

تاثیر پاکلوبوترازول بر مکانیسم‌های تحمل به تنش کم آبیاری در دو رقم کنجد (*Sesamum indicum*)

موسی میری^۱، همت‌اله پیردشتی^۱، الهام فغانی^{۲*}، ولی الله قاسمی عمرانی^۱
^۱پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
^۲موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۲۷

چکیده

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل غیرزیستی است که رشد و نمو گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کنجد (*Sesamum indicum*) گیاه نسبتاً متحمل به خشکی است که در مناطق خشک و نیمه خشک و دمای بالا رویش می‌یابد. به منظور ارزیابی اثرات پاکلوبوترازول بر بهبود تحمل به تنش خشکی، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارها شامل دو رقم متحمل (یلوایت) و حساس (اولتان) کنجد، سه سطح آبیاری (۵۰، ۲۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) و سه غلظت کاربرد پاکلوبوترازول (۰، ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر) بودند. صفاتی از جمله غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با نرم افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد اثر رقم، سطوح آبیاری و پاکلوبوترازول بر غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود. در تیمار کم آبی شدید با بیشترین مصرف پاکلوبوترازول نسبت به تیمار شاهد، محتوی کلروفیل b، (۴۴ درصد) فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز ریشه و برگ و سوپراکسید دیسموتاز ریشه افزایش یافت. در تنش کم آبی شدید، غلظت کلروفیل a (۳۰/۴ درصد)، b (۴۰/۶) و کاروتنوئید (۲۹/۹) کاهش یافت. فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز ریشه (۳ برابر) و برگ (۱/۹ برابر) و سوپراکسید دیسموتاز ریشه (۳ برابر) در رقم یلوایت (رقم متحمل) افزایش یافت. به‌طورکلی، در کم آبی شدید، رقم یلوایت نسبت به رقم اولتان به بیشترین غلظت مصرفی پاکلوبوترازول با سازوکار آنزیمی واکنش مثبت نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش اکسیداتیو، کم آبی، عملکرد، آنتی اکسیدان

مقدمه

در سال ۲۰۱۴ میلادی بالغ بر ۷/۷ میلیون هکتار و میزان تولید دانه بیش از ۳/۳ میلیون تن گزارش شده است. در این سال، ایران با سطح زیرکشت ۴۲ هزار هکتار و تولید ۴۰ هزار تن دانه، متوسط عملکرد ۱۰۳۱ کیلوگرم در اراضی آبی و ۲۹۰ کیلوگرم در اراضی دیم را به خود اختصاص داده است (Oscar Rojas et al., 2014).

کنجد (*Sesamum indicum*) گیاهی یکساله و خودگشن با سابقه زراعی ۵۰۰۰ ساله به علت دارا بودن ۷۵ درصد روغن و پروتئین به عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب محسوب می‌شود (Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011). سطح زیرکشت جهانی کنجد

*نویسنده مسئول: elhamfaghanibio@gmail.com

تولید این هورمون گیاهی ممانعت می‌کنند. پاکلوبوترازول یک نمونه بسیار فعال و پرکاربرد از تریازول‌ها است که در القا مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی نیز شناخته شده است. تحقیقات نشان داد تریازول‌ها، کاهش اثرات تخریب‌کنندگی رادیکال‌های آزاد را به واسطه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و خروج اکسیژن‌های رادیکالی از سلول انجام می‌دهند (Somasundaram et al., 2009). روش‌های متداول کاربرد آن، محلول پاشی و کاربرد خاکی است. این تحقیق با هدف ارزیابی نقش پاکلوبوترازول در بهبود یا کاهش اثرات سوء تنش خشکی در دو رقم یلووایت و اولتان به واسطه تاثیر بر کاروتنوئیدها، کلروفیل‌های a و b، آنزیم‌های پراکسیدازی ریشه و برگ و سطح برگ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۴-۱۳۹۳ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی که در آن فاکتورها شامل دو ژنوتیپ کنجد به نام‌های یلووایت (طول دوره ۹۵-۱۱۰ روز، وزن هزاردانه ۳/۳ گرم، متوسط میزان روغن ۵۵ درصد و منشا ایران) و اولتان (طول دوره ۱۰۰ تا ۱۱۵ روز، وزن هزار دانه ۳/۴ گرم، متوسط میزان روغن ۵۳ درصد و منشا پاکستان) از موسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه شد. سه سطح آبیاری (۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) و سه سطح پاکلوبوترازول (۰، ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر) با سه تکرار انجام شد. کشت در لوله پلاستیکی به قطر ۱۲ و طول ۵۰ سانتی‌متر (۲۰ اردیبهشت) انجام شد. لوله‌ها از مخلوط خاک زراعی و ماسه به نسبت ۲ به ۱ پر شد. با توجه به نتایج آزمون خاک، کود اوره به میزان ۱/۱۲۵ گرم در مرحله ۴ برگی، کود فسفر به میزان ۰/۴۵ گرم و کود پتاس به

تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود (Reddy et al., 2004). گیاهان در مواجهه با تنش خشکی عکس‌العمل‌های زیادی از خود نشان می‌دهند (Mohammadkhani and Heidari, 2008). در بررسی اثرات تنش خشکی بر گیاه کنجد مشخص شده است که تنش خشکی، شاخص سطح برگ را به دلیل کاهش مساحت برگ و تولید برگ‌های جدید و ریزش شدید آنها را کاهش می‌دهد و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس می‌باشند، بنابراین در اثر تنش خشکی، شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (Pagter et al., 2005). عملکرد دانه و ماده خشک گیاهان زراعی از جمله مهم‌ترین صفاتی هستند که به دنبال کاهش فتوسنتز ناشی از وقوع تنش خشکی کاهش می‌یابند (Koochaki et al., 1995). تحقیقات نشان داد با ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت، با افزایش شدت کمبود آب، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش یافت (Eskandari et al., 2010).

پاکلوبوترازول کاهش دهنده رشد گیاهی است که به گروه تریازول‌ها تعلق دارد. مولکول پاکلوبوترازول یک ساختار حلقوی محتوی سه اتم نیتروژن است و دارای دو آنانتیومر (2R,3R) که فعالیت قارچ‌کشی دارد و آنانتیومر (2S,3S) که فعالیت تنظیم‌کنندگی رشد را فراهم می‌کند (Sugavanam, 1984). این بازدارنده سنتز هورمون جیبرلین جهت مبارزه با تنش‌های محیطی کاربرد عمده‌ای دارد (Sankar et al., 2007). پاکلوبوترازول با دخالت در مسیر بیوسنتز اسید جیبرلیک در مرحله اکسیداسیون انت-کائورن به انت-کائورونیک اسید از

۱۰ دقیقه در داخل سانتریفوژ با دور ۲۵۰۰ rpm گذاشته شد. برای تعیین میزان کلروفیل (Chl) a و b جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۲ nm و ۶۴۵ nm، برای تعیین کاروتنوئید کل (Cx+c) جذب آن در طول موج ۶۵۲ nm اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه مقادیر کلروفیل a و b و همچنین کاروتنوئید کل از فرمول Lichtenaler (۱۹۸۷) استفاده گردید.

$$\text{Chl}_a = 11.75A_{662} - 2.350 A_{645}$$

$$\text{Chl}_b = 18.61 A_{645} - 3.960 A_{662}$$

$$\text{Cx} + \text{c} = 1000 A_{470} - 2.270 \text{Chl}_a - 81.4 \text{Chl}_b / 227$$

مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با مشاهده آغاز قهوه‌ای شدن نزدیک به ۷۵ درصد کپسول‌های روی بوته در ۵۰ درصد بوته‌های هر رقم ثبت شد. قبل از گلدهی، برای اندازه‌گیری سطح برگ، ۳ بوته از هر تیمار برداشت و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Green Leaf Area Meter, GA-5) صورت گرفت.

نتایج

سطح برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل رقم و آبیاری، رقم و پاکلوبوترازول و آبیاری و پاکلوبوترازول بر مقدار شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل تیمار آبیاری بر رقم، با کاهش میزان آبیاری و افزایش تنش خشکی، شاخص سطح برگ کاهش یافت. به طوری که با کاهش آبیاری از ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک به ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، کاهش ۴۱/۱ درصدی در رقم یلووایت و ۴۳/۵ درصد در رقم اولتان مشاهده شد. در اثر متقابل پاکلوبوترازول بر رقم، با افزایش میزان کاربرد پاکلوبوترازول از سطح صفر میلی‌گرم به ۱۵ میلی‌گرم افزایش سطح برگ به میزان ۱۱/۵ درصد در رقم یلووایت و ۱۲ درصد در رقم اولتان مشاهده شد

میزان ۰/۲۲۵ گرم در هنگام کشت به گلدان‌ها اضافه شد. تیمار تنش خشکی، براساس ظرفیت زراعی خاک، با اندازه‌گیری رطوبت و استفاده از درصد حجمی خاک، تعیین شد. پس از تعیین بافت خاک، برای محاسبه مقدار رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی^۱ و مقدار آب قابل دسترس^۲ از توابع انتقالی استفاده گردید. بر اساس این معادله مقدار رطوبت خاک ظرفیت زراعی به صورت حجمی (cm^3/cm^3)، از طریق درصد شن بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد. برای محاسبه مقدار رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم^۳ (PWP) به صورت حجمی (cm^3/cm^3)، با داشتن درصد رس خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک تعیین گردید. سپس نقاط ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک محاسبه شد (De Ridder and Keulen, 1995). همزمان با شروع گلدهی، تا بلوغ فیزیولوژیکی دانه‌ها، تیمار تنش اعمال شد.

برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۲۵۰ میلی‌مولار با pH ۷، آب اکسیژنه ۱/۲ میلی‌مولار، اسید آسکوربیک ۰/۵ میلی‌مولار و EDTA ۰/۱ میلی‌مولار تهیه شد. سپس با اضافه نمودن آب اکسیژنه به مخلوط، واکنش فعالیت آنزیمی شروع شد. کاهش جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unico) خوانده شد. برای محاسبه فعالیت آنزیم از تغییرات جذب در یک دقیقه استفاده شد (Dazy et al., 2008).

برای اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌ها، در آغاز پرشدن دانه‌ها، ۰/۱ گرم از بافت تر برگ‌ها توزین و با ۵ ml استون ۱۰۰ درصد له گردید. عصاره حاصل به مدت

- 1- Field capacity
- 2- Available water
- 3- Permanent wilting point

(جدول ۲). نتایج داده‌های آزمایش حاکی از آن بود در اثر متقابل آبیاری و پاکلوبوترازول در تمام سطوح آبیاری، به موازات افزایش کاربرد پاکلوبوترازول، افزایش میزان سطح برگ مشاهده شد. به طوری که بیشترین میزان سطح برگ در تیمار کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول مشاهده شد (جدول ۲).

رنگیزه فتوسنتزی: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثرات متقابل رقم بر تنش، رقم بر پاکلوبوترازول و تنش خشکی بر پاکلوبوترازول در سطح احتمال یک درصد بر غلظت کلروفیل‌های محلول معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل تنش بر رقم، با افزایش شدت تنش و کاهش سطح آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت خاک به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت خاک کاهش سطح کلروفیل a به میزان ۳۰/۴ درصد در رقم یلووایت و ۵۹/۶۵ درصد کاهش در رقم اولتان مشاهده شد (جدول ۲). در اثر متقابل تنش و پاکلوبوترازول بر غلظت کلروفیل a محلول، کاهش آبیاری موجب کاهش غلظت کلروفیل a شد. لیکن افزایش سطح کاربرد پاکلوبوترازول از صفر میلی‌گرم به ۱۵ میلی‌گرم موجب افزایش غلظت کلروفیل a محلول شد (جدول ۲). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل رقم، تنش و پاکلوبوترازول بر غلظت کلروفیل b محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول مقایسه میانگین نشان داد در اثر متقابل رقم و آبیاری، با کاهش میزان آبیاری از سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، غلظت کلروفیل b در دو رقم یلووایت و اولتان کاهش یافت (جدول ۲). در اثر متقابل تنش خشکی و پاکلوبوترازول، کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول موجب افزایش غلظت کلروفیل b محلول در سطوح مختلف تنش خشکی شد (جدول ۲).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه و برگ: بر اساس نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل رقم بر تنش و اثر متقابل تنش بر پاکلوبوترازول در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل رقم بر پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری، با کاهش میزان آبیاری از سطح ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه به سطح آبیاری ۲۰ درصد، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ، بترتیب از (۲۲/۰ میلی‌گرم بر گرم) به (۶۴/۰ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد که افزایش ۱۹۰ درصدی در رقم یلووایت و افزایش ۴۴ درصد در رقم اولتان مشاهده شد. در اثر متقابل تیمار آبیاری و پاکلوبوترازول، با افزایش کاربرد پاکلوبوترازول از سطح صفر به سطح ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر، فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ از ۲۸/۰ میلی‌گرم بر گرم به ۵۳/۰ میلی‌گرم بر گرم به میزان ۸۹ درصد افزایش نشان داد. افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز در رقم اولتان ۲۰ درصد مشاهده شد. نتایج اثر متقابل نشان داد با افزایش شدت تنش، میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ افزایش داشت. به طوری که بیشترین میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ مربوط به تیمار کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول در آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز برگ مربوط به تیمار عدم کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک مشاهده شد (جدول ۲). همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل رقم کنجد و تنش در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمار آبیاری بر پاکلوبوترازول در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز ریشه معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل رقم یلووایت و تیمار

اثر متقابل رقم اولتان و تیمار کم آبیاری به میزان ۱/۹ برابر مشاهده شد. اثرات متقابل رقم، تنش کم آبی و پاکلوبوترازول در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز برگ کنگد معنی دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل رقم یلووایت و تنش کم آبیاری با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ۲/۲۶ برابر و در رقم اولتان ۰/۶۵ برابر نسبت به شاهد افزایش داشت. در اثر متقابل رقم یلووایت و تیمار پاکلوبوترازول با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ۶۱ درصد افزایش داشت. همچنین در اثر متقابل رقم یلووایت و تیمار پاکلوبوترازول، کاربرد ۱۵ میلی گرم پاکلوبوترازول افزایش ۹۲ درصد در فعالیت آنزیم سوپراکسید برگ مشاهده شد (جدول ۲).

آبیاری، به موازات کاهش آبیاری از سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک به ۲۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، فعالیت آسکوربات پراکسیداز ریشه به میزان ۳ برابر افزایش نشان داد (جدول ۲). همچنین در اثر متقابل تیمار آبیاری بر پاکلوبوترازول، با کاهش میزان آبیاری از یک سو و افزایش میزان تیمار پاکلوبوترازول، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه، ۳/۵ برابر افزایش نشان داد (جدول ۲).

سوپر اکسید دیسموتاز ریشه و برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل رقم و تنش کم آبیاری بر میزان فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل رقم یلووایت و تیمار کم آبیاری، با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ریشه از سطح ۰/۱۹ به ۰/۷۶ میلی گرم بر گرم شد، که رشد ۴ برابری را در فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد. این افزایش در

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف کنگد با پاکلوبوترازول در تیمار آبیاریهای مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	اسکوربات پراکسیداز برگ	سوپراکسید دیسموتاز ریشه	سوپراکسید دیسموتاز برگ
رقم	۱	۸۹۷۵۸۲ ^{***}	۱۵۴/۸۵ ^{***}	۱/۳ ^{***}	۲۵۴۲۲۸ ^{***}	۰/۵۶ ^{***}	۰/۱۵۸ ^{***}	۰/۲۴۷ ^{***}
تنش	۲	۷۹۸۲۷۹ ^{***}	۴۲/۴۲ ^{***}	۴/۵ ^{***}	۷۳۴۷۰ ^{***}	۰/۸ ^{***}	۰/۹۳۱ ^{***}	۰/۹۸۱ ^{***}
پاکلوبوترازول	۲	۳۷۶۲۱۰ ^{***}	۵/۳۹ ^{***}	۱۴/۶ ^{***}	۱۰۳۹۳ ^{***}	۰/۱۱ ^{***}	۰/۰۸۳ ^{***}	۰/۰۶۶ ^{***}
رقم*تنش	۲	۲۰۲۹ ^{***}	۰/۸۴ ^{***}	۱۹/۹ ^{***}	۲۵۸۷ ^{***}	۰/۲۲ ^{***}	۰/۰۸۱ ^{***}	۰/۱۰۳ ^{***}
رقم*پاکلوبوترازول	۲	۵۰۹ ^{***}	۰/۷۴ ^{***}	۱۸/۱ ^{***}	۹۷۲ ^{***}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳۹ ^{ns}	۰/۱۱۶ ^{***}
تنش*پاکلوبوترازول	۴	۷۷۱۰۴ ^{***}	۰/۸۲ ^{***}	۱۶/۸ ^{***}	۱۰۲۹ ^{***}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۷۰ ^{***}	۰/۰۳۵ ^{***}
رقم*تنش*پاکلوبوترازول	۴	۴۹۰ ^{***}	۲/۳۹ ^{***}	۱۵/۸ ^{***}	۳۵۲۴ ^{***}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{***}	۰/۰۲۲ ^{***}
خطا	۳۸	۴۴	۰/۱۱	۰/۰۴	۵۲/۹۸	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱۶
ضریب تغییرات	۰/۲۶	۰/۲۶	۵/۷	۷/۷	۲/۸	۹/۹	۸/۱۳	۳/۴

تأثیر پاکلوبوترازول بر مکانیسم‌های تحمل به تنش کم‌آبیاری در دو رقم کنجد...

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات متقابل (تنش خشکی * پاکلوبوترازول) و (رقم * پاکلوبوترازول) بر صفات فیزیولوژیکی (G1 و G2 به ترتیب رقم بلوایت و اولتان)، (S1, S2 و S3 به ترتیب آبیاری ۲۰، ۵۰، ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) و (P0, P1, P2) به ترتیب کاربرد پاکلوبوترازول به میزان (۰، ۷/۵ و ۱۵) میلی‌گرم بر لیتر.

تیمار Treatments	سوپراکسید دیسموتاز برگ (میلی‌گرم بر گرم)	سوپراکسید دیسموتاز ریشه (میلی‌گرم بر گرم)	اسکوربات پراکسیداز برگ (میلی‌گرم بر گرم)	اسکوربات پراکسیداز ریشه (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم)	شاخص سطح برگ (سانتیمتر در بوته)
G1*S1	۰/۲۶±۰/۰۲ c	۰/۱۹±۰/۰۲ d	۰/۲۲±۰/۰۳ d	۰/۱۹±۰/۰۳ c	۸/۹±۰/۲۶ a	۳/۴±۰/۲۵ ab	۳۸۲±۱۱/۳۱a	۳۲۹۰±۱۸/۶۲a
G1*S2	۰/۵۸±۰/۰۳ b	۰/۳۸±۰/۰۱ c	۰/۴۶±۰/۰۵ c	۰/۳۹±۰/۰۳ b	۷/۸±۰/۲۶ b	۲/۸±۰/۱۴abc	۳۱۹±۹/۹۷ b	۲۵۷۱±۳۳/۶۶c
G1*S3	۰/۸۵±۰/۰۳ a	۰/۷۶±۰/۰۲ a	۰/۶۴±۰/۰۴ b	۰/۷۷±۰/۰۴ a	۶/۲±۰/۱۰ c	۲/۰۲±۰/۰۵bc	۲۶۸±۲/۸۲c	۱۹۴۱±۸۲/۶۲e
G2*S1	۰/۴۹±۰/۰۲ b	۰/۳۷±۰/۰۱ c	۰/۵۸±۰/۰۷bc	۰/۴۶±۰/۰۶ b	۵/۷±۰/۱۲ c	۴/۱±۰/۰۲a	۲۴۷±۵/۲۹ c	۳۰۲۰±۱۸/۴۰b
G2*S2	۰/۸۰±۰/۰۳ a	۰/۵۸±۰/۰۴ b	۰/۸۶±۰/۰۳ a	۰/۷۸±۰/۰۴a	۴/۶±۰/۰۷ d	۱/۹±۰/۰۳c	۲۰۵±۶/۱۳d	۲۳۰۱±۳۳/۲۵d
G2*S3	۰/۸۱±۰/۰۴ a	۰/۷۱±۰/۰۴ a	۰/۸۱±۰/۰۴ a	۰/۷۳±۰/۰۴a	۲/۳±۰/۰۴e	۱/۳±۱/۶۳ c	۱۰۶±۱۷/۱۶e	۱۷۰۸±۷۳/۷۲ f
G1*P0	۰/۴۴±۰/۰۴ b	۰/۳۴±۰/۰۴ b	۰/۳۴±۰/۰۷ b	۰/۳۶±۰/۰۹ c	۷/۲±۰/۳۲ a	۲/۶±۰/۲۰ b	۳۰۴±۱۳/۵۱a	۲۴۸۱±۲۱/۸۴۵a
G1*P1	۰/۵۶±۰/۰۴ab	۰/۴۴±۰/۰۵ab	۰/۴۸±۰/۰۹ b	۰/۴۶±۰/۱۰bc	۷/۶±۰/۳۸ a	۲/۶±۰/۱۴ b	۳۱۷±۱۳/۶۶a	۲۵۵۲±۲۱/۰۳va
G1*P2	۰/۷۱±۰/۰۵ a	۰/۵۵±۰/۰۴ ab	۰/۵۰±۰/۰۵ b	۰/۵۳±۰/۰۸ abc	۸/۱±۱/۳۴a	۳/۱±۰/۵۹ ab	۳۴۹±۵۷/۵۷ a	۲۷۶۸±۱۵۷/۹۷a
G2* P0	۰/۷۴±۰/۰۸ a	۰/۵۶±۰/۰۶ ab	۰/۷۶±۰/۰۸ a	۰/۵۹±۰/۰۹ ab	۳/۴±۰/۷۸ b	۴/۶±۱/۵۰ a	۱۵۵±۲۹/۵۴b	۲۲۹±۲۱/۰۳۴ a
G2*P1	۰/۶۵±۰/۰۶۰a	۰/۵۰±۰/۰۴ ab	۰/۷۵±۰/۰۷/۰ a	۰/۶۳±۰/۰۴ ab	۴/۶±۰/۴۶ b	۱/۳±۰/۱۶ b	۱۹۶±۲۰/۶۲b	۲۳۰۱±۲۰/۵۷ a
G2*P2	۰/۶۹±۰/۰۵ a	۰/۶۰±۰/۰۴ a	۰/۷۴±۰/۰۳ a	۰/۷۰±۰/۰۶ a	۴/۷±۰/۲۸ b	۱/۴±۰/۱۵ b	۲۰۶±۱۳/۴۴ b	۲۴۹۸±۱۵۷/۹۴ a
S1*P0	۰/۲۶±۰/۰۶ f	۰/۲۲±۰/۰۶ e	۰/۲۸±۰/۰۸ d	۰/۱۸±۰/۰۶ d	۶/۸±۰/۶۰ab	۲/۵±۰/۲۲ b	۲۹۳±۲۵/۸۸ab	۳۱۰۲±۶۲/۱۶ a
S1*P1	۰/۳۵±۰/۰۷ ef	۰/۲۶±۰/۰۷ e	۰/۳۸±۰/۱۰dc	۰/۳۷±۰/۱۰ c	۷/۴±۰/۵۳ a	۲/۴±۰/۲۴ b	۳۱۸±۲۳/۱۲ a	۳۱۵۴±۶۱/۶۹ a
S1*P2	۰/۵±۰/۰۶ de	۰/۳۶±۰/۰۵ de	۰/۵۳±۰/۱ bc	۰/۴۳±۰/۰۵ c	۷/۷±۰/۹۸ a	۳/۲±۰/۵۷ b	۳۳۲±۴۲/۰۴ a	۳۲۰۸±۶۱/۷۳ a
S2*P0	۰/۶۷±۰/۱۲ bc	۰/۴۵±۰/۱۱ cd	۰/۵۹±۰/۱۳abc	۰/۵۴±۰/۱۱ bc	۵/۹±۰/۶۷ b	۲/۱±۰/۴۲ b	۲۴۶±۲۵ ab	۲۳۴۵±۶۱/۰۸ c
S2*P1	۰/۶۱±۰/۱۲ dc	۰/۴۳±۰/۰۷ cd	۰/۶۷±۰/۱۱ ab	۰/۵۶±۰/۰۷ bc	۶/۱±۰/۷۶ ab	۱/۹۶±۰/۳۱b	۲۴۹±۲۳/۴ ab	۲۴۰۰±۶۱/۹۶ bc
S2*P2	۰/۷۹±۰/۱۲ ab	۰/۵۶±۰/۱۱bc	۰/۷۱±۰/۰۴ ab	۰/۶۶±۰/۰۹ ab	۶/۶±۰/۷۵ ab	۲/۱۷±۰/۳۶b	۲۹۱±۲۹/۱۹ab	۲۵۶۲±۶۱/۵۲ b
S3*P0	۰/۸۴±۰/۱۳ a	۰/۶۷±۰/۰۹ ab	۰/۷۰±۰/۰۸ ab	۰/۷۱±۰/۰۴ ab	۳/۲±۰/۱۲۶ c	۱/۴±۱/۹۴ b	۱۵۰±۴۹/۳۷ c	۱۶۱۷±۴۸/۷۰ e
S3*P1	۰/۸۳±۰/۰۹ a	۰/۷۲±۰/۰۵ ab	۰/۸±۰/۰۱ a	۰/۷۱±۰/۰۵ ab	۴/۷±۰/۷۸ bc	۲±۰/۳۲ b	۲۰۲±۳/۶۹bc	۱۷۲۶±۶۰/۶۴ e
S3*P2	۰/۸۱±۰/۰۳ ab	۰/۸۱±۰/۰۲ a	۰/۶۲±۰/۰۳ abc	۰/۸۲±۰/۰۵ a	۴/۹±۰/۷۰ bc	۳/۶±۲۳ a	۲۰۹±۲۵/۱۳bc	۲۱۳۰±۶۲/۱۶ d
G1*S1*P0	۰/۱۴±۰/۰۱ k	۰/۱۱±۰/۰۰۹ f	۰/۱۲±۰/۰۱ j	۰/۰۹۷±۰/۰۱۳ j	۸/۲±۰/۰۱ bc	۳±۲/۰۱ c	۳۵۱±۰/۸۴ c	۳۲۳۸±۲۱/۱۹ c
G1*S1*P1	۰/۲۳±۰/۰۱ j	۰/۱۶±۰/۰۲۲ ef	۰/۲۰۸±۰/۰۱ ji	۰/۱۷۱±۰/۰۰۵ ji	۸/۶±۰/۰۱ b	۳±۰/۱۱ c	۳۶۹b±۰/۹۵	۳۲۸۹±۲۱/۲۱b
G1*S1*P2	۰/۴۰±۰/۰۲ i	۰/۳۷±۰/۰۱۶ de	۰/۳۲۷±۰/۰۰ oghi	۰/۳۲۶±۰/۰۱۶ghi	۹/۹±۰/۰۲ a	۴/۵±۰/۰۴ b	۴۲۶±۱/۲۹ a	۳۳۴۳±۲۱/۷۸ a
G1*S2*P0	۰/۴۳±۰/۰۱ hi	۰/۳۰±۰/۰۰۶ef	۰/۲۹۹±۰/۰۴ hi	۰/۳۰۷±۰/۰۰۵ghi	۷/۴±۰/۰۶ d	۳/۰۲±۰/۳۵ c	۳۰۰±۱۲/۳۳ d	۲۴۸۰±۱۶/۲۷ i
G1*S2*P1	۰/۵۵±۰ f	۰/۱۵±۰/۰۰۵ ef	۰/۴۵۹±۰/۰۶ fg	۰/۴۴±۰/۰۰۸ fgh	۷/۶±۰/۷۸cd	۲/۵۹±۰/۲۷ d	۳۰۱±۳/۸۸ d	۲۵۳۴±۱۶/۲۷ h
G1*S2*P2	۰/۷۸±۰/۰۱ d	۰/۴۵±۰/۰۰۶ cd	۰/۶۳±۳/۰۸ ed	۰/۴۶۹±۰/۰۳efgh	۸/۳±۰/۰۲ b	۲/۹۸±۰/۰۲ c	۳۵۶±۱/۰۳ c	۲۶۹۷±۱۷/۵۵ g
G1*S3*P0	۰/۷۵±۰/۰۱de	۰/۶۲±۰/۰۰۲ c	۰/۵۹۷±۰/۰۶edf	۰/۷۰±۰/۰۰۸۹ abcd	۶±۰/۰۳ ef	۱/۹۷±۰/۰۱ ef	۲۶۱±۰/۶۴ f	۱۷۲۵±۱۱/۳۳ o
G1*S3*P1	۰/۸۵±۰ a	۰/۷۶±۰/۰۰۷ab	۰/۷۹۲±۰/۰۱abc	۰/۸۱۷±۰/۰۰۶۲ a	۶/۵±۰/۰۴ e	۲/۲۴±۰/۰۵ e	۲۷۹±۲/۶۹ e	۱۸۳۳±۱۱/۹۱ n
G1*S3*P2	۰/۹۴±۰/۰۲ a	۰/۸۹±۰/۰۰۲۹ a	۰/۵۵۷±۰/۰۲ ef	۰/۸۰۹±۰/۰۰۷۲ a	۶/۱±۲/۲۵ e	۱/۸۶±۰/۰۶ f	۲۶۵±۹/۰۱ f	۲۲۶±۱۴/۸۲ k
G2*S1*P0	۰/۳۹±۰/۰۲ i	۰/۳۴±۰/۰۱۰ ed	۰/۴۴۶±۰/۰۲hgf	۰/۲۸±۰/۰۰۸۵ hi	۵/۵±۰/۰۲ g	۲/۰۳±۰/۰۱ef	۲۳۵±۰/۸۶ g	۲۹۶۶±۱۹/۱۸ f
G2*S1*P1	۰/۴±۰ gh	۰/۳۷±۰/۰۱۱ d	۰/۵۵۹±۰/۰۱۴efg	۰/۵۸۲±۰/۰۰۵hde	۶/۲±۰/۰۱۲e	۱/۹۴±۰/۰۴ ef	۲۶۷±۵/۳۶ f	۳۰۲۰±۱۹/۷۵ e
G2*S1*P2	۰/۶±۰ f	۰/۴۰±۰/۰۰۶ d	۰/۷۴۴±۰/۰۰۸abcd	۰/۵۴۶±۰/۰۱def	۵/۵±۰/۰۱ f	۱/۹۳±۰/۰ ef	۲۳۸±۰/۵۵ g	۳۰۷±۱۹/۷۵d
G2*S2*P0	۰/۹۱±۰/۰۳ a	۰/۶۰±۰/۰۰۴vbc	۰/۸۹۵±۰/۰۰۳ ab	۰/۷۷۵±۰/۰۰۸۲ ab	۴/۵±۰/۰۰۳ h	۱/۲۸±۰/۰۰۸ g	۱۹۱±۱/۲۰ h	۲۲۱۱±۱۴/۲۴ l
G2*S2*P1	۰/۶۸±۰/۰۱ e	۰/۴۶±۰/۰۰۳۱/cd	۰/۸۸۷±۰/۰۰۹ ab	۰/۷۱±۰/۰۰۶۰abc	۴/۶±۰/۰۰۱ h	۱/۳۳±۰/۰۴ g	۱۹۷±۰/۵۲ h	۲۲۶۶±۱۶/۲۲k
G2*S2*P2	۰/۸±۰/۰۰۲ cd	۰/۶۷±۰/۰۰۳۳ b	۰/۸۰۷±۰/۰۰abc	۰/۸۶۳±۰/۰۰۶۲a	۴/۹±۰/۰۲gh	۱/۳۶±۰/۰۰۳ g	۲۲۷±۹/۱۱ g	۲۴۲۶±۱۵/۰۰ j
G2*S3*P0	۰/۹۳±۰/۰۰۲a	۰/۷۳±۰/۰۰۲۳ab	۰/۹۳۹±۰/۰۰۲a	۰/۷۳±۰/۰۰۲۳abc	۳/۱±۰/۰۰۳ j	۰/۷۳±۰/۰۱۵ i	۴۰±۱/۲۸ k	۱۵۰۱±۹/۸۸ q
G2*S3*P1	۰/۸±۰/۰۰۲ cd	۰/۶۸±۰/۰۰۱۱b	۰/۸۰±۰/۰۰۲abc	۰/۶۱۷±۰/۰۱bcde	۳±۰/۰۰۱ i	۰/۸۲±۰/۰۰۳h	۱۲۵±۴/۹۳ j	۱۶۱۹±۱۰/۰۰p
G2*S3*P2	۰/۶۸±۰/۰۰۱ e	۰/۷۳±۰/۰۰۰۴ab	۰/۶۸۶±۰/۰۰۱cde	۰/۸۴۳±۰/۰۰۹۵a	۳/۶±۰/۰۰۱ i	۰/۹۳±۰/۰۰۴h	۱۵۴±۱/۹۵ i	۱۹۹۵±۱۲/۷۹m

بحث

سطح برگ، حساس‌ترین واکنش گیاه به تنش خشکی محسوب می‌شود (Nayyar and Gupta, 2006). پژوهش‌های Sindhu و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از آن است که تنش خشکی، سطح برگ را کاهش می‌دهد، به طوری آبیاری ۶ روز در میان نسبت به شاهد ۳۰/۸۳ درصد بیشتر بود. همچنین گزارش کردند که با مصرف پاکلوبوترازول سطح برگ کاهش می‌یابد، در حالی که در تنش کم آبی با مصرف پاکلوبوترازول، سطح برگ افزایش جزئی یافت. این پژوهشگران عنوان نمودند تنش خشکی موجب کاهش ۴۱/۵ درصد سطح برگ در بوته کنجد گردید. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که افزایش پس از استفاده از پاکلوبوترازول، سطح برگ در شرایط تنش خشکی ۳۶ درصد افزایش یافت.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: بیشترین غلظت کلروفیل a, b و کاروتنوئید مربوط به کاربرد ۱۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول شد. در آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول، کلروفیل a به میزان ۵۳ درصد، کلروفیل b به میزان ۱۵۷ درصد و کاروتنوئید به میزان ۳۹/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (جدول ۲). Sindhu و همکاران (۲۰۰۸) عنوان نمودند تنش خشکی موجب کاهش غلظت کلروفیل a و b و کاروتنوئید شد. لیکن کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط تنش، موجب افزایش رنگدانه‌ها نسبت به شرایط شاهد شد که با نتایج بدست آمده منطبق بود. Zamani و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند کاربرد پاکلوبوترازول سبب افزایش کلروفیل a و b در دو گونه رزماری نسبت به عدم مصرف پاکلوبوترازول شد. همچنین کاربرد ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در چمن‌های لولیوم و فوستیکا سبب افزایش میزان کلروفیل a شد (Shahrokhshahi et al., 2011). در بررسی دیگر در

گیاهان ذرت و گندم با افزایش غلظت تیمار پاکلوبوترازول، غلظت کلروفیل افزایش یافت (Amina et al., 2011). به نظر می‌رسد افزایش محتوی کلروفیل بواسطه مصرف پاکلوبوترازول با افزایش سیتوکنین در گیاه مرتبط باشد (Ahmadzade et al., 2012). سیتوکنین سبب تاخیر در تجزیه کلروفیل با کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌شود (Tahmasbi, 2001). از سوی دیگر پاکلوبوترازول با جلوگیری از ساخت اسید جبرلیک، باعث کاهش رشد طولی سلول گیاهی می‌شود. کاهش رشد طولی سلول منجر به تولید گیاهان کوتاه قد می‌شود که این امر سبب انباشتگی کلروفیل در برگ می‌شود (Ervin and Zhang, 2007).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه و برگ: آسکوربات پراکسیداز از مهمترین آنزیم‌های دفاعی است که نقش بسیار مهمی در جمع‌آوری و احیای کامل پراکسید هیدروژن دارد. با فعالیت این آنزیم پراکسید هیدروژن به آب تبدیل می‌شود (Blokhina and Fagersted, 2010). برخی از محققین در بررسی اثر پاکلوبوترازول بر کاهش اثرات تنش خشکی عنوان کردند تنش خشکی موجب افزایش دو برابری در فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نسبت به شرایط شاهد شد. لیکن کاربرد پاکلوبوترازول در شرایط تنش خشکی، موجب افزایش بیشتری ۲/۵ برابری در فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد (Somasundarm et al., 2009). مطالعات انجام شده توسط Abbasi و همکاران (۲۰۱۰) بر گندم نشان داد با کاهش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز سبب افزایش میزان خسارت‌زایی انواع اکسیژن فعال می‌شود. کاهش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز موجب تجمع پراکسید هیدروژن می‌شود. همچنین، در مقادیر بالای این متابولیت مخرب فعالیت برخی از آنزیم‌های چرخه کالوین نظیر ریبولوز ۵-

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان داشت رقم یلووایت با کاربرد بیشترین غلظت پاکلوبوترازول، بیشترین مساحت برگ در بوته، بیشترین غلظت کاروتنویید، کلروفیل a و b داشتند همچنین این رقم در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر مصرف پاکلوبوترازول و کم‌آبی شدید با افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز در برگ و ریشه، توانست اثرات تخریب‌کنندگی سلولی ناشی از کم‌آبی را تعدیل کند. در تنش کم‌آبی، تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی و سطح برگ کنجند در هر بوته کاهش یافت. در تیمار آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، مصرف ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول به نظر می‌رسد بتواند تا حدودی در تعدیل اثرات تنشی نقش بسزایی داشته باشد. لذا می‌توان مصرف پاکلوبوترازول در اراضی دیم استان گلستان، موثر دانست و همچنین برای رقم یلووایت، ۱۵ میلی‌گرم و رقم اولتان ۷/۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول را توصیه کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مساعدت‌ها و حمایت‌های مالی پژوهشکده‌ی ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری قدردانی می‌گردد.

References

- Ahmadzade, M.R. and CaramRostami, A. (2012). Application of Paclobutrazol (PP333) in Horticultural Science. Scientific and Technical Olives, 2-7. (In Persian)
- Abdul Jaleel, C., Gopi, R., Manivannan, P., Gomathinayagam, M., S, Hong-Bo., Zhao C.X. and Panneerselvam, R. (2008). Endogenous hormonal and enzymatic responses of *Catharanthus roseus* with triadimefon application under water deficits. *Comptes Rendus Biologies*, 331: 844-852.
- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Gomathinayagam, M., Sridharan, R and Panneerselvam, R. (2007). Responses of antioxidant potentials in *Dioscorea rotundata* Poir. Following paclobutrazol drenching. *Comptes Rendus Biologies*, 330: 798-805.

فسفات کیناز، بی‌فسفاتازها و آیزوزیم Cu/Zn-SOD و Mn-SOD متوقف می‌شود. براساس گزارش Heidari (۲۰۰۹) در گیاه سورگوم افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شرایط تنش، سبب کاهش میزان تنش اکسیداتیو و مقاومت به تنش گردید.

سوپر اکسید دیسموتاز ریشه و برگ: بنا به گزارش Baisak و همکاران (۱۹۹۴) در برنج، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در طی کمبود آب افزایش معنی‌داری را نشان داد. برخی از محققین در گیاه جو گزارش کردند با افزایش سطوح تنش خشکی میزان فعالیت این آنزیم در پاسخ به وقوع تنش افزایش می‌یابد (Sharma et al., 2012). همچنین روند افزایش فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز در برگ مشابه ریشه گزارش شد (Somasundarm et al., 2009). در گزارشی Abdul Jaleel و همکاران در (۲۰۰۸) بیان داشتند که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت تنش خشکی در گیاه *Catharanthus roseus* افزایش می‌یابد. فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در *Helianthus annuus* در تنش کم‌آبی و استفاده از تراپیزول گزارش شد، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز تحت تنش خشکی در گیاه *esculentus* *Abelmoschu* افزایش یافت. همچنین پژوهش‌های Abdul Jaleel و همکاران در (۲۰۰۷) نشان داد که اعمال پاکلوبوترازول در *Dioscorea rotundata* فعالیت آنتی اکسیدانی را افزایش داد.

- Aien, A. (2012).** Effect of Eliminating of Irrigation at Different Growth Stages on Seed Yield and Some Agronomic Traits of Two Sesame Genotypes. *Agronomy and seed*, 29-2: 67-79.
- Amina, A. and Hanan, H.L. (2011).** Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes grown in-vitro. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(6), 6710-6721.
- Baisak, R., Rana, D., Acharya, R.B.B. and Kar, M. (1994).** Alternations in the activities of active oxygen scavenging of wheat leaves of *Oryza sativa* L. during drought. *Journal of Experimental Botany*, 48: 2075-2085.
- Blokhina, O.K. and Fagerstedt, V. (2010).** Oxidative metabolism, ROS and NO under oxygen deprivation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(5):359-73.
- Dazy, M., Jung, V., Ferard, J. and Masfarau, J. (2008).** Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. *Chemosphere*, 74:57-63.
- De Ridder, N. and Keulen. H. (1995).** Estimating biomass through transfer functions based on simulation model results: a case study for Sahel. *Agricultural Water Management*, 28: 57- 71.
- Dubious, M.K., Gilles, A., Hamilton, J.K., Roberts, P.A., and Smith, F. (1956).** Colorimetrik method for determination if sugarsand related. *Annual Chemistry*, 28: 350-356.
- Ervin, E.H. and Zhang, X. (2007).** Influence of sequential trinexapac-ethyl applications on cytokinin content in creeping bentgrass, kentucky bluegrass, and hybrid bermudagrass. *Crop Science*, 47:2145-2151.
- Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S. and Ghasemi-Golozani, K. (2010).** Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Sustainable Agriculture Science*, 20(1): 39-51.
- Heidari, M. (2009).** Antioxidant activity and osmolyte concentration of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under salinity stress. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(3)240-244.
- Lichtenthaler, H. (1987).** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
- Manal, M.E.H., Abd-Allah, S. and Abdel-Razik, A. (2013).** Effects of paclobutrazol on mitigation of temperature stress induced by manipulation of sowing date in wheat plant. *Experimental Biology*, 9:125-135.
- Mehrabi, Z. and Ehsanzadeh, P. (2011).** A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. *Agronomy Journal*, 13(2): 75-88.
- Mohammadkhhani, N., and Heidari, R. (2008).** Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *World Applied Sciences Journal*, 3: 448-453.
- Nayyar, H. and Gupta, D. (2006).** Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, 58: 106-113.
- Oscar Rojas, N.R.C., Yanyun Li, E.S.T. and Renato Cumani, N. R. L. (2014).** Understanding the drought impact of El Niño on the global agricultural areas: An assessment using FAO's Agricultural Stress Index (ASI). ISSN 2071- 0992.
- Pegter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005).** Tolerance and physiological responses of (*Phragmites australis*) to water deficit. *Aquatic Botany*, 81: 285-299.
- Priyanka, T., Vikram, N., Dhiman, S.R. and Gupta, Y.C. (2015).** Effect of growing media, pinching and paclobutrazol on growth and flowering of barleria cristata for suitability as pot plant. *Agricultural Sciences*, 85:143-158.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. (2004).** Drought induced responses of photosynthesis and

- antioxidant metabolism in higher plants. *Plant Physiology*, 161(11): 1189-1202.
- SAS Institute. (1999).** SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Shahrokhshahi, M., Tehranifar, A., Hadizadeh, H. and Selahvarzi, Y. (2011).** Effect drought stress and paclobutrazol-treated seeds on physiological response of *Festuca arundinacea* L. master and *Lolium perenne* L. Barrage. *Environmental Biology*, 5(14): 77-85.
- Sharma. P., Ambuj, B.J., Rama, S.D. and Pessaraki, M. (2012).** Reactive oxygen species, oxidative damage and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 26 Pp.
- Sindhu, S., Abdul Jaleel, C. Somasundaram, R. (2008).** Regulation of Growth and Metabolism by paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under Drought condition. *Molecular Sciences* 3(2): 57-66.
- Somasundaram, R., Abdul Jaleel, C., Abraham, S.S., Azooz. M.M. and Panneerselvam, R. (2009).** Role of paclobutrazol and ABA in drought stress amelioration in *Sesamum indicum* L. *Molecular Sciences*, 4 (2): 56-62,
- Sugavanam, B. (1984).** Diastereoisomers and enantiomers of paclobutrazol: their preparation and biological activity. *Pesticide Sciences*, 15: 296-302.
- Zamani, N., Etemadi, N. and Mohammadkhani, A. (2015).** The effect of Paclobutrazol and Trinexapac-ethyl on morphological and physiological characteristics of Rosmari (*Rosmarinus officinalis*) and Thuja (*Thuja orientalis* Morgan) as two hedging plants. *Iranian Horticultural Science*, 47(3): 511-519.