مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱
صفحات ۸۲-۶۳

بررسی تغییرات آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی

Antioxidants and yield evaluation of sugar beet genotypes under drought stress

داود حبیبی[۱*]، سهیل عروج نیا[۱]، داریوش فتح الله طالقانی[۲]، علیرضا پازکی[۳]، مهدی داودی فرد[۴]

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ درموسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند به منظور شناسایی ۱۵ ژنوتیپ مختلف چغندرقند تحت شرایط نرمال وتنش خشکی به صورت اسپلیت پلات اجرا گردید بطوریکه کرتهای اصلی تیمار آبیاری و کرت‌های فرعی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند را تشکیل می‌دادند. از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی به عنوان طرح پایه با ۴ تکرار استفاده گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان SOD در تیمار تنش خشکی به میزان ۱۷۹۶/۴۸ (میلی گرم پروتئین /واحد) و کمترین میزان آنزیم در تیمار نرمال آبیاری به مقدار ۹۶۷/۲۴ (میلی گرم پروتئین /واحد) دیده شد. بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از لحاظ این آنزیم دیده نشد. همبستگی صفات بین آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و عملکرد ریشه منفی و معنی‌دار بود. بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در تیمار تنش خشکی به میزان ۱۱۱/۹۰ (میلی گرم پروتئین /واحد) و کمترین مقدار آنزیم در تیمار نرمال آبیاری به میزان ۸۲/۹۶ (میلی گرم پروتئین /واحد) بدست آمد. بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید به مقدار ۵۴/۲۷ (میلی گرم پروتئین /نانومول) و کمترین آن به مقدار ۳۰/۵۲ (میلی گرم پروتئین /نانومول) بدست آمد. بین مالون دی‌آلدئید و عملکرد ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. بیشترین درصد تخریب پروتئین در تیمار تنش و به میزان ۱۵/۴۹ (میلی گرم پروتئین /نانومول) و کمترین درصد تخریب پروتئین‌ها در تیمار نرمال به میزان ۱۲/۴۷ (میلی گرم پروتئین /نانومول) تولید گردید. همبستگی صفات بین دی‌تیروزین و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت SOD, CAT, GPx مثبت و معنی‌دار بود. بین دی‌تیروزین و عملکرد ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار بود. بین دی‌هیدروکسی گوانوزین و آنزیم‌های SOD و CAT همبستگی‌ها منفی و غیرمعنی‌دار بود. بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) بین عملکرد در ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به طوریکه در شرایط نرمال افزایش عملکرد ۳۵/۱ درصدی نسبت به شرایط تنش مشاهده گردید. بین ارقام مختلف نسبت به عملکرد قند خالص تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. اثر سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال)در درصد قند خالص معنی‌دار شد. در شرایط تنش درصد قند خالص بیشتر شد و نسبت به شرایط نرمال افزایشی معادل ۵۸/۸۶ درصد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آنتی اکسیدانت، عملکرد قند خالص، تنش خشکی، دی‌هیدروکسی گوانوزین، دی‌تیروزین، مالون دی‌آلدئید

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران
۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شهرری، تهران، ایران
۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رودهن، ایران
* نویسنده مسئول: dhabibi@kiau. ac. ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تجمع اکسیژن ویژه فعال (AOS) بعنوان یک اعلام خطر جهت پاسخ دفاعی سلول گیاهی در برابر شرایط تنش‌های محیطی مطرح می‌باشد. مرگ سلولی در بافت‌های گیاهی به درجه شدت اکسیداتیو حاصل از تنش‌های محیطی مختلف وابسته است. ایجاد پاسخ فیزیولوژیکی در گیاهان و شناسایی آنها منجر به ایجاد فتوتیپ‌های مناسب می‌گردد (کافی، م و ع، مهدوی دامغانی (۱۳۷۹). اخیرا تکنیکهای مولکولی پیشرفته و قابل اطمینان جهت جداسازی ارقام متحمل به تنش آبی بدست آمده که یکی ازا ین روش‌ها تعیین میزان فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز می‌باشد. برخی از آنتی اکسیدانها در مقابل تنش سرمایی عکس العمل نشان داده و تغییراتی در میزان فعالیت آنها صورت گرفته است (Foyer, &Harbinson, 1994). برخی از محققین گزارش نمودند که میزان فعالیت سوپر اکسیددیسموتاز به انتقال بوته‌های برنج از دمای ۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش نشان داده که این پدیده نیز در گیاهانی چون نخود، ذرت، چاودار و گندم مشابه بود (Fridovich (1995).

گیاهان گروهی از سازشهای مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را در پاسخ به تنش آب نشان می‌دهند که از آن جمله می‌توان به تغییرات برخی آنزیمها مانند پراکسیدازها اشاره نمود. آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز در گیاهان نقش حفاظتی به عهده دارد. SOD یک آنزیم ضد اکسنده می‌باشد که آنیونهای سوپراکسید بسیار فعال راکاتالیز نموده و تبدیل آن به اکسیژن و انواع کم فعالیت پراکسید ئیدروژن را بر عهده دارد .SOD (Jose *et al.*,1999) باعث پایداری غشاء سلولهای گیاهان در خشکی می‌شود و در استرس سرما افزایش سطح سوپر اکسیددیسموتاز و کاتالاز در گیاهان مقاوم شده به سرما به جلوگیری از آسیب‌های فتودینامیکی کمک می‌کند زیرا ممکن است سطوح سوپراکسید و مواد اکسید شده تک اکسیژنه در بافت سرمازده افزایش یابد (Jose *et al.*, 1999). بولر (1992,Bowler) نشان داد که برخی از آنتی اکسیدانتها در مقابل تنش سرمایی عکس‌العمل نشان داده و تغییراتی در میزان فعالیت آنها صورت گرفت . سوپراکسیددیسموتاز می‌تواند با انواع رادیکالهـــــای هیدروکسیل خطرناک و H2O2 که فسفولیپیدها را نابود می‌کنند به طور غیر آنزیماتیک مقابله نماید (Fridovich,1995).

آنزیم کاتالاز از سلولها در برابر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کند. کاتالاز برای برخی انواع سلولها تحت شرایط طبیعی الزامی بوده و نقش مهمی در کسب مقاومت در برابر تنش اکسایشی در واکنشهای تطبیقی سلولها بازی می‌کند.

تحقیقات انجام شده نشان داد افزایش فعالیت کاتالاز جهت کاهش اثرات پراکسید در هنگام تنشهای مختلف گیاهان زراعی گندم، جو، سویا و نخود در مقاومت گیاه به تنش نقش مهمی ایفا نموده است (کافی و مهدوی، ۱۳۷۹). نتایج تحقیقات انجام شده روی پنج رقم توت تحت شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که کلیهٔ آنتی اکسیدانتهای کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز، گلوتاتیون ردکتاز تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. نتایج مقایسه ارقام فوق با فعالیت تک تک آنزیمها از نظر میزان فعالیت یکسان بوده است یعنی رقمی که بیشترین فعالیت آنزیم SOD را داشت فعالیت سایر آنزیمها نیز در بالاترین سطح بود (Ramachandra *et al*, 2004).

در آزمایشی در سه مرحله رشدی چغندرقند، تنش خشکی اعمال شد و نتایج نشان داد که کم آبی در اوایل و اواسط فصل رشد موجب کاهش معنی‌دار عملکرد قند و ریشه شده است ولی تأثیر آن بر درصد قند معنی‌دار نبود. در حالیکه تنش در مرحله آخر رشد نه تنها اثری بر روی عملکرد ریشه نداشت بلکه باعث افزایش درصد قند و عملکرد قند ناخالص نیز شد (بیات، ۱۳۷۵). اعمال تنش خشکی پس از مرحله تنک کردن چغندرقند موجب کاهش شدید عملکرد ریشه می‌شود و افزایش ۲ الی ۳ درصد عیار قند کاهش عملکرد ریشه را جبران نمی کند در حالیکه اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد نه تنها عملکرد ریشه را بطور معنی‌دار کاهش نداد بلکه باعث افزایش محسوس درصد قند نیز گردید (Caro and Cucci, 1986). در آزمایشی تعدادی از ارقام

www.SID.ir

چغندرقند را در دو منطقه کرج و مشهد تحت شرایط تنش خشکی بررسی نمودند. تنش در کرج بصورت پیوسته و بعد از مرحله ۶ برگی و در مشهد فقط برای یک دوره ۵۰ روزه بعد از مرحله ۶ برگی تحت تنش خشکی قرار گرفت. در شرایط کرج عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عیار قند به ترتیب ۵۹/۱۳، ۵۹/۰۷، ۶۰/۰۲ درصد در مقایسه با شرایط کنترل شده کاهش داشت در حالیکه عیار قند یک افزایش ۵/۷ درصدی داشت. همچنین متوسط کل صفات عملکرد ریشه، شکر سفید و عیار قند در شرایط خشکی در مشهد به ترتیب ۷۱/۵۹، ۶۷/۴۲، ۶۴/۹۴ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش نشان داده (صادقیان و فضلی، ۱۳۷۷).

در آزمایش دیگری قطع آبیاری به مدت یک ماه در اواخر فصل رشد چغندرقند با اینکه عملکرد ریشه را بطور معنی‌داری کاهش داد ولی منجر به افزایش درصد قند آن گردید. اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد بر روی چغندرقند موجب افزایش ناخالصیهای ریشه بویژه نیتروژن، سدیم و پتاسیم شده و در نتیجه باعث افزایش میزان ملاس تولیدی می گردد بنابراین تیمارهای قطع آبیاری قبل از برداشت اثر ناچیزی بر غلظت قند در برداشت نهایی خواهند داشت.

(Clover *et al*,ober ,2000; Kerr and Leaman, 1997; 1999)

در بررسی اثرات تنش خشکی در اوایل فصل رشد در چغندرقند مشاهده شده که اعمال تنش خشکی در این دوره از رشد غلظت قند را ۱ تا ۵ درصد افزایش می‌دهد اما محصول شکر به علت کاهش عملکرد ریشه و افزایش ناخالصیهای آن تا ۲۰ درصد کاهش پیدا می کند.

(Abdollahian-Noghabi, 1999)

مالون دی آلدئید (MDA) با تیوبار بیوتوریک اسید (TBA) در pH اسیدی و دمای بالا واکنش داده و یک کمپلکس صورتی رنگ به وجود می‌آورد که از آن جهت ارزیابی مقادیر MDA استفاده می‌شود جذب نوری کمپلکس حاصله در ۵۳۲ nm می‌باشد (Steven and joseph, 1978). مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی افزایش یافته که نشانه پراکسیداسیون لیپیدها بوده و می‌تواند ناشی از کاهش سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز باشد (Jin *et al.*, 2006).

مطالعهٔ اثر تنش خشکی بر گیاه سویا تولید فزاینده مالون دی آلدئید همراه با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز در برگ و ریشه نشانهٔ بروز تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی است (Jose *et al.*, 1999).

در اثر تنش خشکی با افزایش رادیکالهای آزاد سطح فعالیت دی هیدروکسی گوآنوزین اضافه شده و تخریب DNA بیشتر می‌شود و افزایش سطح فعالیت اسکوربات پراکسید از ویتامین E (آنتی اکسیدانت طبیعی) باعث کاهش فعالیت دی هیدروکسی گوآنوزین تا حدود ۵۰ % می‌شود. اکسیژن فعال و عواملی که تولید رادیکال‌های اکسیژن می کنند مانند پرتوهای یونیزه کننده، سبب آسیب‌های بیشماری به DNA می گردد که شامل حذف قسمتی از توالی، جهش و دیگر اثرهای ژنتیکی کشنده می‌باشد. توصیف صفات اختصاصی این آسیب‌ها به DNA نشان می‌دهد که هم قند و هم بازها به اکسیداسیون حساس هستند. علت تخریب بازها جدا شدن و تشکیل پیوند در پروتئین‌ها است (شافعی، ۱۳۸۴)

مواد و روش

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی ۴۰۰ هکتاری مرحوم مهندس مطهری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند واقع در کمال شهر کرج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا است.

بذر مورد استفاده

ماده آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق شامل هاف سیب مولتی ژرم دیپلوئید چغندر قند به شرح زیر بودند :

۱) 7221-HSF.1

۲) 7221-HSF.3

Archive of SID

www.SID.ir

۳) 7221-HSF.7
۴) 7221-HSF.8
۵) 7221-HSF.10
۶) 7221-HSF.14
۷) 7221-HSF.15
۸) 7221-HSF.17
۹) 7221-HSF.21
۱۰) 7221-HSF.22
۱۱) 7221-HSF.25
۱۲) 7221-HSF.26
۱۳) 7221-HSF.29
۱۴) 7221-HSF.31
۱۵) 7221-HSF.35

طرح آزمایشی مورد استفاده و نقشه آن

تحقیق حاضر به صورت اسپلیت پلات اجرا گردید بطوریکه کرتهای اصلی تیمار آبیاری و کرت‌های فرعی آرقام مختلف چغندرقند را تشکیل می‌دادند. از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی به عنوان طرح پایه با ۴ تکرار استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت، همچنین مقایسه میانگین شاخص‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) تعیین گردید و سپس نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

مراحل اجرای آزمایش

در پاییز سال ۱۳۸۷ عملیات مقدماتی تهیه زمین شامل شخم عمیق پاییزی به عمق ۳۵ـ۳۰ سانتی متر و عملیات تسطیح اولیه انجام گرفت و نسبت به تعیین بافت خاک و میزان عناصر غذایی موجود در آن اقدام گردید. سپس زمین تا شروع فصل کشت در بهار به حال خود رها شده و در بهار ۱۳۸۸ با مساعد شدن شرایط محیطی، عملیات تکمیلی تهیه زمین شامل دیسک و تسطیح نهایی انجام شد. سپس با پیاده نمودن نقشه طرح بر روی زمین آماده شد. خطوط کاشت با دستگاه فاروئر به فاصله ۵۰ سانتی متر ایجاد و نهرهای آبیاری با دستگاه نهرکن پشت تراکتوری ایجاد گردید. پس از تکمیل عملیات آماده سازی زمین که به دلیل بارندگی‌های پی در پی بهاره و عدم گاورو شدن زمین کمی به تأخیر افتاده بود، عملیات کاشت بذر به روش خشکه کاری و با دستگاه ایورد ۳ ردیفه (دستگاه مخصوص کشت چغندرقند که مستقل از تراکتور کار می‌کند) انجام شد. پس از کاشت بلافاصله اولین آبیاری انجام و به فاصله کوتاهی آبیاری دوم نیز تکرار گردید تا سطح سبز مناسبی ایجاد گردد. بعد از ایجاد سطح سبز کامل تیمارهای آبیاری به روش نشتی اعمال گردید. عملیات تنک در مرحله ۲ تا ۴ برگی حقیقی به وسیله دست انجام می‌شد. تنک نهایی یک هفته بعد از تنک اول صورت گرفت و به این شکل فاصله بوته‌ها در روی خطوط کشت بین ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر تنظیم شد، بنابراین تراکم مزرعه در حدود ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بود. همزمان با تنک اولیه، مبارزه فیزیکی با علف‌های هرز مزرعه صورت گرفت و پس از آن به دلیل پوشیده شدن سطح زمین توسط برگ‌های چغندرقند، علف‌های هرز فرصت رشد نیافتند و نیاز چندانی به وجین‌های بعدی نبود.

نمونه گیری و روش آن

از ۴ ردیف کشت شده هر کرت فرعی دو ردیف طرفین به عنوان حاشیه کرت، در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای آبیاری با استفاده از میزان اندازه‌گیری میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر اعمال می‌گردید. هر کرت آزمایشی به طور مستقل از دیگر کرت‌ها به صورت نشتی و کرت بسته آبیاری می‌شد. تیمارهای آبیاری نیز با دو سطح شامل آبیاری نرمال و آبیاری پس از ۱۸۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد.

پس از جدا شدن اندام هوایی از ریشه چغندرقند، وزن‌تر ریشه اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس نمونه‌ای به طور تصادفی مربوط به هر تیمار انتخاب و جهت تعیین درصد رطوبت به مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت و

Archive of SID
www.SID.ir

بدین شکل درصد رطوبت آن محاسبه و وزن خشک توده در واحد سطح برداشت (یک مترمربع) تعیین و بر حسب گرم بر متر مربع یادداشت شد.

از ریشه‌های جدا شده از اندام هوایی پس از شستشوی کامل، به وسیله دستگاه نمونه گیر، خمیر ریشه (PULP) تهیه می‌شد، سپس تجزیه ریشه و اندازه‌گیری عوامل کیفی در آن به وسیله دستگاه بتالایزر مدل ۳۰۱۶- D انجام می‌گرفت. درصد قند ناخالص (SC)[1] توسط دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری می‌شد، درصد قند قابل استحصال (WSC)[2]، به طور غیرمستقیم و با استفاده از معادلات تجربی موجود و اطلاعات حاصل از عوامل ذکر شده در فوق به دست می‌آمد.

(Abdollahian-Noghabi,1999)

درصد قند خالص یا درصد قند قابل استحصال از تفاضل درصد قند ناخالص (pol) و درصد قند ملاس به دست می‌آمد.

$$\%WSC=\%SC-\%MS$$

درصد قند ناخالص یا عیار چغندرقند شامل درصد قند قابل استحصال به علاوه درصد قند موجود در ملاس می‌باشد. در تحقیق حاضر مقدار ساکارز ریشه به روش پلاریمتری اندازه‌گیری شد، اساس کار در این روش بر میزان انحراف نور پلاریزه استوار می‌باشد. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی در ریشه، خمیر ریشه و سواستات سرب به نسبت ۲۶ گرم خمیر و ۱۷۷/۷ سانتی متر مکعب سواستات سرب، به طور کامل و با استفاده از مخلوط کنهای اتوماتیک با همدیگر مخلوط گردید، سپس با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شده و عصاره آن جدا شد، آنگاه درصد قند آن به روش پلامتری تعیین شد. (Clarke, J. M. *et al*,1991).

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

کلیهٔ اندازه گیری آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در آزمایشگاه بیوشیمی دانشگاه تربیت معلم تهران صورت گرفت. نمونه برگ‌های سالم و رسیده برداشت شده در مزرعه، پتری دیش به تعداد کافی، هاون دستی، کلمن کوچک، آب، محلولهای بافرتریس (حاوی فسفات دی سدیک، pH=۷/۲) ۱/۳ میلی مول EDTA، ۰/۱ میلی مول محلول کربنات منو سدیک، محلول اپی نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی مول. جهت محاسبهٔ این فاکتور ۳ عدد برگ از هر برگ فرعی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملاً جوان و گسترده باشند. برگها داخل نایلون اتیکت گذاری شده قرار گرفت و در یخدانی که کف آن از یخ پوشیده شده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس توسط روش (Misra and Fridovich ,1972) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. ابتدا محلول بافر تریس (حاوی فسفات، دی سدیک، pH = ۷/۲) به همراه ۱/۳ میلی مول EDTA و ۰/۱ میلی مول کربنات منو سدیک تهیه شد و سپس از اپی نفرین با غلظت ۰/۲۵ میلی مول به عنوان سوبسترا استفاده شد، سپس محلول تهیه شده را به آن اضافه کرده، تغییرات جذب نوری حاصله از اکسیداسیون اپی نفرین، به عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی شده و از آنزیم استاندارد و خالص جهت استاندارد نمودن نتایج استفاده گردید که واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی مول اپی نفرین در یک دقیقه باشد.

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

برگ‌های جوان، پتری دیش به تعداد کافی، هاون دستی، یخدان، محلول بافرتریس (pH=۷)، ۰/۲ میلی مول EDTA، ۱ میلی مول NaNo3، ۰/۲ میلی مول NADPH، دو میلی لیتر گلوتاتیون احیاء و ۰/۱ میلی مول آب اکسیژنه و محلول بلانک بود.

در ابتدا برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه با آب مقطر شستشو داده شدند. بلا فاصله در بافر فسفات تریس ۰/۱۶ مولار با ۷/۵ = pH وارد شده سپس خرد وهموژن شدند. آنگاه اجازه داده شد در حضور حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتونین و آنزیم هضم کننده، دیواره، فرآیند هضم غشاء و دیوارهٔ سلول انجام شود. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن بر

1- Sugar Content(SC)

2- White Sugar Content(WSC)

Archive of SID

www.SID.ir

حسب میلی گرم بر میلی لیتر تعیین گردید. سپس طبق روش Paglia (۱۹۹۷) در باقیمانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوتاتیون اندازه گیری شد. عصارهٔ استخراجی به محلول بافر حاوی فسفات منو پتاسیک ۰/۵۶ مول (pH = ۷/۵)، همراه ۱/۲ میلی مول EDTA و یک میلی مول NaNo3 و ۰/۲ میلی مول NADPH وارد شد. سپس به آن ۰/۲ میلی لیتر گلوتاتیون احیاء به همراه ۰/۱ میلی مول از آب اکسیژنه اضافه گردید. بلافاصله میزان اکسیداسیون NADPH که از طریق تعیین مقدار تغییر جذب در ۳۴۰ نانو متر در ۳۰ درجه سانتی گراد توسط دستگاه اسپکترو فتومتر (مدل :shimadzu – u100) اندازه گیری گردید. همزمان یک محلول بلانک حاوی تمام مواد فوق بدون حضور عصاره استخراجی برای تصحیح و حذف خطاهای احتمالی مورد استفاده قرار گرفت. یک واحد از فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسید از معادل مقدار آنزیمی که بتواند یک میکرومول از سوبسترا NADPH در یک دقیقه کاتالیز کند در نظر گرفته شده است. برای استاندارد شدن از نمونه آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز استاندارد استفاده شد.

اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز

برگ‌های جوان و توسعه یافتهٔ، پتری دیش به تعداد کافی، هاون دستی، یخدان، محلول ۰/۷۱ میلی مول فسفات دی سدیک (pH = ۷/۵) به همراه ۰/۱۵ مول EDTA، ۰/۱۱ میلی مول کلرید منیزیم، آب اکسیژنه، آب مقطر، بافر فسفات – تریس ۰/۱۶ مول. جهت محاسبهٔ این فاکتور از برگهای جوان و توسعه یافته استفاده شد و سپس توسط روش Paglia (۱۹۹۷) میزان تغییرات آنزیم تعیین گردید. نمونه برگها پس از شستشو با آب مقطر بلافاصله در محلول بافرفسفات _ تریس ۰/۱۶ مول (pH = ۷/۵) وارد و خرد و هموژن شد. سپس حجم مشابه بافر حاوی دیجیتونین آنزیم هضم کنندهٔ دیواره اضافه نموده تا فرآیند هضم غشاء و دیواره‌های سلولی صورت گیرد. در آخر میزان ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش Lowry *et al.*, (1951) برداشته شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر تعیین گردید. در باقیماندهٔ محلول استخراجی فوق مقدار هر یک از آنزیم‌ها به روش خاصی تعیین گردید. در این روش شدت حذف آب اکسیژنه به عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای انجام کار حاوی ۰/۱۷ میلی مول فسفات دی سدیک (pH= ۷/۵) به همراه ۰/۱۵ مول EDTA، ۰/۱۱ میلی مول کلرید منیزیم در نظر گرفته شد. واحد فعالیت آنزیم کاتالار معادل نسبت تبدیل آب اکسیژنه در مدت ۱ دقیقه به هنگام پیشرفت واکنش درجه اول در نظر گرفته شد.

سنجش دی هیدروکسی گوانوزین

عصاره بدست آمده جهت سنجش 8-OH-dg بر اساس روش (Bogdanov and Bical ,1999) انجام می‌شود. در این مورد عصاره را از ستون کربن شماره ۸ (C8) عبور داده، این ستون مخصوص جذب پورین هاست. پس از به تعادل رسیدن و عبور تمامی حلال موجود در عصاره آنگاه ستون با عبور از فاز متحرک جدید حاوی TrisHcl با pH= ۸/۲ ماده 8-OH-dg از این ستون خارج می‌شود و به ستون جدید کربن ۸ منتقل می گردد. پس از به تعادل رسیدن، ستون با فاز متحرک حاوی آدنوزین با غلظت ۰/۶۵ مول شستشو می گردد. این امر سبب جدا شدن اختصاصی ماده مورد نظر به عنوان یک پیک اختصاصی شده به طوریکه این پیک به دستگاه دتکتور از نوع Colometric منتقل و شناسایی می گردد. مقدار 8-OH-dg به صورت نسبت خاص از کل پیک‌های پورینی ارزیابی می گردد. برای جدا سازی عصاره برای (8-OH-dg) می‌بایست بافت مورد نظر را توزین و پس از تعیین نسبت کل پروتئین یک قسمت از بافت در محلول بافر فسفات بی کربنات (منوسدیک) ۱/۶ مول با pH= ۷/۴ خرد و سپس به سرعت در حضور یخ و شرایط سرد هموژن می گردد. به محلول هموژن از ماده دی متیل سو لفو کساید به غلظت ۰/۴ مول اضافه می‌شود. پس از اضافه کردن بافر جدید بنام استات منو سدیک با pH= ۵/۶ آن را در برابر آب مقطر به مدت ۶ ساعت دیالیز

Archive of SID

www.SID.ir

و سپس محتوای باقی مانده در ۱۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ می‌شود. محلول بالایی در اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موجهای ۲۸۰ و ۲۶۰ نانو متر جذب می‌گردد. آنگاه با اضافه کردن تری کلرو استیک اسید ۰/۳۵ مول از پروتئین عاری می‌شود. این محلول پس از سانتریفوژ در ۳۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شده و محلول بالایی جهت سنج 8-oH-dG مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سنجش مالون دی آلدئید

برای این منظور از روش کرو ماتو گرافی HPLC بر اساس روشSteven and Joseph (1978) استفاده می‌گردد. عصاره ای که برای سنجش 8-OH-dg مصرف می‌شود بر اساس روش تیو باربتوریک اسید با MDA مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصول این واکنش پس از عاری شدن از پروتئین بوسیله تری کلرواستیک اسید ۱۲ مول به ستون سیلکاژل اکتادسیل منتقل می‌شود. پس از به تعادل رسیدن ستون، این ستون با فاز متحرک شامل فسفات بافر خاصی متانول شستشو می‌شود و پیک MAD دراسپکتروفتومتر با دتکتور مرئی در طول موج ۵۳۲ نانو متر شناسائی و بر اساس سطح زیر منحنی پیک اندازه گیری می‌گردد. جهت استاندارد شدن مالون دی آلدئید خالص با نسبتهای مختلف در بافر شستشو و منحنی استاندارد رسم می‌گردد.

سنجش دی تیروزین

جهت اندازه گیری دی تیزوزین، دوبرگ از گیاه استخراج با آب مقطر شستشو داده شد و بلافاصله در با فر فسفات تریس ۰/۱۶ مولار با pH=۷/۵ وارد و خرد و هموژن شد، آنگاه اجازه داده شد حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتوتین و آنزیم هضم کننده دیواره فرآیند هضم غشاء دیواره سلول صورت گیرد. در پایان مقدار ۰/۵ میلی لیتر در محلول هموژن برای سنجش توسط روش Steven and Joseph (1978) برداشته شده و مقدار پروتئین بر اساس میلی گرم بر میلی لیتر تعیین شد، پس از آن در باقیمانده محلول مقدار دی تیروزین براساس روش فوق مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش میزان فعالیت براساس واکنش به مایع کروماتوگرافی ارزیابی شد. بافر زمینه برای کار حاوی تریس اسیدکلریدریک با s = ۷/۲، ۰/۲ میلی مول بر لیتر سدیم دی سدیک بود.

نتایج و بحث

آنزیم سوپر اکسید دیسمو تاز

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد بین تیمارهای آبیاری در سطح آماری ۱ % اختلاف معنی‌دار وجود دارد، بطوری‌که بیشترین میزان SOD در تیمار تنش خشکی به میزان ۱۷۹۶/۴۸ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) و کمترین میزان آنزیم در تیمار نرمال آبیاری به مقدار ۹۶۷/۲۴ (میلی‌گرم پروتئین/ واحد) دیده شد (جدول۲و۳). بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از لحاظ این آنزیم دیده نشد. با این‌حال بیشترین مقدار آنزیم در رقم شماره (۲) و کمترین مقدار آنزیم در رقم شماره (۱۲) دیده شد. بین اثرات متقابل تفاوت معنی‌دار دیده نشد. همبستگی صفات بین آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و عملکرد ریشه منفی و معنی‌دار بود (r^2=-۰/۶۶۵) (جدول۴) این موضوع نشان می‌دهد گیاهان برای مقابله با خشکی و از بین بردن اکسیژن‌های رادیکال آزاد و مبارزه با تنش اکسید اتیو حادث شده میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت خود را افزایش می‌دهد. این افزایش آنزیم منجر به صرف انرژی در گیاه خواهد شد و لذا عملکرد را تحت تأثیر قرار خواهد داد. آزمایشات صورت گرفته توسط آقایان عطایی (۱۳۸۴)، بر روی نخود، ساعی (۱۳۸۴) بر روی سورگومعلوفه ای، رفیعی (۱۳۸۴) بر روی آفتابگردان روغنی و شکروی (۱۳۸۴) بر روی آفتابگردان اجیلی نشان داد که فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال بیشتر می‌شود پس از این آنزیم می‌توان جهت تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده نمود. نتایج آزمایش سیمونوروف (۱۹۹۸) بر روی دو رقم حساس و مقاوم خزه در شرایط تنش مبنی بر افزایش فعالیت این آنزیم در رقم مقاوم‌تر همبستگی داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

آنزیم کاتالاز

با توجه به نتایج بدست آمده (جدول۱) ملاحظه می‌شود بین تیمارهای آبیاری در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در تیمار تنش خشکی به میزان ۱۱۱/۹۰ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) و کمترین مقدار آنزیم در تیمار نرمال آبیاری به میزان ۸۲/۹۶ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) بدست آمد. بین ارقام از لحاظ این آنزیم تفاوت معنی‌داری دیده نشد. با این حال بیشترین مقدار آنزیم در رقم (۱۳) به میزان ۱۰۷/۳۱ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) و کمترین مقدار آنزیم در رقم (۱) مشاهده شد. بین اثرات متقابل از لحاظ این آنزیم تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول۲و۳). همبستگی صفات بین آنزیم کاتالاز و عملکرد ریشه منفی و معنی‌دار بود (۲r=-۰/۶۱۸) (جدول۴). این موضوع نشان دهنده این مطلب است که گیاهان در مواجهه با تنش‌های محیطی بخصوص خشکی با تولید متابولیت‌هایی نظیر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت با خشکی مقابله می‌نماید. هزینه این مبارزه کاهش عملکرد خواهد بود. لذا به نظر می‌رسد گیاهان مقاوم به خشکی الزاماً عملکرد بیشتری ندارند. همبستگی بین کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز مثبت و معنی‌دار بود. کندل (۱۹۸۹)، کانی و مهدوی دامغانی (۱۳۷۹) گزارش کردند که افزایش فعالیت کاتالاز جهت کاهش اثرات پراکسیداز در هنگام تنش‌های محیطی در گیاهان گندم، جو، سویا و نخود نقش مهمی دارد. نتایج ساعی (۱۳۸۴) بر روی سورگوم علوفه ای نشان داد که فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به شاهد به طرز معنی داری افزایش می‌یابد که با نتایج حاصله مطابقت داشت. پس می‌توان با تعیین سطح فعالیتهای این آنزیم جهت تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی در گیاهان مختلف استفاده نمود.

آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

همانگونه که ملاحظه می‌شود (جدول۲) بین تیمارهای آبیاری در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار دیده شد. بطوری‌که بیشترین میزان این آنزیم در تیمار تنش خشکی به میزان ۱۸۱/۹۹ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) و کمترین میزان این آنزیم در تیمار نرمال آبیاری به میزان ۱۰۵/۱۶ (میلی‌گرم پروتئین/واحد) دیده شد. بین ارقام تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بیشترین میزان آنزیم GPx در رقم (۱۴) و کمترین میزان آنزیم در رقم (۷) ملاحظه شد. بین اثرات متقابل ارقام و آبیاری از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول۲و۳). همبستگی صفات بین آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و عملکرد ریشه منفی و معنی‌دار بود (r^2=-۰/۷۱۶) (جدول۴) این موضوع نشان می‌دهد گیاهان جهت مقابله با اکسیژن‌های رادیکال آزاد حاصل از تنش خشکی با تولید متابولیت‌هایی نظیر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت با این کار مبارزه می‌نمایند و لذا یکی از تبعات آن کاهش تولید ماده خشک من‌جمله عملکرد ریشه خواهد بود. بین آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و SOD و CAT همبستگی‌ها مثبت و معنی‌دار بود (r^2=۰/۹۱۲) (r^2=۰/۸۴۴). این مطلب نشان می‌دهد گیاهان برای مقابله با خشکی تمام سیستم آنتی اکسیدانتی خود را بکار می‌گیرد و در تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در صورت وجود ژن مربوط به تولید آنزیم خاص در گیاه این افزایش آنزیم توأم دیده خواهد شد. این آنزیم نیز یکی از آنزیم هایی است که در مقابله استرس‌های محیطی نقش مهمی را ایفا می‌نماید این آنزیم کاهش پراکسید ئیدروژن را با استفاده از گلوتاتیون احیا شده (GSH) کاتالاز می‌کند و بدین وسیله از سلولها در برابر آسیب‌های ناشی از اکسایش حفاظت می‌کند)شافعی,۱۳۸۴) (ساعی ۱۳۸۴). همچنین نتایج حاصله با نتایج شکروی (۱۳۸۴) مبنی بر افزایش فعالیت GPX در شرایط تنش خشکی مطابقت می‌کند. نشان داد که بین این آنزیم با دو آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. همچنین بین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با عملکرد یک همبستگی منفی وجود دارد (پوراسماعیل , ۱۳۸۵)

مالون دی‌آلدئید

با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول۱) ملاحظه می‌شود

www.SID.ir

بین تیمارهای آبیاری در مورد میزان مالون دی‌آلدئید تفاوت معنی‌دار در سطح ۱% وجود دارد. بطوری‌که بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید به مقدار ۵۴/۲۷ (میلی‌گرم پروتئین/نانومول) و کمترین آن به مقدار ۳۰/۵۲ (میلی‌گرم پروتئین/نانومول) بدست آمد. بین ارقام مورد مطالعه برای این صفت تفاوت معنی‌دار دیده نشد. با این‌حال بیشترین صدمه سلولی به رقم (۸) که بیشترین مقدار مالون دی‌آلدئید را نشان داد (۴۱/۴۲) وارد شد و کمترین صدمه به رقم (۱۵) که کمترین میزان مالون دی‌آلدئید را تولید کرد (۳۸/۶۵) وارد شد. بین اثرات متقابل تفاوت معنی‌دار دیده نشد (جدول۲و۳). همانگونه که ملاحظه می‌گردد بین مالون دی‌آلدئید (محصول تخریب اسیدهای چرب غشاء) و عملکرد ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. با بروز تنش خشکی لیپیدپراکسیداسیون غشاء منجر به تولید مالون دی‌آلدئید می‌نماید که این خسارت باعث کاهش عملکرد سلول و در نتیجه عملکرد ریشه می‌گردد. بین محصول تخریب غشاء (MDA) و آنزیم‌های سوپر اکسیدیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز همبستگی‌ها مثبت و معنی‌دار بود (جدول۴). این موضوع نشان می‌دهد آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نخستین صد دفاعی جهت مبارزه با تنش اکسیداتیو در گیاهان عمل می‌نمایند. زمانی که دفاع آنتی اکسیدانتی کاهش می‌یابد یا تشکیل رادیکالهای آزاد افزایش می‌یابد، در این گونه موارد حالتی موسوم به استرس اکسیداتیو پدید می‌آید. استرس اکسیداتیو منجر به آسیب بافتی می‌شود. هنگامی که استرس اکسیداتیو رخ می‌دهد پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع، لیپیدها افزایش می‌یابد و در اثر حملهٔ رادیکالهای آزاد به لیپیدها، آلدئیدهای گوناگونی از جمله مالون دی آلدئید ایجاد می‌شود. (جوز و همکاران، ۱۹۹۹)، (قوژدی، ۱۳۸۴). نتایج با نتایج عطایی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی نخود و دادنیا (۱۳۸۴) بر روی آفتابگردان مطابقت داشت. همچنین جوز و همکاران نیز در (۱۹۹۹) گزارشاتی مبنی بر افزایش میزان مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی اظهار نموده اند. بررسی‌هاآزمایشات پوراسماعیل (۱۳۸۵) نشان می‌دهد که در هر سه رقم لوبیای مورد آزمایش با کاهش میزان آب و تنش خشکی میزان این ماده افزایش پیدا کرده که نشانهٔ تخریب لیپیدها می‌باشد و در رقم ناز نسبت به دو رقم دیگر میزان این ماده بیشتر می‌باشد. دراین گزارش بین مالون دی آلدئید با هدایت الکتریکی و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت یک همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد به طوریکه با افزایش تنش خشکی، میزان تخریب لیپیدها بیشتر شده و تولید MDA نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه با تنش ایجاد شده میزان آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسید از هم افزایش می‌یابد تا از میزان تخریبات بکاهد. همچنین با افزایش تنش خشکی میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی نیز کاهش می‌یابد (پوراسماعیل، ۱۳۸۵).

دی تیروزین

رادیکالهای آزاد اکسیژن به پروتئین‌ها حمله کرده و باعث تغییرات جزئی در مکانهای مخصوص اسیدهای آمینه، تجزیه زنجیره پپتیدی می‌شوند. حساسیت اسیدهای آمینه یک پپتید به حمله اکسایشی متفاوت است و فرم‌های گوناگون اکسیژن فعال شده از نظر پتانسیل واکنش پذیری، با هم فرق می‌کنند. (قوژدی، ۱۳۸۴) زمانی که استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود، رادیکالهای آزاد، باعث تخریب پروتئین‌ها شده، اسیدهای آمینه مختلف آزاد می‌شوند و از اتصال دو اسید آمینه تیروزین از محل اکسیژنهایشان یک دی پپتید بنام دی تیروزین ایجاد می‌گردد که این ماده نشانه ای از حمله رادیکالهای آزاد در هنگام تنش خشکی به پروتئین‌ها و تخریب آنها می‌باشد. (قوژدی، ۱۳۸۴).

با ملاحظه (جدول ۱) و جدول مقایسه میانگین (جدول ۲و۳) مشخص می‌شود بین تیمارهای آبیاری در سطح ۱% تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بطوری‌که بیشترین درصد تخریب پروتئین در تیمار تنش و به میزان ۱۵/۴۹ (میلی‌گرم پروتئین/ نانومول) و کمترین درصد تخریب پروتئین‌ها در تیمار نرمال به میزان ۱۲/۴۷ (میلی‌گرم پروتئین/نانومول) تولید دی‌تیروزین

Archive of SID

www.SID.ir

بدست آمد. بین ارقام مورد مطالعه هیچگونه تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بین اثرات متقابل آبیاری و رقم در سطح ۵ % تفاوت معنی‌دار دیده شد. بیشترین میزان دی تیروزین در رقم (۱۵) و در نتیجه بیشترین تخریب پروتئین حاصل شد که نشان از حساسیت بیشتر رقم ۱۵ به خشکی دارد. کمترین میزان دی تیروزین به مقدار۱۲/۵۵ (میلی‌گرم پروتئین/نانومول) در رقم (۱۳) بدست آمد که نشان از تحمل بیشتر این رقم به خشکی دارد. در واقع در هنگام تنش باتوجه به اینکه میزان رادیکالهای آزاد اکسیژن بیشتر می‌شود، پروتئین‌ها بیشتر در معرض تخریب قرار گرفته و میزان تولید دی تیروزین نیز بالا می‌رود از اندازه گیری میزان تولید این ماده می‌توان به این نکته پی برد که استرس اکسیداتیو افزایش یافته است. همبستگی بین صفات نشان داد بین دی تیروزین و عملکرد شکر سفیدو عملکرد شکر ناخالص همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. اما بین دی‌تیروزین و عملکرد ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار بود (r^2=-۰/۵۰۷) (جدول۴) که نشان دهنده تأثیر منفی اکسیژن‌های رادیکال آزاد در اثر تنش خشکی بر روی دی تیروزین و تخریب پروتئین و در نتیجه کاهش میزان عملکرد ریشه می‌باشد. همبستگی صفات بین دی‌تیروزین و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت SOD, CAT, GPx مثبت و معنی‌دار بود. در اثر تنش خشکی میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن افزایش می‌یابد. این افزایش منجر به تخریب پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای چرب غشاء می‌گردد و لذا میزان دی‌تیروزین (محصول تخریب پروتئین) در این آزمایش افزایش نشان می‌دهد. در این شرایط گیاه جهت مقابله با خشکی میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت خود را افزایش می‌دهد تا با اکسیژن‌های مخرب مبارزه نماید. لذا وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین دی تیروزین و آنزیم‌های انتی اکسیدانت (GPx, CAT, SOD) در این تحقیق منطقی به نظر می‌رسد. تحقیقات پوراسماعیل (۱۳۸) نشان می‌دهد که در هر سه رقم لوبیای مورد آزمایش با کاهش میزان آب، میزان تولید دی تیروزین نیز افزایش می‌یابد. بین دی تیروزین با آنزیم‌های آنتی اکسیدانت کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز یک همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده می‌شود در حالیکه بین این ماده با سایر صفات زراعی یک همبستگی منفی ملاحظه شد که می‌توان چنین توجیه نمود که با افزایش تنش خشکی مسلماً تخریب پروتئین به دلیل افزایش رادیکالهای آزاد اکسیژن افزایش می‌یابد باتوجه به اینکه یکی از محلهای اصلی تولید رادیکالهای آزاد کلروپلاست‌ها می‌باشند مسلماً بر روی فتوسیستم‌های I , II و در نتیجه فتوسنتز گیاه اثر گذاشته و در نهایت سبب کاهش صفات زراعی، (عملکرد و اجزاء عملکرد) و همچنین صفات فیزیولوژیک می‌شود. از طرفی بین مالون دی آلدئید و دی تیروزین هم یک همبستگی معنی‌دار و مثبت ملاحظه می‌شود مسلماً با افزایش سطح رادیکالهای آزاد تخریبات لیپیدها و به موازات آن تخریب پروتئین‌ها زیاد شده و سبب افزایش غظت این دو ماده می‌شود (پوراسماعیل,۱۳۸۵).

دی هیدروکسی گوانوزین

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد بین تیمارهای آبیاری از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. بین ارقام نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. با این‌حال بیشترین مقدار این بیومارکر در رقم (۸) و کمترین آن در رقم (۱۰) دیده شد. بین اثرات متقابل از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌دار دیده نشد (جدول۲و۳). همبستگی صفات این بیومارکر و عملکرد شکر خالص، عملکرد شکر ناخالص، عملکرد ریشه معنی‌دار نبود. بین دی‌هیدروکسی گوانوزین و آنزیم‌های SOD و CAT همبستگی‌ها منفی و غیرمعنی‌دار بود (جدول۴). در اثر تنش خشکی با افزایش رادیکالهای آزاد سطح تولید دی هیدروکسی گوآنوزین اضافه شده و تخریب DNA و جهش و اثرات ژنتیکی کشنده دیگر بیشتر می‌شود. در واقع هنگام افزایش سطح رادیکالهای آزاد اکسیژن این رادیکالها در DNA اثرات تخریبی خود را انجام داده و بررسی این اثرات تخریبی نشان می‌دهد که اسکلت قندی و بازهای نولکئوتید DNA هر دو به اکسیداسیون حساس بوده و این به دلیل تجزیه بازی، شکستگی حلقه منفرد و اتصال به پروتئین است، تجزیه بازی، محصولات

Archive of SID

www.SID.ir

فراوانی نظیر ۸- هیدروکسی گوآنوزین را تولید می‌نماید، این ماده از شیرهٔ هسته ترشح و به سمت سیتوپلاسم حرکت و اثرات تخریبی خود را ظاهر می‌نماید. (قوژدی، ۱۳۸۴). نتایج دادنیا (۱۳۸۴) بر روی آفتابگران، جوز و همکاران (۱۹۹۹) و جین و همکاران (۲۰۰۶) مبنی بر افزایش این ماده در شرایط تنش خشکی همسو بود. علت آنکه در این آزمایش DNA کمتر مورد تخریب قرار گرفته و مادهٔ دی هیدروکسی گوآنوزین کمتر ترشح شده می‌تواند به دلیل این باشد که DNA نسبت به لیپیدها و پروتئین‌ها از سیستم دفاعی قوی‌تر و بهتری برخوردار می‌باشد و کمتر مورد هجوم و تجزیه و تخریب رادیکالهای آزاد قرار می‌گیرد. از طرفی ممکن است برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت مانند اسکوربات پراکسید از میزان تخریب را کاهش دهد و یا یکسری سیستم‌های غیرآنزیمی قبل تخریب DNA رادیکالهای آزاد را از بین ببرند. پوراسماعیل (۱۳۸۵) نیز به چنین نتایج مشابهی دست یافت. نتایج مبنی بر کاهش میزان دی هیدروکسی گوآنوزین در هنگام دسترسی به آب و کاهش تنش وارده بر گیاه با نتایج، جین و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت داشت.

عملکرد ریشه

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) در سطح آماری ۵ % بین عملکرد در ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود به طوریکه طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲و۳) در شرایط نرمال افزایش عملکرد ۳۵/۱ درصدی نسبت به شرایط تنش مشاهده می‌شود. طبق نتایج تجزیه واریانس بین ارقام مختلف نسبت به عملکرد در ریشه در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود به طوریکه طبق نتایج مقایسه میانگینبیشترین عملکرد در ریشه در رقم ۴ که البته با رقم ۸ در یک سطح آماری قرار می‌گیرند و هم چنین کمترین عملکرد در ریشه در رقم ۵ مشاهده شد که با رقم ۱۲ در یک سطح آماری قرار دارد. بین بیشترین عملکرد ریشه از نظر عددی (رقم ۴) و کمترین عملکرد در ریشه (رقم ۵) اختلاف عملکردی معادل ۵۶/۳۷ درصد مشاهده می‌شود. میانگین عملکرد در ریشه در ارقام مختلف ۵۹/۱۵ می‌باشد. طبق نتایج واریانس (جدول ۱) بین اثر متقابل آبیاری و رقم نسبت به عملکرد ریشه در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود که با مراجعه به مقایسه میانگین مربوطه مشخص گردید که بیشترین عملکرد ریشه مابین ارقام، در شرایط نرمال و در رقم ۸ مشاهده شد و کمترین آن در شرایط تنش و در رقم ۱۲ مشاهده گردید که البته با رقم ۱۴ در یک سطح آماری قرار می‌گیرد همچنین بیشترین عملکرد معادل ۷۷/۷۴ درصد را نشان می‌دهد همچنین در شرایط تنش بیشترین عملکرد در رقم ۴ و کمترین آن در رقم ۱۲ مشاهده گردید که البته با رقم ۱۴ در یک سطح آماری قرار دارند. اختلاف عملکرد ریشه بین بیشترین (۱۴و کمترین ۱۲ عملکرد ریشه تولیدی در شرایط تنش معادل ۹۴/۵ % می‌باشد. نحوه اثر شرایط تنش و نرمال مابین ارقام بدن حدودست که در رقم ۱۰ در شرایط زمان به تنش شاهد افزایش ۹۴/۵۲ درصد عملکرد ریشه و در رقم ۱۳ شاهد کاهش ۷/۳۵ درصدی عملکرد ریشه بودیم.

یکی از شاخصهای مهم در زراعت چغندرقند عملکرد ریشه می‌باشد و بدست آوردن ریشه‌ی خوش فرم با وزن و درصد قند مناسب از مهمترین اهداف تولید بشمار می‌آید. بین عملکرد ریشه و درصد قند یک همبستگی منفی وجود دارد و برای بدست آوردن عملکرد خوب بایستی تعادلی بین این دو صفت ایجاد کرد (توحیدلو، ۱۳۷۸). یک تنش متعادل عملکرد را کاهش نخواهد داد ولی تنش شدید بخصوص اگر پس از آن آبیاری انجام شود دارای اثرات نامطلوب خواهد بود. اگر رطوبت به اندازه کافی در اختیار گیاه نباشد، عملکرد محدود شده، درصد قند و درجه خلوص کاهش می‌یابد (کوچکی، ۱۳۷۶). تنش خشکی در اوایل فصل رشد چغندرقند موجب کاهش شدید عملکرد ریشه می‌شود، ولی تنش خشکی در اواخر فصل رشد نه تنها عملکرد ریشه را بطور معنی‌داری کاهش نداده بلکه باعث افزایش محسوس درصد قند نیز گردیده است (Caro and Cucci ,1986).

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد قند خالص

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) نسبت به عملکرد قند خالص تفاوت معنی‌دار مشاهده نمی شود. با این حال طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول۲و۳) در شرایط تنش در سطح بالاتری قرار دارد. طبق نتایج تجزیه واریانس بین ارقام مختلف نسبت به عملکرد قند خالص در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود به طوریکه طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین عملکرد قند خالص در رقم ۱۱ و کمترین آن در رقم ۵ مشاهده گردید. اختلاف عملکردی معادل ۱۰۴/۷۶ درصد نشان می‌دهد میانگین عملکرد قند خالص ارقام مختلف ۳/۳۷ می‌باشد. طبق نتایج واریانس بین اثر متقابل آبیاری و رقم نسبت به عملکرد قند خالص در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود که با مراجعه به مقایسه میانگینمشاهده می‌شود که بیشترین عملکرد قند خالص تولیدی در شرایط تنش و نرمال، در شرایط نرمال و در رقم ۱۰ مشاهده گردید که البته با رقم ۸ در یک سطح آماری قرار دارد همچنین کمترین عملکرد قند خالص تولیدی در شرایط نرمال و در رقم ۵ مشاهده گردید همچنین بیشترین عملکرد تولیدی در شرایط نرمال در رقم ۱۰ می‌باشد که البته با رقم ۸ در یک سطح آماری قرار دارد و کمترین آن در رقم ۵ مشاهده گردید که بیشترین عملکرد قند خالص تولیدی در شرایط نرمال در رقم ۱۰ (۴/۷۸ تن در هکتار) و کمترین آن نیز رقم (۰/۲۹ تن در هکتار)مشاهده گردید در شرایط تنش بیشترین و کمترین عملکرد قند خالص به ترتیب در ارقام ۹ (۴/۳۷ تن در هکتار) و رقم ۱۰ (۲/۵۷ تن در هکتار) مشاهده گردید که اختلاف عملکردی معادل ۷۰/۰۴ درصد مشاهده شد و نحوه اثر شرایط نرمال و تنش در بین ارقام مختلف بدین صورت است که در رقم ۱۰ شاهد افزایش ۸۵/۹۹ درصدی و در رقم ۵ شاهد کاهش ۹۲/۶ درصدی عملکرد قند خالص در شرایط زمان نسبت به تنش هستیم. عملکرد قند خالص که از حاصلضری عملکرد ریشه در درصد قند قابل استحصال بدست می‌آید مهمترین صفت تعیین کننده در صنعت چغندرقند به شمار می‌آید. کارتر (۱۹۹۰) چغندرقند را تحت شرایط تیمارهای آبیاری کم، متوسط و زیاد و شاهد بدون آبیاری قرار داد، نتیجه گرفت که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار حداکثر آبیاری بوده ولی در این تیمار درصد قند کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد شکر در تیمار آبیاری متوسط به مقدار ۱۱/۷ تن در هکتار بدست آمد که تفاوت معنی‌دار زیادی با تیمار آبیاری نداشت (Carter,1990). عملکرد قند خالص با درصد قند خالص همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح آماری ۱ % مشاهده می‌شود.

درصد قند خالص

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) اثر سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) در سطح آماری ۵ % بین درصد قند خالص تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به طوریکه طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول۲و۳) در شرایط تنش درصد قند خالص بیشتر می‌باشد و نسبت به شرایط نرمال افزایشی معادل ۵۸/۸۶ درصد نشان می‌دهد. طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) بین ارقام مختلف نسبت به درصد قند خالص در سطح آماری ۵ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود به طوریکه طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین درصد قند خالص در رقم ۱۵ و کمترین آن در رقم ۵ مشاهده می‌شود. که اختلافی معادل ۵۵/۰۸ درصدی بین دو رقم مشاهده می‌شود این در حالی است که متوسط درصد قند خالص در ارقام ۵/۹۱ می‌باشد. طبق نتایج تجزیه واریانس بین اثرات متقابل و رقم نسبت به درصد قند خالص در سطح آماری ۱ % تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود که بیشترین درصد قند خالص در شرایط تنش و نرمال در مابین ارقام در شرایط تنش و در رقم ۵ و کمترین آن در شرایط نرمال و در رقم ۱۵ (۷/۹۲) به دست آمد. همچنین در شرایط تنش بیشترین درصد قند خالص در رقم ۵ نسبت به رقم ۸ مشاهده می‌شود. نحوه اثر شرایط آبیاری تنش و نرمال در بین ارقام مختلف بدین صورت است که در رقم ۱۵ شاهد افزایشی ۱۷/۸۶ و در رقم ۵ شاهد کاهش ۹۴/۴۲ درصدی درصد قند خالص

Archive of SID

www.SID.ir

در شرایط زمان نسبت به شرایط تنش هستیم. درصدقند یکی از مهمترین شاخصهای کیفی در کشت چغندرقند می‌باشد. درصد قند تحت تأثیر نوع رقم و محیط آن می‌تواند مقادیر متفاوتی را داشته باشد (توحیدلو، ۱۳۷۸). ذخیره قند و رشد ریشه بطور متناوت در طول دوره رشد صورت می‌گیرد هر چند که اعمال تنش خشکی در پاره‌ای از موارد سبب افزایش درصد قند شده است ولی این قضیه کاملاً مرتبط با نوع رقم، زمان تنش و اثرات متقابل آن می‌باشد. در طول فصل رشد اگر رطوبت به اندازه کافی در دسترس گیاه نباشد، عملکرد محدود شده، درصد قند و درجه خلوص کاهش می‌یابد و ازت مضره در ریشه افزایش می‌یابد (کوچکی، ۱۳۷۶). درصد قند خالص با ضریب استحصال شکر همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح آماری ۱ % و با قند ملاس همبستگی مثبت دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع References

بیات، ع. ۱۳۷۵. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خواص کمی و کیفی ارقام چغندرقند. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند خراسان. صفحه ۹۷-۹۲.

پور اسماعیل، پ. ۱۳۸۵. تاثیرات پلیمر سوپر جاذب بر کارایی مصرف آب و عملکرد در لوبیای قرمز پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

دادنیا، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر کمبود آب بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی ارقام مختلف آفتابگردان. پایان نامه دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

رفیعی، ح، حبیبی، د. خدابنده، ن. دانشیان، ج. مشهدی اکبر بوجار، م. و م، شکروی. ۱۳۸۴. آنزیم‌های آنتی اکسیدانت معیاری جهت گزینش ارقام مقاوم به خشکی در آفتابگردان روغنی. چکیده مقالات اولین همایش علوم زیستی ایران.

ساعی، مصطفی (۱۳۸۳). بررسی ارتباط برخی صفات مورفولوژیکی با تحمل به خشکی ارقام مختلف سورگوم علوفه ای. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

ساعی، م. حبیبی، د. مشهدی اکبر بوجار، م. محمودی، ع و م، ر. اردکانی. ۱۳۸۴. تعیین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به عنوان یک پارامتر در تعیین گونه‌های مقاوم سورگوم علوفه ای به تنش خشکی. چکیده مقالات اولین همایش بین المللی علوم زیستی ایران.

شافعی، س. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر تنش کم آب بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی. بیوشیمیایی و زراعی ارقام مختلف سویا، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

شکروی، م. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش کم آبی بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد مختلف آفتابگردان آجیلی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی ساوه.

صادقیان، ی. فضلی، ح ۱۳۷۷. بررسی اصلاح مقاومت به خشکی ارقام چغندرقند از طریق غربال لاین ها- گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند.

عطائی شیخ، ا. ۱۳۸۳. بررسی تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و سطح فعالیتهای آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در ارقام مختلف نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

عمان، ع. حبیبی، د. مشهدی اکبر بوجار، م. ون، خدابنده. ۱۳۸۴. آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به عنوان شاخصی جهت انتخاب ژنوتیپهای مختلف آفتابگردان برای تحمل به خشکی. فصلنامه تخصصی. زراعت و اصلاح نباتات ایران.

قربانی قوژدی، ح. ۱۳۸۴. مقدمه ای بر تنش اکسایشی و کرنش‌های گیاهی.

کافی، م. و ا، مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش خشکی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کوچکی. ع. ۱۳۷۵. زراعت در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

کوچکی. ع. ۱۳۷۶. رابطه‌ی آب خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی. ع. م. ح راشد محصل، م. نصیری محلاتی و ر. صدرآبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. بنیاد فرهنگی رضوی.

محمدیان، ر. ۱۳۸۰. تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر در گزینش رگه‌های مقاوم به خشکی در چغندرقند. پایان نامه دکتری در رشته زراعت، فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشکده کشاورزی تبریز.

Archive of SID
www.SID.ir

AbdollahianNoghabi, M. 1999. Ecophysiology of sugar beet cultivars and Weed species subjected to water deficiency stress. Ph. D. Thsis, University of Reading.

Bogdanov,MF,MB,Bical. 1999. A carbon column based LCEG approach to routin 8-oh-dg measurements in biological matrices. Free radicals. Bio. Med. 27:647-666.

Bowler, C. *et al***. 1992.** Super Oxide dismutase andStrees tolerance. Anhu. Rev. Plant physiol. Plant mol. Biol. 43:83-116

Bradford, S., and Letey, j. 1992. Simulation effects of water table and irrigation
scheduling as factore in cotton production. Irregation Science, 13:101-107

Brown, K. F. ,and Biscoe, P. V. 1985. Fibrous root growth and water use of sugar beet. Journol of Agricultural Science, Cambridge, 105,679-691.

Brown, K. F. Messem, A. B., Dunham, R. J. and Biscoe, P. V. 1987. Effec of drought on growth and water use of sugar beet. J. of Agric. Sci (Camb), 109:421-435.

Caro, A. D., and Cucci, G., 1986. Four year experiment on spring-seeded sugar beet irrigation and harvest time in southern Italy. Irrigation, 33 (3): 21-25.

Carter, J., Jansen. M. E., and Traveller, D. J. 1990. Effect of mid and late season water stress on sugar beet growth and yield. Agronomy Journal, 72 (5): 806-815.

Clover, G. R. G. 1999. Effects of beet yellows virus and drught on the growth of sugar beet. Ph. D. Thesis., University of Nottinham.

Clarke, J. M. Richards, R. A. and A. G., Condon. 1991. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. J. Plant Sci. 71: 695-702.

Fisher, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat. Cultivars I Grian yield response, Australia J. Res. 29:897-917.

Fisher, R. A., and J. T. Wood. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III, Yield associations with morpho-physiological traits. Aust. J. Agric. Res. 30

Fridovich 1. 1995. Superoxide radical and superoxide dismutases. Ann Rev Biochem 64:97-112

Foyer CH, Harbinson J. 1994. Oxygen metabolism and the regulation of Photosynthetic electron transport. In: Foyer CH, Mullineaux PM (EDS) Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defence systems in Plants. CRC press, Boca Raton , PP1-41.

Habibi,D. 2004. Antioxidative response of sunflower varieties under drought stress. Crop Science Congress. Brisbane. Australia.

Habibi,D,Pouresmaeil,P,Boojar,MMA,Tavasoli,A. 2008. Effect of superabsorbent polymers on yield and water use efficiency of red bean (*Paseolus vulgaris* L.). Ninth international conference on dryland development,7-10 Nov. Alexanddria,Egypt

Jin, J., Sh. Ningwei., B. Jinhe. and G. Junping. 2006. Regulation of ascorbate peroxidase at the transcript level

Archive of SID

www.SID.ir

is involved in tolerance to postharvest water deficit stress in the cut Rose (*Rose Hybrida* L.) CV. Samantha

Jose. M , Mates eristinaperez. Gomez. 1999. Antioxidant Enzymes and Human Disease chemical Biochemistry. Vol: 32. No. 8: 595 – 603

Kendall, E. J. and B. D. McKersie. 1989. Free radical and freezing injury to cell membrance of winter physiol. Plant 76: 86-140.

Kerr, S., and Leaman, M. 1997. To water or not. British Sugar Beet Review, 65 (2): 11-13.

Lowry, O. and R., Radall. 1951. Protein measurement with folin phenol reajent. Journal biologhcal chemistry. 193: 680-685.

Mirsa, H. P and IF and I., Fridorich. 1979. The generation of superoxide radical during photo taxidatio. J. bhol. Chem. 247: 6960-6966.

Ober, E. 2000. The search for drought tolerance in sugar beet, British Sugar Beet Review, 69 (1): 40-43.

Pagiha, D. E and W. N., Valentine. 1987. Studies on the qualitative characterization of Glutation peroxidase. J. Lab. Med. 70: 158-168.

Ramachandra. R., K. V. chaitanya , P. P Jutur, K. Sumithra. 2004. Differential antioxidative response to weather Stress among five mulberry Cultivars. Environement and Experimental Botany.

Semironff etal, F. N. 1998. Drought influence the activity of enzymes of the chloroplast hydrogen proxide system. J. Exp. Bot: 39: 1097-1108.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول-۱ تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table1- Analysis of variance for measured traits

M.S.										
درصد قند خالص White Sugar Content	عملکرد قند خالص White Sugar Yield	عملکرد ریشه Root Yield	دی هیدروکسی گوانوزین Dihydroxygoanozine	دی تیروزین Dityrozine	مالون دی آلدهید MDA	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	کاتالاز CAT	سوپراکسیددیسموتاز SOD	df	S.O.V.
11.13	2.64	1352.47	14.69	14.47	189.05	4535.16	68.21	88510.49	3	تکرار(Replication)
218.35*	5.68	9359.09*	0.01	273.22**	16914.04**	177074.71**	25132.94**	20629169.33**	1	آبیاری(Irrigation)
7.19	9.58	733.57	10.29	2.17	94.94	1424.77	127.34	119164.99	3	E (a)
3.55*	2.82**	558.75**	3.67	5.53	36.26	534.46	266.63	95050.78	14	رقم(Genotypes)
9.83**	4.37**	263.66**	2.28	9.10*	75.68	404.96	379.17	78047.43	14	آبیاری*رقم(I*G)
1.88	1.12	113.02	2.92	4.39	73.61	428.29	321.48	103568.93	84	E (b)
23.15	31.46	17.97	18.27	14.98	20.23	14.41	18.40	23.29	-	C.V.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی

Table 2- Comparison of Means

صفات / تیمار	سوپراکسید دیسموتاز SOD U/mg protein	کاتالاز CAT U/mg protein	گلوتاتیون پراکسیداز GPX U/mg protein	مالون دی آلدهید MDA nm/mg protein	دی تیروزین Dityrozine nm/mg protein	دی هیدروکسی گوانوزین Dihydroxygoanozine nm/mg protein	عملکرد ریشه (تن در هکتار) Root yield(ton/ha)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار) White sugar yield(ton/ha)	درصد قند خالص (٪) White sugar content
آبیاری Irrigation									
نرمال Normal	967.24 b	82.96 b	105.16 b	30.52 b	12.47 b	9.35 a	67.98 a	3.15 a	4.57 b
تنش Stress	1796.48 a	111.90 a	181.99 a	54.27 a	15.49 a	9.37 a	50.32 b	3.59 a	7.26 a
ژنوتیپ ها Genotypes									
1	1280.8 a	83.98 b	152.40 ab	42.94 a	14.52 ab	9.37 abc	55.62 cde	3.34 abc	6.27 abcd
2	1651.6 a	101.04 ab	146.60 ab	42.82 a	13.12 ab	9.51 abc	64.79 abc	3.60 abc	5.70 abcd
3	1436.9 a	94.70 ab	132.88 b	40.17 a	13.95 ab	8.85 abc	59.66 bcde	3.29 abcd	5.62 bcd
4	1274.0 a	100.22 ab	146.30 ab	42.21 a	14.93 ab	8.65 abc	75.12 a	3.75 ab	5.22 bcd
5	1329.3 a	93.63 ab	144.32 ab	44.05 a	14.55 ab	8.42 bc	48.04 e	2.10 d	4.72 d
6	1390.6 a	96.50 ab	142.65 ab	41.46 a	14.03 ab	9.18 abc	54.37 cde	2.97 bcd	5.77 abcd
7	1294.4 a	91.29 ab	127.78 b	45.57 a	14.32 ab	10.01 ab	59.58 bcde	3.73 ab	6.40 abc
8	1441.8 a	101.68 ab	136.99 ab	46.42 a	13.06 ab	10.59 a	72.71 a	4.10 ab	5.70 abcd
9	1311.8 a	91.12 ab	139.80 ab	38.94 a	13.28 ab	9.67 abc	68.54 ab	3.23 abcd	4.98 cd
10	1534.1 a	101.32 ab	134.42 ab	41.96 a	14.38 ab	7.90 c	58.05 bcde	3.67 abc	6.36 abc
11	1334.6 a	101.84 ab	145.19 ab	42.17 a	14.21 ab	9.30 abc	64.04 abcd	4.30 a	6.74 ab
12	1266.4 a	100.27 ab	152.14 ab	42.04 a	12.78 ab	9.62 abc	48.96 e	2.45 cd	5.94 abcd
13	1332.4 a	107.31 a	146.29 ab	42.82 a	12.55 ab	9.74 abc	52.25 de	3.11 abcd	5.84 abcd
14	1375.8 a	96.72 ab	159.08 a	43.69 a	14.95 ab	9.88 abc	51.85 de	2.97 bcd	6.09 abcd
15	1473.8 a	99.80 ab	146.79 ab	38.65 a	15.14 a	9.69 abc	53.69 cde	3.90 ab	7.32 a

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل

Table3- Comparison of means for Interactions

درصد قند خالص (٪) White sugar content	عملکرد قند خالص (تن در هکتار) White sugar yield(ton/ha)	عملکرد ریشه (تن در هکتار) Root yield(ton/ha)	دی هیدروکسی گوانوزین Dihydroxygoanozine nm/mg protein	دی تیروزین Dityrozine nm/mg protein	مالون دی آلدهید MDA nm/mg protein	گلوتاتیون پراکسیداز GPX U/mg protein	کاتالاز CAT U/mg protein	سوپراکسیددیسمو تاز SOD U/mg protein	تیمار Treatments	
									رقم	آبیاری
5.27bcdefghi	3.53ab	67.58 abcdefgh	8.767AB	14.63ABCDEFG	33.17CDEF	113.8D	81.21CDE	966.00 EFG	1	نرمال Normal
4.26efghi	3.19ab	73.58 abcde	9.002AB	11.64FG	24.92F	113.8D	92.76 ABCDE	1105.50 CDEFG	2	
4.12fghi	2.64ab	63.08 bcdefghi	8.618AB	13.83ABCDEFG	34.98BCDEF	106.2D	85.99ABCDE	1057.50 DEFG	3	
4.01ghi	3.29ab	82.33 ab	8.462AB	12.26DEFG	28.35EF	106.9D	82.11BCDE	910.00 FG	4	
0.50j	0.29c	52.00 defghijk	8.092AB	13.10BCDEFG	35.71BCDEF	104.5D	74.89E	835.50 G	5	
4.54defghi	2.86ab	63.75 bcdefghi	9.193AB	11.69EFG	28.54EF	92.13D	74.52E	877.65 G	6	
5.45bcdefghi	3.92ab	71.42 abcde	9.690AB	14.94ABCDEFG	34.45CDEF	101.4D	72.51E	842.00 G	7	
5.10cdefghi	4.67a	89.33 a	10.80A	11.92DEFG	33.14CDEF	96.58D	83.75BCDE	884.25 G	8	
2.77ij	2.08bc	74.67 abcd	10.67A	10.73G	28.92EF	106.0D	72.51E	903.50 FG	9	
6.25abcdefgh	4.78a	76.68 abc	8.530AB	12.79CDEFG	25.79F	93.31D	76.96DE	1006.25 EFG	10	
6.21abcdefgh	4.38ab	70.83 abcdef	8.957AB	11.99DEFG	28.43EF	110.6D	81.42CDE	962.50 EFG	11	
3.62hi	2.18bc	63.00 bcdefghi	10.58A	10.68G	30.12EF	106.9D	83.17BCDE	913.50 FG	12	
3.99ghi	2.07bc	50.26 efghijk	9.212AB	11.79DEFG	31.85DEF	107.6D	98.92ABCDE	1128.25 BCDEFG	13	
4.47defghi	3.10ab	65.71 bcdefghi	9.542AB	12.89CDEFG	32.72CDEF	110.4D	87.64ABCDE	996.00 EFG	14	
7.92abc	4.27ab	55.54 cdefghijk	10.15AB	12.27DEFG	26.74EF	116.4CD	95.98ABCDE	1120.25 CDEFG	15	
7.28abcde	3.14ab	43.67 ijk	9.967AB	14.40ABCDEFG	52.71AB	191.0AB	86.74ABCDE	1595.50 ABCDEF	1	تنش Stress
7.15abcde	4.00ab	56.00 cdefghijk	10.02AB	14.60ABCDEFG	60.72A	188.6AB	109.3ABCDE	2197.75 A	2	
7.13abcdef	3.95ab	56.25 cdefghijk	9.092AB	14.08ABCDEFG	45.37ABCDE	159.6B	103.4ABCDE	1816.25 AB	3	
6.43abcdefgh	4.21ab	67.92 abcdefg	8.842AB	17.61AB	56.08A	185.6AB	118.3ABC	1638.00 ABCDE	4	
8.96a	3.92ab	44.08 hijk	8.750AB	16.00ABCDEF	52.39AB	184.1AB	112.4ABCDE	1823.00 A	5	
7.01abcdefg	3.07ab	45.00 ghijk	9.172AB	16.37ABCDE	54.37A	193.2AB	118.5ABC	1903.50 A	6	
7.35abcd	3.54ab	47.75 fghijk	10.33A	13.70ABCDEFG	56.70A	154.1BC	110.1ABCDE	1746.75 ABCD	7	
6.30abcdefgh	3.53ab	56.08 cdefghijk	10.38A	14.19ABCDEFG	59.69A	177.4AB	119.6ABC	1999.25 A	8	
7.19abcde	4.37ab	62.42 bcdefghij	8.667AB	15.83ABCDEF	48.97ABCD	173.6AB	109.7ABCDE	1720.00 ABCD	9	
6.47abcdefgh	2.57ab	39.42 jk	7.280B	15.97ABCDEF	58.12A	175.5AB	125.7A	2062.00 A	10	
7.28abcde	4.21ab	57.25 cdefghijk	7.280B	16.44ABCD	55.92A	179.7AB	122.3AB	1706.75 ABCD	11	
8.28ab	2.73ab	34.92 k	8.663AB	14.88ABCDEFG	53.96A	197.4AB	117.4ABC	1619.25 ABCDE	12	
7.69abc	4.15ab	54.25 cdefghijk	10.26AB	13.32BCDEFG	53.78A	185.0AB	115.7ABCD	1536.50 ABCDEFG	13	
7.72abc	2.85ab	38.00 k	10.22AB	17.01ABC	54.66A	207.7A	105.8ABCDE	1755.50 ABC	14	
6.72abcdefg	3.52ab	51.83 defghijk	9.240AB	18.00A	50.57ABC	177.1AB	103.6ABCDE	1827.25 A	15	
%1	%1	%1	%5	%1	%1	%1	%1	%1	سطح احتمال	

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- Correlation coefficient for measured traits

	White Sugar Yield	Sugar Yield	Root Yield	SOD	CAT	GPX	MDA	Di-tyrozine	8-OH-dG
عملکرد شکر سفید(White Sugar Yield)	0.883 **	1.000							
عملکرد ریشه (Root Yield)	0.316 ns	0.687 **	1.000						
سوپراکسیددیسموتاز (SOD)	0.223 ns	-0.053 ns	-0.665 **	1.000					
کاتالاز (CAT)	0.227 ns	-0.038 ns	-0.618 **	0.883 **	1.000				
گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)	0.174 ns	-0.125 ns	-0.716 **	0.912 **	0.844 **	1.000			
مالون دی آلدهید (MDA)	0.135 ns	-0.110 ns	-0.674 **	0.922 **	0.848 **	0.936 **	1.000		
دی تیروزین (Di-tyrozine)	0.223 ns	0.005 ns	-0.507 **	0.713 **	0.649 **	0.773 **	0.760 **	1.000	
دی هیدروکسی گوانوزین (8-OH-dG)	0.186 ns	0.195 ns	0.130 ns	-0.031 ns	-0.075 ns	0.025 ns	0.035 ns	-0.270 ns	1.000

*و ** به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ % و ۱ % را نشان می‌دهد.

*,** show significant differences at 0. 05 and 0. 01 probability level, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir