Arshive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۰، تابستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۸۶-۷۷

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

موسی میری[۱]، همت‌اله پیردشتی[۱]، الهام فغانی*[۲]، ولی الله قاسمی عمرانی[۱]

[۱]پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲]موسسه 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 نسبتا متحمل به خشکی است که در مناطق خشک و نیمه خشک و دمای بالا رویش می‌یابد. به‌منظور ارزیابی اثرات پاکلوبوترازول بر بهبود تحمل به تنش خشکی، آزمایشی گلخانه ای 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 کاروتنوییدها، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز اندازه گیری 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 کاروتنوییدها، 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، (٤٤ درصد) فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز ریشه و برگ و سوپراکسید دیسموتاز ریشه افزایش یافت. در تنش کم‌آبی شدید، غلظت کلروفیل a (۳۰/٤ درصد)، b (٤۰/٦) و کاروتنویید (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، کم‌آبی، عملکرد، آنتی اکسیدان

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum*) گیاهی یکساله و خودگشن با سابقه زراعی ۵۰۰۰ ساله به علت دارا بودن ۷۵ درصد روغن و پروتیین به عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب محسوب می‌شود (Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011). سطح زیرکشت جهانی کنجد در سال ۲۰۱٤ میلادی بالغ بر ۷/۷ میلیون هکتار و میزان تولید دانه بیش از ۳/۳ میلیون تن گزارش شده است. دراین سال، ایران با سطح زیرکشت ٤۲ هزار هکتار و تولید ٤۰ 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).

*نویسنده مسئول: elhamfaghanibio@gmail.com

www.SID.ir

Arshive of SID

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 نتیجه گیری 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 قارچ کشی دارد و آنانتیومر (2S,3S) که فعالیت تنظیم کنندگی 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 درمسیر بیوسنتز اسید جیبرلیک در مرحله اکسیداسیون انت-کائورن به انت-کائورونیک اسید از 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 آنتی اکسیدان‌ها 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 کاروتنوییدها، 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 ومنشا ایران) و اولتان (طول دوره ۱۰۰ تا ۱۱۵ روز، وزن هزار دانه ۳/٤ 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 ٤ برگی، کود فسفر به میزان ۰/٤۵ گرم وکود پتاس به

www.SID.ir

Arshive of SID

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[1] و مقدار آب قابل دسترس[2] 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[3] (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 میلی مولار، 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 به‌مدت 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 ۱۰۰درصد له گردید. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در داخل سانتریفوژ با دور ۲۵۰۰rpm گذاشته شد. برای تعیین میزان کلروفیل (Chl) a و b جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۲nm و ۶۴۵ nm، برای تعیین کاروتنویید کل (Cx+c) جذب آن در طول موج ۶۵۲ nm اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه مقادیر کلروفیل a و b و همچنین کاروتنویید کل ازفرمول Lichtenaler (۱۹۸۷) استفاده گردید.

$$Chl_a=11.75A_{662} - 2.350\ A_{645}$$
$$Chl_b=18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{662}$$
$$Cx+c=1000\ A_{470} - 2.270\ Chl_a - 81.4\ Chl_B/227$$

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 اندازه گیری 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. به‌طوری‌که 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

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

www.SID.ir

Arshive of SID

(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. به‌طوری‌که 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 ۳۰/٤ درصد در رقم یلووایت و ۵۹/٦۵ درصد کاهش در رقم اولتان مشاهده شد (جدول۲). 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 (جدول۲). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل رقم، تنش و پاکلوبوترازول بر غلظت کلروفیل b محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱).

جدول مقایسه میانگین نشان داد در اثر متقابل رقم و آبیاری، با کاهش میزان آبیاری از سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲۰درصد ظرفیت زراعی خاک، غلظت کلروفیل b در دو رقم یلووایت و اولتان کاهش یافت (جدول۲). در اثر متقابل تنش خشکی و پاکلوبوترازول، کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول موجب افزایش غلظت کلروفیل b محلول در سطوح مختلف تنش خشکی شد (جدول۲).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه و برگ: بر اساس نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثرمتقابل 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 (جدول۱). 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 (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم) به (۰/٦٤ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد که افزایش ۱۹۰ درصدی در رقم یلووایت و افزایش ٤٤ 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 ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم به ۰/۵۳ 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. به‌طوری‌که 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

www.SID.ir

Arshive of SID

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 (جدول۲).

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 یلوایت و تیمار کم آبیاری، با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ۰/۱۹ به ۰/۷۶ میلی‌گرم بر گرم شد، که رشد ٤ برابری را در فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نشان داد. این افزایش در 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 کنجد معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر متقابل رقم یلوایت و تنش کم‌آبیاری با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ۲/۲٦ برابر و در رقم اولتان ۰/٦٥ برابر نسبت به شاهد افزایش داشت. در اثر متقابل رقم یلوایت و تیمار پاکلوبوترازول با کاهش میزان آبیاری از تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به آبیاری ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ٦۱ درصد افزایش داشت. همچنین در اثر متقابل رقم یلوایت و تیمار پاکلوبوترازول، کاربرد ۱۵ میلی‌گرم پاکلوبوترازول افزایش ۹۲ درصد در فعالیت آنزیم سوپراکسید برگ مشاهده شد (جدول ۲).

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف کنجد با پاکلوبوترازول در تیمار آبیاری‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنویید	اسکوربات پراکسیداز ریشه	اسکوربات پراکسیداز برگ	سوپراکسید دیسموتاز ریشه	سوپراکسید دیسموتاز برگ
رقم	۱	۸۹۷۵۸۲**	۱۵٤/۸۵**	۱/۳**	۲۵٤۲۲۸**	۰/۵٦**	۱/۲۸**	۰/۱۵۸**	۰/۲٤۷**
تنش	۲	۷۹۸۲۷۹**	٤۲/٤۲**	٤/۵**	۷۳٤۷۰**	۰/۸**	۰/۵٤**	۰/۹۳۱**	۰/۹۸۱**
پاکلوبوترازول	۲	۳۷٦۲۱۰**	۵/۳۹**	۱٤/٦**	۱۰۳۹۳**	۰/۱۱**	۰/۰۳۱*	۰/۰۸۳**	۰/۰٦٦**
رقم*تنش	۲	۲۰۲۹**	۰/۸٤**	۱۹/۹**	۲۵۸۷**	۰/۲۲**	۰/۰۷٤**	۰/۰۸۱**	۰/۱۰۳**
رقم*پاکلوبوترازول	۲	۵۰۹**	۰/۷٤**	۱۸/۱**	۹۷۲**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰٤۲*	۰/۰۳۹^{ns}	۰/۱۱٦**
تنش*پاکلوبوترازول	٤	۷۷۱۰٤**	۰/۸۲**	۱٦/۸**	۱۰۲۹**	۰/۰۱٦^{ns}	۰/۰۷۰**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۳۵**
رقم*تنش* پاکلوبوترازول	٤	٤۹۰**	۲/۳۹**	۱۵/۸**	۳۵۲٤**	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۳٤**	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۲۲**
خطا	۳۸	٤٤	۰/۱۱	۰/۰٤	۵۲/۹۸	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱٦
ضریب تغییرات		۰/۲٦	۵/۷	۷/۷	۲/۸	۹/۹	۸/۱۳	۱۱/۸	۳/٤

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات متقابل (تنش خشکی* پاکلوبوترازول) و (رقم* پاکلوبوترازول) بر صفات فیزیولوژیکی (G1 و G2 به‌ترتیب رقم بلووایت و اولتان))، (S1،S2 و S3 به‌ترتیب آبیاری ۲۰،۵۰،۸۰ درصد ظرفیت زراعی) و (P0، P1، P2) به‌ترتیب 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)	کاروتنویید (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	۳/٤±۰/۲۵ ab	۳۸۲±۱۱/۳۱a	۳۲۹۰±۱۸/٦۲a
G1*S2	۰/۵۸±۰/۰۳ b	۰/۳۸±۰/۰۱ c	۰/٤٦±۰/۰۵ c	۰/۳۹±۰/۰۳ b	۷/۸±۰/۲٦ b	۲/۸±۰/۱٤abc	۳۱۹±۹/۹۷ b	۲۵۷۱±۳۳/٦٦c
G1*S3	۰/۸۵±۰/۰۳ a	۰/۷٦±۰/۰۲ a	۰/٦٤±۰/۰٤ b	۰/۷۷±۰/۰٤ a	٦/۲±۰/۱۰ c	۲/۰۲±۰/۰۵bc	۲٦۸±۲/۸۲c	۱۹٤۱±۸۲/٦۲e
G2*S1	۰/٤۹±۰/۰۲ b	۰/۳۷±۰/۰۱ c	۰/۵۸± ۰/۰۷bc	۰/٤٦±۰/۰٦ b	۵/۷±۰/۱۲ c	٤/۱±۰/۰۲a	۲٤۷±۵/۲۹ c	۳۰۲۰±۱۸/٤۰b
G2*S2	۰/۸۰±۰/۰۳ a	۰/۵۸±۰/۰٤ b	۰/۸٦±۰/۰۳ a	۰/۷۸±۰/ ۰٤a	٤/٦±۰/۰۷ d	۱/۹±۰/۰۳c	۲۰۵±٦/۱۳d	۲۳۰۱±۳۳/۲۵d
G2*S3	۰/۸۱±۰/۰٤ a	۰/۷۱±۰/۰٤ a	۰/۸۱±۰/۰٤ a	۰/۷۳±۰/۰٤a	۲/۳±۰/٤۹ e	۱/۳±۱/٦۳ c	۱۰٦±۱۷/۱٦e	۱۷۰۸±۷۳/۷۲ f
G1*P0	۰/٤٤±۰/۰٤ b	۰/۳٤±۰/۰٤ b	۰/۳٤±۰/۰۷ b	۰/۳٦±۰/۰۹ c	۷/۲±۰/۳۲ a	۲/٦±۰/۲۰ b	۳۰٤±۱۳/۵۱a	۲٤۸۱±۲۱۸/٤۵a
G1*P1	۰/۵٦±۰/۰٤ab	۰/٤٤± ۰/۰۵ab	۰/٤۸±۰/۰۹ b	۰/٤٦±۰/۱۰bc	۷/٦±۰/۳۸ a	۲/٦±۰/۱٤ b	۳۱۷±۱۳/٦٦a	۲۵۵۲±۲۱۰/ ۳۷a
G1*P2	۰/۷۱±۰/۰۵ a	۰/۵۵±۰/۰٤ ab	۰/۵۰±۰/۰۵ b	۰/۵۳±۰/۰۸ abc	۸/۱± ۱/ ۳٤a	۳/۱±۰/۵۹ ab	۳٤۹±۵۷/٤۷ a	۲۷٦۸±۱۵٦/ ۹۷a
G2* P0	۰/۷٤±۰/۰۸ a	۰/۵٦±۰/۰٦ ab	۰/۷٦±۰/۰۸ a	۰/۵۹±۰/۰۹ ab	۳/٤±۰/۷۸ b	٤/٦±۱/۵۰ a	۱۵۵±۲۹/۵٤b	۲۲۲۹±۲۱۰/۳٤ a
G2*P1	۰/٦۵±۰ / ٦۰a	۰/۵۰±۰/۰٤ ab	۰/۷۵±۰۷/۰ a	۰/٦۳±۰/۰٤ ab	٤/٦±۰/٤٦ b	۱/۳±۰/۱٦ b	۱۹٦±۲۰/٦۲b	۲۳۰۱±۲۰۲/۵۷ a
G2*P2	۰/٦۹±۰/۰۵ a	۰/٦۰±۰/۰٤ a	۰/۷٤±۰/۰۳ a	۰/۷±۰/۰٦ a	٤/۷±۰/۲۸ b	۱/٤±۰/۱۵ b	۲۰٦±۱۳/٤٤ b	۲٤۹۸±۱۵٦/۹٤ a
S1*P0	۰/۲٦±۰/۰٦ f	۰/۲۲±۰/۰٦ e	۰/۲۸±۰/۰۸ d	۰/۱۸±۰/۰٦ d	۷٫۸±۰/٦۰ab	۲/۵±۰/۲۲ b	۲۹۳±۲۵/۸۸ab	۳۱۰۲±٦۲/۱٦ a
S1*P1	۰/۳۵±۰/۰۷ ef	۰/۲٦±۰/۰۷ e	۰/۳۸±۰/۱۰dc	۰/۳۷۵±۰/۱۰ c	۷/٤±۰/۵۳ a	۲/٤±۰/۲٤ b	۳۱۸±۲۳/۱۲ a	۳۱۵٤±٦۱/٦۹ a
S1*P2	۰/۵±۰/۰٦ de	۰/۳٦±۰/۰۵ de	۰/۵۳±۰/۱ bc	۰/٤۳±۰/۰۵ c	۷/۷±۰/۹۸ a	۳/۲±۰/۵۷ b	۳۳۲±٤۲/۰٤ a	۳۲۰۸±٦۱/۷۳ a
S2*P0	۰/٦۷±۰/۱۲ bc	۰/٤۵±۰/۱۱ cd	۰/۵۹±۰/ ۱۳abc	۰/۵٤±۰/۱۱ bc	۵/۹±۰/٦۷ b	۲/۱±۰/٤۲ b	۲٤٦±۲۵ ab	۲۳٤۵±٦۱/۰۸ c
S2*P1	۰/٦۱±۰/۱۲ dc	۰/٤۳±۰/۰۷ cd	۰/٦۷±۰/۱۱ ab	۰/۵٦±۰/۰۷ bc	٦/۱±۰/۷٦ ab	۱/۹٦±۰/۳۱b	۲٤۹±۲۳/٤ ab	۲٤۰۰±٦۰/۹٦ bc
S2*P2	۰/۷۹±۰/۱۲ ab	۰/۵٦±۰/۱۱bc	۰/۷۱±۰/۰٤ ab	۰/٦٦±۰/۰۹ ab	٦/٦±۰/۷۵ ab	۲/۱۷±۰/۳٦b	۲۹۱±۲۹/۱۹ab	۲۵٦۲±٦۱/۵۲ b
S3*P0	۰/۸٤±۰/۱۳ a	۰/٦۷±۰/۰۹ ab	۰/۷±۰/۰۸ ab	۰/۷۱±۰/۰٤ ab	۳/۲±۰۱/۲٦ c	۱/٤±۱/۹٤ b	۱۵۰±٤۹/۳۷ c	۱٦۱۷±٤۸/۷۰ e
S3*P1	۰/۸۳±۰/۰۹ a	۰/۷۲±۰/۰۵ ab	۰/۸±۰/۰۱ a	۰/۷۱±۰/۰۵ ab	٤/۷±۰/۷۸ bc	۲±۰/۳۲ b	۲۰۲±۳٤/٦۹bc	۱۷۲٦±٦۰/٦٤ e
S3*P2	۰/۸۱±۰/۰۳ ab	۰/۸۱±۰/۰۲ a	۰/٦۲±۰/۰۳ abc	۰/۸۲±۰/۰۵ a	٤/۹±۰/۷۰ bc	۳/٦±۲۳ a	۲۰۹±۲۵/۱۳bc	۲۱۳۰±٦۲/۱٦ d
G1*S1*P0	۰/۱٤±۰/۰۱ k	۰/۱۱±۰/۰۰۹ f	۰/۱۲۵±۰/ ۰۱j	۰/۰۹۷±۰/۰۱۳ j	۸/۲±۰/۰۱ bc	۳±۲/۰۱ c	۳۵۱±۰/۸٤ c	۳۲۳۸±۲۱/۱۹ c
G1*S1*P1	۰/۲۳±۰/ ۰۱ j	۰/۱٦±۰/۰۲۲ ef	۰/۲۰۸±۰/ ۰۱ ji	۰/۱۷۱±۰/۰۰۵ ji	۸/٦±۰/۰۱ b	۳±۰/۱۱ c	۳٦۹b±۰/۹۵	۳۲۸۹±۲۱/۲۱b
G1*S1*P2	۰/٤۰±۰/۰۲ i	۰/۳۷±۰/۰۱٦ de	۰/۳۲۷±۰/۰ ۵ghi	۰/۳۲٦±۰/۰۱٦ghi	۹/۹±۰/۰۲ a	٤/۵±۰/۰٤ b	٤۲٦±۱/۲۹ a	۳۳٤۳±۲۱/۷۸ a
G1*S2*P0	۰/٤۳± ۰/۰۱hi	۰/۳۰± ۰/ ۰۰٦ef	۰/۲۹±۰/۰٤ hi	۰/۳۰۷±۰/۰۵۱ghi	۷/٤±۰/۰٦ d	۳/۰۲±۰/۳۵ c	۳۰۰±۱۲/۳۳ d	۲٤۸۰±۱٦/۲۷ i
G1*S2*P1	۰/۵۵±۰ f	۰/۱۵±۰/۰۰۵ ef	۰/٤۵۹±۰/۰٦ fg	۰/٤±۰/۰۰۸ fgh	۷/٦±۰/۷۸cd	۲/۵۹±۰/۲۷ d	۳۰۱±۳/۸۸ d	۲۵۳٤±۱٦/۲۷ h
G1*S2*P2	۰/۷۸±۰/۰۱ d	۰/٤۵±۰/۰۰٦ cd	۰/٦۳±۳/۰۸ ed	۰/٤٦۹±۰/۰۳٤efg	۸/۳±۰/۰۲ b	۲/۹۸±۰/۰۲ c	۳۵٦±۱/۰۳ c	۲٦۹۷±۱۷/۵۵ g
G1*S3*P0	۰/۷۵±۰/۰۱de	۰/٦۲±۰/۰۰۲ c	۰/۵۹۷±۰/۰٦edf	۰/۷±۰/۰۸۹ abcd	٦±۰/۰۳ ef	۱/۹۷±۰/۰۱ ef	۲٦۱±۰/٦٤ f	۱۷۲۵±۱۱/۳۳ o
G1*S3*P1	۰/۸۵±۰ a	۰/۷٦±۰/ ۰۰vab	۰/۷۹۲±۰/۰۱abc	۰/۸۱۷±۰/۰٦۲ a	٦/۵±۰/۰٤ e	۲/۲٤±۰/۰۵ e	۲۷۹±۲/٦۹ e	۱۸۳۳±۱۱/۹۱ n
G1*S3*P2	۰/۹٤±۰/ ۰۲ a	۰/۸۹±۰/۰۲۹ a	۰/۵۵۷±۰/۰۲ ef	۰/۸۰۹±۰/۰۷۲ a	٦/۱±۲/۲۵ e	۱/۸٦±۰/٦۵ f	۲٦۵±۹/۰۱ f	۲۲٦۵±۱٤/۸۲ k
G2*S1*P0	۰/۳۹±۰/۰۲ i	۰/۳٤±۰/۰۱۰ ed	۰/٤٤٦±۰/۰۲hgf	۰/۲۸±۰/۰۸۵ hi	۵/۵±۰/۰۲ g	۲/۰۳±۰/۰۱ef	۲۳۵±۰/۸٦ g	۲۹٦٦±۱۹/۱۸ f
G2*S1*P1	۰/٤± gh	۰/۳۷±۰/۰۱۱ d	۰/۵۵۹± ۰/۱٤efq	۰/۵۸۲±۰/۰۵٦cde	٦/۲±۰/ ۱۲e	۱/۹٤±۰/۰٤ ef	۲٦۷±۵/۳٦ f	۳۰۲۰±۱۹/۷۵ e
G2*S1*P2	۰/٦±۰f	۰/٤۰±۰/۰۰٦ d	۰/۷٤٤±۰/۰۸bcd	۰/۵٤٦± ۰/۰۱def	۵/۵±۰/۰۱ f	۱/۹۳±۰/۰ ef	۲۳۸±۰/۵۵ g	۳۰۷٤±۱۹/۷۵d
G2*S2*P0	۰/۹۱±۰/۰۳ a	۰/٦۰±۰/۰٤vbc	۰/۸۹۵±۰/۰۳ ab	۰/۷۷۵±۰/۰۸۲ ab	٤/۵±۰/۰۳ h	۱/۲۸±۰/۰۸ g	۱۹۱±۱/۲۰ h	۲۲۱۱±۱٤/۲٤ l
G2*S2*P1	۰/٦۸±۰/۰۱ e	۰/٤٦±۰۰۳۱/cd	۰/۸۸۷±۰/۰۹ ab	۰/۷۱± ۰/۰٦۰abc	٤/٦±۰/۰۱ h	۱/۳۳±۰/۰٤ g	۱۹۷±۰/۵۲ h	۲۲٦٦±۱٦/۲۲k
G2*S2*P2	۰/۸± ۰/۰۲ cd	۰/٦۷±۰/۰۳۳ b	۰/۸۰۷±۰/۰abc	۰/۸٦۳± ۰/۰٦۲a	٤/۹±۰/۰۲gh	۱/۳٦±۰/۰۳ g	۲۲۷±۹/۱۱ g	۲٤۲٦±۱۵/۷۰ j
G2*S3*P0	۰/۹۳±۰/۰۲a	۰/۷۳±۰/۰۲۳ab	۰/۹۳۹± ۰/۰۲a	۰/۷۳±۰/۰۲۳abc	۳/۱±۰/۰۳ j	۰/۷۳±۰/۱۵ i	٤۰±۱/۲۸ k	۱۵۱۰±۹/۸۸ q
G2*S3*P1	۰/۸±۰/۰۲ cd	۰/٦۸±۰/۰۱۱b	۰/۸۰±۰/۰۲abc	۰/٦۱۷±۰/۰۱bcde	۳±۰/۰۱ i	۰/۸۲±۰/۰۳h	۱۲۵±٤/۹۳ j	۱٦۱۹±۱۰/٦۰p
G2*S3*P2	۰/٦۸±۰/۰۱ e	۰/۷۳±۰/۰۰٤ab	۰/٦۸٦±۰/۰۱cde	۰/۸٤۳± ۰/۰۹۵a	۳/٦±۰/۰۱ i	۰/۹۳±۰/۰٤h	۱۵٤±۱/۹۵ i	۱۹۹۵±۱۲/۷۹m

www.SID.ir

Arshive of SID

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، به‌طوری‌آبیاری ٦ روز در میان نسبت به شاهد ۳۰/۸۳ درصد بیشتر بود. همچنین گزارش کردند که با مصرف پاکلوبوترازول سطح برگ کاهش می یابد، در حالی‌که در تنش کم آبی با مصرف پاکلوبوترازول، سطح برگ افزایش جزیی یافت. این پژوهشگران عنوان نمودند تنش خشکی موجب کاهش ٤١/٥ 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 ۳٦ درصد افزایش یافت.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: بیشترین غلظت کلروفیل a، b و کاروتنویید 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 ۱۵۷درصد و کاروتنویید 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 کاروتنویید 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 (۲۰۱٦) گزارش کردند کاربرد پاکلوبوترازول سبب افزایش کلروفیل a و b در دو گونه رزماری نسبت به عدم مصرف پاکلوبوترازول شد. همچنین کاربرد ٤۰۰۰ 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). ازسوی 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 برایری 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-

www.SID.ir

Arshive of SID

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 (۱۹۹٤) در برنج، فعالیت آنزیم سوپراکسید 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 سوپراکسید دیسموتاز در برگ مشابه ریشه گزارش شد (Somasundarm et al., 2009). در گزارشی Abdul Jaleel و همکاران در(۲۰۰۸) بیان داشتند که فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش خشکی در گیاه *Catharanthus roseus* افزایش می یابد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در *Helianthus annuus* در تنش کم آبی و استفاده از ترایزول گزارش شد، فعالیت آنزیم سوپراکسید 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.

نتیجه گیری 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، کلروفیلa وb داشتند همچنین این رقم در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر مصرف پاکلوبوترازول و کم آبی شدید با افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز در برگ و ریشه، توانست اثرات تخریب کنندگی سلولی ناشی از کم آبی را تعدیل کند. در تنش کم آبی، تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی و سطح برگ کنجد در هر بوته کاهش یافت. در تیمار آبیاری۲۰درصد 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.

www.SID.ir

Arshive of SID

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 Masfaraud, 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. Sastainable 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 biomemranes. 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.

Mohammadkkhani, 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

www.SID.ir

Arshive of SID

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 Pessarakli, 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.

www.SID.ir