[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]

[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]

[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

# تحمل به سرما و پاسخ آنتی‌اکسیدانی چمن پوآ (*Poa pratensis*) و پاسپالوم (*Paspalum vaginatum*)

شهرام بیژنی[۱]، حسن صالحی[۲]، ابوالفضل جوکار[۳*] و بهاره دانشمند[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۵)

## چکیده

**یکی از عوامل محدود کنندهٔ کشت چمن‌ها در مناطق معتدله، دامنهٔ تحمل سرمایی آنها می‌باشد. به‌منظور بررسی میزان تحمل به سرما و پاسخ‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو گونه چمن در برابر تنش سرما، این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در شرایط کنترل شده محیطی گلخانه در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل دو گونه چمن پوآ (*Poa pratensis*) و چمن پاسپالوم (*Paspalum vaginatum*) و چهار دمای ۲۵، ۱۵، ۵ و ۵- درجه سلسیوس بودند. براساس تجزیهٔ داده‌ها با کاهش دما میزان پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز افزایش معنی‌داری داشت، اگرچه در تنش سرمایی ۵- درجه سلسیوس چمن پاسپالوم کاهش معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان داد. هم‌چنین کاهش دما باعث شد تا کیفیت ظاهری، میزان کلروفیل، نشاسته و محتوای آب چمن‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کند. چمن پاسپالوم نسبت به چمن پوآ کاهش شدیدتری در صفات کیفیت ظاهری، میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب سلول‌ها در دمای ۵- درجه سلسیوس نشان داد. براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، چمن پوآ با مکانیسم دفاعی بهتر و کارآمدتری در مقایسه با چمن پاسپالوم با تنش سرما مواجه گردید و در نتیجه به تنش سرما تحمل بیشتری نشان داد.**

**واژه‌های کلیدی: چمن پوآ، پاسپالوم، تنش سرما، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی**

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانش آموختگان کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شیراز

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ajowkar@shirazu.ac.ir

## مقدمه

میزان تحمل به سرما در چمن‌ها یکی از عوامل محدود کنندهٔ کشت این گیاهان در مناطق معتدله می‌باشد. در این مناطق، اغلب وقوع تنش سرما سبب خسارت شدید در گیاهان می‌شود (۲۴). از نظر مقاومت به دماهای پایین در میان گونه‌های چمن اختلاف وجود دارد، به‌طوری‌که حداقل دمای قابل تحمل در چمن فلوراتام ۵- درجه سلسیوس می‌باشد (۱۳). این دما در چمن برمودا گراس ۱۷- درجه سلسیوس (۱۷) و در چمن زویسیا ۸- تا ۱۴- درجه سلسیوس می باشد (۱۱ و ۳۰). از این‌رو تعیین آستانهٔ تحمل به سرما و هم‌چنین تعیین گونه‌ای از چمن که دارای مقاومت به دماهای پایین می‌باشد، حائز اهمیت است. در شرایط استرس، برخی مواد در گیاهان به‌طور قابل توجهی زیاد می‌شود (۵). این سازگار کننده‌ها سوخت و ساز گیاه را مختل نمی‌کنند. از جمله این مواد می‌توان به قندها از جمله فروکتوز و ساکاروز و اسیدآمینه‌ها مثل پرولین و اکتوتن اشاره کرد (۱۶ و ۲۸). در واقع پرولین به‌عنوان یک محافظت‌کنندهٔ شیمیایی باعث پایداری شکل طبیعی پروتئین‌ها شده و از به‌هم خوردن شکل طبیعی ترکیب‌های آنزیمی جلوگیری کرده و تا حدی باعث حفظ شکل غشاء می‌گردد (۱۶). اگرچه پرولین در همهٔ اندام‌های گیاه در طی تنش تجمع می یابد، ولی سریع‌ترین انباشت را در برگ‌ها دارد. تجمع پرولین در ریشه‌ها با تأخیر زمانی نسبت به تجمع در برگ‌ها صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد افزایش پرولین در ریشه‌ها ناشی از انتقال آنها از برگ‌ها می‌باشد (۳۱). در تنش دمای پایین به‌علت عدم تعادل بین نور دریافتی و فتوسنتز احتمال وقوع تنش اکسیداتیو به‌علت کاهش ترکیب $NADP^+$ و هم‌چنین انتقال الکترون‌ها از فردوکسین به اکسیژن، افزایش پیدا می‌کند (۳). برخی از گیاهان سازگار به تنش اکسیداتیو ناشی از تنش دمای پایین، از طریق به‌کارگیری ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ادامهٔ حیات در شرایط مذکور را بهبود می‌بخشد (۱۸). در این راستا سوپر اکسید دیسموتاز جزء اولین آنزیم‌هایی است که در فرایند خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد دخالت دارد. این آنزیم رادیکال‌های سوپر اکسید را به فرم پراکسید هیدروژن در می‌آورد (۳۴). به‌دنبال افزایش رادیکال پراکسید هیدروژن آنزیم‌های اکسیدانی دیگر از جمله کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نیز زیاد می‌شود (۴).

این پژوهش با هدف ارزیابی دامنهٔ تحمل سرمایی دو گونهٔ چمن در شرایط کنترل شدهٔ گلخانه و هم‌چنین امکان بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ارزیابی تحمل به سرما در دو چمن پوآ و پاسپالوم طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تحمل به سرما در دو گونه چمن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار طراحی گردید. پژوهش در شرایط کنترل شدهٔ محیطی گلخانه با میانگین دمای روز ۳۰ و دمای شب ۲۴ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل دو گونهٔ چمن *Poa pratensis* و *Paspalum vaginatum* و چهار دمای ۵-، ۵، ۱۵ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس بودند. بذور چمن به‌طور یکنواخت در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر کشت و رشد داده شدند. در پایان آزمایش پس از ۸ هفته، شرایط ظاهری گیاهان توسط افراد غیر متخصص با توجه به رنگ، یکنواختی، تراکم و وجود علف هرز مورد بررسی قرار گرفت. نمرات بین عدد صفر تا ۹ در نظر گرفته شدند، به این ترتیب که عدد صفر به‌عنوان بدترین و عدد ۹ به‌عنوان بهترین چمن گزارش شدند. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل به روش اسپکتروفتومتری، از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل WPA ساخت کشور انگلستان استفاده گردید. برای اندازه‌گیری قند از روش فنل - اسید سولفوریک استفاده گردید. پس از استخراج قندها، میزان جذب نور درطول موج ۴۹۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و از محلول گلوکز در غلظت‌های مختلف برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک) (۱۰). میزان نشاسته با



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

استفاده از روش مک کردی و همکاران (۲۲) اندازه‌گیری شد و براساس میلی‌گرم در گرم وزن خشک گزارش گردید. به این ترتیب که پس از انتقال محلول‌های استخراج شده به حمام یخ جذب نور به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر خوانده شد. غلظت نشاسته با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز و ضرب آنها در عدد ۰/۹۲ به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری غلظت پرولین از روش بیتس و همکاران (۶) استفاده شد. براساس این روش ۰/۵ گرم بافت گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ ساییده شد و از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شد. سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک اضافه شد و به‌مدت ۱ ساعت در حمام بن ماری ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفت. سپس به‌مدت ۲۰ – ۱۰ دقیقه در حمام یخ قرار داده شد. سپس به هر نمونه ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه گردید. بعد از قرار دادن لوله‌ها در محیط آزمایشگاه دو فاز تشکیل می‌شود، از فاز رویی برای تعیین غلظت پرولین با توجه به منحنی استاندارد پرولین در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد. برای رسم منحنی استاندارد پرولین از غلظت‌های ۰، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار ال – پرولین استفاده گردید و از تولوئن نیز به‌عنوان شاهد (سطح صفر) استفاده شد و با توجه به مقادیر جذب نوری و غلظت‌های محلول ذخیره، منحنی استاندارد رسم گردید. برای محاسبه پرولین از رابطه زیر استفاده شد:

$$\text{Proline}\left(\mu\text{M g}^{-1}\text{fresh wt.}\right)=\frac{\text{M}\times\text{T}\times\text{V}}{115.5}\times 1000$$

که در آن: M= عدد خوانده شده با دستگاه اسپکتروفتومتر، W= وزن نمونه برگی مورد استفاده بر حسب گرم و T= حجم تولوئن مورد استفاده برحسب میلی‌لیتر بود.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان فعالیت کمی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از روش بیچامپ و فریدوویچ (۷ و ۲۱) استفاده شد. اندازه‌گیری براساس توانایی آنزیم SOD در جلوگیری از احیاء فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیوم (NBT) توسط رادیکال‌های سوپراکسید در حضور ریبوفلاوین در نور صورت می‌گیرد. براساس این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری سوپراکسید دیسموتاز که شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH = ۷/۸)، ۷۵ میکرومولار NBT، ۱۳ میلی‌مولار ال- متیونین، ۰/۱ میلی‌مولار EDTA و ۲ میکرومولار ریبوفلاوین است، آمیخته شد. برای انجام واکنش این آمیخته به‌مدت ۱۵ دقیقه در اتاقک نور قرار گرفت. سپس محلول حاصل در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شده و میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۶۰ نانومتر خوانده شد ($Ug^{-1}$ FW). به‌منظور اندازه‌گیری میزان غلظت کمی آنزیم کاتالاز (CAT) از روش دهیندزا (۹) استفاده شد. براساس این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری کاتالاز که شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH = ۷) و ۱۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن است، آمیخته شد. سپس جذب آن در طول موج ۲۴۰ نانومتر به‌مدت یک دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. یک واحد آنزیمی کاتالاز برابر با تجزیه یک میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در یک دقیقه است ($Ug^{-1}$ FW). برای اندازه‌گیری غلظت کمی آنزیم پراکسیداز (POD) از روش چانس و ماهلی (۸) استفاده گردید. اندازه‌گیری براساس میزان اکسید شدن گوایکول توسط آنزیم صورت می‌گیرد. در این روش با اضافه کردن بافر فسفات – سیترات و گوایکول به محلول استخراج و سپس قرائت جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۶ نانومتر به‌مدت ۲ دقیقه و در فواصل ۱۰ ثانیه منحنی فعالیت آنزیم رسم گردید. فعالیت پراکسیداز با تغییر رنگ محلول از نارنجی به قرمز مشخص می‌گردد. مقدار آنزیمی که در مدت زمان یک دقیقه یک میکرومول سوبسترا (گوایکول) را به محصول تبدیل کند برای تعیین واحد فعالیت آنزیم استفاده می‌شود. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت کمی آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) از روش ناکانو و آسادا (۲۷) استفاده شد. مقدار ۵۰ میکرولیتر عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول اندازه‌گیری آسکوربات پراکسیداز مخلوط گردید. سپس جذب آن در طول موج ۲۹۰ نانومتر بعد از مدت یک دقیقه با دستگاه

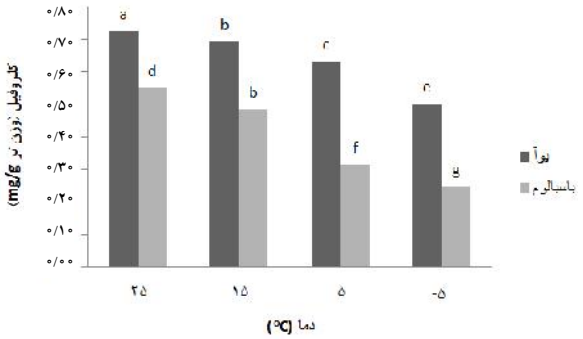


[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

**جدول ۱. تجزیه واریانس اثر دما بر واکنش بیوشیمیایی چمن پوا و پاسپالوم تحت تنش دمایی پایین**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کلروفیل | خصوصیات ظاهری | قند | پرولین | نشاسته | محتوای آب سلول | دیسموتاز سوپراکسید | پراکسیداز آسکوربات | پراکسیداز | کاتالاز |
| رقم | ۱ | ۰/۳۳۸۴۸$^{**}$ | ۲۶/۰۴۱۷$^{**}$ | ۱۹/۶۵۶۶$^{**}$ | ۶/۹۰۱۵$^{ns}$ | ۰/۰۹۵۰۰$^{**}$ | ۱۸۱/۵$^{**}$ | ۱/۵۰۴$^{**}$ | ۱/۲۷۷۸۹$^{**}$ | ۰/۰۳۷۵۳$^{**}$ | ۵/۴۵۸۷۹$^{**}$ |
| دما | ۳ | ۰/۰۸۳۷۴$^{**}$ | ۲۵/۱۵۲۸$^{**}$ | ۰/۹۰۲۸$^{**}$ | ۶۲/۷۹۳۴$^{*}$ | ۰/۳۵۴۱۵$^{**}$ | ۱۱۶/۱۶۷$^{**}$ | ۳/۵۱۴$^{**}$ | ۰/۱۲۴۵۲$^{**}$ | ۰/۰۰۴۳۸$^{**}$ | ۰/۱۸۹۷۶$^{**}$ |
| رقم × دما | ۳ | ۰/۰۰۵۷۹$^{**}$ | ۹/۵۹۷۲$^{**}$ | ۰/۷۱۲۸$^{**}$ | ۰/۵۲۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۳۸۲$^{ns}$ | ۳۴/۸۳۳$^{**}$ | ۳/۹۹۴$^{**}$ | ۰/۰۵۹۳۲$^{**}$ | ۰/۰۱۹۴۸$^{**}$ | ۰/۲۹۵۷۰$^{**}$ |
| خطا | ۱۶ | ۰/۰۰۰۳۲ | ۰/۳۳۳۳ | ۰/۰۲۲۶ | ۱۱/۱۷۲۰ | ۰/۰۰۳۲ | ۴/۳۷۵ | ۱/۰۹۶ | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۰۰۴۲ | ۰/۰۰۹۸۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۳/۴۴ | ۷/۸۳ | ۷/۳۷ | ۴۰/۳۷ | ۴/۱۱ | ۲/۴ | ۷/۴۲ | ۵/۵ | ۶/۶۶ | ۵/۶۴ |

ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار  * : تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪  ** : تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪




**شکل ۱. اثرات متقابل رقم و دما بر میزان کلروفیل. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

اسپکتروفتومتر خوانده شد. یک واحد آنزیمی آسکوربات پراکسیداز برابر با تجزیه یک میلی‌مولار اسید آسکوربیک در یک دقیقه است. تجزیهٔ آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Statistix 9 و مقایسهٔ میانگین‌ها با کمک آزمون LSD ($P < 0.05$) انجام گرفت.

## نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) و همان‌طورکه در شکل ۱ نشان داده شده، میزان کلروفیل با کاهش دما کاهش معنی‌داری پیدا کرد. میزان کاهش در چمن پوآ نسبت به شاهد ۳۰/۸۷ درصد و در چمن پاسپالوم ۵۵/۱۴ درصد بود. به‌نظر می‌رسد چمن پوآ در مواجه شدن با استرس با مکانیسم دفاعی کاراتری نسبت به چمن پاسپالوم از اثرات منفی سرما جلوگیری کرده و با داشتن فتوسنتز و انرژی بیشتر باعث افزایش تحمل نسبت به تنش سرما می‌شود. در زمان تنش سرما انتقال الکترون به گیرندهٔ اصلی آن ($NADP^+$) مختل گردیده، در نتیجه الکترون به اکسیژن منتقل می‌شود. در این زمان بالا بودن کلروفیل باعث افزایش ترکیبات اکسیژن‌دار فعال (ROS) می‌گردد، که این ترکیبات بسیار واکنش‌گر بوده و برای سلول اثرات سمی دارد و هم‌چنین باعث تخریب کلروپلاست می‌شود. یکی از راهکارهای مقابلهٔ گیاهان افزایش سنتز کلروفیلاز است که به‌دنبال آن باعث کاهش در میزان کلروفیل می‌گردد (۱). با توجه به شکل ۲ با کاهش دما، کیفیت ظاهری گیاهان کاهش معنی‌داری پیدا کرد. به‌طوری‌که این کاهش در چمن پاسپالوم، در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس از بقیهٔ تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. با توجه به کاهش کلروفیل در دماهای پایین‌تر و هم‌چنین مکانیسم دفاعی کاراتر چمن پوآ در مقابله با کاهش کلروفیل کاهش کیفیت ظاهری در چمن پاسپالوم قابل توجیه است (جدول ۳). هم‌چنین نتایج قربانی و همکاران (۱۴) در کاهش میزان کلروفیل در دو رقم برنج اوانـدا و طارم سیاه در مواجهه با تنش سرما با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ افزایش معنی‌داری در میزان قند و پرولین مشاهده شد. بیشترین میزان قندهای محلول در چمن پوآ و در دمای ۵- درجهٔ سلسیوس مشاهده گردید که نسبت به شاهد (۲۵°C) ۴۲/۲۳ درصد افزایش داشت. به همین ترتیب بیشترین میزان پرولین در همین تیمار مشاهده شد که نسبت به



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

**جدول ۲. مقایسه میانگین اثر دما بر واکنش بیوشیمیایی چمن پوآ و پاسپالوم تحت تنش دمای پایین**

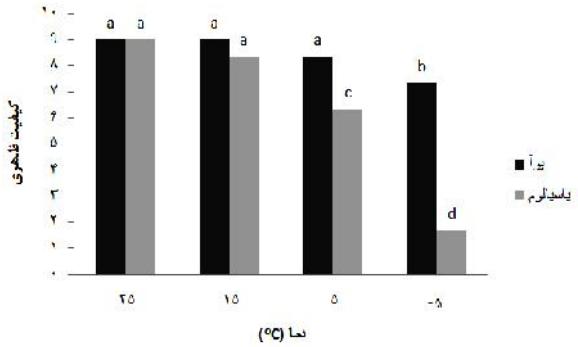
| تیمار دمایی | کلروفیل (mg/g وزن تر) | خصوصیات ظاهری | قند (mg/g وزن خشک) | پرولین (µM/g وزن تر) | نشاسته (mg/g وزن خشک) | محتوای آب سلول (٪) | سوپراکسید دیسموتاز (IU/mg وزن تر) | آسکوربات پراکسیداز (IU/mg وزن تر) | پراکسیداز (IU/mg وزن تر) | کاتالاز (IU/mg وزن تر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵°c | ۰/۶۳۶۷$^{a}$ | ۹/۰۰۰۰$^{a}$ | ۱/۸۸۰۲$^{c}$ | ۴/۹۳۳$^{c}$ | ۱/۶۵۶۷$^{a}$ | ۹۱/۱۶۷$^{a}$ | ۰/۱۰۷۵$^{c}$ | ۱/۴۱۰۰$^{c}$ | ۰/۲۸۲۷$^{c}$ | ۱/۷۵۱۰$^{b}$ |
| ۱۵°c | ۰/۵۸۶۷$^{b}$ | ۸/۶۶۶۷$^{a}$ | ۱/۶۴۲۸$^{d}$ | ۶/۴۵۷$^{bc}$ | ۱/۴۷۵۰$^{b}$ | ۹۰/۱۶۷$^{a}$ | ۰/۱۴۰۳$^{b}$ | ۱/۵۸۶۷$^{b}$ | ۰/۳۰۸۳$^{b}$ | ۱/۸۴۸۲$^{ab}$ |
| ۵°c | ۰/۴۷۱۷$^{c}$ | ۷/۳۳۳۳$^{b}$ | ۲/۰۷۴۰$^{b}$ | ۹/۵۳۳$^{ab}$ | ۱/۲۷۸۳$^{c}$ | ۸۶/۱۶۷$^{b}$ | ۰/۱۶۲۷$^{a}$ | ۱/۷۵۹۸$^{a}$ | ۰/۳۴۵۵$^{a}$ | ۱/۹۱۶۰$^{a}$ |
| -۵°c | ۰/۳۷۳۳$^{d}$ | ۴/۵۰۰۰$^{c}$ | ۲/۵۵۶۷$^{a}$ | ۱۲/۱۹۲$^{a}$ | ۱/۰۶۱۷$^{d}$ | ۸۱/۵۰۰$^{c}$ | ۰/۱۵۳۸$^{a}$ | ۱/۵۴۷۸$^{b}$ | ۰/۲۹۶۰$^{bc}$ | ۱/۵۰۹۵$^{c}$ |

در هر ستون، حروف یکسان سطح معنی‌دار مشابهی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.

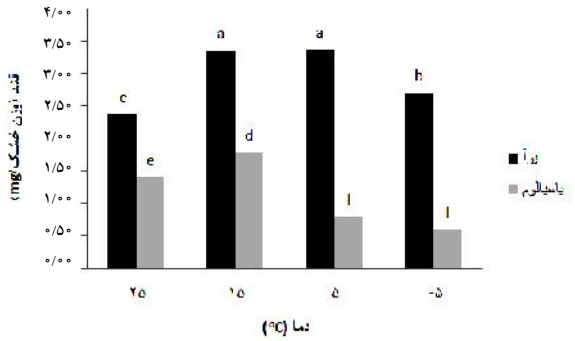
**جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رقم بر واکنش بیوشیمیایی چمن پوآ و پاسپالوم تحت تنش دمای پایین**

| رقم | کلروفیل (mg/g وزن تر) | خصوصیات ظاهری | قند (mg/g وزن خشک) | پرولین (µM/g وزن تر) | نشاسته (mg/g وزن خشک) | محتوای آب سلول (٪) | دیسموتاز (IU/mg وزن تر) | سوپر اکسید پراکسیداز (IU/mg وزن تر) | آسکوربات پراکسیداز (IU/mg وزن تر) | پراکسیداز (IU/mg وزن تر) | کاتالاز (IU/mg وزن تر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پوآ | ۰/۶۳۵۸$^{a}$ | ۸/۴۱۶۷$^{a}$ | ۲/۹۴۳۴$^{a}$ | ۸/۸۱۵$^{a}$ | ۱/۴۲۲۵$^{a}$ | ۹۰$^{a}$ | ۰/۱۴۹۰$^{a}$ | ۱/۳۴۵۳$^{b}$ | ۰/۲۶۶۸$^{b}$ | ۱/۲۷۹۳$^{b}$ |
| پاسپالوم | ۰/۳۹۸۳$^{b}$ | ۶/۳۳۳۳$^{b}$ | ۱/۱۳۳۴$^{b}$ | ۷/۷۴۲۵$^{b}$ | ۱/۳۱۳۳$^{b}$ | ۸۴/۵$^{b}$ | ۰/۱۳۳۲$^{b}$ | ۱/۸۰۶۸$^{a}$ | ۰/۳۴۷۷$^{a}$ | ۲/۲۳۳۱$^{a}$ |

در هر ستون، حروف یکسان سطح معنی‌دار مشابهی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.




**شکل ۲. اثرات متقابل رقم و دما بر کیفیت ظاهری. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

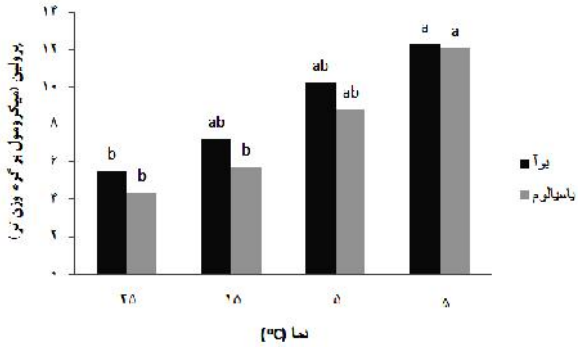



**شکل ۳. اثرات متقابل رقم و دما بر میزان قند. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

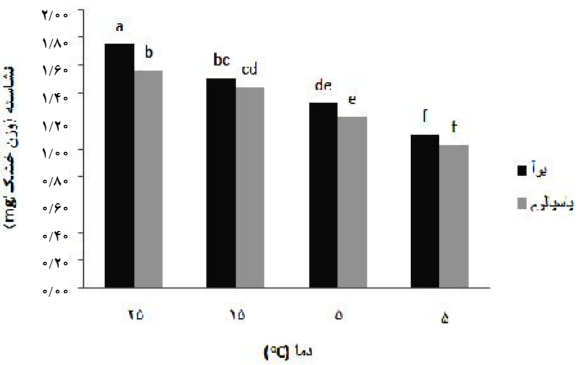
شاهد ۱۲۲/۳۲ درصد افزایش نشان داد. گیاهان در مقابله با سرما مکانیسم‌های دفاعی مختلفی دارند، که یکی از آنها تجمع بعضی ترکیبات از قبیل قندها و اسیدهای آمینه می‌باشد. افزایش این مواد باعث حفظ فشار اسمزی می‌گردد و هم‌چنین باعث تثبیت ساختار پروتئین می‌گردد و از تخریب دیوارهٔ سلولی جلوگیری می کند (۲ و ۲۰ و ۲۵). به‌طورکلی افزایش محتوای قند برگ را می‌توان به‌عنوان یک شاخص فیزیولوژیک مناسب برای مقاومت به سرما در نظر گرفت (۱۵ و ۱۹). به‌منظور حفظ یکپارچگی غشاء، پرولین به‌عنوان یک مادهٔ حفاظت کننده با برهمکنش آنزیم‌ها از دناتوره شدن پروتئین‌ها جلوگیری کرده و



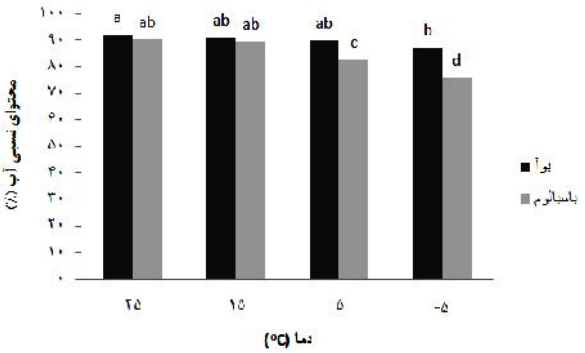
[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]




**شکل ۴. اثرات متقابل رقم و دما بر میزان پرولین. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**




**شکل ۵. اثرات متقابل رقم و دما بر میزان نشاسته. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

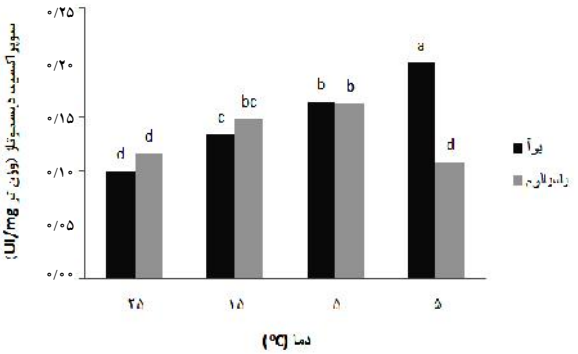



**شکل ۶. اثرات متقابل رقم و دما بر محتوای نسبی آب حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

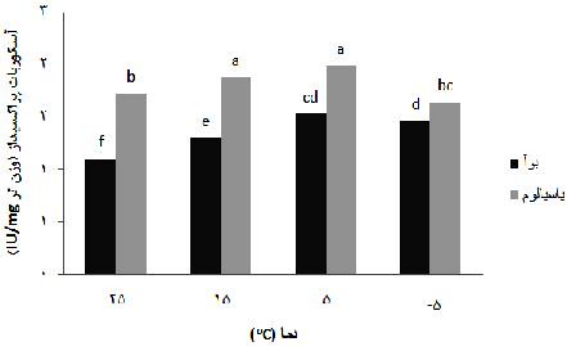
به‌دنبال آن از تخریب غشاء جلوگیری می‌کند (۲۶ و ۳۲). با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که میزان نشاسته به‌طور معنی‌داری در هر دو جنس چمن کاهش یافته است. این کاهش در چمن پوآ و پاسپالوم در دمای ۵- درجهٔ سلسیوس نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۷/۱۴ و ۳۴/۵۴ درصد بود. میزان نشاسته در شرایط تنش در تحقیقی که مان و همکاران (۲۵) انجام دادند کاهش پیدا کرده بود. آنها علت این کاهش را تبدیل نشاسته به قندهای محلول عنوان کردند. هم‌چنین آنها بیان کردند که تغییر قندهای محلول حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات نشاسته دارد. این نتایج با گزارش پروایز و همکاران (۲۹) همسویی دارد. با توجه به شکل ۶ میزان محتوای نسبی آب سلول با کاهش دما کاهش معنی‌داری پیدا کرد. این کاهش در چمن پوآ و پاسپالوم در دمای ۵- درجهٔ سلسیوس نسبت به شاهد به‌ترتیب ۵/۰۷ و ۱۶/۲۳ بود. با توجه به تجمع قندها و سایر مواد به‌منظور افزایش فشار اسمزی این کاهش قابل توجیه می‌باشد. به‌طورکلی کاهش مقدار آب در گیاه احتمال تشکیل یخ و خسارات ناشی از آن را کاهش می‌دهد. یکی از اولین رخدادهای مقاوم‌سازی غلات پاییزه در برابر سرما کاهش نسبت آب بافت به وزن خشک می‌باشد (۲۳ و ۲۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) از نظر دما بیشترین و کمترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) به‌ترتیب با میانگین فعالیت ۰/۱۶۲۷ و ۰/۱۰۷۵ واحد آنزیمی در یک گرم برگ در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و شاهد (۲۵°C) مشاهده شد. هم‌چنین در برهمکنش اثر دما و جنس بیشترین میزان فعالیت آنزیم در چمن پوآ و دمای ۵- درجهٔ سلسیوس مشاهده شد که نسبت به شاهد معنی‌دار بود و ۱۰۱/۴ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷). کاهش دما باعث افزایش رادیکال اکسیژن دار مانند رادیکال سوپراکسید می‌گردد که به‌دنبال آن فعالیت آنزیم نیز افزایش می‌یابد. این آنزیم رادیکال‌های سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند و در این راستا باعث افزایش فعالیت سایر آنزیم‌های اکسیدانی می‌گردد (۴). بر طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین (جدول ۲) از نظر دما بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با میانگین فعالیت ۱/۷۵۹۸ و ۱/۴۱ واحد آنزیمی در یک گرم برگ گیاه در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و شاهد (۲۵°C) مشاهده شد. با توجه به



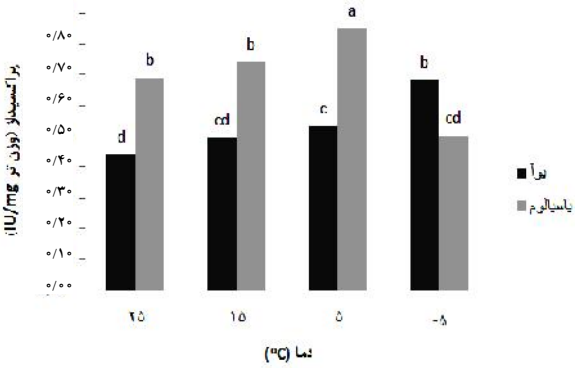
[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]




**شکل ۷. اثرات متقابل رقم و دما بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

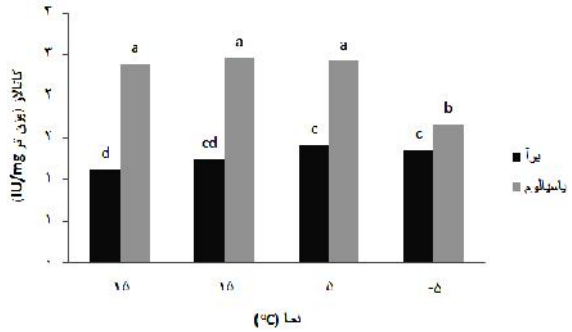



**شکل ۸. اثرات متقابل رقم و دما بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**




**شکل ۹. اثرات متقابل رقم و دما بر فعالیت آنزیم پراکسیداز. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

شکل ۸ در برهمکنش اثر دما و جنس، بیشترین میزان فعالیت آنزیم در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و چمن پاسپالوم مشاهده شد که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. کاهش دما باعث افزایش رادیکال فعال پراکسید هیدروژن و به‌دنبال آن افزایش




**شکل ۱۰. اثرات متقابل رقم و دما بر فعالیت آنزیم کاتالاز. حروف مشابه، سطح معنی‌دار یکسانی را توسط آزمون LSD نشان می‌دهد.**

فعالیت آنزیم میگردد. این آنزیم رادیکال فعال پراکسید هیدروژن را متابولیزه و خنثی می‌کند (۳۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که از نظر دما (جدول ۲) بیشترین و کمترین میزان فعالیت پراکسیداز به‌ترتیب با میانگین فعالیت ۰/۳۴۵۵ و ۰/۸۲۷ واحد آنزیمی در یک گرم برگ در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و شاهد (۲۵°C) مشاهده شد. در برهمکنش اثر دما و جنس بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و چمن پاسپالوم مشاهده گردید (شکل ۹). آنزیم پراکسیداز، اکسیداسیون بین رادیکال پراکسید هیدروژن و احیاء کننده‌ها را کاتالیز می‌کند. آنها معمولاً از سوبسترای فنلی برای حذف پراکسید هیدروژن استفاده می‌کنند. به همین دلیل جزء شناساگرهای مفید برای ارزیابی میزان تحمل‌پذیری نسبت به تنش‌های محیطی و اکسیداتیو محسوب می‌گردند (۱۸). نتایج مقایسهٔ میانگین (جدول ۲) نشان داد بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از نظر دما به‌ترتیب با میانگین فعالیت ۱/۹۱۶ و ۱/۵۰۹۵ واحد آنزیمی در یک گرم برگ در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و ۵- درجهٔ سلسیوس مشاهده شد. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در جنس پوآ در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. اگرچه تغییر معنی‌داری در افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در چمن پاسپالوم در دماهای پایین مشاهده نشد، به‌طورکلی فعالیت آنزیم کاتالاز در چمن پاسپالوم بیشتر از پوآ بود (شکل ۱۰). اسفندیاری و همکاران (۱۲) در پژوهشی در مورد اثر شوری روی فعالیت



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

آنتی‌اکسیدانتی دو رقم جو ( الوند رقم حساس و سرداری رقم مقاوم) بیان کردند با افزایش شوری آنزیم کاتالاز هر دو رقم افزایش پیدا می‌کند ولی در رقم مقاوم (سرداری) این افزایش ۳ تا ۵ برابر بیشتر از شاهد شده بود که باعث حفظ سلول‌ها در مقابل رادیکال‌های آزاد می‌شود. هم‌چنین این نتایج با یافته‌های مان و همکاران (۲۵) درباره تغییرهای فیزیولوژیک وابسته به تنش شوری همسو است.

## نتیجه‌گیری

بررسی نتایج کلی به‌دست آمده نشان می‌دهد که تغییرات فیزیولوژی به وقوع پیوسته در هر دو جنس در راستای حفظ عملکرد گیاه می‌باشد. به‌نظر می‌رسد چمن پوآ از مکانیسم دفاعی کاراتر و بهتری در مقایسه با چمن پاسپالوم برخوردار باشد.

## منابع مورد استفاده


1. Adeniyi, O. T., S. O. Akparobi and I. J. Ekanayake. 2004. Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Food, Agriculture and Environment* 2(1): 166-170.
2. Alia, P. and P. Saradhi. 1991. Proline accumulation under heavy metal stress. *Journal of Plant Physiology* 138: 554-558.
3. Allen, D. J. and D. R. Ort. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science* 6(1):36-41.
4. Arora, A., R. K. Sairam and G. C. Srivastava. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science* 82(10):1227-1238.
5. Atal, C. K. and B. M. Kapur. 1982. Cultivation and Utilization of Medicinal Plants. Regional Research Laboratory, Jammu - Tawi.
6. Bates, L. S., R. P. Waldern and I. D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-107.
7. Beauchamp, C. and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutases: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry* 44(1): 276-287.
8. Chance, B. and A. C. Maehly. 1995. Assay of catalase and peroxidase. PP. 764-765, *In:* S. P. Culowic and N. O. Kaplan (Eds.), Methods in Enzymology. Vol. 2. Academic Press, New York.
9. Dhindsa, R. S., P. Plumb-Dhindsa and T. A. Thorpe. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany* 32: 93-101.
10. Dubois, M., K. A. Gille, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350- 356.
11. Dunn, J. H., S. S. Bughrara, M. R. Warmund and B. F. Fresenburg. 1999. Low temperature tolerance of zoysia grasses. *HortScience* 34: 96-99.
12. Esfandiari, E., M. R. Shakiba, S. A. Mahboob, H. Alyari and M. Baradaran Firozabadi. 2009. Effect of water stress on antioxidant enzymes activities and lipid peroxidation of wheat seedlings. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 19(2): 129-138. (In Farsi).
13. Fry, J. D., N. S. Lang and R. G. P. Clifton. 1991. Freezing resistance and carbohydrate composition of 'Floratam' St. Augustinegrass. *HortScience* 26: 1537-1539.
14. Ghorbani, A., F. Zarrinkamar and A. Fallah. 2009. The effect of cold stress on the morphologic and physiologic characters of two rice varieties in seedling stage. *Journal of Crop Breeding* 1(3): 50-66. (In Farsi).
15. Griffith, M. and M. W. F. Yaish. 2004. Antifreeze proteins in overwintering plants: a tale of two activities. *Trends in Plant Science* 9: 399-405.
16. Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, J. K. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
17. Ibitayo, O. O., J. D. Butler and M. J. Burke. 1981. Cold hardiness of bermudagrass and *Paspalum vaginatum* Sw. *HortScience* 16: 683-384.
18. Jafari, R., K. M. Kalantari and E. Ahmadi Mousavi. 2007. The role of paclobutrazol on accumulation of antioxidants in tomato seedlings (*Lycopersicum esculentom* L.) under cold stress. *Iranian Journal of Biology* 20(3): 206-216. (In Farsi).
19. Kerepesi, I., E. Bányai-Stefanovits and G. Galiba. 2004. Cold acclimation and abscisic acid induced alterations in




[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]

carbohydrate content in calli of wheat genotypes differing in frost tolerance. *Plant Physiology* 161: 131-133.
20. Leon, P. and J. Sheen. 2003. Sugar and hormone connections. *Trends in Plant Science* 8: 110-116.
21. Longxing, H., H. Zehui, L. Shuqian and F. Jinmin. 2012. Growth response and gene expression in antioxidant-related enzymes in two bermudagrass genotypes differing in salt tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 137(3): 134-143.
22. McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silviera and H. S. Owens. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry* 22: 1156-1158.
23. Metcalf, E. L., C. E. Cress, R. C. Plien and E. H. Everson. 1970. Relationship between crown moisture content and killing temperature for three wheat and three barley cultivars. *Crop Science* 10: 362-365.
24. Mianabadi, A., M. Mousavi- Baygi, H. Sanai Nejad and A. Nezami. 2009. Assessment and mapping of early autumn, late spring and winter freezing in Khorasan Razavi province using GIS. *Journal of Water and Soil* 23(1): 79-90. (In Farsi).
25. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239–250.
26. Naidu, B. and G. Thusitha. 2005. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 793-800.
27. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology* 22: 867–880.
28. Orcutt, D. M. and E. T. Nilsen. 2000. The Physiology of Plants under Stress, Soil and Biotic Factors. John Wiley, New York.
29. Parvaiz, A. and S. Satyawati. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – A review. *Plant, Soil and Environment* 54: 89–99.
30. Rogers, R. A., J. H. Dunn and C. J. Nelson. 1977. Photosynthesis and cold hardening in zoysia and bermudagrass. *Crop Science* 17:727-732.
31. Sharifabad, H. H. 2000. Plant, drought and drought periods. 1st Edition. The Publication of Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. (In Farsi).
32. Sivakumar, P., P. Sharmila, Y. Pardha and P. Saradhi. 2000. Proline Alleviates salt stress induced enhancement in the activity of ribulose-1, 5-bisphosphate oxygenase. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 279: 512- 515.
33. Tajvar, Y., R. Fotouhi Ghazvini, Y. Hamidoghli and R. H. Sajedi. 2012. The effects of rootstock and low temperature on antioxidant reactions of clementine [(*Citrus reticulata* × *C. paradise*) × (*C. clementina*)]. *Journal of Horticulture Science* 26(3): 321-326. (In Farsi).
34. Wu, Q. S., Y. N. Zou and R. X. Xia. 2006. Effects of water stress and arbuscular mycorrhizal fungi on reactive oxygen metabolism and antioxidant production by citrus (*Citrus tangerine*) roots. *European Journal of Soil Biology* 42:166–172.



[ Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.18.1 ]
[ DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.229 ]