

ارزیابی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندر قند

Evaluation of drought tolerance criteria in sugar beet genotypes

مستانه شریفی^۱، منوچهر خردنام^۱، محمود مصباح^۲ و جواد گوهری^۲

چکیده

در بهار ۱۳۸۱، به منظور تعیین بهترین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندر قند، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی شیراز-زرقان انجام گرفت. سه رژیم آبیاری شامل: - آبیاری در حد بهینه، - آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی بهینه (تنش ملایم) - آبیاری به میزان ۵۰٪ نیاز آبی بهینه (تنش شدید)، به کرت‌های اصلی و ده ژنوتیپ چغندر قند به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند. تنش آبی از مرحله شش برگی آغاز شد و در تمام طول فصل رشد ادامه یافت. شش شاخص تحمل به خشکی شامل شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین حسابی بهره‌وری (MP)، تحمل (TOL) و میانگین هارمونیک (Harm)، بر اساس صفت عملکرد شکر سفید در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. اثر تنش آبی به طور مؤثر بر روی عملکرد شکر مشخص شد. نتایج همبستگی بین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و عملکرد شکر سفید در سه شرایط رطوبتی نشان داد که شاخص‌های STI، MP، GMP و Harm همبستگی بالایی با عملکرد شکر سفید در هر سه شرایط داشتند و لذا به عنوان بهترین شاخص‌ها می‌توانند جهت دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا، در هر سه شرایط رطوبتی به کار روند. ولی با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی شاخص STI با دیگر شاخص‌ها، این شاخص، اهمیت بیشتری دارد. از طریق تکنیک آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای پلات، ژنوتیپ‌های BP-7221-I-79، مشهد و رسول، (شاهد) به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد شکر سفید بالا در هر سه شرایط رطوبتی معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، عملکرد شکر سفید، شیراز، ژنوتیپ و بهره‌وری

مقدمه

اجتناب از خشکی مهم تر هستند که عمدتاً آب را برای رشد زایشی گیاه ذخیره می کنند. این مکانیزمها شامل کاهش در پنجه زنی، تغییر حالت برگ در جهت کاهش تلفات ناشی از تعرق، کاهش قطر آوندهای چوبی ریشه های اولیه و زودرسی می باشند (عبدمیشانی و همکاران ۱۳۷۶).

چغندر قند گیاه مناطق معتدله است که به محدوده وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار است و در برابر تنش های محیطی، گیاهی مقاوم و سرسخت می باشد (Cooke et al. 1993). گیاهان زراعی مختلف ممکن است عکس العمل های متفاوتی در مقابل کم آبیاری و در نتیجه تنش کم آبی از خود نشان دهند. چغندر قند نیز از این امر مستثنی نیست. به همین دلیل به نژادگران چغندر قند به دنبال شاخص ها و خصوصیات هستند که به توان از آن ها در انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده نمایند (برادران فیروزآبادی ۱۳۸۱).

برای انتخاب براساس عملکرد، شاخص های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص ها، عملکرد گیاه در دو محیط تنش و بدون تنش را در بر می گیرند. صادقان و همکاران (Sadeghian et al. 1999) اظهار داشتند که ژنوتیپ های چغندر قند می توانند در چهار گروه بر طبق عملکردشان در شرایط تنش و مطلوب رطوبتی قرار گیرند:

الف) ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط

تنش خشکی، از مهم ترین و رایج ترین تنش های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت رو به رو ساخته و بازدهی مناطق خشک و نیمه خشک را کاهش می دهد. تحمل نسبی به خشکی یکی از خصوصیات مهم برای اکثر گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود و اخیراً اثر خشکی به عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در چغندر قند مشخص شده است، لذا تعیین تحمل نسبی هر ژنوتیپ به خشکی امری ضروری است (Ober et al. 2002). به علاوه با مشخص شدن میزان تحمل به خشکی در ژنوتیپ های مورد بررسی برای مناطقی که احتمال کمبود آب در مراحل حساس رشدی بالا بوده و یا کمبود آب مانع کشت گیاه می شود، می توان با اطمینان بیشتری اقدام به کشت ارقام مورد نظر نمود. (Sadeghian et al. 2000)

واکنش های کلی به تنش آب تقریباً همیشه منجر به تطابق گیاه با مصرف و ذخیره آب می شود، به گونه ای که به کامل شدن چرخه زندگی کمک کرده و تکثیر گونه ها را تضمین می کند (Cook et al. 1993). پیشرفت و توسعه ژنتیکی برای تحمل تنش در گیاهان زراعی، نیازمند تشخیص مکانیزم های فیزیولوژیک مناسب تحمل تنش و انجام آزمایش برای چنین مکانیزم هایی است. گیاهان زراعی به وسیله مکانیزم های مختلفی در مقابل خشکی پایداری می کنند. در محیط هایی که تنش شدید و مداوم در کل دوره رشد گیاه وجود دارد، مکانیزم های

به تنش در بسیاری از موارد منفی است، لذا انتخاب براساس اختلاف عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش معمولاً باعث کاهش عملکرد در شرایط غیرتنش و افزایش عملکرد در محیط‌های تحت تنش می‌گردد. ایشان هم چنین بیان نمودند که مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش است، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس مقادیر کم TOL خواهد بود. انتخاب براساس TOL برای ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش پتانسیل عملکرد پائین و در شرایط تنش پتانسیل عملکرد بالا دارند، مطلوب است. شاخص MP نیز باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب دارند ولی عملکرد کمی در شرایط نامطلوب دارند، به طوری که در بسیاری از موارد همبستگی‌های بین میانگین عملکرد و عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش مثبت خواهد بود. بنابراین انتخاب بر اساس MP میانگین تظاهر را در هر دو محیط تنش و غیرتنش افزایش می‌دهد (Fernandez 1992). برای حل این مشکل فرناندز شاخص میانگین عملکرد هندسی (Geometric Mean Productivity = GMP) را پیشنهاد نمود. این شاخص حساسیت کم‌تری به مقادیر بالاتر عملکرد دارد در حالی که شاخص MP که براساس میانگین حسابی می‌باشد هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش باشد دارای اریبی به طرف بالا خواهد بود.

ب) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر در شرایط بدون تنش
 ج) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد نسبی بالا در شرایط تنش
 د) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پائین در هر دو شرایط
 و در کل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط رطوبتی برای اهداف اصلاحی مفید می‌باشند (Fernandez 1992, Sadeghian et al. 1999 و Sadeghian et al. 2000).
 فیشر و مورر (Ficher and Maurer 1978)، شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index = SSI) را پیشنهاد کردند. مقدار کم‌تر این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و شرایط مطلوب می‌باشد. فیشر و مورر اظهار داشتند که در برخی شرایط رابطه مثبت بین عملکرد در شرایط تنش و SSI مشاهده می‌شود و بیان نمودند که این حالت زمانی روی می‌دهد که برخی صفات برای عملکرد در شرایط تنش خشکی مناسب بوده ولی در شرایط عدم تنش مناسب نیستند. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin 1981)، جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و غیرتنش، شاخص تحمل (Stress Tolerance = TOL) و شاخص متوسط بهره‌روی (Mean Productivity = MP) را معرفی نمودند. روزیل و هامبلین اظهار داشتند که چون همبستگی ژنتیکی عملکرد در شرایط غیرتنش با تحمل

کرج و مشهد، شاخص های STI، MP و GMP بهتر از سایر شاخص ها توانستند عملکرد شکر سفید را در شرایط تنش پیش بینی کنند. فتوحی (۱۳۷۸) در ارزیابی ژرم پلاسماهای چغندر قند از نظر مقاومت به شوری، شاخص های GMP و STI را برای شناسایی ارقام با عملکرد بالا و متحمل به شوری مناسب تشخیص داد.

هدف از این مطالعه بررسی همبستگی شاخص های کمی تحمل به خشکی با عملکرد شکر سفید و تعیین بهترین شاخص ها و هم چنین تعیین ژنوتیپ های چغندر قند متحمل به خشکی با پتانسیل عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش بوده است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر ژنوتیپ های چغندر قند، این آزمایش در سال ۱۳۸۱ در ایستگاه تحقیقاتی زرقان شیراز انجام گرفت. با توجه به اهداف این آزمایش، با استفاده از یک طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی، اثر سه سطح آبیاری (کرت های اصلی) بر روی ۱۰ ژنوتیپ چغندر قند (کرت های فرعی) در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. سطوح آبیاری عبارت بودند از: - آبیاری در حد بهینه، - آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی بهینه (تنش ملایم) و - آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی بهینه گیاه (تنش شدید). قابل ذکر است که نوع خاک مزرعه،

فرناندز شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index= STI) را بر اساس GMP بنا گذاشت لذا همبستگی بین STI و GMP بسیار بالا (نزدیک ۱) می باشد، و بر اساس شاخص STI، ژنوتیپ های پایدارتر دارای مقادیر بالاتری از این شاخص هستند.

عمل انتخاب برای مکانیزم تحمل به خشکی در برنامه های به نژادی به دلیل عدم وجود ساز و کارها و روش های آزمایشگاهی مناسب، محدود است. فقدان ژنوتیپ هایی که به توانند در مراحل مختلف رشد به تنش محیطی واکنش نشان دهند نیز مزید بر علت است. احتمال این که ژن های مقاومت به خشکی در یک گیاه جمع شده و توسط روش های فیزیولوژیک شناخته شود، بسیار کم است، به همین دلیل عملکرد و پایداری و ثبات عملکرد تحت شرایط تنش محیطی ضابطه خاصی برای انتخاب گیاهان متحمل به خشکی در برنامه های اصلاحی می باشد (عبدمیشانی و همکاران ۱۳۷۶).

صادقیان و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که شاخص STI به علت همبستگی معنی دار و مثبت با عملکرد شکر سفید در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و هم چنین همبستگی مثبت و معنی دار با MP نسبت به شاخص های SSI، TOL و YSI (شاخص پایداری عملکرد)، پیشنهاد مناسب تری است. وزان (۱۳۸۱)، بیان داشتند که در تنش های اوائل فصل رشد در دو منطقه

با توجه به این که پتانسیل واقعی تولید شکر سفید در واحد سطح، مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندر قند می‌باشد و هم چنین این شاخص از حاصل ضرب دو صفت عملکرد ریشه و درصد قند قابل استحصال حاصل می‌گردد (Cook et al. 1993)، لذا با توجه به اهمیت این شاخص، در محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد شکر سفید مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین در این پژوهش ابتدا با استفاده از عملکرد شکر سفید در شرایط آبیاری مطلوب (WsyP) و شرایط آبیاری محدود به ترتیب تنش ملایم (WsyS1) و تنش شدید (WsyS2)، شاخص‌های کمی تحمل به خشکی به صورت زیر محاسبه شدند:

الف) شاخص حساسیت به تنش

(Fischer and Maurer 1978)

$$SI = 1 - \frac{\overline{Wsy_s}}{\overline{Wsy_p}}$$

$$SSI = [1 - (\overline{Wsy_s} / \overline{Wsy_p})] / SI$$

در فرمول فوق SI معادل شدت تنش (Stress Intensity)، \overline{Wsy} میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، $\overline{Wsy_p}$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری بهینه، Wsy_s و Wsy_p به ترتیب عملکرد ژنوتیپ مورد نظر تحت شرایط مطلوب و تنش رطوبتی می‌باشد. مقادیر SI از صفر تا یک تغییر می‌کند.

ب) شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (Rosielle & Hamblin 1981):

Fine, carbonatic, thermic Typic Calcixerpts

بود.

برای تعیین مقدار آب آبیاری از مقادیر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد، به این صورت که برای شرایط آبیاری مطلوب، میزان (96 ± 5) میلی‌متر تبخیر از تشتک در نظر گرفته شد. تنش ملایم و شدید هم زمان با آبیاری مطلوب و به میزان ۵۰ درصد و ۷۵ درصد از آبیاری مطلوب با استفاده از سیفون و با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع آب از سطح نهر اصلی و خروجی سیفون صورت گرفت و همچنین تنش از مرحله شش برگی آغاز شد و تا پایان فصل رشد ادامه یافت. قبل از اعمال تنش ۳۱۰ میلی‌متر آبیاری برای هر سه سطح آبیاری در نظر گرفته شد و با احتساب ۵۰ درصد و ۷۵ درصد برای تنش ملایم و شدید، در نهایت کل آب دریافتی به ترتیب برای آبیاری مطلوب، تنش ملایم و شدید، ۸۲۷/۲۵، ۱۰۰۰ و ۶۵۵ میلی‌متر محاسبه شد.

ده ژنوتیپ چغندر قند عبارت بودند از:

G1:W-1014-79 ، G2:W-1005-79،

G3:W-1006-79 ، G4:7221-I-79 ،

G5:MSTC2-W-7221-I-79،

G6:MSTB1-W-7221-I-79،

G7:MSTR-W-7221-I-79،

G8:MST261-W-7221-I-79 ،

G9:رسول-شاهد و G10:.. BP-مشهد

این حالت را اُبر و همکاران (۲۰۰۲) و پرویزی آلمانی و همکاران (۱۳۷۶) گزارش کردند. حبیبی (۱۳۷۲) اظهار داشت که ژنوتیپ‌های مقاوم، عملکرد قند قابل استحصال بیشتری دارند.

در جدول ۲، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش ارائه شده است. اگر چه ثابت شده است که تحمل به خشکی وراثت‌پذیر است (Abdelmula et al. 1999)، ولی بررسی عملکرد فقط، در شرایط تنش نمی‌تواند مشخص‌کننده اختلافات مقاومت به خشکی باشد و باید بررسی عملکرد در شرایط بدون تنش نیز ضرورت دارد. (Fischer et al. 1979). بنابراین با توجه به میانگین این صفت در سطوح مختلف آبیاری که به ترتیب در آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید ۳، ۲/۵ و ۱/۸ بود، ملاحظه گردید که عملکرد شکر سفید با کاهش مصرف آب از ۱۰۰۰ به ۸۲۷/۲۵ و سپس به ۶۵۵ میلی‌متر، به ترتیب ۱۶/۷ و ۳۹/۷ درصد کاهش نشان داد که کاهش در شرایط تنش شدید بالا بود. وزان (۱۳۸۱)، کلاور و همکاران (Clover et al. 1998) و بسیاری از محققان نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. با مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در هر سه شرایط رطوبتی مشاهده شد که ژنوتیپ MSTR-W-7221-I-79 در هر سه شرایط کمترین عملکرد شکر را داشته است. ژنوتیپ

$$TOL = W_{sy_p} - W_{sy_s}$$

$$MP = (W_{sy_p} + W_{sy_s}) / 2$$

ج) شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص متوسط عملکرد هندسی (GMP) (Fernandez 1992)

$$STI = [(W_{sy_p})(W_{sy_s})] / (W_{sy_p})^2$$

$$GMP = \sqrt{W_{sy_p} \times W_{sy_s}}$$

د) شاخص میانگین هارمونیک (Harm) (فرشادفر ۱۳۷۹):

$$HARM = [2(W_{sy_p})(W_{sy_s})] / (W_{sy_p} + W_{sy_s})$$

همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد شکر سفید در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و همچنین تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای پلات با کمک نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد شکر سفید در جدول یک ارائه شده است. چنان که در این جدول مشاهده می‌شود اثر ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی‌دار شد، ولی برهم کنش ژنوتیپ و آبیاری معنی‌دار نشد. حبیبی (۱۳۷۲) در بررسی پروژنی‌های چغندر قند از نظر مقاومت به خشکی و شوری، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها در مورد این صفت (عملکرد شکر سفید) مشاهده نکرد و هم چنین معنی‌دار نشدن اثرات برهم کنش را بیان داشت که دقیقاً عکس

یکدیگر نیز دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی دار بودند. همبستگی مثبت و معنی دار سه شاخص MP، GMP و STI توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (Link et al. 1999, Fernandez 1999, Sadeghian et al. 1999). محمدیان و همکاران (۱۳۸۱) و وزان (۱۳۸۱). در همین زمینه فضلی و همکاران (۱۳۷۷)، شاخص STI را بهترین شاخص ارزیابی کننده تحمل به خشکی در مواد ژنتیکی چغندر قند معرفی کردند. محمدیان و همکاران (۱۳۸۱)، در تنش‌های اوایل فصل رشد سه شاخص MP، GMP و STI را برای پیش بینی بهتر عملکرد شکر سفید در شرایط تنش پیشنهاد کردند، البته ایشان متذکر شدند که اگر هدف غربال ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش باشد، بهتر است که عملکرد نهایی ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش هم در نظر گرفته شود.

قابل ذکر است که در این بررسی همبستگی دو شاخص SSI و TOL در هر دو شرایط رطوبتی مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد که صادقان و همکاران (۲۰۰۰) و فرشادفر (۱۳۷۹) هم به نتایج مشابهی دست یافتند. همبستگی شاخص TOL با عملکرد شکر سفید در شرایط تنش ملایم و شدید منفی اما معنی دار نبود ($P > 0.05$, -0.263 و -0.617), ولی شاخص SSI در شرایط تنش شدید همبستگی منفی و معنی داری با عملکرد شکر سفید نشان داد

MSTB1-W-7221-I-79 در گروه حد وسط و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه جداگانه قرار گرفتند.

برای تفکیک بهتر ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد شکر سفید در شرایط مختلف رطوبتی محاسبه و نتایج حاصل از بررسی مقادیر ضرایب همبستگی بین شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش ملایم (WsyS1) و شدید (WsyS2) به طور جداگانه در جداول سه و چهار آورده شد. همبستگی شاخص‌های MP، STI، Harm و GMP با عملکرد شکر سفید در شرایط تنش ملایم و شدید و بهینه، در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) معنی دار بود. به عبارت دیگر استفاده از این شاخص‌ها در غربال نمودن ژنوتیپ‌های مورد بررسی در برنامه‌های اصلاح نبات، باعث افزایش عملکرد شکر در شرایط تنش و مطلوب رطوبتی می‌گردد. روزیل و هامبلین (Rasielle and Hamblin 1981) نیز نشان دادند که استفاده از میانگین عملکرد در غربال نمودن ژنوتیپ‌ها معمولاً باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش و مطلوب رطوبتی می‌گردد و تنها در صورتی باعث کاهش عملکرد در محیط‌های تنش و مطلوب می‌شود که واریانس ژنتیکی عملکرد در شرایط تنش بیش از شرایط مطلوب و هم چنین هم بستگی ژنتیکی عملکرد در شرایط تنش و مطلوب بالا و منفی باشد. این چهار شاخص با

در شرایط تنش شدید و آبیاری بهینه، افزایش عملکرد یک رقم نسبت به رقم دیگر در شرایط تنش رطوبتی، دلیلی بر افزایش عملکرد آن در شرایط آبیاری بهینه نمی باشد. این مسئله در میانگین‌ها کاملاً مشهود است و همچنین انتخاب براساس عملکرد در محیط مطلوب، باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر در این محیط شده و انتخاب براساس عملکرد در محیط تنش‌دار، بهبود عملکرد را در خشکی نتیجه می‌دهد.

با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش رطوبتی و مطلوب، ملاحظه می‌شود که شاخص‌های STI, MP, Harm و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها می‌توانند جهت دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط مختلف رطوبتی به کار روند. در بین این چهار شاخص معرفی شده، با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی STI با دیگر شاخص‌ها، مشخص می‌شود که شاخص STI از قدرت تفکیک‌پذیری بیشتری بین ژنوتیپ‌ها برخوردار است که حائز اهمیت می‌باشد. دلیل این برتری را به حساسیت کم‌تر این شاخص به مقادیر بالای عملکرد می‌توان ذکر کرد و هم چنین استفاده از میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش، کارایی این شاخص را نسبت به شاخص‌های دیگر افزایش می‌دهد (Fernandez 1992). صادقیان و همکاران اظهار داشتند که شاخص STI به علت همبستگی معنی‌دار و مثبت با عملکرد شکر سفید در

($r = 0.860$, $P < 0.01$) که این نتایج توسط وزان (۱۳۸۱) نیز گزارش شده است. همبستگی مثبت عملکرد در شرایط بدون تنش و TOL (0.576 و 0.550)، براساس بررسی روزیل و هامبلین تنها در صورتیکه واریانس ژنوتیپ در شرایط تنش بیش از شرایط بدون تنش و همبستگی عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش بسیار بالا باشد، امکان‌پذیر است. (Rosielle and Hamblin 1981)

وجود رابطه معکوس بین عملکرد در شرایط تنش و SSI (-0.424 و -0.860) و TOL (-0.263 و -0.617)، نشان دهنده کاهش حساسیت ارقام به تنش می‌باشد، بنابراین در یک برنامه به نژادی باید صفات مقاومت به خشکی را شناسایی کرد و هدایت برنامه براساس عملکرد و همراهی این صفات صورت گیرد.

همبستگی مثبت عملکرد در شرایط مطلوب رطوبتی با شاخص‌های SSI (0.427 و 0.203) و TOL (0.576 و 0.550) در ژنوتیپ‌های چغندر قند قبلاً توسط وزان (۱۳۸۱)، صادقیان و همکاران (۲۰۰۰) و محمدیان و همکاران (۱۳۸۱) نیز گزارش شده است. فیشر و مورر (۱۹۷۸) هم این امر را به دلیل صفاتی دانسته‌اند که برای عملکرد در شرایط تنش خشکی مناسب بوده است. همبستگی بین عملکرد شکر سفید در شرایط تنش ملایم و آبیاری بهینه اختلاف معنی‌داری نشان داد ($r = 0.637$, $P < 0.05$). با توجه به معنی‌دار نشدن عملکرد شکر سفید

دومین مؤلفه به ترتیب در شرایط تنش ملایم و شدید ۲۹/۲۴ و ۲۸/۲۱ درصد از تغییرات کل را تفسیر نموده و همبستگی منفی با عملکرد شکر سفید در هر دو شرایط تنش و همبستگی مثبت بالا با شاخص‌های TOL و SSI داشت. بنابراین در شرایط تنش ملایم مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری نمود، اما با توجه به معنی دار بودن همبستگی مؤلفه دوم و شاخص WsyP در شرایط تنش شدید، بر اساس نظریات فرناندز (۱۹۹۲) نامگذاری مؤلفه‌های اول و دوم متفاوت از حالت قبل می‌باشد، به طوری که مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه تحمل به تنش، که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را از ژنوتیپ‌های حساس جدا می‌کند، و مؤلفه دوم را مؤلفه عملکرد بالقوه، که ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش را از ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در همین شرایط جدا می‌کند معرفی نمود.

بر اساس دو مؤلفه اول و دوم، بای پلات ترسیم گردید. در اشکال A و B با توجه به زوایای خطوطی که شاخص‌ها را نمایش می‌دهند، ملاحظه می‌شود که در شرایط تنش ملایم و آبیاری بهینه، همبستگی دو شاخص TOL و SSI با عملکرد شکر سفید در هر دو شرایط کم است در حالی که در شرایط تنش شدید و آبیاری مطلوب این دو شاخص همبستگی بالایی با WsyP نشان می‌دهند. البته همان طور که مشاهده می‌شود شاخص‌های MP، STI، Harm و GMP دارای

شرایط تنش رطوبتی و مطلوب و هم چنین همبستگی مثبت و معنی دار با MP نسبت به سه شاخص SSI، TOL و YSI (شاخص پایداری عملکرد) پیشنهاد مناسبتری می‌باشد. سبا و همکاران (Saba et al. 2001)، شاخص معیار برتری استاندارد (Standard Superiority) و شاخص تحمل به تنش (STI) را به علت داشتن وراثت پذیری خصوصی متوسط و توانایی گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، شاخص‌های مناسبی در برنامه‌های اصلاح نباتات معرفی کردند.

در همین زمینه با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، هشت مؤلفه مورد بررسی به دو مؤلفه کاهش یافت که مؤلفه اول در شرایط تنش ملایم در مجموع ۷۰/۶۵ و در شرایط تنش شدید ۷۱/۴۶ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمود. مقادیر مؤلفه اول در شرایط تنش ملایم و تنش شدید در جداول پنج و شش ارائه شده است. در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید، مؤلفه اول در صد بالایی از کل تغییرات را شامل شد. در شرایط تنش ملایم مؤلفه اول همبستگی مثبت و معنی داری با WsyP و WsyS1 و با شاخص MP، STI، Harm و GMP نشان داد که شاخص‌های مرتبط با عملکرد را در بر می‌گیرد. بنابراین، این مؤلفه می‌تواند به عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نامگذاری شود.

نشان داده شد. لذا توصیه می شود با توجه به نتایج، سه ژنوتیپ BP،7221-I-79 -مشهد و رسول-شاهد به عنوان ژنوتیپ های متحمل به تنش خشکی در برنامه های به نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

سیاسگزاری

بدین وسیله از بخش تحقیقات چغندر قند مرکز تحقیقات زرقان خصوصاً آقای مهندس بذرافشان در خصوص همکاری در اجرای طرح و هم چنین بخش تحقیقات تکنولوژی مؤسسه تحقیقات چغندر قند در خصوص تجزیه نمونه ها کمال تشکر و قدردانی را داریم.

همبستگی بالایی با عملکرد شکر سفید در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند. در شکل بای پلات ترسیمی A ناحیه سمت راست پایین (مقادیر بیشتر مؤلفه اول و مقادیر کمتر مؤلفه دوم) به عنوان ناحیه مورد نظر انتخاب می شود. بنابراین در بای پلات حاصل، ژنوتیپ های 7221-I-79، BP،MSTC2-W-7221-I-79 -مشهد و رسول-شاهد، مقاوم ترین ژنوتیپ های مورد مطالعه نسبت به خشکی هستند و به دنبال آن ها ژنوتیپ های W-1014-79، W-1005-79، W-1006-79، MSTB1-W-7221-I-79 و MST261-W-7221-I-79 ژنوتیپ هایی با مقاومت پایین محسوب می شوند و ژنوتیپ MSTR-W-7221-I-79 که دارای عملکرد پایین بود، جزء ژنوتیپ های حساس به خشکی نیز شناسایی شد. با توجه به شکل B و با توجه به این که مؤلفه دوم، مؤلفه عملکرد بالقوه شناسایی شد، مقادیر بیشتر مؤلفه دوم منطقه مورد نظر ما خواهد بود. در نتیجه ژنوتیپ های BP،7221-I-79 -مشهد و رسول-شاهد ژنوتیپ های مقاوم، ژنوتیپ W-1005-79 و به دنبال آن W-1014-79 و W-1006-79 ژنوتیپ های نیمه مقاوم شناخته شدند. ژنوتیپ های 7221-I-79، MSTNB1-W-7221-I-79 و MST261-W-7221-I-79 با مقاومت پایین و ژنوتیپ BP،7221-I-79 -مشهد و رسول-شاهد ژنوتیپ های نیمه حساس شناخته شدند. ژنوتیپ MSTR-W-7221-I-79 هم مانند حالت قبل ژنوتیپی با عملکرد پایین و حساس

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد شکر سفید برای ده ژنوتیپ چغندر قند

Table 1 Analysis of variance for white sugar yield of ten sugar beet genotypes

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات Mean square
Block تکرار	2	11.453**
Irrigation (a) آبیاری	2	10.549*
Error (a) خطای (a)	4	0.955
Genotype (b) ژنوتیپ	9	1.088**
Interaction (ab) برهمکنش (ab)	18	0.275 ^{ns}
Error (b) خطای b	54	0.142
CV%		26.94%
ضریب تغییرات		

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns غیر معنی دار

* , **: significant at 5% and 1% level of probability, respectively, ns not significant

جدول ۲- میانگین عملکرد شکر سفید (تن در هکتار) در سه شرایط آبیاری برای ده ژنوتیپ چغندر قند

Table 2 Mean of white sugar yield (t.ha⁻¹) of ten sugar beet genotypes under three level irrigation

Number شماره	Genotype ژنوتیپ	WsyP عملکرد شکر سفید بدون تنش	WsyS1 عملکرد شکر سفید، تنش ملایم	WsyS2 عملکرد شکر سفید، تنش شدید	\bar{W}_{sy} میانگین عملکرد شکر سفید
G1	W-1014-79	2.69 AB ↓	2.52 A ↓	2.09 AB ↓	2.43 A ↓
G2	W-1005-79	2.78 AB	2.70 A	2.42 A	2.64 A
G3	W-1006-79	2.87 AB	2.33 AB	2.05 AB	2.42 A
G4	7221-I-79	3.27 AB	2.66 A	2.10 AB	2.68 A
G5	MSTC2-W-7221-I-79	3.34 AB	2.77 A	1.15 C	2.42 A
G6	MSTB1-W-7221-I-79	3.10 AB	1.84 B	1.48 BC	2.14 AB
G7	MSTR-W7221-I-79	1.99 C	1.73 B	1.02 C	1.58 B
G8	MST261-W-7221-I-79	3.03 AB	2.21 AB	1.61 BC	2.28 A
G9	BP-Mashhad	3.44 A	2.64 A	2.02 AB	2.70 A
G10	Control-Rasool	3.40 A	2.68 A	2.13 AB	2.74 A
Mean میانگین		3.0	2.5	1.8	

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

Means within each column followed by the same letters (capital letters) are not significantly different (Duncan 5%)

جدول ۳ - ضرایب همبستگی بین شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش ملایم (WsyS1) و بدون تنش (WsyP)

Table 3 Correlation coefficient between stress resistance indices and white sugar yield under mid stress (WsyS1) and non stress (WsyP) condition

	WsyP	WsyS1	SSI	TOL	MP	STI	HARM	GMP
WsyP	۱							
WsyS1	0.637*	۱						
SSI	0.427	-0.424	۱					
TOL	0.576	-0.263	0.984**	۱				
MP	0.921**	0.887**	0.041	0.212	۱			
STI	0.887**	0.914**	-0.031	0.141	0.993**	۱		
HARM	0.867**	0.935**	-0.078	0.094	0.992**	0.996**	۱	
GMP	0.895**	0.914**	-0.020	0.152	0.998**	0.997**	0.998**	۱

WsyS1, WsyP : به ترتیب عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش و تنش ملایم

TOL, SSI, STI, MP, GMP, & HARM indicates: Stress Tolerance, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Mean Productivity, Geometric Mean Productivity & Harmonic Mean, respectively. هندسی، میانگین هارمونیک و * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

And * & **: significant at 5 and 1 level of probability, respectively.

جدول ۴ - ضرایب همبستگی بین شاخص های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش شدید (WsyS2) و بدون تنش (WsyP)

Table 4 Correlation coefficient between stress resistance indices and white sugar yield under intense stress (WsyS2) and non stress (WsyP) condition

	WsyP	WsyS2	SSI	TOL	MP	STI	HARM	GMP
WsyP	۱							
WsyS2	0.318	۱						
SSI	0.203	-0.860**	۱					
TOL	0.550	-0.617	0.926**	۱				
MP	0.799**	0.824**	-0.424	-0.063	۱			
STI	0.639*	0.923**	-0.600	-0.283	0.967**	۱		
HARM	0.554	0.960**	-0.686*	-0.386	0.940**	0.990**	۱	
GMP	0.670*	0.915**	-0.581	-0.250	0.980**	0.995**	0.999**	۱

WsyS2, WsyP : به ترتیب عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش و تنش شدید.

TOL, SSI, STI, MP, GMP, & HARM indicates: Stress Tolerance, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Mean Productivity, Geometric Mean Productivity & Harmonic Mean, respectively. هندسی، میانگین هارمونیک و * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

And * & **: significant at 5 and 1 level of probability, respectively.

جدول ۵ - مقادیر ویژه، درصد مقادیر ویژه، درصد تجمعی مقادیر ویژه برای هشت شاخص تحمل به خشکی عملکرد

شکر سفید چغندر قند در شرایط تنش ملایم

Table 5 Eigen value, Eigen value percent, Eigen value cumulative percent for 8 drought tolerance index of white sugar yield in mid stress condition

Component1	Eigen value	Eigen value %	Eigen value cumulative %	WsyP	WsyS1	SSI	TOL	MP	STI	Harm	GMP
1	5.65	70.65	70.65	0.38*	0.38*	0.01	0.08	0.42*	0.42*	0.42*	0.42*
2	2.34	29.24	99.89	0.26	-0.29	0.65*	0.64*	0.01	-0.04	-0.07	-0.03

WsyS1, WsyP: به ترتیب عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش و تنش ملایم.

HARM, GMP, MP, STI, SSI, TOL به ترتیب نشان دهنده شاخص‌های تحمل، حساسیت به تنش، تحمل به تنش، متوسط حسابی، متوسط عملکرد هندسی، میانگین هارمونیک و *: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

TOL, SSI, STI, MP, GMP, & HARM indicates: Stress Tolerance, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Mean Productivity, Geometric Mean Productivity & Harmonic Mean, respectively. And *: significant at 5 level of probability.

جدول ۶ - مقادیر ویژه، درصد مقادیر ویژه، درصد تجمعی مقادیر ویژه برای هشت شاخص تحمل به خشکی عملکرد شکر سفید چغندر قند در شرایط تنش شدید

Table 6 Eigen value, Eigen value percent, Eigen value cumulative percent for 8 drought tolerance index of white sugar yield in intense stress condition

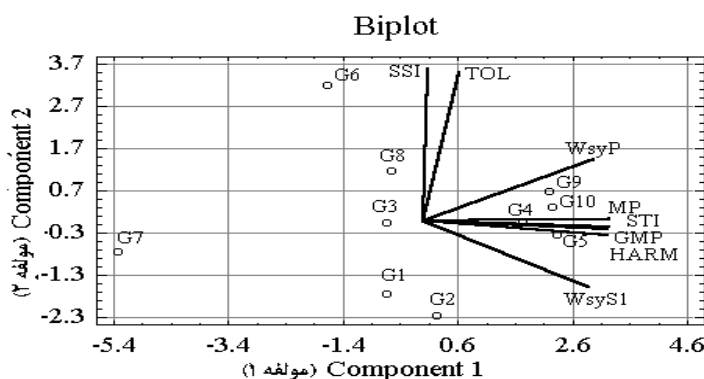
Component1	Eigen value	Eigen value %	Eigen value cumulative %	WsyP	WsyS2	SSI	TOL	MP	STI	HARM	GMP
1	5.72	71.46	71.46	0.22	0.40*	-0.30	-0.17	0.39*	0.41*	0.42*	0.41*
2	2.26	28.21	99.67	0.56*	-0.16	0.46*	0.61*	0.23	0.09	0.02	0.11

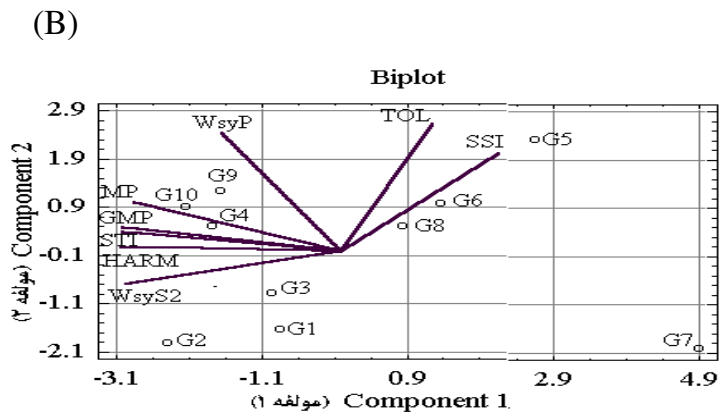
WsyS2, WsyP: به ترتیب عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش و تنش شدید.

HARM, GMP, MP, STI, SSI, TOL به ترتیب نشان دهنده شاخص‌های تحمل، حساسیت به تنش، تحمل به تنش، متوسط حسابی، متوسط عملکرد هندسی، میانگین هارمونیک و *: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

TOL, SSI, STI, MP, GMP, & HARM indicates: Stress Tolerance, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Mean Productivity, Geometric Mean Productivity & Harmonic Mean, respectively. And *: significant at 5 level of probability.

(A)





شکل A و B - ترسیم گرافیکی بای پلات براساس مؤلفه اول و دوم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم (A) و تنش شدید (B) عملکرد شکر سفید در ژنوتیپ‌های چغندر قند

Fig. A and B Biplot graphical drawing basis on first and second component in non-stress and mid-stress (A) and intense stress (B) of white sugar yield in sugar beet genotypes

WsyS2 و **WsyS1**, **WsyP**: به ترتیب عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید.
HARM, **GMP**, **MP**, **STI**, **SSI**, **TOL** به ترتیب نشان دهنده شاخص‌های تحمل، حساسیت به تنش، تحمل به تنش، متوسط حسابی، متوسط عملکرد هندسی، میانگین هارمونیک.

TOL, **SSI**, **STI**, **MP**, **GMP**, & **HARM** indicates: Stress Tolerance, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Mean Productivity, Geometric Mean Productivity & Harmonic Mean, respectively.

References

منابع مورد استفاده

- برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۸۱. بررسی رابطه صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام چغندر قند با تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. ۱۷۳ صفحه.
- پرویزی آلمانی، م. عبدمیشانی، س و یزدی صمدی، ب. ۱۳۷۶. بررسی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند از نظر تحمل به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۸. شماره ۳: ۲۴-۱۵.
- حبیبی، د. ۱۳۷۲. انتخاب پروژنی‌های مقاوم به خشکی و شوری چغندر قند در مرحله جوانه اولیه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۲۱۰ صفحه.
- عبدمیشانی، س. شاه‌نجات بوشهری، ع. ا. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی. (جلد اول، اصلاح نباتات متداول). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.

فتوحی، ک. ۱۳۷۸. ارزیابی ژرم پلاسماهای چغندر قند از نظر مقاومت به شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴۰ صفحه.

فرشادفر، ع. ۱۳۷۹. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های گندمیان. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۱۴. شماره ۲: ۱۶۱-۱۷۱.

فضلی، ح.، صادقیان، ی. و محمدیان، ر. ۱۳۷۷. اهمیت صفات کمی و کیفی چغندر قند در اصلاح مقاومت به خشکی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. صفحه ۲۴۶-۲۴۷.

محمدیان، ر. صادقیان مطهر، س. ی. مقدم، م و رحیمیان، ح. ۱۳۸۱. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد. نشریه علمی-پژوهشی چغندر قند. جلد ۱۸. شماره ۱: ۲۹-۴۹.

وزان، س. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی بر میزان تجمع اسید آسزیک و دیگر صفات فیزیولوژیک در چغندر قند. پایان نامه دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۱۲ صفحه.

Abdelmula AA, Link W, Von Kittlitz E, Stelling D (1999) Heterosis and inheritance of drought tolerance in faba bean, *Vicia faba* L. Plant Breeding. 118:485-490

Clover GRG, Smith H, Jaggard K (1998) The crop under stress. British Sugar Beet Review. 66:17-19

Cooke DA, Scott RK (1993) The Sugar Beet Crop Science into Practice. London, New York. Chapman & Hall. 675 pp

Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of the International symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, p. 257-270

Ficher RA, Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-917

Fischer RT, Wood JT (1979) Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. Aust. J. Agric. Res., 30:1001-1020

- Ober ES, Luterbacher MC (2002) Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*.
Annals of Botany. 89:917-924
- Rosielle AA, Hamblin J (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress
environments. Crop Sci. 21:943-946
- Saba J, Moghaddam M, Ghassemi K, Nishabouri MR (2001) Genetic properties of drought
resistance indices. J. Agric. Sci. Technol. 3:43-49
- Sadeghian YS, Fazli H, Mohammadian R, Taleghani DF, Mesbah M (2000) Genetic variation
for drought stress in sugar beet. Journal of Sugar beet Research 37:55-77
- Sadeghian YS, Fazli H, Parvizi M, Almani D, Mohammadian R, Taleghani DF (1999) Drought
tolerance screening for sugar beet improvement. A paper presented in the first
International Congress on Sugar and Integrated Industries "Present and Future", Feb.
15th-18th, Luxor, Egypt