نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۶، آذر - دی ۱۴۰۱، ص. ۱۰۶۵-۱۰۵۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 16, Dec.-Jan. 2022, p. 1055-1065

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی سطح تنش خشکی مؤثر برای میزان تحمل به کم‌آبی ژنوتیپ‌های چغندرقند

محمدرضا میرزایی[1*] و علی قدمی فیروزآبادی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰

چکیده

بحران آب یک عامل محدودکننده عمده برای کشاورزی در تمام مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. شناسایی ژنوتیپ‌ها برای تولید ارقام متحمل به خشکی مستلزم ارزیابی عملکرد شکر آن‌ها در شرایط کم آبیاری است؛ بنابراین اعمال سطح تنش خشکی مؤثر، در ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی کاملاً ضروری است. بدین منظور چهار ژنوتیپ تحت هشت تیمار آبیاری با استفاده از طرح کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان مورد ارزیابی قرار گرفت. هشت تیمار آبیاری شامل سه تیمار آبیاری نشتی بعد از ۸۰، ۱۳۰ و ۱۸۰ میلی‌متر، دو تیمار آبیاری قطره‌ای شامل آبیاری بعد از ۳۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد و آبیاری بعد از ۳۰ میلی‌متر با تأمین ۵۰ درصد آب موردنیاز چغندرقند و سه تیمار آبیاری قطره‌ای بعد از ۸۰، ۱۳۰ و ۱۸۰ میلی‌متر بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک، اعمال شد. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و آبیاری برای شاخص حساسیت به خشکی، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. کاهش عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندرقند در اثر کاهش مقدار آب (آبیاری قطره‌ای بعد از ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با تأمین ۵۰ درصد آب موردنیاز) شدیدتر از دورهای مختلف در هر دو روش آبیاری بود. نتایج نشان داد که آبیاری نشتی، روش کارآمد و مؤثری برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندرقند نیست؛ بنابراین، به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تولید ارقام متحمل به خشکی، روش آبیاری قطره‌ای پس از تبخیر تجمعی ۳۰ میلی‌متر با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی چغندرقند، به‌عنوان روش و سطح تنش خشکی مؤثر معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دورهای مختلف آبیاری، شاخص حساسیت به خشکی، عملکرد شکر، آبیاری قطره‌ای

مقدمه

کشت چغندرقند در ایران می‌تواند تحت تأثیر طیف وسیعی از تغییرات محیطی (مانند نوع خاک، در دسترس بودن آب و غیره) و تغییرات سالانه شرایط آب و هوایی قرار گیرد؛ بنابراین، برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و محیط که اغلب منجر به تغییرات قابل‌توجهی در رتبه‌بندی ژنوتیپ در محیط‌های مختلف می‌شود، ممکن است اختلال عمده‌ای در کار اصلاح‌کنندگان در انتخاب ژنوتیپ‌ها ایجاد نماید (Ashraf., 2010; Cattivelli et al., 2008; Pidgeon et al., 2006). در این موارد، اصلاح‌کنندگان ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های پتانسیل عملکرد بالا و پایداری عملکرد بالا را انتخاب می‌نمایند. با به‌کارگیری راهبرد پایداری عملکرد بالا، برهمکنش بین ژنوتیپ × محیط به حداقل می‌رسد. بین عوامل محیطی مسئله کمبود آب، کشاورزی را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با چالش مواجه کرده است (Neupane and Guo, 2019). بدون شک تنش ناشی از خشک‌سالی و کمبود آب مهم‌ترین تنش زیست‌محیطی در کشاورزی در سراسر جهان است. کم آبیاری و افزایش کارایی مصرف آب از شیوه‌های مهم مدیریت آبیاری است که برای حفظ آب و حفظ تولید پایدار محصول در مناطق کم آب در حال توسعه و گسترش است. در کم آبیاری، مقدار آب آبیاری کمتری نسبت به نیاز آبی کامل محصول در مراحل مختلف رشد محصول یا در کل فصل رشد محصول مصرف می‌شود (Costa et al., 2007). اغلب تحقیقات، کاهش عملکرد چغندرقند را در شرایط کم‌آبی، گزارش کرده‌اند (Hoffmann., 2010). همچنین، تحقیقات بسیاری در شرایط کمبود آب کاهش عملکرد نهایی شکر را نسبت به پتانسیل آن گزارش کرده‌اند (Hosseini et al., 2019). تنش خشکی تأثیر نامطلوبی بر فیزیولوژی و متابولیسم گیاه دارد (Zhu, 2002). عملکرد گیاه بسته

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- دانشیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email:mirzaie_1346@yahoo.com
DOR:

به‌شدت و مدت تنش خشکی می‌تواند از خفیف تا شدید متغیر باشد (Jaleel and Llorente, 2009). عملکرد بهینه در شرایط کم‌آبی یکی از اهداف اصلی اصلاح نباتات است (Ashraf, 2010; Cattivelli et al., 2008; Kirda, 2002). پایدارترین راه مقابله با کمبود آب، استفاده از ارقام متحمل به خشکی است. اصلاح‌گرها برای دستیابی به عملکرد بالا در محیط هدف، بدون نیاز به دانستن اینکه چه مکانیسم‌هایی در گیاه باعث افزایش تولید می‌شود، انتخاب می‌نمایند (Blum, 1988)؛ بنابراین ارزیابی پتانسیل نسبی مقاومت ژنوتیپ‌ها به خشکی در اصلاح و معرفی رقم متحمل، ضروری است. اصلاح‌کنندگان باید تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها را با روش‌ها و شاخص‌های مناسب ارزیابی نمایند (Vahidi et al., 2013). راه‌حل ممکن برای این مسئله، انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که در شرایط کم‌آبی عملکردشان کاهش معنی‌دار نداشته باشد (Putnik-Delic et al., 2018)؛ بنابراین غربالگری، بخشی ضروری از برنامه‌های اصلاحی و انتخاب روش اصلاحی مناسب در بهبود تحمل به خشکی محصولات زراعی، پیشنهاد شده است (Abbasi et al., 2018). به‌این‌ترتیب، بایستی یک شاخص تنش خشکی قابل‌اعتماد برای تعیین سطح تنش آبی استفاده شود تا عملکرد محصول را بتوان به‌طور دقیق از روی سطح تنش خشکی، پیش‌بینی کرد (Parkash and Singh, 2020). شاخص‌های تنش خشکی در تعیین سطح تنش آبی در گیاهان بسیار مؤثر هستند زیرا هنگام تعیین سطح تنش آبی در گیاهان، اثر تجمعی تنش آبی در اثر کاهش رطوبت خاک و افزایش تبخیر، در نظر گرفته می‌شود (Parkash and Singh, 2020). شاخص‌های DSI (شاخص حساسیت به خشکی)، YSI (شاخص پایداری عملکرد)، GMP (میانگین بهره‌وری هندسی) و MP (میانگین بهره‌وری حسابی) با عملکرد در شرایط تنش همبستگی نشان دادند. این شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی پیشنهاد می‌گردد (Okasha and Mubarak, 2018). شاخص DSI، یکی از شاخص‌های رایج در شناسایی ژنوتیپ‌ها با عملکرد پایدار در شرایط محدودیت آب می‌باشد (Siahpoosh et al., 2011; Okasha and Mubarak, 2018). این شاخص مقایسه اختلاف عملکرد تحت سطوح مختلف آبیاری کامل و تنش می‌باشد. برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به تنش خشکی، شدت تنش خشکی بسیار مهم است (Tarkalson et al., 2014; Mohammadian et al., 2009). در تحقیقی، ژنوتیپ‌های چغندرقند در دو شرایط آبیاری کامل و تنش و بر اساس تبخیر از تشتک کلاس A به ترتیب در سطح ۹۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر ارزیابی شدند. نیاز و مصرف کل آب در تمام دوره رشد چغندرقند بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر است که در رتبه گیاهان زراعی با مصرف آب بالا، ارزیابی می‌شود (Dunham., 1993; Hills et al., 1990). بااین‌حال، چغندرقند به‌عنوان محصول ریشه‌ای عمیق شناخته‌شده و نسبت به تنش خشکی نسبت غیر حساس گزارش شده است (Salter and Goode, 1967). ۴۶ ژنوتیپ چغندرقند با زمینه‌های ژنتیکی متنوع مورد ارزیابی قرار گرفت. همبستگی مقدار عملکرد شکر با جذب آب از خاک مثبت بود. از طرف دیگر، عملکرد شکر با توسعه سطح برگ در اواخر تابستان رابطه منفی داشت. همبستگی مثبت بالایی بین میزان تعرق و عملکرد شکر در شرایط آبیاری نرمال وجود داشت (Ober et al., 2005). در مناطق نیمه‌خشک، عملکرد چغندرقند ارتباط معنی‌داری با مقدار آب مصرفی و میزان باران دریافتی در زمان فصل رشد دارد. تنش خشکی منجر به افزایش و کاهش به ترتیب غلظت ساکارز و ماده خشک در ریشه چغندرقند می‌شود (Bloch and Hoffman, 2005). اگرچه آبیاری زیاد چغندرقند نیز می‌تواند عملکرد ریشه را افزایش دهد؛ اما درصد قند و کیفیت ریشه را کاهش می‌دهد (Moutonnet, 2002). آزمایشی در ترکیه اثر سطوح مختلف آبیاری را بر درصد قند، عملکرد ریشه و عملکرد شکر چغندرقند موردبررسی قرار داد. با کاهش مقدار آب مصرفی، درصد قند افزایش و عملکرد ریشه کاهش یافت (Ucan and Gencoglan, 2004). در آزمایشی دیگر، عملکرد بالای ریشه در شرایط مطلوب منجر به عملکرد نسبتاً بالا در شرایط تنش شد. تغییرات عملکرد شکر هیبریدهای مختلف چغندرقند در شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود (Ober et al., 2004; Pidgeon et al., 2006). تفاوت عملکرد ریشه و عملکرد شکر بین سه رقم چغندرقند چند جوانه و دو رقم منوژرم در سطوح مختلف تنش آبی، معنی‌دار بود (Mahmoud et al., 2018). اوبر و همکاران و پیجن و همکاران تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد شکر بین چند هیبرید تحت شرایط تنش خشکی یافتند و نتیجه گرفتند که ژرم پلاسم‌های در دسترس اصلاح‌گرها دارای تنوع ژنتیکی موردنیاز برای افزایش تحمل به خشکی در چغندرقند می‌باشد (Ober et al., 2004; Pidgeon et al., 2006). تلاش‌های قابل‌توجهی برای بهبود تولید محصول تحت شرایط کمبود آب انجام شده است (Cattivelli et al., 2008). با وجود این، تحقیقات در مورد تحمل به خشکی در چغندرقند محدود بوده است. ازآنجایی‌که گسترش تنش آبی به‌طور کامل درک نشده، به نظر می‌رسد که تفاوت چندانی بین ارقام وجود نداشته باشد. این موضوع رسیدن به روش مناسب برای انتخاب را در برنامه‌های اصلاحی مشکل می‌کند (Ober and Rajabi, 2010). عملکرد محصول در محدوده وسیعی از تنش‌های محیطی برای ارزیابی سازگاری ژنوتیپ به خشکی، به‌عنوان شاخص قابل‌اعتماد بیان‌شده است (Cattivelli et al., 2008). البته بسیاری از شاخص‌های محیطی از اندازه گیری‌هایی مانند دمای کانوپی، آب قابل‌دسترس در خاک، پتانسیل اسمزی آب، مقدار آب مصرفی و مقدار آب قابل‌جذب،

به دست آمده است (Motzo et al., 2001; Araus et al., 2003; Rizza et al., 2004).

اهدف این تحقیق عبارت بودند از ۱) معرفی و توصیه یک روش مؤثر و کارآمد برای ارزیابی تحمل به خشکی نسبی ژنوتیپ‌های چغندرقند ۲) بررسی وجود تنوع ژنتیکی در میان ژنوتیپ‌ها به لحاظ DSI .

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات اکباتان در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه، ۵۲ دقیقه و ۴۷/۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ۱/۶ ثانیه غربی انجام شد. بر اساس آمار بلندمدت هواشناسی، میانگین دما و بارندگی سالانه همدان به ترتیب ۹/۶ درجه سانتی‌گراد و ۳۱۴ میلی‌متر می‌باشد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۷۳۰ متر است و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی، این منطقه جزو مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود.

چهار ژنوتیپ تحت هشت تیمار آبیاری در قالب طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. هشت تیمار آبیاری در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هشت تیمار آبیاری شامل سه تیمار آبیاری نشتی پس از ۸۰ (I1)، ۱۳۰ (I2) و ۱۸۰ (I3) میلی‌متر و نیز دو تیمار روش آبیاری قطره‌ای ۳۰ میلی‌متر با ۱۰۰٪ (I4) و ۳۰ میلی‌متر با ۵۰٪ (I5) تأمین نیاز آبی گیاه چغندرقند و سه تیمار آبیاری قطره‌ای ۸۰ (I6)، ۱۳۰ (I7) و ۱۸۰ (I8) میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A منظور شد (جدول ۱). چهار ژنوتیپ شامل 7112، BP karaj، BP Mashad و BP*(I13*A37.1) بود. هر کرت اصلی شامل ۳۲ خط کشت به طول حدود ۷۵ متر و هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت با فواصل خطوط ۵۰ سانتیمتر بود. در هر کرت فرعی ۴ ژنوتیپ به‌طور تصادفی و در هر خط کشت چهار ژنوتیپ به دنبال هم و هر یک به طول ۸ متر کشت گردید. بدین ترتیب، شانس قرار گرفتن هر ژنوتیپ در هر موقعیت کرت‌های فرعی مساوی بود. بین ژنوتیپ‌ها یک متر فاصله منظور شد. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱/۵ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. البته با توجه به اهمیت ایجاد شرایط یکنواخت رطوبتی جهت ارزیابی روش مناسب برای ژنوتیپ‌های مختلف، رقم تجارتی زرقان به طول ۱۰ متر در ابتدا و انتهای هر کرت اصلی، جهت تصادفی بودن و ایجاد شرایط یکنواخت برای ژنوتیپ‌ها موردبررسی، کشت شد. راندمان آبیاری برای سیستم نشتی ۵۰٪ و برای سیستم قطره‌ای ۹۰٪ در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری مورداستفاده آبیاری قطره‌ای تیپ، با فاصله قطره‌چکان ۲ لیتر در ساعت استفاده شد. نیاز آبی با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه و بر اساس فرمول پنمن مانتیث محاسبه شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از مرحله استقرار بوته مرحله ۶-۴ برگی شروع و تا زمان برداشت ادامه یافت. پس از برداشت، ریشه‌ها به آزمایشگاه تکنولوژی قند کرج منتقل و وزن ریشه هر کرت پس از شستشو اندازه‌گیری شد. سپس میزان قند (SC) با استفاده از دستگاه بتالایزر (Betalyzer) بر اساس روش پلاریمتری بر حسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه اندازه‌گیری شد. عملکرد ناخالص شکر (SY) در هکتار با معادله ۱ تعیین شد (عبدالهیان نوقابی و همکاران، ۱۳۸۴):

معادله ۱ $$SY = — \times 100$$

که در آن RY و SY به ترتیب عملکرد ریشه و عملکرد شکر (تن در هکتار) و SC نیز میزان قند (٪) می‌باشد. شاخص حساسیت به خشکی (DSI) به‌عنوان معیاری برای ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی شناخته شده است (Tarkalson et al., 2014). ژنوتیپ‌های دارای DSI<1 نسبت به شرایط تنش خشکی مقاوم‌تر هستند (Okasha and Mubarak, 2018). DSI از اختلاف عملکرد شکر تحت تنش رطوبتی و شرایط رطوبت کامل با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد.

معادله ۲ $$DSI=\frac{1-(\frac{Xs}{Xp})}{1-(\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p})}$$

Xs: عملکرد شکر ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی

Xp: عملکرد شکر ژنوتیپ در شرایط رطوبت کامل

$\bar{Y}s$: میانگین عملکرد شکر همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی (I2، I3، I5، I6، I7 و I8)

$\bar{Y}p$: میانگین عملکرد شکر همه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل (I4) است.

برای مقایسه تفاوت عملکرد در آبیاری قطره‌ای و آبیاری نشتی، تمامی داده‌ها با استفاده از روش تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SAS v. 9.2 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در همین حال، مقادیر DSI برای هر ژنوتیپ با استفاده از طرح کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی محاسبه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تفاوت بین تیمارهای آبیاری برای عملکرد شکر معنی‌دار بود. برهمکنش بین ژنوتیپ×سال و آبیاری×سال برای عملکرد شکر معنی‌دار بود؛ اما بر همکنش ژنوتیپ×آبیاری از لحاظ عملکرد شکر معنی‌دار نبود (جدول ۲). همچنین تفاوت بین تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ‌ها به لحاظ کارایی

مصرف آب معنی‌دار بود. بر همکنش سال×آبیاری از برای کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲).

تفاوت میانگین عملکرد شکر در تیمار آبیاری قطره‌ای ۳۰ میلی-متر ۵۰٪ (I5) با مابقی تیمارهای آبیاری، معنی‌دار بود. کاهش عملکرد شکر در ژنوتیپ‌های چغندرقند در اثر کاهش مقدار آب نسبت به دورهای مختلف آبیاری، شدیدتر بود (شکل ۱). نتیجه این تحقیق به لحاظ تولید شکر نشان داد که اعمال تنش، تنها با کاهش مقدار آب مصرفی چغندرقند در تیمار I5 (آبیاری قطره‌ای ۳۰ میلی‌متر ۵۰٪ تأمین نیاز آبی گیاه چغندرقند) نسبت به مابقی تیمارهای آبیاری که تنش به‌صورت دور آبیاری اعمال شد، روشی مطمئن، مناسب و مؤثری بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط کم آبیاری، چغندرقند درجاتی از تنش آبی را تحمل می‌کند. پژوهشگران دیگر نیز بیان کردند که گیاهان می‌توانند تنش آبی را فقط تا یک حد معین (سطح آستانه) تحمل کنند و فراتر از آن، کاهش شدید عملکرد وجود دارد (Wakchaure et al., 2018; Mohawesh, 2018).

تفاوت حجم آب مصرفی تیمارهای آبیاری با دورهای مختلف چه در روش نشتی (I1، I2 و I3) و چه روش آبیاری قطره‌ای (I4، I6، I7 و I8) قابل‌اغماض بود؛ اما تفاوت تیمارهای موصوف با تیمار I5 (آبیاری قطره‌ای ۳۰ میلی‌متر ۵۰٪ تأمین نیاز آبی گیاه چغندرقند) معنی‌دار بود (شکل ۲)؛ بنابراین، تنش آبی به‌عنوان یک عامل عمده محدودکننده محیطی (تنش غیرزنده) در تولید چغندرقند (Pidgeon et al., 2001) در تیمار I5 اتفاق افتاده که با محدود کردن رشد برگ و ریشه، بر عملکرد و تجمع ساکارز در چغندرقند تأثیر گذاشته است (Karagöz et al., 2018). تحقیقات بسیاری در شرایط تنش آبی کاهش عملکرد نهایی شکر را نسبت به پتانسیل آن گزارش کرده‌اند (Hosseini et al., 2019; Hoffmann., 2010).

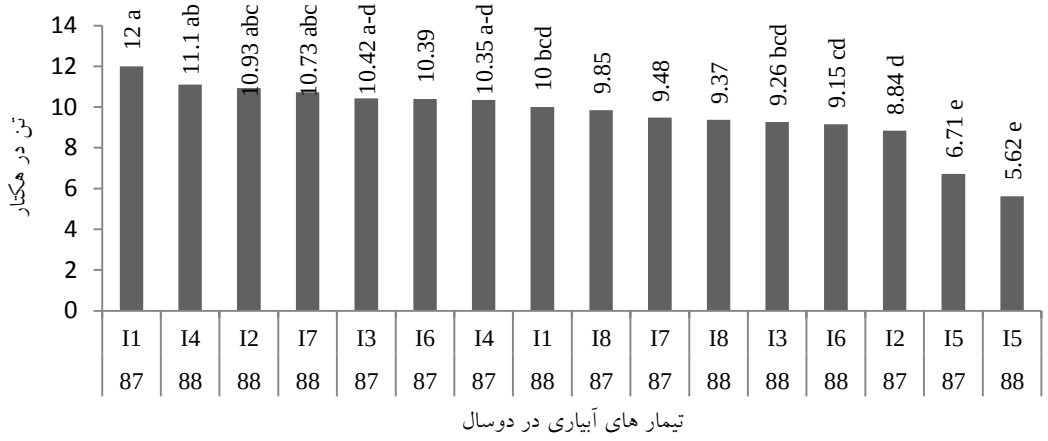
جدول ۱- مشخصات تیمارهای مختلف آبیاری مورداستفاده در این تحقیق

تیمارهای آبیاری	شرح تیمارهای آبیاری
I1	آبیاری نشتی پس از تبخیر تجمعی ۸۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I2	آبیاری نشتی پس از تبخیر تجمعی ۱۳۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I3	آبیاری نشتی پس از تبخیر تجمعی ۱۸۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I4	آبیاری قطره‌ای پس از تبخیر تجمعی ۳۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I5	آبیاری قطره‌ای پس از ۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی با تأمین ۵۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I6	آبیاری قطره‌ای پس از تبخیر تجمعی ۸۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I7	آبیاری قطره‌ای پس از تبخیر تجمعی ۱۳۰ میلی‌متر با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه
I8	آبیاری قطره‌ای پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی با تأمین ۱۰۰ درصد آب موردنیاز گیاه

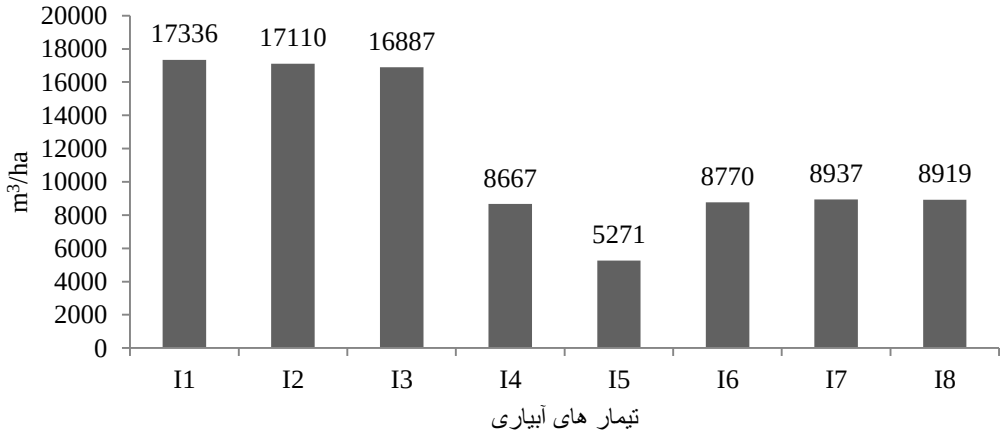
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندرقند با روش‌های مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد شکر	کارایی مصرف آب
سال	۱	۳/۵۰^{ns}	۱۰۰۲۸۷۰۱/۴۱**
تکرار (سال)	۶	۲۰/۶۳	۳۰۹۴۱۳/۵۲
آبیاری	۷	۷۰/۵۴*	۳۱۶۳۴۵۷/۹۶*
سال×آبیاری	۷	۱۶/۳۸**	۴۹۳۹۸۳/۲۰**
تکرار×آبیاری (سال)	۴۲	۵/۰۱	۷۱۱۲۷/۲۳
ژنوتیپ	۳	۳۸/۲۰^{ns}	۴۴۹۷۵۶/۸۰*
آبیاری× ژنوتیپ	۲۱	۱/۶۹^{ns}	۳۵۳۱۹/۳۸^{ns}
سال× ژنوتیپ	۳	۶/۲۲**	۴۲۲۴۷/۹۸^{ns}
سال× ژنوتیپ ×آبیاری	۲۱	۱/۴۲^{ns}	۱۸۰۸۷/۹۵^{ns}
خطای کل	۱۴۴	۱/۵۴	۱۷۷۳۷/۱۵

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد شکر با روش‌های مختلف آبیاری در دو سال

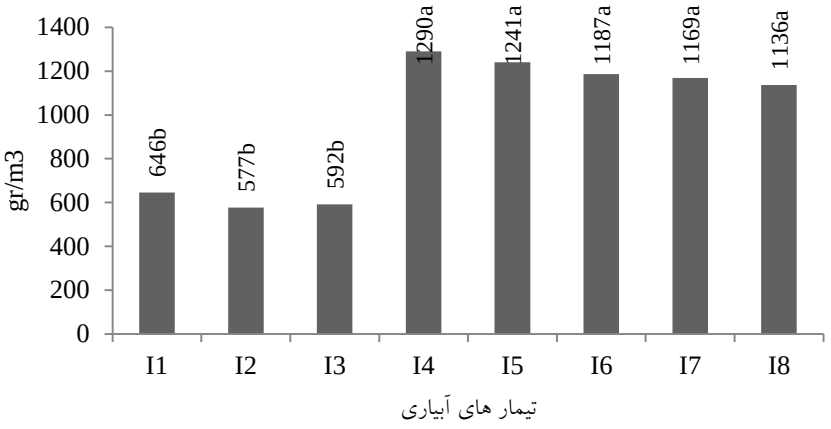


شکل ۲- مقایسه میانگین مصرف آب تیمارهای مختلف آبیاری

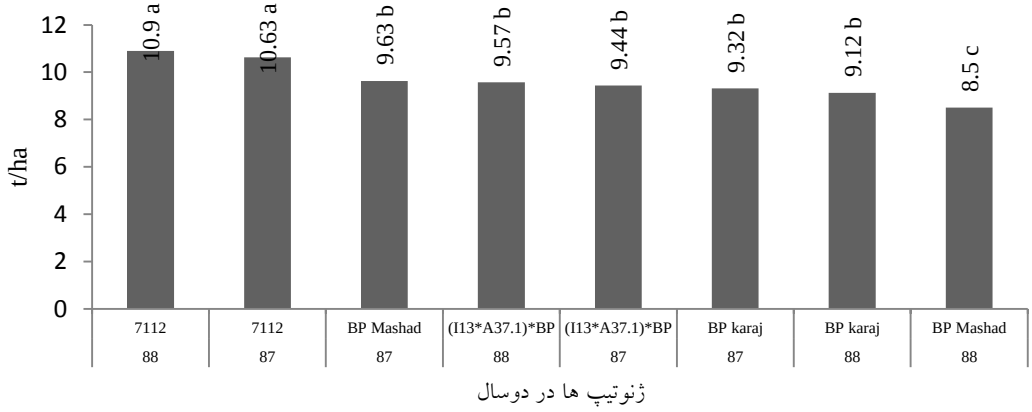
میزان ماده خشک یا در اینجا شکر تولیدشده به ازاء هر واحد آب مصرف‌شده به‌عنوان مهم‌ترین عامل تشخیص در برتری یک روش یا نظام آبیاری در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق استفاده از روش آبیاری قطره‌ای علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت آبیاری نشتی شد. لیکن اعمال دور-های مختلف آبیاری و یا کم آبیاری با کاهش مقدار آب مصرفی چغندرقند، تأثیری بر کارایی مصرف آب چغندر نداشت (شکل ۳)؛ بنابراین، با کم آبیاری که یکی از شیوه‌های مهم مدیریت آبیاری است، در راستای حفظ آب و حفظ تولید پایدار شکر برای مناطق کم آب کشور می‌تواند قابل توصیه باشد. این یافته توسط پژوهشگران دیگر نیز بیان شده است (Costa et al., 2007).

بیشترین عملکرد شکر با روش‌های مختلف آبیاری در دو سال آزمایش، به ژنوتیپ 7112 مربوط بود. تفاوت رقم موصوف با سایر ژنوتیپ‌ها ((BP(I13*A37.1)، BP Mashad و BP karaj) معنی-دار بود (شکل ۴).

عملکرد شکر ژنوتیپ‌ها در تیمار بدون تنش I4 و شدیدترین کم آبیاری به روش دور آبیاری شامل تیمارهای آبیاری نشتی I3 و آبیاری قطره‌ای I8 و همچنین تنش با مقدار آب آبیاری در تیمار قطره‌ای I5 در نمودار ۵ نشان داده شده است. روند کاهشی عملکرد شکر بسته به‌شدت و مدت تنش خشکی می‌تواند از خفیف در تیمارهای I3 و I8 تا شدید در تیمار I5 نسبت پتانسیل عملکرد در آبیاری کامل متغیر باشد (شکل ۵). این یافته توسط پژوهشگران دیگر نیز بیان شده است (Jaleel and Llorente, 2009). ارتباط بین عملکرد شکر و مقدار آب مصرفی در تیمار I5 مشابه بسیاری از پاسخ‌های عملکردی در طیفی از عوامل محدودکننده عملکرد (به‌عنوان مثال، نیتروژن) (Dobermann et al., 2011) بود. این

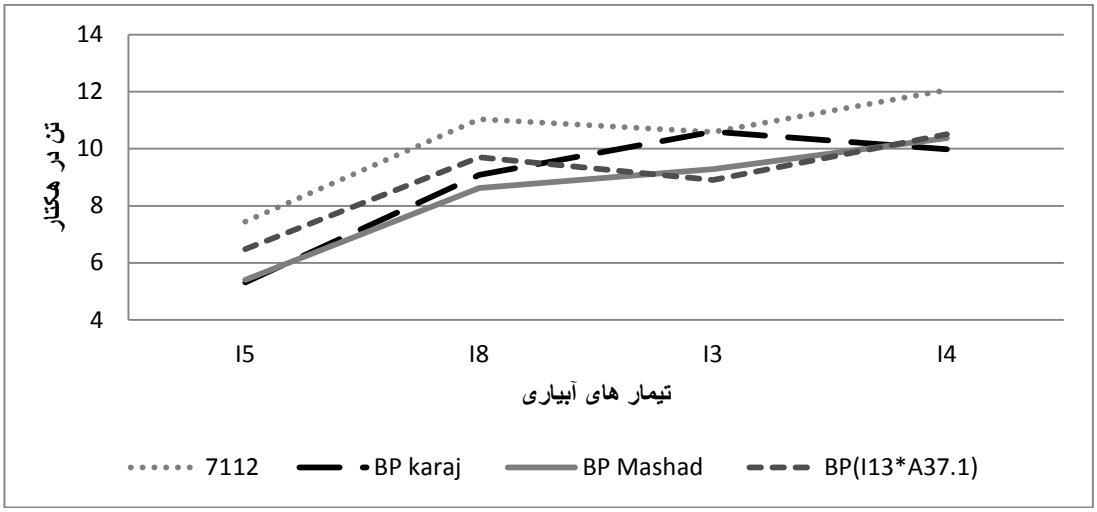


شکل ۳- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری



شکل ٤- مقایسه میانگین عملکرد شکر با ژنوتیپ‌های مختلف در دو سال

نتایج به‌خوبی با نتایج پژوهشگران دیگر مبنی بر اینکه کاهش مصرف آب منجر به کاهش عملکرد می‌شود، مطابقت دارد (Hosseini et al., 2019; Ober et al., 2004; Pidgeon et al., 2006; Ucan and Gencoglan, 2004). به‌عبارت‌دیگر، عملکرد شکر در گیاه چغندرقند با استفاده از مقدار آب مصرفی و جذب‌شده از خاک رابطه مثبت دارد (Mahmoud et al., 2018; Ober et al., 2005). همان‌طور که مشاهده می‌شود، ژنوتیپ 7112 نسبت به (I13 *BP(A37.1 * و BP کرج متحمل‌تر است و با افزایش مقدار آب آبیاری، تفاوت عملکرد شکر افزایش می‌یابد. ژنوتیپ 7112 در شرایط کم آبیاری نسبت به ژنوتیپ BP مشهد حساسیت کمتری به خشکی دارد؛ اما با افزایش مقدار آب آبیاری، تفاوت عملکرد شکر بین دو ژنوتیپ کاهش یافت؛ بنابراین، ژنوتیپ BP مشهد که تقریباً کمترین عملکرد را در شرایط کم آبیاری داشت، ممکن است لزوماً کمترین عملکرد شکر را در آبیاری کامل (تغییر شرایط محیطی) نداشته باشد (شکل ۵). شاید به همین دلیل، اعمال تنش آبی برای بهبود درک ما از چگونگی تأثیر خشکی بر ویژگی‌های عملکرد اکولوژیکی گیاه ضروری باشد (Marchin et al., 2020). به هر حال ژنوتیپ‌های با تغییرات کمتر عملکرد در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی در برنامه‌های اصلاحی در مناطق مستعد تنش خشکی حیاتی هستند. شاید سطح تنش خشکی قابل پیش‌بینی نباشد؛ بنابراین، ارزیابی ژنوتیپ‌های چغندرقند در تنش خشکی توصیه می‌شود. ژنوتیپی که در شرایط مطلوب و تنش خشکی نوسانات عملکرد کمی را نشان دهد، می‌تواند متحمل به خشکی در نظر گرفته شود.

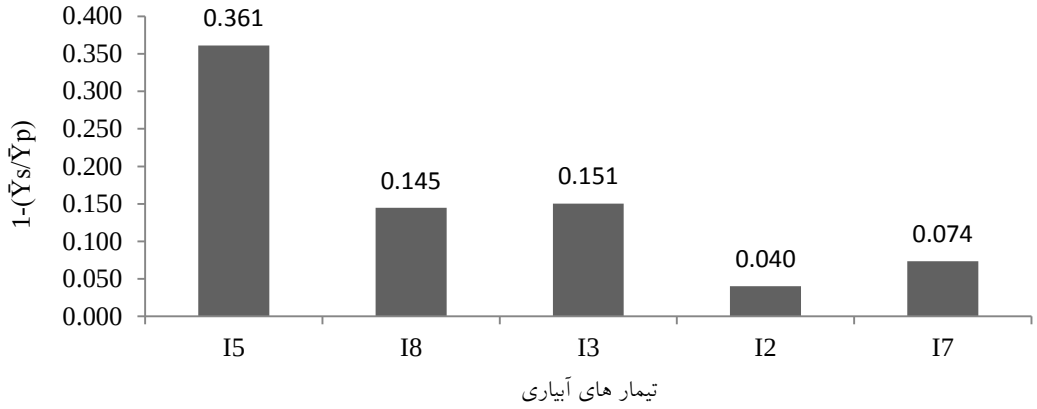


شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد شکر ژنوتیپ‌ها در سطوح تنش و آبیاری کامل

برای دستیابی به عملکرد بالا در شرایط کم‌آبی که از اهداف اصلی اصلاح نباتات است (Ashraf., 2010; Cattivelli et al., 2008; Kirda, 2002)، بایستی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها با اعمال تنش مؤثر و شاخص‌های مناسب، مقایسه و ارزیابی شوند (Vahidi et al., 2013). شاخص DSI، یکی از شاخص‌های رایج در شناسایی ژنوتیپ‌ها با عملکرد پایدار در شرایط محدودیت آب معرفی‌شده است (Siahpoosh et al., 2011; Okasha and Mubarak, 2018). با توجه به مخرج فرمول محاسبه DSI{1-(Ȳs/Ȳp)}مشخص شد که هرچقدر عدد حاصل از مخرج فرمول بزرگ‌تر باشد، شرایط تنش شدید خواهد بود؛ بنابراین، میانگین محاسبه‌شده مخرج فرمول {1-(Ȳs/Ȳp)}برای تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که شدت تنش از خفیف در تیمارهای I3 و I8 تا شدید در تیمار I5 نسبت به تیمارهای I2 و I7 متغیر بود (شکل ۶). در شاخص DSI برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ در شرایط سطوح مختلف آبیاری کامل و تنش، شدت تنش خشکی بسیار مهم است (Okasha and Mubarak, 2018; Tarkalson et al., 2014). تا غربالگری که بخشی ضروری از برنامه‌های اصلاحی در بهبود تحمل به خشکی است (Abbasi et al., 2018)، انتخاب مناسب ژنوتیپ‌ها صورت گیرد. پژوهشگران دیگری نیز بر این مهم که انتخاب سیستم آبیاری و سطح مناسب تنش آبی در ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی ضروری است، تأکید نموده‌اند (Parkash and Singh, 2020). در تیمارهای آبیاری I6، I7 و I8 با توجه به مقدار آب مصرفی هر یک از تیمارهای آبیاری (شکل ۲) و عملکرد شکر (شکل ۱) و 1-(Ȳs/Ȳp) محاسبه‌شده، نشان داد که کاهش عملکرد شکر با تنش آبی اعمال‌شده به روش آبیاری قطره‌ای ۳۰ میلی‌متر ۵۰٪ تأمین نیاز آبی گیاه چغندرقند (I5) (روش تنش خشکی فقط با کاهش مقدار آب) نسبت به مابقی روش‌های آبیاری که اعمال تنش به‌صورت دور آبیاری انجام شد، شدیدتر بود. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد که اصلاح‌کنندگان هنگام انتخاب ژنوتیپ‌های چغندرقند متحمل به خشکی باید به‌شدت تنش خشکی توجه نمایند؛ بنابراین، شناسایی ژنوتیپ‌های مختلف در معرفی ارقام متحمل به خشکی، مستلزم ارزیابی پایداری عملکرد شکر آن‌ها در شرایط کم آبیاری است که مورد تأکید پژوهشگران دیگر نیز می‌باشد (Vahidi et al., 2013).

بر همین اساس DSI ژنوتیپ‌ها برای سه تیمار تنش I3، I8 و I5 محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل آبیاری× ژنوتیپ برای شاخص حساسیت به خشکی (DSI) محاسبه‌شده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ اما تفاوت بین چهار ژنوتیپ به لحاظ تحمل به خشکی معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در تیمار آبیاری I3 با تنش خفیف، BP کرج نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حساسیت کمتری به خشکی داشت و تفاوت آن با ژنوتیپ دیگر معنی‌دار بود. در تیمار آبیاری I5 با تنش شدید، بین ژنوتیپ‌ها به لحاظ تحمل به خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار آبیاری I8 با تنش خفیف، ضریب حساسیت به خشکی برای ژنوتیپ-های 7112 و BP*(I13*A37.1) نسبت به ژنوتیپ BP مشهد پایین بود (شکل ۷).



شکل ٦- مقایسه میانگین ضریب شدت تنش (1-(Ȳs/Ȳp)) در تیمارهای تنش آبیاری به آبیاری کامل

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص حساسیت به خشکی (DSI) محاسبه‌شده برای ژنوتیپ‌های چغندرقند در تیمارهای آبیاری I3، I5 و I8

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		شاخص حساسیت به خشکی
سال	۱	۵/۴۴^{ns}
تکرار (سال)	۶	۱/۶۵
آبیاری	۵	۱/۲۲^{ns}
ژنوتیپ	۳	۰/۷۱^{ns}
آبیاری× ژنوتیپ	۱۵	۰/۸۵*
سال×آبیاری	۵	۱/۲۱ ^{ns}
سال× ژنوتیپ	۳	۰/۱۸^{ns}
سال× ژنوتیپ ×آبیاری	۱۵	۰/۱۸^{ns}
خطای کل	۶۶	۰/۴۵۸

**,*و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار

شکل ۷- مقایسه میانگین DSI ژنوتیپ‌ها در تیمارهای مختلف تنش آبیاری

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط کم آبیاری، چغندرقند درجاتی از تنش آبی را تحمل می‌کند. گیاه چغندرقند می‌تواند تنش آبی را فقط تا یک حد معین (سطح آستانه) تحمل نماید و فراتر از آن، کاهش شدید عملکرد وجود دارد. کاهش عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندرقند با کاهش میزان آب مصرفی (تیمار I5) نسبت به تیمارهای با طولانی کردن دور آبیاری، شدیدتر بوده و پاسخ مؤثرتری در تمایز میانگین ژنوتیپ‌ها به لحاظ عملکرد شکر حاصل شد. بر همین اساس، روش‌ها آبیاری نشتی (I2 و I3) و قطره‌ای (I6، I7 و I8) برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندرقند، روش مؤثر و کارآمدی محسوب نمی‌شوند. بر اساس شاخص DSI، تفاوت بین چهار ژنوتیپ به لحاظ تحمل به خشکی معنی‌دار نبود. روش آبیاری قطره‌ای علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت آبیاری نشتی شد؛ اما اعمال دورهای مختلف آبیاری و یا کم آبیاری با کاهش مقدار آب مصرفی چغندرقند، تأثیری بر کارایی مصرف آب چغندر نداشت. در نهایت، آبیاری قطره‌ای پس از تبخیر تجمعی ۳۰ میلی‌متر با تأمین ۵۰ درصد آب موردنیاز گیاه را می‌توان به‌عنوان روش و سطح مناسب برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تولید ارقام با عملکرد شکر بالا توصیه کرد. همچنین مزیت بارز این مدل خشک‌سالی مبتنی بر خاک، شباهت نزدیک شرایط تجربی به خشک‌سالی واقعی در طبیعت و کشاورزی است.

منابع

عبدالهیان نوقابی م.، شیخ الاسلامی. و بابایی ب. ۱۳۸۴. اصطلاحات و تعاریف کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقند، اختصارات فنی. مجله چغندرقند . ۲۱(۱): ۱۰۴-۱۰۱.

Abbasi, Z., Golabadi, M., Khayamim, S. and Pessarakli, M. 2018.The response of drought-tolerant sugar beet to salinity stress under field and controlled environmental conditions.Journal of plant nutrition. 41(20): 2660-2672. Doi: 10.1080/01904167.2018.1497174

Araus, J.L., Villegas, D., Aparicio, N., Garci`adel Moral, L.F., El Hani Rharrabti, Y., FerrioP, J.P. and Royo, C. 2003. Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Crop Science. 43: 170–180.

Ashraf, A. 2010.Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. Biotechnology Advances. 28: 169–183.

Blum, A. 1988.Plant Breeding for Stress Environments, CRC Press, London.

Bloch, D. and Hoffmann, C.M. 2005. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (Beta vulgaris L.) and their interaction with water supply. Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 263-272.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A. and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105: 1-14.

Costa, J.M., Ortuño, M.F. and Chaves, M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. Journal of Integrative Plant Biology. 49: 1421–1434.

Dobermann, A., Wortmann, C.S., Ferguson, R.B., Hergert, G.W., Shapiro, C.A., Tarkalson, D.D. and Walters, D. 2001. Nitrogen response and economics for irrigated corn in Nebraska. Agronomy Journal. 103:67-75.

Dunham R.J. Water Use and Irrigation.In Cook, D.A. and Scott, R.K. (Eds.). 1993. The Sugar Beet Crop, Principle and Practice. Chapman and Hall, London, pp. 279

Hills, F.J., Winter, S.R. and Henderson, D.W. 1990. Sugar beet.In B.A. Stewart, and D.R. Nielsen (Eds.), Irrigation of Agricultural Crops.Madison, Wisconsin, USA. 795-810.

Hoffmann, C.M. 2010. Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science. 196: 243–252.

Hosseini, S.A., Elise, R., Sylvain, P., Nusrat, A., Bastien, B. and Jean-Claude, Y. 2019. Calcium application enhances drought stress tolerance in sugar beet and promotes plant biomass and beet root sucrose concentration. International Journal of Molecular Science. 20: 37-77. Doi: 10.3390/ijms20153777

Jaleel, C.A. and A Llorente, B.E. 2009. Drought stress in plants: A review on water relations. Bioscience Research. 6: 20-27.

Karagöz, H., Çakmakci, R., Hosseinpour, A. and Kodaz, S. 2018. Alleviation of water stress and promotion of the growth of sugar beet (Beta vulgaris L.) plants by multi-traits. Applied Ecology and Environmental Research. 16(5): 6801-6813. doi.org/10.15666/aeer/1605_68016813

Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerence. In Deficit irrigation practices.FAO.

tolerance. Field Crops Research. 95: 268-279.

Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H. and Jones, P.D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe 1961–1995. Agricultural and Forest Meteorology. 109: 27–37.

Putnik-Delic, M., Maksimovic, I., Nagl, N. and Lalic, B. 2018. Sugar Beet Tolerance to Drought: Physiological and Molecular Aspects. In. Plant, Abiotic Stress and Responses to Climate Change. doi:10.5772/intechopen.72253, 69-88

Rizza, F., Badeck, F.W., Cattivelli, L., Li Destri, O., Di Fonzo, N. and Stanca, A.M. 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. Crop Science. 44: 2127–2137.

Salter. O.J. and Goode, J.E. 1976. Crop Response to Water Different Stages of Growth.Research Review, No: 2. Common wealth Agricultural Bureau, Farnham Royal. pp. 246

Siahpoosh.M.R. Dehghanian, E. and Kamgar, A. 2011.Drought tolerance evaluation of bread wheat genotypes using water use efficiency, evapotranspiration efficiency, and drought susceptibility index.Crop Science. 51: 1198-1204.

Tarkalson, D.D., Eujayl, I., Beyer, W. and King B.A. 2014. Drought Tolerance Selection of Sugar beet Hybrids.Journal of Sugar Beet Research. 51 (1and 2): 14-30.

Ucan, K. and Gencoglan, C. 2004. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 163-172.

Vahidi, H., Rajabi, A., Haj, M.R., Hadi, S., FathollahTaleghani, D. and Azadi, A. 2013.Screening of sugar beet genotypes for drought tolerance. The International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6(16): 1104-1113.

Wakchaure, G., Minhas, P., Meena, K.K., Singh, N.P., Hegade, P.M. and Sorty, A.M. 2018. Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (Allium cepa L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio–regulators. Agricultural Water Management. 199: 1–10.

Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants, The Annual Review of Plant Biology. 53: 247–273.

Mahmoud, E.S.A., Hassanin, M.A., Borham, T.I. and Emara, E.I.R. 2018. Tolerance of some sugar beet varieties to water stress. Agricultural Water Management. 201: 144–151

Marchin, R.M., Ossola, A., Leisshman, R.L. and Ellsworth, D.S. 2020.A simple method for simulating drought effects on plant. Forntiers in plant science.doi: 10.3389/fPls.2019.01715

Mohawesh, O. 2018.Utilizing deficit irrigation to enhance growth performance and water-use efficiency of eggplant in arid environments. J. Agric. Science and Technology. 18: 265–276.

Motzo, R., Giunta, F. and Deidda, M. 2001.Factors affecting the genotype × environment interaction in spring triticale grown in a Mediterranean environment.Euphyitica. 121: 317–324.

Moutonnet, P. 2002. Yield response factors of field crops to deficit irrigation. In Deficit Irrigation practices.FAO. Rome, Italy. 11-15.

Neupane, J. and Guo, W. 2019. Agronomic Basis and Strategies for Precision Water Management: A Review. Agronomy. 9 (2), 87.Doi: 10.3390/agronomy9020087

Ober, E.S. and Rajabi, A. 2010.Abiotic stress in sugar beet. Sugar Tech. 12: 294-298. Doi 10.1007/s12355-010-0035-3.

Ober, E.S., Clark, C.J.A., Le Bloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W. and Pidgeon, J.D. 2004.Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crop Research. 90: 213-234.

Ober, E.S., Le Bloa, M., Clark, C.J.A., Royal, A., Jaggard, K.W. and Pidgeon, J.D. 2005.Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet.Field Crops Research. 91: 231–249.

Okasha, S.A. and Mubarak, M.H. 2018.Evaluation of Some Sugar Beet Genotypes under Drought Stress Based on Selection Indices.Journal of Agronomy Research. 1: 34-47. Doi: 10.14302/issn.2639-3166.jar-18-2083

Parkash, V. and Singh, S.A. 2020.Review on Potential Plant-Based Water Stress Indicators for Vegetable Crops.www.mdpi.com/journal/sustainability, doi: 10.3390/su12103945

Pidgeon, J.D., Ober, E.S., Qi, A., Clark, C.J.A., Royal, A. and Jaggard, K.W. 2006.Using multi environment sugar beet variety trials to screen for drought

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 16, Dec.-Jan. 2022, p. 1055-1065

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۶، آذر - دی ۱۴۰۱، ص. ۱۰۶۵-۱۰۵۵

Evaluation of the Effective Drought Stress Level for Drought Tolerance of Sugar Beet Genotypes

M. R. Mirzaeia[1*], A. GhadamiFirouzabadi[2]

Recived: Aug.16, 2022 Accepted: Nov.01, 2022

Abstract

Water scarcity is a major limiting factor for agriculture in all arid and semi-arid regions of the world. Identification of various genotypes to produce drought-tolerant cultivars requires an assessment of their sugar yield under deficit irrigation conditions. Implementation of irrigation system and an appropriate level of water stress are therefore absolutely necessary in assessing genotypes for drought tolerance. For this purpose, four genotypes under eight irrigation treatments in a split plot design based on a Randomized Complete Block with four replications during the years 1387 and 1388 the Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources Hamadan were evaluated.Eight irrigation treatments consisted of three treatments of furrow irrigation after 80, 130 and 180 mm, two treatments of tape irrigation, including irrigation after 30 mm with 100%and irrigation after 30 mm with 50% supply of water requirement of sugar beet and three tape irrigation treatments including 80, 130 and 180 mm cumulative evaporation from the evaporation pan in main plots and four genotypes in sub plots .The results showed that the interaction between genotypes and irrigation for the drought susceptibility index (DSI) was significant at 5% probability level. Reduced sugar yield of sugar beet genotypes caused by reduction of the amount of water (30mm tape irrigation with 50% of supply of water requirement) was more severe than the different irrigation intervals. Furrow irrigation is not an efficient and effective method of evaluating drought tolerance of sugar beet genotypes. Therefore, in order to evaluate drought tolerance of genotypes in breeding programs and produce drought-tolerant genotypes, tape irrigation method after 30 mm cumulative evaporation with supplying 50% of the plant water requirement, is introduced and recommended as an appropriate method and drought stress level.

Keywords: Different irrigation intervals, Drought susceptibility index, Sugar yield, Tape irrigation

1- Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: mirzaie_1346@yahoo.com)