دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی در معرفی ژنوتیپ‌های برتر چغندرقند (*Beta Vulgaris* L.) تحت تنش کم‌آبی

میلاد قاسمی[۱]، محمود تورچی[۲]، سعید اهری‌زاد[۳] و عبدالمجید خورشید[۴]

۱- دانشجوی دکتری ژنتیک و به نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: mtoorchi@tabrizu.ac.ir)
۳- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰
صفحه: ۲۱۹ تا ۲۲۷

چکیده

کمبود آب یکی از مشکلات اساسی در کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. در ایران به دلیل شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در همین راستا این پژوهش در دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۸ با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (مطلوب و کم‌آبی) و فاکتور فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند بود. در این آزمایش بذرهای چغندرقند داخل لوله‌های پلیکا (PVC) کاشته شدند. صفات مورد ارزیابی شامل مالون دی آلدئید، هیدروژن پراکسید، پرولین، کلروفیل a و b، کاروتنوئید و قندهای محلول بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × آبیاری برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تنش کم‌آبی باعث کاهش صفات کلروفیل a، b و کاروتنوئید شد. همچنین تنش کم‌آبی باعث افزایش صفات مالون دی آلدئید، هیدروژن پراکسید، پرولین و قندهای محلول شده است. بر اساس شاخص‌های مالون دی آلدئید، هیدروژن پرکسید و پرولین ژنوتیپ شماره ۵ به عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی شد. بر اساس شاخص‌های کلروفیل a، b، کاروتنوئید و قندهای محلول ژنوتیپ شماره ۱۰ به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش کم‌آبی شناسایی شد. با توجه به زمینه تحمل ژنوتیپ شماره ۱۰ به تنش شوری، شاخص‌های کلروفیلی و قندهای محلول را می‌توان در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، لوله پلیکا، مالون دی آدهید، متحمل، هیدروژن پراکسید

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgares spp. vulgaris*) هالوفیتی متعلق به خانواده اسفناجیان[۱] است که به دلیل ذخیره قند در ریشه یکی از مهمترین گیاهان زراعی به حساب می‌آید. طی دو قرن گذشته شکر به یک ماده اصلی تبدیل شده است بطوری‌که در جهان متوسط مصرف سالانه هر فرد در حال حاضر بیش از ۲۰ کیلوگرم است. گزارش‌ها حاکی از آن می‌باشد که تقاضای جهانی برای قند رو به افزایش بوده است، در عین حال تنها دو گیاه چغندرقند و نیشکر قابلیت استحصال قند را دارا می‌باشند (۸). از طرفی کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ با شدیدترین خشکسالی روبرو خواهد شد (۲). بیش از ۹۰ درصد کالری مورد نیاز انسان از محصولات زراعی تامین می‌گردد، در حالی‌که تولید این محصولات در دنیا غالبا تحت تاثیر تنش‌های محیطی (عمدتا تنش‌های غیر زنده) هستند و با محدودیت‌هایی مواجه می‌شوند (۲۸). تنش خشکی باعث از بین رفتن کلروپلاست‌ها و به دنبال آن باعث کاهش میزان کلروفیل‌های سلول می‌شود. در نتیجه باعث اختلال در فرایند فتوسنتز و کاهش رشد محصول خواهد شد (۲۰). در این شرایط وقتی گیاه در معرض تنش‌های محیطی مانند خشکی قرار می‌گیرد، سبب تولید برخی گونه‌های فعال اکسیژن (مانند هیدروژن پراکسید[۲]) می‌گردد (۱۸). گونه‌های فعال اکسیژن باعث آغاز فعالیت‌های هیدرولیتیک، از قبیل فرآیندهای تخریبی غشا سلولی می‌گردند. بدین ترتیب مالون دی آلدئید[۳] حاصل از تخریب چربی‌های غشا در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد (۱۱). در صورتی‌که تنش قبل از استقرار کامل گیاه اتفاق افتد، توانایی تحمل و سازگاری ندارد. ولی اگر گیاه بعداز استقرار کامل با تنش مواجه شود از طریق فعالیت‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی تا حدی تحمل می‌کند. یکی از راه‌های تحمل تنش کم‌آبی، تنظیم اسمزی است. طی این فرایند، گیاه پتانسیل آب سلول را با افزایش ترکیبات اسمزی از قبیل پرولین و قندهای محلول کاهش می‌دهد (۲۱، ۲۶). در پژوهشی با بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر روی ژنوتیپ‌های چغندرقند از شاخص میزان کلروفیل برگ جهت غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل و حساس استفاده شده است (۳). در تحقیق دیگر از شاخص‌های میزان پرولین، کلروفیل و قندهای احیاء کننده در جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس لوبیا قرمز نسبت به تنش کم‌آبی استفاده شده است (۵). محققین بر اساس نتایج پژوهشی بر روی گندم بیان داشتند ظرفیت کلروفیل بالا و محتوای پرولین کمتر، شاخص‌های مناسبی برای اصلاح کنندگان نبات هستند تا ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را شناسایی کنند (۲۴). هدف از این پژوهش بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های چغندرقند و شناشایی صفات مهم جهت غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل و

1- Chenopodiaceae 2- Hydrogen peroxide 3- Malondialdehyde

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

حساس از نظر صفات بیوشیمیایی تحت شرایط تنش کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۱۰ کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج با ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی، با اقلیم نیمه خشک اجرا گردید. تبریز دارای آب و هوای سرد کوهستانی و در ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا واقع شده است. مواد گیاهی مورد مطالعه در این پژوهش ۱۰ ژنوتیپ شامل هفت لاین تنی و سه رقم شاهد که از موسسه تحقیقات چغندرقند کرج تهیه شداند. اسامی ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نام و کد ژنوتیپ‌ها

Table 1. Name and code of genotypes

کد ژنوتیپ	۱	۲	۳	۴	۵
نام ژنوتیپ	لاین فول سیب S1 - 2 - ۸۰۰۱	لاین فول سیب S1 - 5 - ۸۰۰۱	لاین فول سیب S1 - 6 - ۸۰۰۱	لاین فول سیب S1 - 7 - ۸۰۰۱	لاین فول سیب S1 - 9 - ۸۰۰۱
کد ژنوتیپ	۶	۷	۸	۹	۱۰
نام ژنوتیپ	لاین فول سیب S1 - 10 - ۸۰۰۱	لاین فول سیب S1 - 11 - ۸۰۰۱	شاهد متحمل به خشکی IR7 -۸	هیبرید سینگل کراس C2 * A.1	هیبرید شاهد متحمل به شوری SCC2 * 7233-P.29 -۱۰

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل دو سطح آبیاری (مطلوب و تنش کم‌آبی) و فاکتور فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ چغندرقند بود. از هر ژنوتیپ تعداد پنج بذر داخل لوله‌های پلیکا به طول یک متر و قطر ۲۰ سانتی متر کاشته شد. قابل ذکر است که لوله‌های پلیکا به صورت چسبیده به هم در عمق یک متری زمین قرار داشتند، به‌طوری‌که سطح لوله‌های پلیکا با سطح زمین زراعی یکسان بود. تا استقرار کامل گیاهان (مرحله شش تا هشت برگی) آبیاری به‌صورت نرمال انجام و داخل هر لوله پلیکا یک بوته از گیاه مورد نظر نگه‌داری شد. سطح اول آبیاری بعد از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و سطح دو آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر انجام شده است. برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی، نمونه‌های برگی در اواخر دوره رشد از جوان‌ترین برگ برداشت شده و داخل یخچال منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری صفات نگه‌داری شدند. صفات مورد مطالعه شامل میزان مالون دی آلدئید، هیدروژن پراکسید، پرولین، قندهای محلول، کلروفیل a، b و کاروتنوئید بود.

مالون دی آلدئید

برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید از روش هیت و پاکر (۱۰) استفاده شده است. ۰/۳۳ گرم برگ تازه را داخل هاون چینی با ازت مایع پودر کرده و داخل میکروتیوب دو میلی‌لیتری قرار داده شد. سپس مقدار یک میلی‌لیتر از محلول تری کلرواستیک اسید (TCA) یک درصد به آن اضافه شد. بعد در شرایط چهار درجه به مدت ۱۵ دقیقه و دور ۲۰۰۰۰ در دقیقه سانتریوفوژ شد. سپس مقدار ۲۵۰ میکرو لیتر از عصاره حاصل از سانتریوفیوژ برداشته و به فالکن ۱۵ میلی‌لیتر منتقل شد. در مرحله بعدی یک و نیم میلی‌لیتر از محلول TBA نیم درصد در TCA ۲۰ درصد به بالکن اضافه شده و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن ماری) قرار داده شد. بعد از خنک کردن فالکن‌ها در آب یخ، میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر میزان مالون دی آلدئید را با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{میزان مالون دی آلدئید} = \frac{OD \times \text{حجم مخلوط واکنش} \times \text{ضریب رقت}}{\text{ضریب خاموشی} \times \text{حجم آنزیم}}$$

OD: اختلاف عدد اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰
ضریب رقت: ۳/۰۳، حجم مخلوط واکنش: ۱/۷۵ میلی‌لیتر
حجم آنزیم: ۱ میلی‌لیتر، ضریب خاموشی: ۱۵۵

هیدروژن پراکسید

برای استخراج میزان هیدروژن پراکسید از روش ولیکوا و همکاران (۲۷) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه پودر شده برگ در نیتروژن مایع با مقدار یک میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد همگن شد. سپس نمونه هموژنیزه شده در شرایط دمای چهار درجه سانتی‌گراد در مدت ۱۵ دقیقه در دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ می‌گردد. به ۲۵۰ میکرولیتر از محلول رویی مقدار یک میکرولیتر از محلول بافر فسفات پتاسیم (pH=7) و ۵۰۰ میکرولیتر بافر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد. به‌منظور جلوگیری از تجزیه مواد در اثر نور کلیه مراحل آزمایش در حداقل نور و روی ظرف یخ انجام گردید. میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۳۹۰ نانومتر اندازه‌گیری و میزان هیدروژن پراکسید برگ‌های چغندرقند بر اساس منحنی استاندارد به دست آمد.

پرولین

جهت استخراج و اندازه‌گیری پرولین از روش بیتس و همکاران (۶) استفاده شده است. پس از تهیه محلول‌ها، حدود ۰/۲ گرم از نمونه برگی پس از انجماد در ازت مایع، در هاون پودر شد و در پنج میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد هموژنیزه و درون فالکون ریخته شد. عصاره حاصل با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۷ دقیقه و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ و فاز مابع جدا شد. این فاز مایع در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. یک میلی‌لیتر از روشناور به‌دست آمده با همان حجم اسید نین هیدرین و یک میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط و درون فالکون ۱۵ میلی‌لیتری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

ریخته شد. سپس نمونه‌ها همراه با محلول‌های استاندارد پرولین (بین صفر تا ۱۰۰ میکرومول در لیتر) به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد همراه با تکان‌های ملایم قرار گرفتند. بعد از آن اجازه داده شد تا نمونه‌ها در حمام یخ به مدت ۵ دقیقه خنک شوند. به نمونه‌ها و نیز محلول‌های استاندارد دو میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد. محلول‌ها به مدت ۱۰ ثانیه تکان داده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه به حالت سکون رها شدند تا فاز قرمز رنگی در بالای لوله تشکیل شود. از این فاز حدود ۱۰۰۰ میکرولیتر برای اندازه‌گیری استفاده شد. در این مرحله اسپکتروفتومتر توسط تولوئن صفر شد و سپس استانداردهای پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و منحنی استاندارد رسم شد. میزان جذب در نمونه‌های گیاهی قرائت و اعداد قرائت شده از طریق معادله رگرسیون به غلظت پرولین تبدیل شد.

کلروفیل a، b و کاروتنوئید

میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید به روش لیچنتالر (۱۶) اندازه‌گیری گردید. مقدار ۰/۱ گرم از برگ تازه را در هاون چینی با ازت مایع پودر کرده و به اندازه ۱ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با ۶۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و میزان جذب عصاره یکنواخت فاز بالایی داخل میکروتیوب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۴ قرائت شده و با قرار دادن در فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید به دست آمد.

2) $Ca = 12.25 \times A664 - 2.79 \times A647$
3) $Cb = 21.51 \times A647 - 5.01 \times A664$
4) $C\ x+c = (1000 \times A470 - 1.8 \times Ca - 85.02 \times Cb) \div 198$

قندهای محلول

برای اندازه‌گیری قندهای محلول از روش یم و ویلیس (۲۹) استفاده شد. نمونه‌های تازه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه قرار گرفت. سپس با ازت مایع در هاون چینی پودر شده و از هر نمونه پودر شده مقدار ۰/۱ گرم برداشته و در چهار میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق روی شیکر قرار گرفت. بعد از تهیه معرف آنترون، مقدار ۵۰ میکرولیتر از نمونه را به فالکن ۱۵ میلی‌لیتری اضافه و سپس تا ۱ میلی‌لیتر با آب مقطر به حجم رسانده شد. پس از آن چهار میلی‌لیتر از معرف آنترون به آن اضافه شد. در نهایت همراه با محلول‌های استاندارد در حمام آب گرم به مدت هشت دقیقه در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۶۳۰ نانومتر، قرائت شده و با برقراری رابطه رگرسیونی بین غلظت محلول و مقدار جذب در ۶۳۰ نانومتر، غلظت محلول‌ها برای هر نمونه بر حسب ppm برآورد شد.

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C، SPSS و EXCEL انجام شده است. قبل از انجام تجزیه‌های آماری، فرض‌های اساسی تجزیه واریانس شامل مستقل بودن اشتباه‌های آزمایشی، توزیع نرمال اشتباه‌های آزمایشی، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و عدم وجود اثر متقابل بین تیمار و بلوک انجام شد و برقراری مفروضات فوق در همه صفات تأیید گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر تکرار در تمام صفات مورد ارزیابی غیر معنی‌دار بوده که این نشان‌دهنده یکنواختی تکرارها می‌باشد. فاکتور اصلی آزمایش (آبیاری) برای تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و این نشان می‌دهد بین دو سطح آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر ژنوتیپ برای همه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که این بدان معنی است که حداقل بین دو ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار وجود دارد. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × آبیاری برای تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این نشان می‌دهد عکس العمل ژنوتیپ‌های مختلف از سطح مطلوب به تنش کم‌آبی مشابه نبوده و رفتارهای متفاوتی از خود نشان دادند. همچنین میزان تغییرات ژنوتیپ‌ها موازی و هم راستا باهمدیگر نمی‌باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندرقند

Table 2. Analysis of split plots variance of studied traits in sugar beet genotypes

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مالون دی آلدئید	هیدروژن پراکسید	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قندهای محلول
تکرار	۲	۵/۴۱ ns	۰/۸۶۶ ns	۰/۸۴۷ ns	۵/۵۸۲ ns	۹/۸۹۱ ns	۳/۸۴۴ ns	۱۵۴۹۰/۴۶ ns
آبیاری	۱	۴۵۳/۷۵ **	۱۳۲/۳۴۳ **	۹۸۵/۷۷۶ **	۵۶۰۱/۲۵۵ **	۴۴۳/۷۴۱ **	۳۱۶/۶۱۸ **	۴۵۷۳۷۰۶/۹ **
خطای اصلی	۲	۲/۵۳	۰/۹۴۵	۴/۴۴۴	۲۵/۱۷۳	۰/۸۳۵	۵/۶۳۲	۴۴۰۲/۱۰۱
ژنوتیپ	۹	۹/۸۹ **	۳/۴۱۰ **	۴۰/۸۴۵ **	۶۲۶/۰۴ **	۵۲/۰۱۸ **	۶۱/۳۶۳ **	۲۳۵۰۹۵/۰۲ **
ژنوتیپ × آبیاری	۹	۱۰/۵۰ **	۳/۳۵۳ **	۶۳/۸۲۵ **	۳۱۹/۷۵۵ **	۳۳/۰۲۸ **	۲۹/۱۲۹ **	۸۸۹۸۲/۸۸۸ **
خطای فرعی	۳۶	۱/۴	۰/۵۸۱	۲/۵۰۳	۱۸/۴۹۷	۳/۲۵۹	۲/۸۴۴	۱۹۵۰۸/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۲۷	۱۶/۷۰	۱۵/۲۷	۷/۰۱	۹/۰۸	۹/۲۴	۱۳/۲۶

ns و **: غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

مالون دی آلدئید

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) و معنی‌داری اثر آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × آبیاری، مقایسات میانگین با آزمون دانکن انجام شد. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول۳) میزان مالون دی آلدئید در شرایط آبیاری مطلوب برابر با ۶/۹ میلی مول بر گرم و در شرایط تنش کم‌آبی برابر با ۱۲/۰۱ میلی مول بر گرم دارای افزایش معنی‌دار بوده است. مطابق با این گزارش نبی ایلکایی و همکاران (۲۲) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی ژنوتیپ‌های چغندرقند به این نتیجه رسیدند میزان مالون دی آلدئید به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی افزایش یافته است. همچنین حبیبی و همکاران (۹) با بررسی دو سطح آبیاری نرمال و تنش خشکی بر روی ۱۵ ژنوتیپ چغندرقند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی باعث افزایش میزان مالون دی آلدئید و کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های چغندرقند می‌شود. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول-۴) ژنوتیپ‌ها در سطح مطلوب آبیاری نشان داد، ژنوتیپ‌های شماره سه، هفت و هشت دارای کمترین میزان این صفت بودند. در سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی) ژنوتیپ‌های شماره هفت و پنج دارای کمترین میزان مالون دی آلدئید بودند. از نظر صفت مالون دی آلدئید می‌توان ژنوتیپ‌های شماره هفت و پنج را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کرد. زیرا در آبیاری مطلوب دارای میزان کم مالون دی آلدئید بودند و در شرایط تنش خشکی افزایش قابل توجهی نداشتند. صیدی و همکاران (۲۵) با بررسی سطوح تنش بر روی گوجه فرنگی بیان داشتند؛ میزان پرولین و مالون دی آلدئید در اثر تنش خشکی افزایش معنی‌داری داشت.

هیدروژن پراکسید

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بین سطوح آبیاری اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) میزان هیدروژن پراکسید در سطح اول آبیاری (مطلوب) برابر است با مقدار ۳/۰۸ میکرو مول بر گرم و سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی) برابر با مقدار ۶/۰۵ میکرو مول بر گرم بود. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان هیدروژن پراکسید شده است. مطابق با نتیجه این پژوهش در تحقیقی بر روی ذرت محققان اذعان داشتند تنش خشکی باعث افزایش میزان مالون دی‌آلدئید و هیدروژن پراکسید می‌شود (۴). در تحقیقی دیگر محرم‌نژاد و همکاران (۱۹) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی ذرت نتیجه گرفتند، میزان مالون دی آلدئید در اثر تنش خشکی افزایش معنی‌داری داشت. ولی میزان هیدروژن پراکسید در شرایط تنش افزایش معنی‌داری نداشت. با توجه به مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها (جدول ۴) در سطح اول آبیاری (مطلوب)، ژنوتیپ چهار دارای بیشترین و ژنوتیپ هفت دارای کمترین میزان هیدروژن پراکسید بوده است. با مقایسه ژنوتیپ‌ها در سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی) نیز ژنوتیپ های سه، چهار و هفت دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های یک،دو، پنج و نه دارای کمترین میزان هیدروژن پراکسید بودند. از نظر این صفت ژنوتیپ شماره چهار حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش کم‌آبی بود. زیرا در هر دو سطح آبیاری دارای بالاترین میزان هیدروژن پراکسید بوده است.

پرولین

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول۲) و معنی‌داری اثرهای آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × آبیاری، بین دو سطح آبیاری (مطلوب و تنش کم‌آبی) اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. میزان پرولین برگ در سطح اول آبیاری (مطلوب) ۲/۱۹ میلی‌گرم بر گرم و در سطح دوم آبیاری پنج میلی‌گرم در گرم بود. این نشان می‌دهد میزان پرولین در اثر تنش کم‌آبی افزایش معنی‌داری داشته است. هم‌راستا با نتایج این تحقیق کامروا و همکاران (۱۲) با بررسی شش سطح آبیاری بر روی هشت ژنوتیپ سویا بر پایه آزمایش فاکتوریل بیان داشتند که با افزایش شدت تنش کم‌آبی میزان پرولین افزایش معنی‌داری داشته و میزان کلروفیل a و b نیز در اثر تنش خشکی کاهش یافتند. همچنین علائی مقدم و همکاران (۳) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی شش ژنوتیپ چغندرقند بر پایه آزماش فاکتوریل به این نتیجه رسیدند که تنش کم‌آبی باعث افزایش میزان پرولین می‌شود. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در سطح اول آبیاری نشان داد ژنوتیپ شش کمترین و ژنوتیپ چهار بیشترین میزان پرولین را در سطح مطلوب آبیاری داشت. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی) نشان داد ژنوتیپ شماره سه دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره چهار، هفت و نه دارای کمترین میزان پرولین بودند.

کلروفیل a، b و کاروتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد بین سطوح مختلف آبیاری برای هر سه صفت کلروفیل a، b و کاروتنوئید اختلاف معنی‌دار وجود داشت. میزان کلروفیل بر اثر تنش کم‌آبی دچار افت معنی‌دار شد. در تحقیق دیگری نیز افشار و همکاران (۱) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی لوبیا بیان داشتند میزان فلوروسانس و کلروفیل در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌دار داشت. بر خلاف نتایج این پژوهش نادعلی و همکاران (۲۳) با بررسی تنش کمبود آب بر روی چغندرقند به این نتیجه رسیدند فلوروسانس برگ چغندرقند دچار کاهش و محتوی کلروفیل برگ افزایش یافته است. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول۴) ژنوتیپ شماره ۱۰ در هر دو سطح آبیاری دارای بیشترین میزان کلروفیل a بود. ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۹ و ۱۰ در هر دو سطح آبیاری میزان دارای بیشترین میزان کلروفیل b بودند. از نظر میزان کاروتنوئید ژنوتیپ ۱۰ در دو سطح آبیاری به ترتیب مطلوب و تنش کم‌آبی با مقادیر ۲۲/۷۶ و ۲۲/۵۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر دارای بیشترین میزان این صفت بود. به‌طور کلی ژنوتیپ ۱۰ از نظر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در هر دو سطح آبیاری ژنوتیپ بهتری بود.

قندهای محلول

با توجه به معنی‌داری اثر آبیاری و جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، تنش کم‌آبی باعث افزایش معنی‌دار میزان قندهای محلول در ژنوتیپ‌های چغندرقند شد. مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش چولوج و همکاران (۷) با بررسی اثر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

تنش خشکی طولانی مدت بر روی ژنوتیپ‌های چغندرقند به این نتیجه رسیدند که خشکی باعث افزایش تجمع اسمولیت‌ها مخصوصا قندهای محلول شد. در تحقیقی دیگر منصوری‌فر و همکاران (۱۷) با بررسی تاثیر خشکی بر روی نخود اذعان داشتند خشکی باعث افزایش قندهای محلول، پرولین، کلروفیل a و b گردید. طبق نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) ژنوتیپ ۱۰ بیشترین میزان قندهای محلول را داشت. ولی ژنوتیپ شماره شش در سطح اول آبیاری (مطلوب) دارای کمترین میزان و در سطح دوم آبیاری تفاوت معنی‌دار با ژنوتیپ ۱۰ نداشت.

همبستگی بین صفات

با توجه به نتایج حاصل از همبستگی بین صفات مورد مطالعه (جدول ۵ و ۶) می‌توان نتیجه گرفت در سطح مطلوب آبیاری بین هیدروژن پراکسید و قندهای محلول همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. یعنی با افزایش میزان قندهای محلول در برگ چغندرقند، مقدار هیدروژن پراکسید کاهش می‌یابد که احتمالا با افزایش میزان پرولین در برگ گیاه احساس کمبود آب نمی‌کند و بنابراین رادیکال‌های آزاد مانند هیدروژن پراکسید کمتر تولید می‌شوند. همچنین در سطح مطلوب آبیاری بین کلروفیل a و کاروتنوئید همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. در سطح تنش کم‌آبی بین کلروفیل a با کلروفیل b، کاروتنوئید و قندهای محلول همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین پرولین و کلروفیل a همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. کاهش میزان کلروفیل شاید به‌علت تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن به سمت ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد. در تحقیقی مشابه با بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر روی گندم نان بین میزان کلروفیل a با کلروفیل b و قندهای محلول همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین کلروفیل a با پرولین همبستگی منفی و معنی‌دار گزارش شده است (۱۳).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد ژنوتیپ پنج در سطح دوم آبیاری (تنش کم‌آبی) دارای کمترین مقادیر مالون دی آلدئید و هیدروژن پراکسید می‌باشد. از آنجایی که افزایش میزان هیدروژن پراکسید باعث پراکسیداسیون غشا می‌شود در نتیجه یکی از محصولات تخریب غشا لیپیدی میزان مالون دی آلدئید می‌باشد (۱۴). بنابراین ژنوتیپ‌های شماره پنج و هفت کمترین میزان تخریب غشا را در تنش کم‌آبی داشتند؛ ولی فقط ژنوتیپ شماره پنج دارای کمترین میزان هیدروژن پراکسید بود. از طرفی افزایش میزان پرولین در گیاه، از مواجه شدن آن با تنش کم‌آبی جلوگیری کرده و مانع از تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود (۱۵). با توجه به نتایج حاصل، ژنوتیپ شماره پنج مقدار بیشتری از پرولین را به خود اختصاص داده بود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق ژنوتیپ شماره پنج را از نظر صفات مالون دی آلدئید، هیدروژن پراکسید و پرولین می‌توان به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش کم‌آبی معرفی کرد. همچنین ژنوتیپ شماره ۱۰ از نظر صفات کلروفیل a، b، کاروتنوئید و قندهای محلول بیشترین مقدار را داشت. با توجه به اینکه شاخص‌های کلروفیل a، b، کارتنوئید و قندهای محلول باهمدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند و ژنوتیپ شماره ۱۰ زمینه تحمل به شوری داشته است، بنابراین می‌توان صفات کلروفیل a، b، کاروتنوئید و قندهای محلول را به عنوان شاخص‌های برتر در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در گیاه چغندرقند معرفی کرد.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفات مورد مطالعه

Table 3. Comparison of the mean of irrigation levels in terms of studied traits

ژنوتیپ	مالون دی آلدئید (میلی مول بر گرم وزن تر)	هیدروژن پراکسید (میکرو مول بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیلa (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیلb (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)	کاروتنوئید (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)	قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن خشک)
مطلوب	۶/۹[b]	۳/۰۸[b]	۲/۱۹[b]	۷۱/۰۹[a]	۲۲/۶۱[a]	۲۰/۵۴[a]	۷۷۷/۱۵[b]
تنش کم‌آبی	۱۲/۰۱[a]	۶/۰۵[a]	۵[a]	۵۱/۷۷[b]	۱۷/۱۷[b]	۱۵/۹۴[b]	۱۳۲۹/۳۴[a]

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های چغندرقند از نظر صفات مورد مطالعه در سطوح آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی

Table 4. Comparison of the mean of sugar beet genotypes in terms of study traits of optimal irrigation levels and water deficit stress

ژنوتیپ	مالون دی آلدئید (میلی مول بر گرم وزن تر)		هیدروژن پراکسید (میکرو مول بر گرم وزن تر)		پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)		کلروفیل a (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)	
	مطلوب	تنش کم‌آبی	مطلوب	تنش کم‌آبی	مطلوب	تنش کم‌آبی	مطلوب	تنش کم‌آبی
۱	۷/۱۷^{a}	۱۴/۰۱^{a}	۳/۵$^{a-c}$	۴/۰۷^{e}	۵/۷۲^{cd}	۱۵/۳۵^{c}	۶۱/۹۷^{d}	۳۵/۲۵^{e}
۲	۷/۱۶^{a}	۱۰/۱۷^{cd}	۳/۳$^{a-d}$	۵/۲۲$^{c-e}$	۶/۵۴^{bc}	۱۲/۱۸^{d}	۷۱/۸۱^{c}	۶۸/۰۱^{ab}
۳	۴/۷^{b}	۱۵/۱۳^{a}	۳/۱۵$^{a-d}$	۷/۵۶^{ab}	۷/۰۶^{bc}	۲۶/۵۵^{a}	۵۹/۱۳^{d}	۴۱/۶۹^{de}
۴	۷/۸۷^{a}	۱۳/۸^{a}	۴/۳۴^{a}	۷/۷^{a}	۱۰/۲۱^{a}	۹/۸۴^{de}	۷۷/۸۵$^{a-c}$	۵۱/۸۱^{c}
۵	۷/۲۳^{a}	۹/۴۷^{de}	۳/۳۳$^{a-d}$	۴/۶۱^{de}	۳/۰۶^{de}	۱۶/۴۹^{bc}	۷۹/۸۵^{ab}	۲۶/۳۱^{f}
۶	۷/۱۷^{a}	۱۴/۴^{a}	۳/۹۵^{ab}	۶/۲۲^{bc}	۱/۴۲^{e}	۱۲/۰۵^{d}	۷۵/۱۳$^{a-c}$	۵۲/۸۸^{c}
۷	۶/۱۳^{ab}	۷/۹۷^{e}	۲/۰۲^{d}	۶/۴۳$^{a-c}$	۷/۶۵$^{a-c}$	۱۱/۰۵^{de}	۷۸/۴۱$^{a-c}$	۶۰/۶۷^{b}
۸	۶/۷۳^{ab}	۱۱/۱۷^{bc}	۲/۸۲$^{b-d}$	۵/۹۴^{cd}	۴/۸۳^{cd}	۱۹/۰۳^{b}	۵۰/۵۹^{e}	۴۷/۱۹^{cd}
۹	۷/۰۷^{a}	۱۴/۳^{a}	۲/۱۵^{cd}	۵/۲$^{c-e}$	۹/۴۲^{ab}	۹/۰۶^{e}	۷۳/۸۲^{bc}	۶۴/۲۳^{ab}
۱۰	۷/۷۳^{a}	۱۳/۰۳^{ab}	۲/۲۳^{cd}	۷/۵۶^{ab}	۷/۱۰^{bc}	۱۲/۴۸^{d}	۸۲/۳۷^{a}	۶۹/۶۶^{a}

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

ادامه جدول ۴

Continued Table 4.

ژنوتیپ	کلروفیل b (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)		کاروتنوئید (میکرو گرم بر میلی‌لیتر)		قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	
	مطلوب	تنش کم‌آبی	مطلوب	تنش کم‌آبی	مطلوب	تنش کم‌آبی
۱	۱۹/۳۲^{c}	۱۲/۱۶^{c}	۱۶/۳۳^{c}	۱۱/۷۱^{e}	۶۵۵/۷۴^{de}	۱۱۴۹/۴^{de}
۲	۲۴^{ab}	۲۰/۹۷^{a}	۲۱/۵۶^{ab}	۱۹/۰۶^{b}	۸۴۳/۲۹$^{b-a}$	۱۴۸۰/۷۲^{ab}
۳	۲۳/۷۳^{ab}	۲۱/۱۲^{a}	۲۱/۷۸^{ab}	۱۵/۹۴^{ca}	۹۴۱/۸۳^{bc}	۱۱۲۸/۹۵^{de}
۴	۲۰/۳۷^{c}	۱۷/۰۸^{b}	۲۳/۶۴^{a}	۱۷/۰۹$^{b-a}$	۳۸۰/۶۹^{f}	۱۱۵۲/۶۸^{de}
۵	۲۳/۹۱^{ab}	۷/۱۳^{a}	۲۰/۳۸^{b}	۶/۹۷^{f}	۶۰۲/۹۵$^{a-f}$	۱۲۲۰/۵۹$^{c-e}$
۶	۲۴/۱۷^{ab}	۱۵/۷۸^{b}	۲۳/۷۹^{a}	۱۴/۵۷^{de}	۵۰۴/۰۴^{ef}	۱۵۶۳/۷۱^{ab}
۷	۱۹/۱۶^{c}	۱۷/۸۶^{b}	۲۰/۳۶^{b}	۱۸/۹^{bc}	۱۰۷۳/۶۶^{ab}	۱۴۶۰/۵$^{a-c}$
۸	۲۲/۰۵^{bc}	۱۵/۵۸^{b}	۱۳/۱۵^{a}	۱۴/۵۵^{de}	۷۳۸/۲۱$^{c-e}$	۱۱۰۰/۷۱^{e}
۹	۲۵/۷۸^{a}	۲۱/۳۷^{a}	۲۱/۶۴^{ab}	۱۸/۱۱^{bc}	۸۰۳/۷۳^{ca}	۱۳۸۲/۲۳$^{b-a}$
۱۰	۲۳/۶۳^{ab}	۲۲/۶۷^{a}	۲۲/۷۶^{ab}	۲۲/۵۴^{a}	۱۲۲۷/۳۸^{a}	۱۶۵۳/۹۲^{a}

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

جدول ۵- ضریب همبستگی بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندرقند در سطح مطلوب آبیاری

Table 5. The correlation coefficient between studied traits of sugar beet genotypes of optimal irrigation level

	مالون در آلدئید	هیدروژن پراکسید	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قندهای محلول
مالون دی آلدئید	۱						
هیدروژن پراکسید	۰/۲۵۷	۱					
پرولین	۰/۰۰۳	−۰/۲۵۵	۱				
کلروفیل a	۰/۳۳۷	−۰/۰۹۵	۰/۱۱۳	۱			
کلروفیل b	−۰/۰۳۹	−۰/۰۵۱	−۰/۱۰۳	۰/۱۳۴	۱		
کاروتنوئید	۰/۰۷۸	۰/۱۶۱	۰/۲۲۰	۰/۶۱۳**	۰/۲۰۳	۱	
قندهای محلول	−۰/۲۴۷	−۰/۷۰۳**	۰/۲۰۷	۰/۰۷۷	۰/۰۸۱	−۰/۰۳۹	۱

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند

جدول ۶- ضریب همبستگی بین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندرقند در سطح تنش کم‌آبی

Table 6. The correlation coefficient between studied traits of sugar beet genotypes under water deficit stress

	مالون در آلدئید	هیدروژن پراکسید	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قندهای محلول
مالون دی آلدئید	۱						
هیدروژن پراکسید	۰/۱۸۷	۱					
پرولین	۰/۱۲۲	۰/۱۳۰	۱				
کلروفیل a	−۰/۰۶۲	۰/۲۷۵	−۰/۵۲۰**	۱			
کلروفیل b	۰/۲۳۴	۰/۴۵۵*	−۰/۰۹۹	۰/۸۲۳**	۱		
کاروتنوئید	۰/۰۵۹	۰/۴۶۵**	−۰/۳۲۰	۰/۹۱۰**	۰/۸۸۱**	۱	
قندهای محلول	−۰/۲۱۹	۰/۱۲۹	−۰/۳۹۱*	۰/۶۳۱**	۰/۴۰۳*	۰/۴۸۲**	۱

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

منابع

1. Afshar Mohamadian, M., M. Omidipour and F. Jamal Omidi. 2018. Effect of different drought stress levels on chlorophyll fluorescence indices of two bean cultivars. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 31(3): 511-525 (In Persian).
2. Agrawala, S., M. Barlow, H. Cullen and B. Lyon. 2001. The drought and humanitarian crisis in central and southwest Asia: A climate perspective. International Research Institute for Climate Prediction, Columbia University in the city of New York.
3. Alaeimoghadam, S., M. Esmaeeli, A. Rajabi and H. Najafi. 2019. Effects of water deficit stress on physiological and biochemical traits of sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.). Journal of Sugar Beet, 34(2): 131-146 (In Persian).
4. Anjum, S.A., U. Ashraf, M. Tanveer, I. Khan, S. Hussain, B. Shahzad, A. Zohaib, F. Abbas, M.F. Saleem, I. Ali and LC. Wang. 2017. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. Frontiers in plant science, 8: 69- 81.
5. Baghizadeh, A., S. Mohammadinejad and M. Rahimi. 2019. Evaluation of some biochemical characteristics of some red bean ecotypes under drought stress conditions. Journal of Crop Breeding, 11(29): 55-64 (In Persian).
6. Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
7. Chołuj, D.R. Karwowska, A. Ciszewska and M. Jasińska. 2008. Influence of long-term drought stress on osmolyte accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants. Acta Physiologiae Plantarum, 30(5): 679-687.
8. Draycott, A.P. 2006. Sugar Beet. Formerly of Broom's Barn Research Station. Bury St Edmunds, Suffolk, UK.
9. Habibi, D., S. Oroojnia, D. Fatollah Taleghani, A. Pazoki and M. Davoodifard. 2013. Antioxidants and yield evaluation of sugar beet genotypes under drought stress. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(4): 63-82 (In Persian).
10. Heath, R.L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of biochemistry and biophysics, 125(1): 189-98.
11. Jiang, M. and J. Zhang. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant and Cell Physiology, 42: 1265-1273.
12. Kamrava, S., N. Babaeian Jolodar and N. Bagheri. 2017. Evaluation of drought stress on chlorophyll and proline traits in soybean genotypes. Journal of Crop Breeding, 9(23): 95-104 (In Persian).
13. Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences, 8(3): 1051-1060.
14. Lata, C., S. Jha, V. Dixit, N. Sreenivasulu and M. Prasad. 2011. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars (*Setaria italica* L.). Protoplasma, 248(4): 817-28.
15. Liang, X., L. Zhang, S.K. Natarajan and D.F. Becker. 2013. Proline mechanisms of stress survival. Antioxidants and redox signaling, 19(9): 998-1011.
16. Lichtenthaler, H.K. 1987. [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology, 148: 350-82.
17. Mansorifar, S., M. Shaban, M. Ghobadi and H. Sabaghpor. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal Pulses Research, 3(1): 53-66 (In Persian).
18. Meloni, D.A., M.A. Oliva, C.A. Martinez and J. Cambraia. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49: 69-76.
19. Moharramnejad, S.A., O. Sofalian, M. Valizadeh, A. Asghari, M.R. Shiri and M. Ashraf. 2019. Response of maize to field drought stress: oxidative defence system, osmolytes, accumulation and photosynthetic pigments. Pakistan Journal of Botany, 51(3): 799-807.
20. Monakhova, O.F. and I.I. Chernyadev. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. American Society for Microbiology Journals, 38: 373-380.
21. Moradshahi, A., E.A.B. Salehi and B.B. Khold. 2004. Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to water deficit stress under laboratory conditions. Iranian Journal of Science and Technology Transaction A- Science, 28(1): 43-50 (In Persian).
22. Nabi Ilkaee, M., P. Foroozesh, D. Habib, D. Fatollah Taleghani, A. Rajabi, S. Oroojnia and M. Davoodifard. 2012. Evaluation of biochemical traits of different sugar beet genotypes under drought stress. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(3): 87-99 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

23. Nadali, I., F. Paknejad, F. Moradi, M. Nasri and A. Pazooki. 2010. Effect of methanol application on sugar beet (*Beta Vulgaris*) relative water content, chlorophyll content, and chlorophyll fluorescence parameters under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 41(4): 731-740 (In Persian).
24. Rad, R.N., M.A. Kadir, H.Z. Jaafar and D.C. Gement. 2012. Physiological and biochemical relationship under drought stress in wheat (*Triticum aestivum*). African Journal of Biotechnology, 11(7): 1574-1578.
25. Saidi, M., M. Nouri, A. Motallebi Azar, J. panahandeh and D. zare haghi. 2020. Reaction of different genotypes of tomato (*Solanum Lycopersicum*) to drought stress. Journal of Plant Process and Function, 9(36): 64-77 (In Persian).
26. Shao, H.B., L.Y. Chu, C.A. Jaleel and C.X. Zhao. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331(3): 215-225.
27. Velikova, V., I. Yordanov and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. Plant Science, 151(1): 59-66.
28. Yazdansepas, A. 2014. Breeding for resistance to abiotic stresses. Agricultural Research Education and Extension Organization, Seed and Plant Improvement Institute, 300 pp (In Persian).
29. Yemm, E.W. and A. Willis. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal, 57(3): 508-14.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]

Evaluation of Biochemical Indices to Introduce Superior Genotypes of Sugar Beet (*Beta Vulgaris* L.) under Water Deficit Stress

Milad Ghasemi[1], Mahmoud Toorchi[2], Saeid Aharizad[3] and Abdolmajid Khorshid[4]

1- Ph.D. Student of Genetic & Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Professor, Department, of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding author: mtoorchi@tabrizu.ac.ir)
3- Professor, Department, of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREOO), Urmia, Iran
Received: June 18, 2021 Accepted: August 21, 2021

Abstract

Water deficit is one of the main problems in reducing agricultural production. Due to arid and semi-arid climatic conditions, identifying genotypes tolerant to water deficit stress is of great importance in Iran. In this regard, this study was conducted at the University of Tabriz in 2019 by investigating the effect of water deficit stress on ten sugar beet genotypes in split plots based on randomized complete blocks design in three replications. The main factor consisted of two irrigation levels (optimal and water deficit), and the sub-factor included ten sugar beet genotypes. In this experiment, we planted sugar beet seeds in PVC tubes. The evaluated traits included malondialdehyde, hydrogen peroxide, proline content, chlorophyll a and b, carotenoids, and soluble sugars. Based on the analysis of variance, the effect of irrigation, genotype, and irrigation interaction × genotype for all traits was significant at the probability level of one percent. Water deficit stress reduced chlorophyll a, b, and carotenoid traits. Water deficit stress also increases the properties of malondialdehyde, hydrogen peroxide, proline content, and soluble sugars. The genotype of number five was identified as a tolerant genotype based on malondialdehyde, hydrogen peroxide, and proline content indices. Based on chlorophyll a, b, carotenoid, and soluble sugars indices, The genotype of number ten was identified as a genotype tolerant to water deficit stress. Due to the tolerance of genotype No. 10 to salinity stress, chlorophyll indices and soluble sugars can be used to select genotypes tolerant to water deficit stress.

Keywords: Chlorophyll, Hydrogen Peroxide, Malondialdehyde, Proline, PVC tube, Soluble sugars, Tolerant

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-02]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.219]