال اکسیژن است و یون پتاسیم با افزایش تثبیت CO_2 فتوسنتزی و دخالت در انتقال محصولات فتوسنتزی به اندام‌های مقصد، مانع انتقال الکترون‌های فتوسنتزی به O_2 و تشکیل رادیکال فعال اکسیژن می‌شود (Cakmak, 2005). در بعضی از آزمایش‌ها مشاهده شده است که رفع کمبود پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی، بسته‌شدن روزنه‌ها را به تأخیر می‌اندازد و همین امر می‌تواند عامل افزاینده تثبیت CO_2 و درنتیجه افزایش رشد و بالارفتن وزن خشک گیاه باشد. تأخیر بسته‌شدن روزنه‌ها احتمالاً یا به‌علت دخالت مستقیم یون پتاسیم است و یا به‌علت سرکوب اثر آبسزیک اسید از طریق القای سنتز اتیلن است (Egilla *et al.*, 2005; Tanaka *et al.*, 2006).

پرولین: مقایسه میانگین اثرات دوگانه رقم × تنش نشان داد، در رقم رصد هیچکدام از سطوح تنش و در رقم کاسکوژن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

تنش شدید تأثیری در میزان پرولین نداشت. بالاترین میزان پرولین از رقم کاسکوژن در تنش‌های ٤- و ۸- بار بود که با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. همچنین پایین‌ترین میزان پرولین نیز از رقم رصد در شرایط عدم‌تنش به‌دست آمد. کاربرد نانوکلات در شرایط تنش موجب افزایش تولید پرولین در این شرایط گردید. بالاترین میزان پرولین در کاربرد همزمان نانوکلات و تنش کم‌آبی از تنش ۸- بار و مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار نیز در شرایط عدم‌تنش و عدم‌مصرف نانوکلات مشاهده شد (شکل B و A ۲).

از آنجایی‌که گیاهان تحت تنش از طریق تجمع اسیدهای آمینه، یون‌ها و ترکیب‌های غیرقابل حل، پتانسیل اسمزی را کاهش می‌دهند. تجمع پرولین به‌عنوان اسمولیت، پتانسیل اسمزی واکوئل‌ها را کاهش می‌دهد و تحمل گیاه در برابر تنش افزایش می‌یابد (Cicek and Cakirlar, 2002). تجمع پرولین در واکنش به تنش به‌طور طبیعی در سیتوسول اتفاق می‌افتد، جایی‌که در تنظیم اسمزی سیتوپلاسمی مشارکت دارد و تحت تنش به‌عنوان محافظ ماکرومولکول‌ها، منبع انرژی، خنثی‌ساز رادیکال‌های آزاد و حتی ترارسان علامت در تنش عمل می‌کند (Ashraf and Foolad, 2007). مطالعات Nayar (۲۰۰۳) نشان داد میزان پرولین در ارقام متحمل به کم‌آبی نسبت به ارقام حساس افزایش بیشتری دارد. این پژوهش‌ها با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش در رابطه با افزایش میزان پرولین در رقم کاسگوژن تحت تنش کم‌آبی مطابقت دارد.

میزان پروتئین: مقایسه میانگین مربوطه نشان داد، میزان پروتئین در رقم کاسکوژن بیشتر از رقم رصد بود. میانگین میزان پروتئین ارقام کاسکوژن و رصد به‌ترتیب برابر ٦۲/۲٦ و ٥۲/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. میزان پروتئین برگ‌ها در اثر تنش کم‌آبی افزایش یافت. نتایج نشان داد، در شرایط عدم‌تنش میزان پروتئین ٥۱/٥ میلی‌گرم بر گرم بود که در تنش ٤- بار به ٦۳/۱ میلی‌گرم بر گرم و در تنش ۸- بار به ٦٥/٦ میلی‌گرم بر گرم رسید. کاربرد نانوکلات افزایش میزان پروتئین را سبب شد. بالاترین میزان پروتئین در مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات پتاسیم مشاهده گردید، این در حالی بود که مصرف ۳٥ میلی‌گرم بر لیتر با عدم‌استفاده از نانوکلات تفاوت آماری نشان نداد (شکل A، B و C ۳).

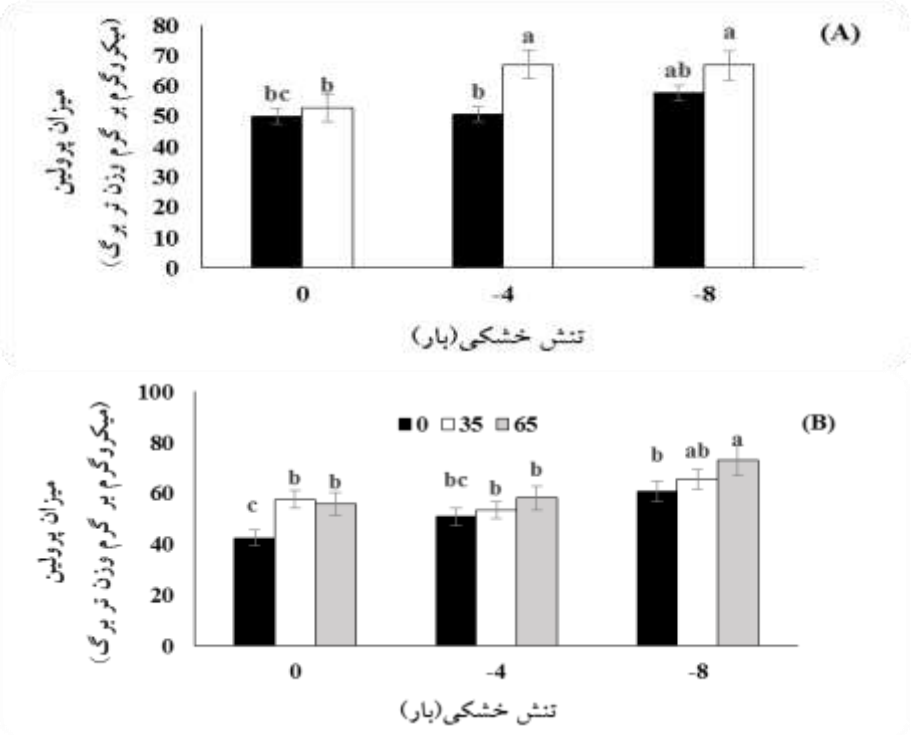
از آنجایی که گیاهان در تنش‌های کم‌آبی با ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی از جمله پروتئین‌ها، با این تنش‌ها مقابله می‌کنند (Kavikishor *et al.*, 2005). نتایج این تحقیق بیانگر افزایش پروتئین در شرایط تنش است. بنابراین احتمالاً رقم کاسگوژن در طی تنش کم‌آبی، با افزایش میزان پروتئین کل به‌عنوان یک اسمولیت طبیعی از ساختارهای سلولی محافظت نموده و منجر به پایداری آنزیم‌ها می‌گردد تا از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و القا تنش اکسیداتیو جلوگیری نمایند (Fu and Huang, 2001). عنصر پتاسیم در آخرین مرحله فرآیند ساخت پروتئین شرکت نموده و آن را هدایت می‌کند، به‌عبارتی در ساختن پروتئین‌ها نقش دارد (Shabala, 2003). در تحقیق حاضر احتمالاً تغذیه برگی گیاه با نانوکلات پتاسیم منجر به افزایش میزان پروتئین کل گردیده است.

فعالیت آنزیم کاتالاز: مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی نشان داد، فعالیت کاتالاز در رقم کاسکوژن بالاتر از رقم رصد بود، به‌طوری که میانگین‌ها برابر ۳/۷٤ و ۳ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. همچنین فعالیت کاتالاز در اثر تنش ملایم افزایش یافت. فعالیت این آنزیم در شرایط بدون تنش ۲/٦۰ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بود که در تنش ٤- بار به ۳/٦٥ و در تنش ۸- بار به ۳/۸٦ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین رسید. نانوکلات پتاسیم نیز بر فعالیت کاتالاز تأثیرگذار بود به‌طوری که فعالیت این آنزیم در اثر کاربرد نانوکلات پتاسیم افزایش یافت. غلظت‌های پایین نانوکلات تأثیر غیرمعنی‌داری بر فعالیت این آنزیم داشتند، ولی با مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر نانوکلات فعالیت آنزیم از ۳/۲۲ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین به ۳/٥٥ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین افزایش یافت (شکل A، B و C ٤).

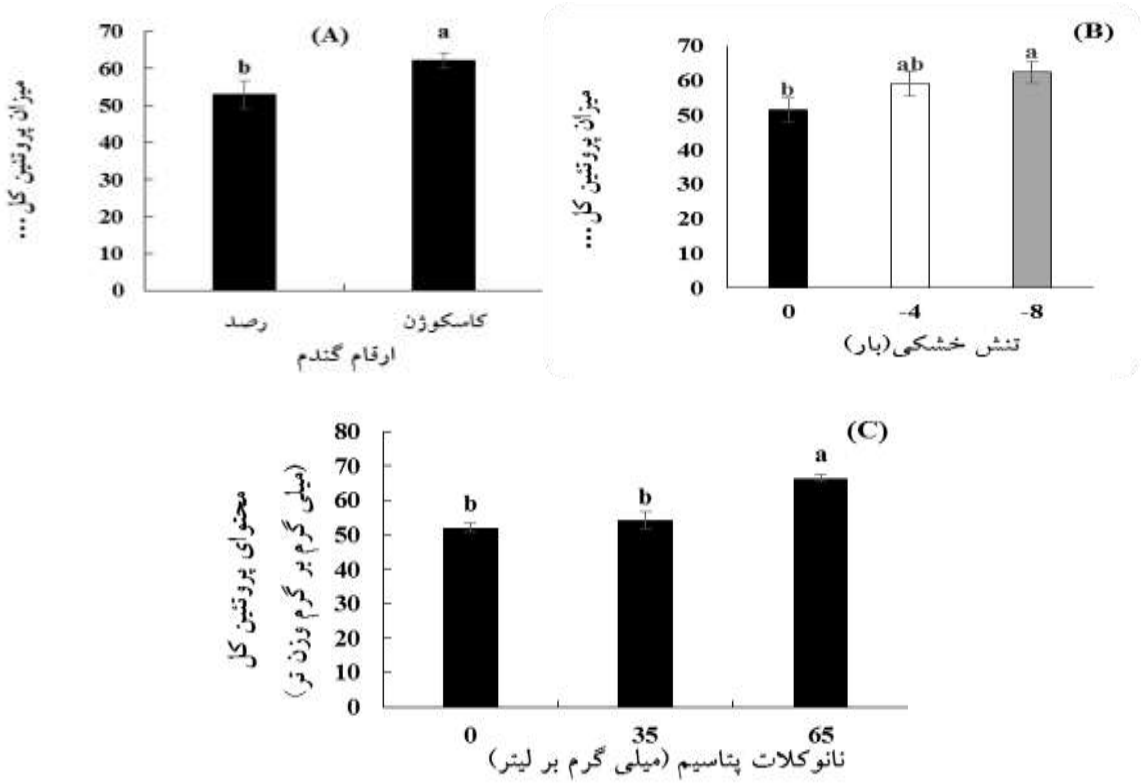
افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز در تنش کم‌آبی توسط توکلی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شده است. طبق مشاهدات فتحی و همکاران (۱۳۹۲) تنش شوری و نانوکلات روی و آهن، موجب افزاش فعالیت کاتالاز شدند. کاتالاز قادر است

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]



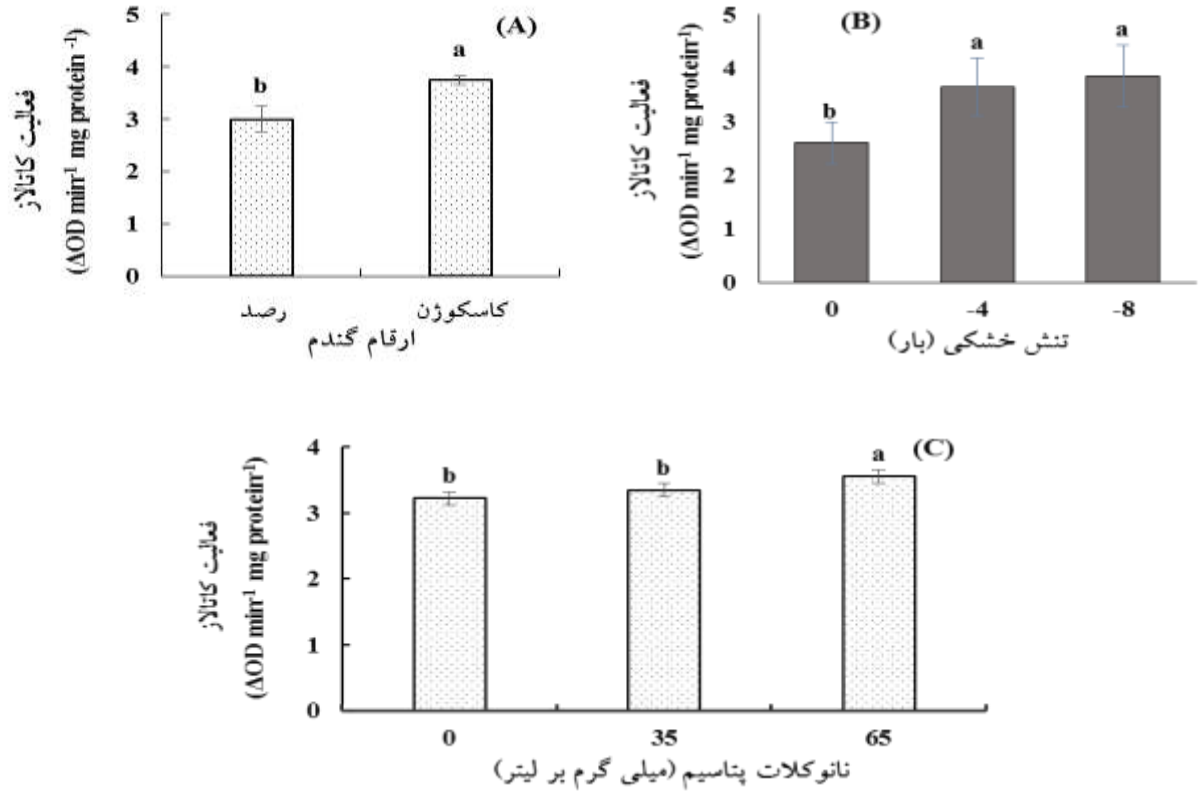
شکل ۲- میزان پرولین ارقام رصد و کاسکوژن گندم در طی تنش کم‌آبی (A) و در اثر کاربرد نانوکلات و تحت تنش کم‌آبی (B). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۳- تغییرات میزان پروتئین در ارقام رصد و کاسکوژن گندم (A)، تحت تنش کم‌آبی (B) و نانوکلات پتاسیم (C). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]



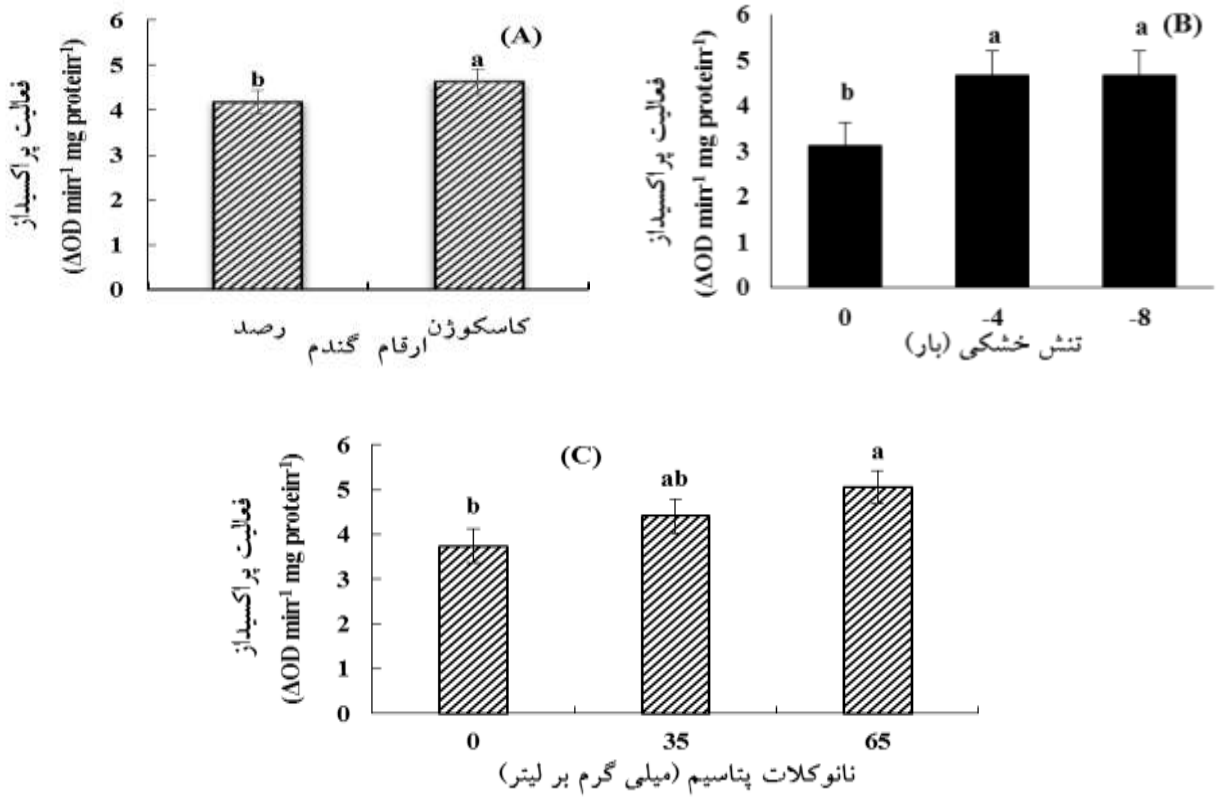
شکل ٤- تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام رصد و کاسکوژن گندم (A)، تحت تنش کم‌آبی (B) و نانوکلات پتاسیم (C). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

بدون نیاز به عامل احیاکننده، H_2O_2 موجود در سلول را که در اثر تنش افزایش می‌یابد به آب و اکسیژن تبدیل کند و علاوه بر این کمبود اکسیژن حاصل از واکنش مهلر را نیز جبران می‌کند. اما از آنجایی‌که این آنزیم در پراکسی‌زوم سلول‌های برگی واقع شده و در کلروپلاست یافت نمی‌شود، بنابراین H_2O_2 تولیدشده در کلروپلاست به‌وسیله دو فرم tAPX (thylakoid-membrane bound ascorbate peroxidase) و sAPX (stromal ascorbate peroxidase) از محیط حذف می‌گردند (طالع احمد و حداد، ۱۳۸۹). در بین ارقام مورد استفاده رقم کاسکوژن فعالیت آنزیمی بالاتری در مقایسه با رقم رصد داشت، بنابراین رقم کاسکوژن می‌تواند با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر در برابر رادیکال‌های آزاد تولیدشده در تنش مقابله کند. به‌نظر می‌رسد با افزایش شدت تنش، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد (Mohammadi *et al.*, 2006).

فعالیت پراکسیداز: نتایج مقایسه میانگین نشان داد فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم کاسکوژن بالاتر از رقم رصد بود، به‌طوری که فعالیت پراکسیداز در رقم کاسکوژن ٤/٦٣ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین و در رقم رصد ٤/١٧ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بود. تنش کم‌آبی موجب افزایش فعالیت پراکسیداز شد. فعالیت پراکسیداز در شرایط بدون تنش ٣/١٠ تغییرات جذب بود که در پتانسیل ٤- و ٨- بار فعالیت آنزیم با ٥٠٪ به ٤/٦٦ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین رسید. کاربرد نانوکلات پتاسیم نیز موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. بالاترین فعالیت پراکسیداز در مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ٥/٠٥ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد (شکل A، B و C ٥).

افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در مطالعات قهرمانی (١٣٩٢) و قلی‌پور (١٣٩٣) تحت اثر تنش کم‌آبی نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. آنزیم پراکسیداز در سایتوسول و کلروپلاست وجود دارد، می‌تواند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]



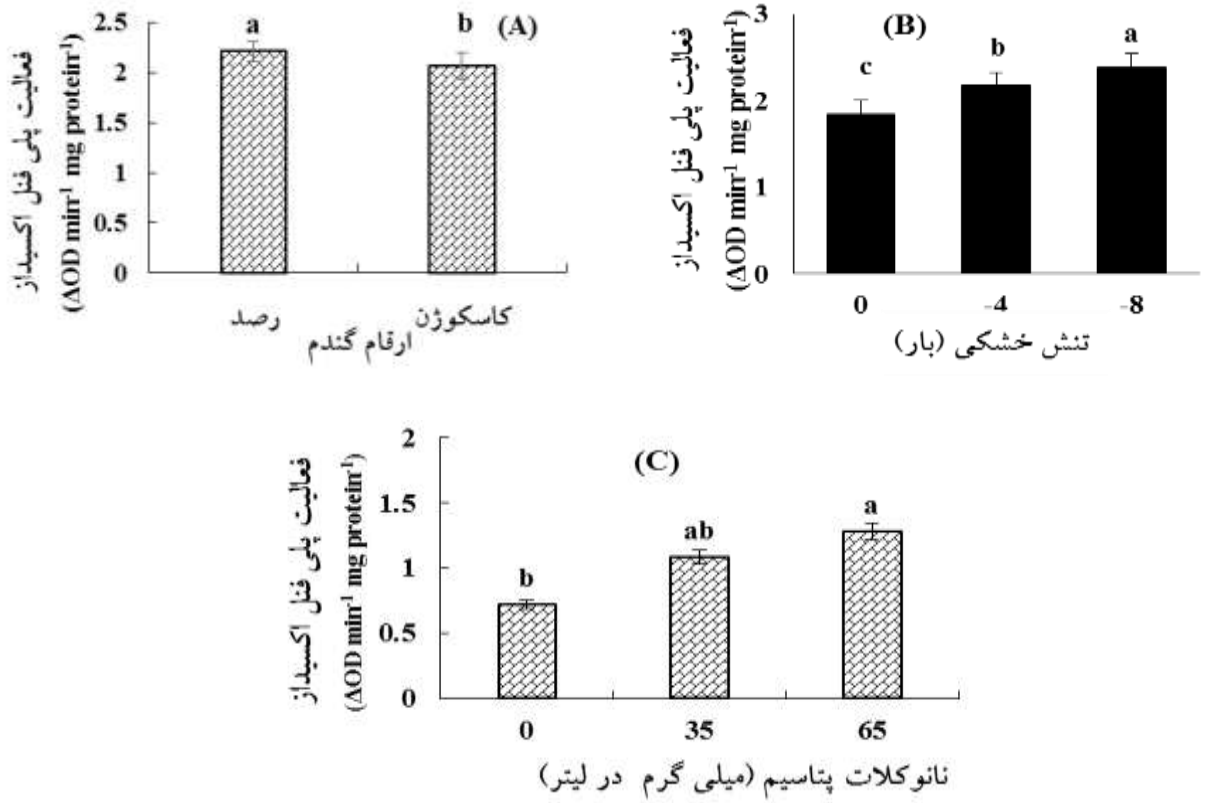
شکل ۵- تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارقام گندم (A)، تحت تنش کم‌آبی (B) و نانوکلات پتاسیم (C). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

به گونه مؤثری H_2O_2 را حذف نماید. بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش کم‌آبی احتمالاً نشان‌دهنده تجمع H_2O_2 در شرایط تنش کم‌آبی است (Jiang and Huang, 2001). طبق مطالعه jung (۲۰۰٤) فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ تحت تنش کم‌آبی سه برابر شاهد افزایش یافت. احتمالاً رقم کاسگوژن با افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز تحمل به تنش اکسیداتیو را بهبود می‌بخشد.

فعالیت پلی‌فنل اکسیداز: نتایج مقایسه میانگین نشان داد در رقم رصد فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نسبت به کاسکوژن بالاتر است، به‌طوری که فعالیت آنزیم در این رقم ۲/۲۰ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بود. فعالیت پلی‌فنل اکسیداز در اثر تنش افزایش یافت، به‌طوری که فعالیت این آنزیم از ۱/۸٤ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین به ۲/۱۷ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین در تنش ٤- بار و به ۲/۳۸ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین در تنش ۸- بار رسید. نانوکلات پتاسیم تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز داشت. بالاترین فعالیت این آنزیم از مصرف ٦٥ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱/۲۸ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. همچنین مصرف ۳۵ میلی‌گرم پروتئین موجب افزایش فعالیت این آنزیم شده ولی این تغییرات با عدم‌کاربرد نانوکلات در یک کلاس آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل A، B و C ٦). آنزیم پلی‌فنل اکسیداز هیدرولاسیون مونوفنول‌ها به دی‌فنول‌ها و نیز اکسیداسیون دی‌فنول‌ها به کوئینون‌ها که در پلیمریزاسیون رنگدانه‌ها نقش دارند کاتالیز می‌کند و از این طریق گیاه می‌تواند از تخریب رنگدانه‌ها در طی تنش جلوگیری نماید (jung, 2004). احتمالاً افزایش فعالیت این آنزیم در رقم رصد طی تنش کم‌آبی می‌تواند منجر به کاهش تخریب رنگدانه‌ها و سیستم‌های فتوسنتزی در طی تنش گردد.

فعالیت آسکوربات پراکسیداز: نتایج مقایسه میانگین نشان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

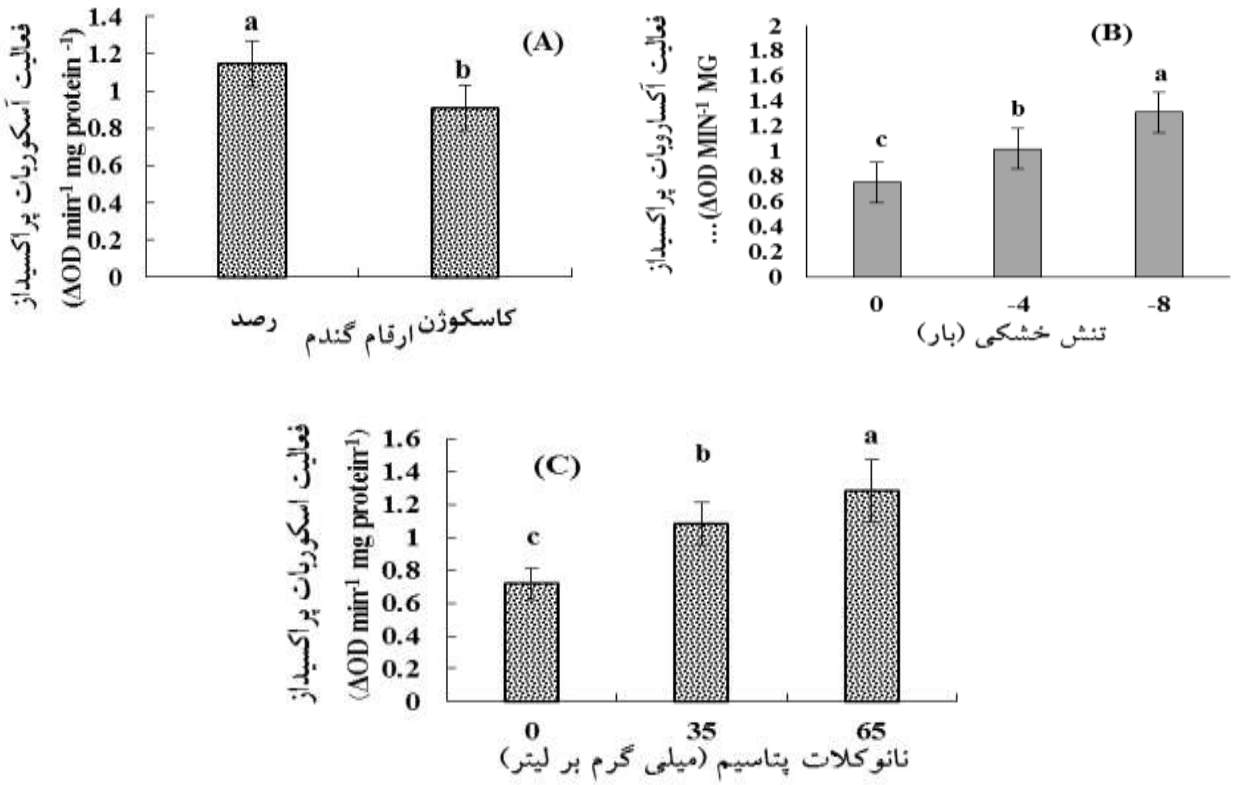


شکل ٦- تغییرات فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در ارقام رصد و کاسکوژن گندم (A)، تحت تنش کم‌آبی (B) و نانوکلات پتاسیم (C). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

داد که رقم رصد در مقایسه با رقم کاسکوژن فعالیت آنزیمی بیشتری دارد. به‌طوری که در این رقم فعالیت آنزیم ۲/۲۱ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین داشت این در حالی بود که فعالیت آنزیمی در رقم کاسکوژن ۲/۰۲ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بود. تنش افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را در پی داشت، به‌طوری که در شرایط عدم‌تنش فعالیت آنزیمی ۱/۹۰ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین بود که در پتانسیل ٤- بار به ۲/۲۵ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین و در پتانسیل ۸- بار به ۲/۳٤ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین رسید. فعالیت آسکوربات با استفاده از نانوکلات افزایش پیدا کرد. مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر موجب رسیدن فعالیت آنزیم از ۰/۷۱۷ به ۱/۲۸ تغییرات جذب در میلی‌گرم پروتئین شد (شکل A، B و C ۷).

از آنجایی‌که تغییرات در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش کمبود آب گزارش شده است (Hirayama *et al.*, 2006). به‌طوری که با افزایش آسکوربات پراکسیداز به‌عنوان خنثی‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان میزان بالاتری از عملکرد را تحت شرایط تنش نشان می‌دهند (Edreva, 2005). مطالعات طالع احمد و حداد (۱۳۸۹) نشان داد فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در طول فعالیت سایر آنزیم‌های ضداکسنده در واکنش به فاکتورهای تنش‌زا افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش در رابطه با افزایش فعالیت این آنزیم در رقم رصد طی تنش کم‌آبی مطابقت دارد. کمبود پتاسیم ظهور بسیاری از آنزیم‌های مهم و مؤثر در سنتز پیروات و متابولیسم قند را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shin and Schachtman, 2004). گزارش‌های دیگری مبنی بر افزایش نیاز گیاه به یون پتاسیم همراه با انباشته‌شدن آن در برگ گیاهان ناشی از دوره طولانی مدت خشکی وجود دارد که نشان‌دهنده نقش این یون در تنظیم عملکرد روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]



شکل ۷- تغییرات فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ارقام رصد و کاسکوژن گندم (A)، تحت تنش کم‌آبی (B) و نانوکلات پتاسیم (C). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

آنتی‌اکسیدان در برگ‌ها است (Cakmak, 2005; صالحی اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰). در تحقیق حاضر به‌علت کاربرد نانوکلات پتاسیم اثرات تنش کم‌آبی تا حدودی تعدیل و میزان آنزیم‌های مهم و مؤثر در سنتز پیروات و متابولیسم قند از جمله فعالیت آتزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و متابولیت‌های سازگاری قندهای محلول، پرولین و پروتئین شد. در بین ارقام مورد استفاده رقم کاسکوژن در اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده در مقایسه با رقم رصد، واکنش مناسب‌تری از خود نشان داده که این می‌تواند نشان‌دهنده تحمل بیشتر این رقم نسبت به تنش کم‌آبی باشد. کاربرد نانوکلات پتاسیم موجب کاهش تأثیرات تنش بر صفات مورد اندازه‌گیری و در برخی موارد موجب افزایش سازوکارهای دفاعی گیاه در مقابله با تأثیرات مخرب تنش مانند افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و متابولیت‌های سازگاری گیاه شد. در بین غلظت‌های مورد استفاده از این ماده در اکثر موارد مصرف ٦٥ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را نشان داد. در این پژوهش تفاوت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و میزان متابولیت‌های سازگاری در ارقام رصد و کاسکوژن، می‌تواند نتیجه استفاده از سازوکارهای مختلف این ارقام برای مقابله با تنش کم‌آبی باشد و بنابراین سیستم تحمل متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

منابع

توکلی حسنکلو، ح.، عبادی، ع. و جهانبخش، س. (۱۳۹۳) بررسی برخی از سازوکارهای تحمل به تنش کم‌آبی در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.). مجله تحقیقات غلات ٤: ۲۵-۱۳.

دولتی، م. (۱۳۸۷) بررسی تحمل به شوری برخی توده‌های بومی گندم شمال غرب ایران و تعیین تنوع ژنتیکی با استفاده از مارکرهای مولکولی و معیارهای فیزیولوژیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل، زاهدان، ایران.

صالحی اسکندری، ب.، خلدبرین، ب. و مرادشاهی، ع. (۱۳۹۰) برهمکنش تنش خشکی و پتاسیم بر جذب و انتقال یون پتاسیم در دو رقم متحمل و حساس به خشکی کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم زراعی ایران ۱۳: ۶۰-٤۹.

طالع احمد، س. و حداد، ر. (۱۳۸۹) اثر سیلیکون بر فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده و محتوای تنظیم‌کننده‌های اسمزی در دو ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲٦: ۲۲۵-۲۰۷.

فتحی، ع. ر.، زاهدی، م. و ترابیان، ش. (۱۳۹۲) تأثیر محلول‌پاشی نانو ذرات آهن و روی بر فعالیت برخی آنزیم¬های آنتی‌اکسیدانی گندم تحت تنش شوری. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

قلی‌پور، س. (۱۳۹۳) بررسی مقاومت به تنش خشکی در ده رقم و لاین پیشرفته گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

قهرمانی، م. (۱۳۹۲) تأثیر تنش کم¬آبی بر روی برخی صفات فیزیولوژیک سه ژنوتیپ سورگوم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental Experiment of Botany 59: 206-216.

Bradford, M. M. (1976) Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annals of Biochemistry 72: 248-254.

Bates, L., Waldrem, R. and Teare, I. (1973) Rapid determination of free praline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) Assay of catalases and peroxidases. Method Enzymol 11: 764-755.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutration Soil Science 168: 521-530.

Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Journal of Plant Physiology 28: 66-74.

Chinnamuthu, C. R. and Murugesa Boopathi, P. (2009) Nanotechnology and agro ecosystem. Journal of Madre Agricultural 96: 17-31.

Edreva, A. (2005) Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a sub molecular approach. Agriculture Ecosystems and Environment 106: 119-133.

Egilla, J. N., Davies, F. T. and Boutton, T. W. (2005) Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of hibiscus rosa-sinensis at three potassium concentrations. Photosynthetica 43: 135-140.

Fu, J. and Huang, B. (2001) Involvement of antioxidant and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Environment and Experimental Botany 45: 105-114.

Gao, T., Jelle, B. P., Sandborg, L. C. and Gustavsen, A. (2013) Monodisperse hollow silica nanospheres for nano insulation materials: Synthesis, characterization, and life cycle assessment. American Chemical Society Applied Materials and Interfaces 5: 761-767

Hirayama, M., Wada, Y. and Nemoto, H. (2006) Estimation of drough tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. Breeding Science 56: 47-54.

Harb, A., Krishnan, A., Ambavaram, M. M. R. and Pereira, A. (2010) Molecular and physiological analysis of drought stress in Arabidopsis reveals early responses leading to acclimation in plant growth. Plant Physiology 110: 161-752.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez Diaz, M. (1992) Alfalfa leaf senescense induced by drought stress: Photosnthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and athylene evoluation. Physiologiae Plantarum 84: 67-72.

Jiang, Y. and Huang, N. (2001) Drought and heat sress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antiaxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

Jung, S. (2004) Variation in antiaxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. Plant Science 166: 459-466.

Kar, M. and Mishra, D. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology 57: 315-319.

Kanai, S., Moghaieb, R. E., El-Shemy, H. A., Panigrahi, R., Mohapatra, P. K., Ito, J., Nguyen, N., Saneoka, H. and Fujita, K. (2011) Potassium deficiency affects water status and photosynthetic rate of the vegetative sink in green house tomato prior to its effects on source activity. Plant Science 180: 368-374.

KaviKishor, P. B., Sangam, S., Amrutha, R. N., Sri Laxmi, P., Naidu, K. R. and Rao, K. (2005) Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science 88: 424-438.

Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M., Heidari, R. and Sharifabadi, H. (2006) Evaluation of drought stress on agromorphological characteristics in some wheat cultivars. Crop Science 73: 184-192.

Marschner, P. (2012) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Ed. Academic Press, London, UK.

Munnes, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity toleramce. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Nayar, H. (2003) Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany 50: 253-264.

Shabala, S. (2003) Regulation of potassium transport in leaves: From molecular to tissue level. Annual of Botany 92: 627-634.

Shin, R. and Schachtman, D. P. (2004) Hydrogen peroxide mediates plant root cell response to nutrient deprivation. National Academy of Science of the USA 101: 8827-8832.

Tanaka, Y., Sano, T., Tamaoki, M., Nakajima, N., Kondo, N. and Hasezawa, S. (2006) Cytokinin and auxin inhibit abscisic acid-induced stomatal closure by enhancing ethylene production in Arabidopsis. Journal of Experimental Botany 57: 2259-2266.

Wu, H., Wu, X., Li, Z., Duan, L. and Zhang, M. (2012) Physiological evaluation of drought stress tolerance and recovery in Caulifioewer (*Brassica oleracea* L.) seedlings treated with methyl jasmonate and coronatin. Journal of Plant Growth Regulation 31: 113-123.

Wang, X. M., Li, W. Q., Li, M. Y. and Welti, R. (2006) Profiling lipid changes in plant response to low temperatures. Physiological Plantarum 126: 90-96.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]

An investigation of the nano –chelated potassium effects on the amount of soluble sugar, proline, total protein and activity of some antioxidant enzymes in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress

Zahra Barzegari [1], Alireza. Ghasemian [*1], Seyede Yalda Raeesi Sadati[2], Asadollah Asadi[1]
[1] Department of Biology, Faculty of Science University of Mohaghegh Ardabili
[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili
(Received: 10/12/2018, Accepted: 18/09/2019)

Abstract:

Water deficit stress is known as one of the factors limiting the growth and production of crops in Iran. The potassium element plays an important role in plant vital activities and inhibits the destructive effects of low water stress. Use of nanofertilizer in order to accurately control the release of nutrients, can be an effective step towards achieving sustainable agriculture and compatible with the environment. The aim of this study was to investigate the physiological traits influenced by potassium nano-chelated on dehydration tolerance in wheat. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design in a laboratory of Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardebili, in ۲۰۱۵, with three replications. The first factor was Water deficit at three levels of osmotic potential of 8-, 4-, 0 times,, the second factor included two Rasad and Gascogne cultivars and the third factor was potassium nano-chelated with concentrations of 0, 35 and 65 mg / L. The stress was conducted at stage 3 to 5 leaf. First sampling five days after applying low water stress by polyethylene glycol 6000 and the nano-chelated potassiom spray solution was applied to the leaves. The results showed that the stress increased the activity of the enzymes catalase, peroxidase, polyphenol oxidase and ascorbate peroxidase and metabolites such as soluble sugars, proline and total protein. The Cascogen cultivar showed significant changes in most of the measured traits compared to the observation Rasad significant changes, as a result, this cultivar was considered to be tolerant to water stresses. In general, the application of concentration of 65 mg / L of potassium nano-chelated decreased the effects of stress on measured traits and in some cases, it increased plant defense mechanisms in response to destructive effects of stress such as increasing the activity of antioxidant enzymes and plant adaptation metabolites. Among the concentrations used by nano-chelated, 65 mg / L had the highest effect in 8- barrel stress and could be recommended for farmers in terms of impact.

Keywords: Drought stress, Nano chelated potassium, Physiological parameter, Polyethylene glycol, Metabolites

Corresponding author, Email: a_ghasemian@uma.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.11.4]