

ارزیابی هیبریدهای جدید چغندر قند بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش در شرایط شور

۱- زهرا عباسی، دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان و پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
abasi@sbsi.ir

۲- احمد ارزانی، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- محمدمهدی مجیدی، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- پریسا مشایخی، پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۱

پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۲

چکیده

به منظور بررسی هیبریدهای جدید چغندر قند از نظر تحمل به شوری، ۲۰ هیبرید سینگل کراس حاصل از تلاقی ۵ والد گرده افشان دیپلوئید با ۴ والد نرعقیم (حاصل از طرح ژنتیکی فاکتوریل) به همراه والدین تلاقی در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ ارزیابی شدند. در هر سال ژنوتیپ‌ها در دو آزمایش تحت شرایط تنش شوری (هدایت الکتریکی آب و خاک به ترتیب حدود ۱۲ و ۸ دسی زیمنس بر متر) و بدون تنش (هدایت الکتریکی آب و خاک حدود ۴ دسی زیمنس بر متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار (در سال اول) و ۳ تکرار (در سال دوم) مطالعه شد. بر مبنای عملکرد قند در شرایط تنش و بدون تنش، چهار شاخص تحمل به تنش (STI)، پتانسیل ظهور مزرعه (FEP)، شاخص تحمل چغندر قند (BTI) و تحمل به خشکی (DTI) محاسبه شد. تحلیل رگرسیونی عملکرد قند در دو شرایط با شاخص‌های مذکور نشان داد که شاخص‌های تحمل STI و BTI به علت دارا بودن بیشترین ضریب رگرسیون با عملکرد قند در هر دو شرایط، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی هیبریدهای متحمل به شوری هستند. بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه خوشه‌ای، هیبریدهای ۲×۳، ۳×۱، ۳×۳ و ۵×۴ به عنوان هیبریدهای متحمل با پتانسیل عملکرد بالا برای محیط‌های دارای تنش شوری و هیبریدهای ۱×۱، ۲×۴، ۴×۳، ۳×۲ و ۵×۲ به عنوان هیبریدهای حساس با پتانسیل عملکرد پایین برای محیط‌های شور معرفی می‌شوند.

واژگان کلیدی: تنش شوری؛ چغندر قند؛ شاخص‌های تحمل؛ عملکرد قند؛ هیبرید.

مقدمه

نظرات متفاوت دانشمندان روبرو بوده است. برخی از پژوهشگران به انتخاب تحت شرایط مطلوب معتقدند [۸]. برخی نیز انتخاب تحت شرایط تنش را مدنظر قرار داده اند [۲۰]. در حالی که دانشمندان زیادی معتقدند که انتخاب تحت هر دو شرایط مطلوب و تنش به عنوان یک نقطه شروع مشترک در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل ضروری است [۲۱، ۲۲ و ۲۳]. بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر کدام از محیط‌ها، و در دو محیط تنش و بدون تنش سازگاری داشته و عملکرد قابل قبولی تولیدکنند، برای اهداف اصلاحی مفید بوده و از اهمیت خاصی برخوردار هستند.

چغندر قند با آستانه تحمل به شوری هفت دسی زیمنس بر متر در فهرست گیاهان متحمل به شوری قرار دارد [۱۸]. به طوری که در برخی نواحی ایران که به علت شوری آب و خاک، امکان کشت گیاهان دیگر وجود ندارد، قابلیت کشت برای این گیاه امکان پذیر است. با این وجود، عملکرد این گیاه تحت تنش شوری کاهش می‌یابد و تولید اقتصادی در شرایط تنش شوری از اهداف برنامه‌های اصلاحی است [۲۵]. یکی از مشکلات مهم در بهبود تحمل به تنش شوری، پیچیدگی صفت تحمل به تنش شوری و نبود معیارها و روش‌های موثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل است. دست‌یابی به ارقام محتمل به تنش با نقطه

و ۲۰ هیبرید جدید به دست آمد. هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی این هیبریدها و شناسایی ترکیبات متحمل به شوری با بهره‌گیری از شاخص‌های تحمل به تنش است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲، در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شد. این ایستگاه در موقعیت جغرافیائی ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۲۵ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شرقی واقع شده است. خاک محل این آزمایش دارای بافت رسی با جرم مخصوص ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب و قابلیت هدایت الکتریکی ۳/۳-۸/۳ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ۷/۹ است. متوسط بارندگی و درجه حرارت این منطقه به ترتیب ۱۲۰ میلیمتر و 16°C برآورد شده است. در هر سال دو آزمایش مجزا تحت تنش شوری (هدایت الکتریکی آب و خاک به ترتیب حدود ۱۲ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و بدون تنش (هدایت الکتریکی آب و خاک حدود ۴ دسی‌زیمنس بر متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار در سال ۱۳۹۱ و ۳ تکرار در سال ۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار گرفتند. مواد ژنتیکی مورد مطالعه، تعداد ۲۰ هیبرید دیپلوئید سینگل کراس چغندر قند بود که از تلاقی ۵ والد‌گرده افشان با ۴ لاین نرعقیم (جدول ۱) به دست آمده بود. در این آزمایش، ۲۰ تلاقی به همراه ۹ والد و یک شاهد مقاوم 7233.P.29 به صورت آزمایش ۳۰ رقمی مورد ارزیابی قرار گرفت.

در چغندر قند عملکرد ریشه و عملکرد قند جزء صفات مهم مورد نظر کشاورزان و صنعت تولید قند (کارخانجات قند) است [۲۴]. با توجه به همبستگی بالای بین عملکرد ریشه و عملکرد قند در این آزمایش و بسیاری از مطالعات دیگر در چغندر قند [۶، ۲۴ و ۲۹]، در این پژوهش شاخص‌های تحمل به تنش (STI) [۲۴]، تحمل به خشکی (DTI) [۲۴]، تحمل چغندر قند (BTI) [۳] و ظهور پتانسیل مزرعه (FEP) [۱۹] برای عملکرد قند مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های تحمل پیشنهادی براساس کاهش عملکرد گیاه تحت شرایط تنش نسبت به شرایط معمول عمل نموده و به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری تحمل ژرم‌پلاسم در برابر تنش‌های محیطی هستند. در بسیاری از مطالعات در ارزیابی ژنوتیپ‌های چغندر قند، از شاخص‌های تحمل استفاده شده است. در برخی گزارش‌ها در ارزیابی لاین‌های اصلاحی چغندر قند، شاخص STI به عنوان یک شاخص موثر در تشخیص ارقام متحمل به خشکی یاد شده است [۲۸]. در مطالعه‌ای، ۸۰ ژنوتیپ مختلف چغندر قند در گلخانه و مزرعه تحت شرایط تنش شوری ارزیابی و با استفاده از شاخص STI برای صفت عملکرد قند سفید، پنج لاین اصلاحی به عنوان لاین متحمل به شوری معرفی شدند [۲]. احمدی و همکاران به منظور شناسایی لاین‌های S1 گرده‌افشان متحمل به شوری چغندر قند، از شاخص STI استفاده کردند [۶].

در این مطالعه پنج والد‌گرده افشان دیپلوئید به عنوان والد پدری و چهار لاین نرعقیم مادری به عنوان والد مادری با استفاده از طرح ژنتیکی فاکتوریل تلاقی داده شد

جدول ۱. فهرست مواد ژنتیکی چغندر قند مورد استفاده در پژوهش

ردیف	مشخصات والدین تلاقی	
۱	BP-مشهد ، جمعیت پایه متحمل به خشکی S ₀ جمعیت ، Breeding Population-Mashhad	
۲	۱۸۱ به شوری ، حساس S ₀ جمعیت	والدین پدری
۳	۱۹۳M BPM متحمل به خشکی، حاصل از جمعیت پایه S ₂ فامیل‌های	
۴	۱۹۱ به شوری ، حساس S ₀ جمعیت	
۵	۲۰۳M BPM به خشکی، حاصل از جمعیت پایه حساس S ₂ فامیل‌های	
۱۱	MS۲۶۰۳۹ نیمه متحمل به شوری، (CMS) لاین نرعقیم	
۱۲	MS۲۶۰۵۱ نیمه متحمل به شوری، (CMS) لاین نرعقیم	
۱۳	MS۲۶۵۶۴ حساس به شوری، (CMS) لاین نرعقیم	
۱۴	MS۲۵۹۴۴ حساس به شوری، (CMS) لاین نرعقیم	

و صفات کیفیت ریشه با استفاده از دستگاه بتالایزر در همه تیمارها اندازه‌گیری گردید. عملکرد قند (SY) از حاصل ضرب عملکرد ریشه (RY) در محتوای قند (SC) به دست می‌آید. عملکرد قند خالص (WSY) از حاصل ضرب عملکرد ریشه (RY) در محتوای قند خالص (WSC) محاسبه می‌شود [۲۴].

با توجه به اینکه عملکرد قند در واحد سطح مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندر قند است [۲۴]، بنابراین از عملکرد قند در شرایط بدون تنش و تنش به منظور محاسبه شاخص‌های تحمل به شوری مطابق روابط زیر استفاده شد.

$$FEP = Y_s / Y_n \quad (1)$$

$$STI = (Y_s \times Y_n) / (\bar{Y})^2 \quad (2)$$

$$BTI = (Y_s \times Y_n) / (Y_s + Y_n) \quad (3)$$

$$DTI = \frac{Y_s / Y_n}{\bar{Y}_s / \bar{Y}_n} \quad (4)$$

(FEP^۱) شاخص پتانسیل ظهور مزرعه [۱۹]

(STI^۲) شاخص تحمل به تنش [۲۴]

(BTI^۳) شاخص تحمل چغندر قند [۳]

(DTI^۴) شاخص تحمل به خشکی [۲۴]

که در این روابط :

\bar{Y}_n : میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش؛

\bar{Y}_s : میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش؛ و

Y_n : عملکرد ژنوتیپ در شرایط عدم تنش،

Y_s : عملکرد ژنوتیپ در شرایط است.

در هر آزمایش عملیات آماده سازی زمین برای کشت (شامل شخم، پخش کود مورد نیاز براساس تجزیه خاک، دیسک، خاکشی و پشته‌بندی)، کشت بذور، کنترل علف‌های هرز و آفات بر اساس شیوه معمول انجام گرفت. به منظور جوانه‌زنی مطلوب و استقرار کامل و یکنواخت بوته در مزرعه، در آزمایش تحت تنش شوری همانند آزمایش بدون تنش شوری، سه نوبت آبیاری با آب غیر شور انجام گرفت. تیمار آبیاری در آزمایش شوری پس از استقرار گیاه با اعمال آب شور با هدایت الکتریکی حدود ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تا پایان فصل رشد ادامه داشت. هر کرت آزمایشی شامل یک خط به طول شش متر با عرض ۵۰ سانتیمتر (۱۲ m²) و فاصله بین بوته‌ها روی خطوط پس از تنک ۱۵ سانتیمتر بود. قبل از اجرای آزمایش از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری، نمونه مرکب از خاک تهیه گردید (جدول ۲). آبیاری به صورت نشتی با استفاده از لوله به طور معمول انجام گردید. چهار هفته قبل از برداشت، آبیاری آزمایش‌ها قطع و محصول چغندر قند در هر دو آزمایش در اوایل آبان تا اواسط آبان با دستگاه چغندرکن برداشت شد. هر کرت آزمایشی به طور جداگانه برداشت شد. ریشه‌ها با دست سرزنی شد، سپس شمارش و توزین گردید. در مرحله بعد، از هر کرت یک نمونه ۲۵ کیلوگرمی به طور تصادفی انتخاب و جهت تهیه خمیر به آزمایشگاه ارسال گردید.

در آزمایشگاه از هر تیمار حدود ۱۰۰ گرم خمیر تهیه، در سینی مخصوص ریخته و در فریزر (دمای °C ۱۸-) به صورت منجمد نگه‌داری و سپس جهت تجزیه عناصر کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی موسسه تحقیقات چغندر قند ارسال

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات رودشت اصفهان

عمق نمونه برداری (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر متر)	اشباع pH	فسفر قابل جذب (ppm)	ازت کل (%)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۰-۳۰	لومی رسی	۸	۷/۸	۴/۵	۰/۵	۱۷۰
۳۰-۶۰	لومی رسی	۷	۸	۱	۰/۰۶	۶۰

1- Field Emergence Potential

2- Stress Tolerance Index

3- Beet Tolerance Index

4- Drought Tolerance Index

پرداخته شده است، عملکرد در محیط تنش کمتر از شرایط مطلوب بوده است. این امر به این دلیل است که تحت شرایط شور، گیاه بخشی از انرژی متابولیک تولیدی را صرف تنظیم پتانسیل اسمزی می‌کند. افزون بر این، کاهش در تولید مواد فتوسنتزی در اثر بسته شدن روزنه‌ها تحت شرایط شور و همچنین محدودیت در انتقال این مواد به ریشه باعث می‌گردد که تقسیم و طویل شدن سلول‌های ریشه با کندی صورت گیرد و در نتیجه وزن ریشه تحت تنش کاهش یابد.

در این مطالعه همچنین وراثت پذیری عملکرد تحت تنش بیشتر از بدون تنش بود. احمدی و همکاران [۶] در ارزیابی لاین‌های S۱ گرده افشان چغندر قند تحت تنش خشکی و معمول دریافتند که وراثت پذیری عمومی برای عملکرد ریشه در تنش (۰/۴۶) بیشتر از نبود تنش (۰/۳۴) و برای عملکرد قند در حد یکدیگر (۰/۳۱) در تنش و ۰/۳۴ در غیرتنش) بود. اما در بسیاری از یافته‌های پژوهشگران در گیاهان مختلف گزارش شده است که واریانس ژنتیکی و وراثت پذیری عملکرد تحت تنش کاهش می‌یابد و در نتیجه کارایی انتخاب برای عملکرد تحت شرایط تنش محدود می‌گردد [۹، ۱۰، ۲۶ و ۳۰].

مقایسه میانگین والدین و هیبریدهای چغندر قند بر اساس شاخص‌های تحمل عملکرد قند (جدول ۵) نشان داد که بیشترین شاخص STI و BTI در والدین به والد گرده افشان BP - مشهد و لاین نرعقیم MS۲۶۵۶۴ تعلق دارد، از نظر مقادیر شاخص DTI و FEP، والد ۱۸۱ بیشترین در بین هیبریدها نیز ۲×۲، ۲×۳، ۳×۱ و ۵×۳ بیشترین مقادیر را از نظر دو شاخص STI و BTI نشان داد. با توجه به معنی‌دار نشدن همبستگی بین شاخص‌های STI با DTI و FEP و همچنین BTI با DTI و FEP و همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین STI و BTI (همبستگی آورده نشده است) این نتایج قابل انتظار است. رتبه‌های خوبی داشت. از نظر میانگین رتبه شاخص‌ها، رقم سیروان و لاین WS-82-9 در رده سوم و چهارم قرار دارند.

پس از اطمینان از آزمون متجانس بودن واریانس خط‌های آزمایشی در محیط‌های مختلف مورد مطالعه از طریق آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب آزمایش‌های مورد مطالعه در دو سال و در دو محیط (عدم تنش و تنش شوری) انجام شد. مقادیر میانگین، دامنه، درصد تغییرات، ضرائب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت پذیری عمومی صفات عملکرد و کیفیت ریشه در ۳۰ ژنوتیپ چغندر قند تحت شرایط تنش و عدم تنش محاسبه گردید. رگرسیون خطی بین شاخص‌های مختلف و عملکرد قند در شرایط تنش و عدم تنش محاسبه و بر این اساس مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی گردید. سپس براساس بهترین شاخص، گروه‌بندی هیبریدهای سینگل کراس از نظر تحمل به شوری به روش وارد^۵ انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال و اثر متقابل ژنوتیپ×سال نیز در شرایط مذکور برای صفات عملکردی و کیفیتی معنی‌دار نیست. این نتایج نشان دهنده آن است که ژنوتیپ‌ها پاسخ تقریباً مشابهی به شرایط محیطی دو سال نشان دادند. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد برای صفات عملکرد ریشه و عملکرد قند و ضریب استحصال معنی‌دار است. وجود اختلاف معنی‌دار بین هیبریدهای سینگل کراس از نظر صفات عملکردی بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب هیبریدهای متحمل به شوری چغندر قند است (نتایج تجزیه واریانس آورده نشده است). عملکرد ریشه ژنوتیپ‌ها با ۳۴/۶۱ درصد کاهش در محیط شور، تاثیرپذیری بالایی از تنش شوری را نشان داد، به طوری که میانگین کل ژنوتیپ‌ها از ۴۴/۷۵ تن در هکتار در محیط طبیعی به ۳۳/۲۵ تن در هکتار در محیط شور کاهش یافت (جدول ۳ و ۴).

عملکرد به‌عنوان یک صفت پیچیده ژنتیکی به‌طور گسترده‌ای تحت تاثیر محیط تنش به‌ویژه تنش‌های محیطی شوری و خشکی قرار می‌گیرد. در اغلب مطالعاتی که به مقایسه عملکرد تحت شرایط تنش و معمول

جدول ۳. مقادیر میانگین، دامنه و درصد تغییرات صفات عملکرد و کیفیت ریشه در ۳۰ ژنوتیپ چغندر قند تحت شرایط تنش و عدم تنش

تغییرات صفت	دامنه		میانگین		صفات	
	تحت تنش (%)	عدم تنش	تنش	عدم تنش		
	۳۴/۶۱-	۲۲-۶۸	۱۰/۸-۵۴/۲	۴۴/۷۵	۳۳/۲۵	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
	۳۹/۰۷-	۴/۲۴-۱۳/۶	۲/۶۶-۱۱/۶۱	۸/۷۱	۶/۲۶	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)
	۴۳/۲۸-	۳/۴۵-۱۱/۴	۱/۶۷-۸/۱۱	۷/۱۷	۵/۰۰	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)
	۲/۶۰-	۱۶/۳۵-۲۲/۱۷	۱۵/۷-۲۱/۴	۱۹/۴۹	۱۸/۹۹	محتوای قند (%)
	۵/۶۵-	۱۴/۱۷-۱۸/۷۷	۱۱/۰۷-۱۷/۴۸	۱۶/۰۴	۱۵/۱۸	محتوای قند خالص (%)
	۱۱/۴۶	۲/۸-۶/۱۷	۲/۴-۶/۶	۳/۷۸	۴/۲۱	Na ⁺ ریشه (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)
	۲۲/۳۲	۲/۲۷-۶/۳۸	۴/۱۰-۷/۴۴	۴/۲۴	۵/۴۶	K ⁺ ریشه (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)
	۲۹/۸۹	۰/۹۹-۴/۷۶	۲/۶۶-۵/۷۲	۲/۷۲	۳/۸۸	آمینو نیتروژن (α-N) (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)
	۲۶/۶۲	۰/۴۱-۲/۲۴	۰/۷۷۵-۲/۲۷	۱/۱۳	۱/۵۴	K ⁺ /Na ⁺
	۴۳/۷۵-	۱/۸۷-۴/۲۴	۱/۶-۳/۶۸	۳/۵۳	۲/۴۶	ضریب کالویدی
	۳/۰۰-	۷۲/۵۴-۸۸/۵۲	۶۶/۱۲-۸۴/۱۵	۸۲/۱۳	۷۹/۷۴	ضریب استحصال (%)
	۱۰/۷۲	۱/۹۴-۳/۹۸	۲/۳۶-۴/۶۵	۲/۸۸	۳/۲۳	میزان ملاس (%)
	۲/۹۱	۲۲/۹۱-۳۱/۰۰	۲۴/۲۴-۳۳/۴۵	۲۸/۴۶	۲۹/۳۲	میزان ماده خشک (%)

جدول ۴. ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت پذیری عمومی صفات عملکرد و کیفیت ریشه در ۳۰ ژنوتیپ چغندر قند تحت شرایط تنش و عدم تنش

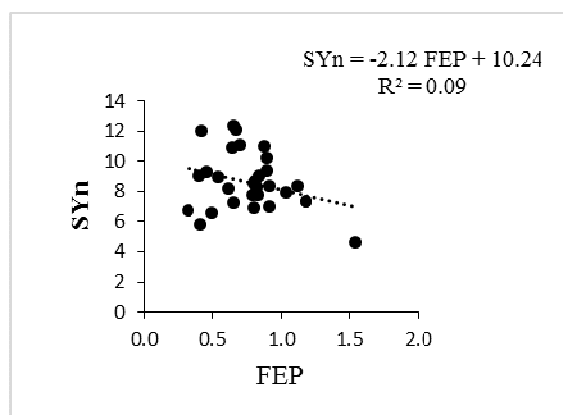
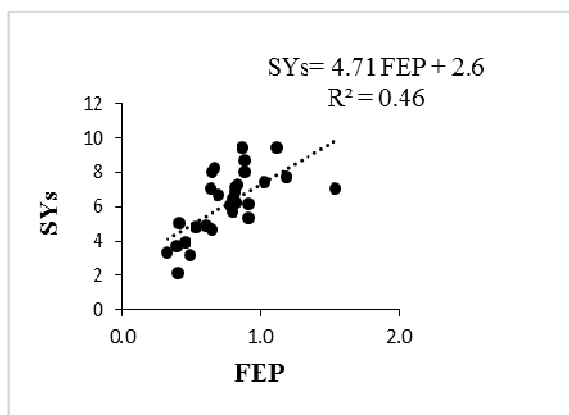
صفات	ضریب تغییرات ژنوتیپی (%)		ضریب تغییرات فنوتیپی (%)		وراثت پذیری عمومی		وراثت پذیری مرکب
	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	
عملکرد ریشه (تن در هکتار)	۲۰/۳۵	۱۳/۱۷	۲۸/۷۲	۲۳/۱۲	۰/۳۲	۰/۳۸	
عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	۱۹/۰۴	۱۳/۱۰	۲۷/۴۸	۲۳/۵۵	۰/۳۱	۰/۳۵	
عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	۱۹/۵۳	۱۳/۲۰	۲۸/۰۳	۲۴/۱۵	۰/۳۰	۰/۴۵	
محتوای قند (%)	۲/۳۷	۱/۰۳	۴/۸۶	۵/۱۵	۰/۲۴	۰/۲۶	
محتوای قند خالص (%)	۳/۵۲	۴/۳۶	۶/۶۸	۷/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۰	
Na ⁺ ریشه (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)	۱۳/۲۴	۲۲/۵۶	۲۰/۸۵	۲۸/۲۳	۰/۴۰	۰/۶۰	
K ⁺ ریشه (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)	۸/۰۶	۱۰/۹۴	۱۲/۴۱	۱۵/۱۵	۰/۴۲	۰/۴۵	
آمینو نیتروژن (α-N) (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)	۱۳/۳۲	۱۲/۹۸	۱۶/۲۹	۲۴/۷۳	۰/۶۷	۰/۴۸	
K ⁺ /Na ⁺	۱۲/۴۵	۲۵/۶۵	۲۱/۶۷	۳۳/۵۰	۰/۳۳	۰/۵۱	
ضریب کالویدی	۱۱/۰۱	۱۰/۳۷	۱۶/۷۵	۳۳/۵۷	۰/۴۳	۰/۲۱	
ضریب استحصال (%)	۱/۸۰	۱/۹۰	۳/۱۱	۳/۱۴	۰/۳۴	۰/۳۳	
میزان ملاس (%)	۷/۲۰	۸/۷۷	۱۲/۱۵	۱۴/۹۰	۰/۳۵	۰/۳۲	
میزان ماده خشک (%)	۲/۱۷	۲/۵۰	۳/۷۴	۴/۴۲	۰/۳۴	۰/۳۲	

شاخص STI و BTI با عملکرد قند در هر دو شرایط رابطه معنی دار نشان دادند. بنابراین، این دو شاخص می‌توانند به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای انتخاب هیبریدهای متحمل که در شرایط مطلوب و محدود عملکرد بالایی دارند، در نظر گرفته شوند. در برخی مطالعات شاخص STI شاخص مطلوب در چغندر قند شناخته شده است [۲، ۶ و ۲۸]. در مطالعه تحمل به خشکی در چغندر قند، ابر و همکاران [۲۴] هیچ رابطه معنی‌داری بین شاخص DTI و عملکرد قند در بین ۴۶ ژنوتیپ چغندر قند مشاهده نکردند. نبود رابطه نشان می‌دهد که شاخص یادشده در شناسایی ژنوتیپ‌های چغندر قند برای تحمل به خشکی موفق نبوده است. در مطالعات آن‌ها رتبه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس DTI به طور کامل متفاوت از رتبه بندی بر اساس عملکرد بود. به نظر آن‌ها، عوامل دیگری غیر از عملکرد در شناسایی منابع تحمل نقش دارد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

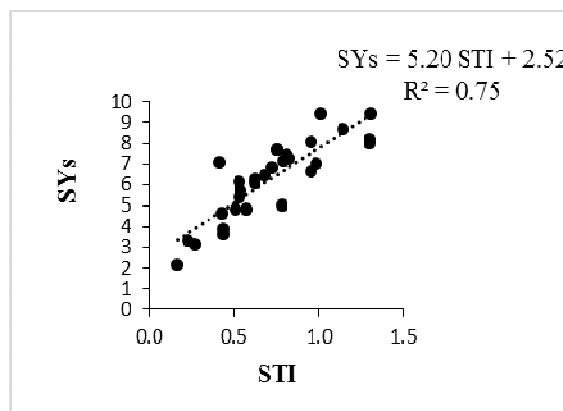
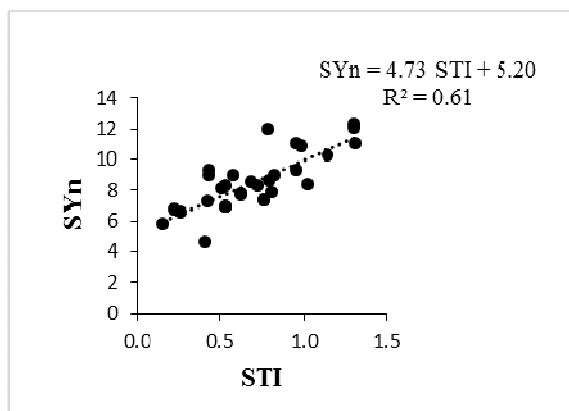
لازم به ذکر است که فقط بالابودن مقادیر شاخص‌ها برای یک هیبرید به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا هیبریدهایی هستند که دارای حساسیت کمی نسبت به تنش هستند، ولی عملکرد پایین دارند. به طور کلی، صفت تحمل به شوری صفتی پلی‌ژنیک و پیچیده است که عوامل مختلفی در ایجاد تحمل نقش دارد [۱۴]. با استفاده از تحلیل رگرسیونی شاخص‌ها با عملکرد قند در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌هایی که در محیط محدود و مطلوب دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. زیرا آن‌ها قادر به جدا کردن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در دو محیط هستند. در این مطالعه نتایج رگرسیون خطی بین هر یک از شاخص‌ها با عملکرد قند در شرایط تنش و عدم تنش (شکل الف-د) نشان داد که شاخص FEP تنها تحت شرایط تنش و شاخص DTI تنها تحت شرایط معمول با عملکرد قند رابطه معنی‌دار دارند. با این وجود، دو

جدول ۵. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به شوری بر مبنای عملکرد قند و دو محیط بدون تنش و تنش شوری

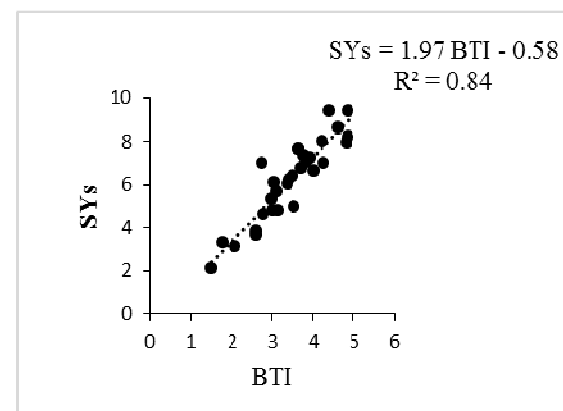
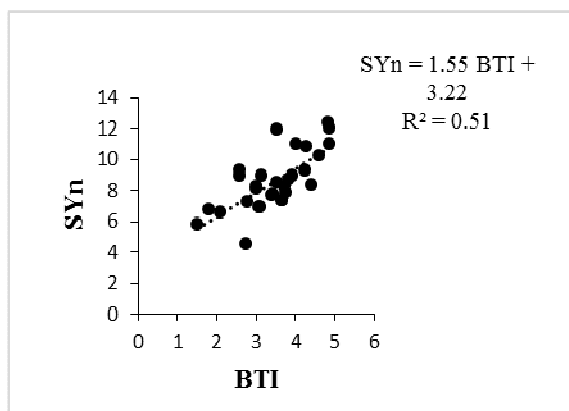
FEP	BTI	DTI	STI	ژنوتیپ	FEP	BTI	DTI	STI	ژنوتیپ
۰/۴۲	۱/۵۲	۰/۵۹	۰/۳۲	۴×۲	۰/۹۰	۴/۲۴	۱/۲۵	۰/۹۶	BP - مشهد (۱)
۰/۸۸	۴/۸۶	۱/۲۳	۱/۳۲	۱×۳	۱/۵۵	۲/۷۶	۲/۱۷	۰/۴۲	۱۸۱ (۲)
۰/۴۹	۲/۱۰	۰/۶۹	۰/۲۷	۲×۳	۰/۸۱	۳/۵۲	۱/۱۳	۰/۶۹	M ۱۹۳ (۳)
۰/۸۲	۳/۸۳	۱/۱۵	۰/۸۰	۳×۳	۰/۸۱	۳/۱۰	۱/۱۳	۰/۵۴	۱۹۱ (۴)
۱/۰۳	۳/۷۷	۱/۴۵	۰/۸۲	۴×۳	۰/۴۰	۲/۵۹	۰/۵۷	۰/۴۴	M۲۰۳ (۵)
۱/۱۶	۳/۶۷	۱/۶۷	۰/۷۶	۱×۴	۰/۹۲	۳/۰۶	۱/۵۲	۰/۵۴	MS۲۶۰۳۹ (۱)
۰/۵۴	۳/۱۳	۰/۷۶	۰/۵۸	۲×۴	۰/۶۵	۲/۷۸	۰/۹۲	۰/۴۳	MS۲۶۰۵۱ (۲)
۰/۴۱	۱/۵۲	۰/۵۸	۰/۱۶	۳×۴	۰/۷۰	۴/۰۱	۰/۹۸	۰/۹۶	MS۲۶۵۶۴ (۳)
۰/۸۴	۳/۹۲	۱/۱۸	۰/۸۳	۴×۴	۰/۸۳	۳/۴۲	۱/۱۷	۰/۶۳	MS۲۵۹۴۴ (۴)
۰/۸۲	۳/۷۲	۱/۱۵	۰/۷۳	۱×۵	۰/۴۶	۲/۵۸	۰/۶۵	۰/۴۴	۱×۱
۰/۳۳	۱/۸۰	۱/۰۶	۰/۲۳	۲×۵	۰/۶۲	۳/۰۱	۱/۸۶	۰/۵۱	۲×۱
۰/۶۵	۴/۸۴	۰/۹۲	۱/۳۱	۳×۵	۰/۹۲	۳/۰۱	۰/۹۳	۰/۵۴	۳×۱
۰/۶۵	۴/۲۶	۰/۹۱	۰/۹۹	۴×۵	۰/۸۰	۳/۳۹	۱/۱۱	۰/۶۳	۴×۱
۰/۹۰	۴/۶۲	۱/۲۶	۱/۱۵	- ۷۲۳۳ ۲۹P	۱/۱۹	۳/۶۷	۱/۶۷	۰/۷۶	۱×۲
۰/۵۴	۱/۴۵	۰/۶۷	۰/۵۸	%۵LSD	۱/۱۲	۴/۴۲	۱/۵۷	۱/۰۲	۲×۲
۰/۶۰	۱/۲۳	۰/۶۷	۰/۵۰	%۸LSD	۰/۶۸	۴/۸۷	۰/۹۵	۱/۳۱	۳×۲



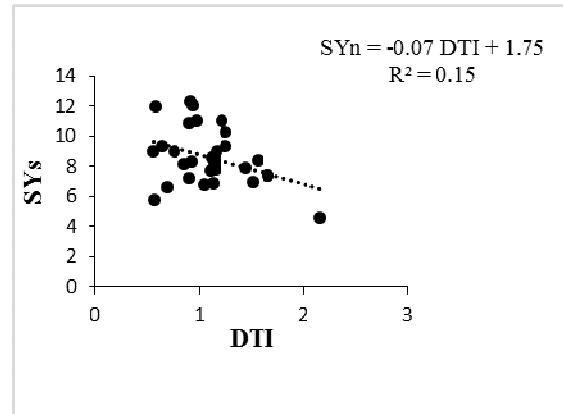
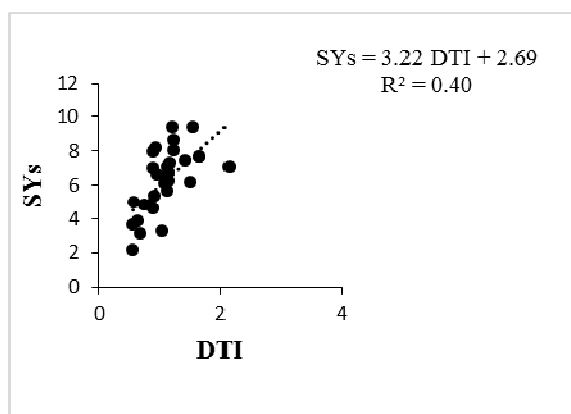
الف



ب



ج

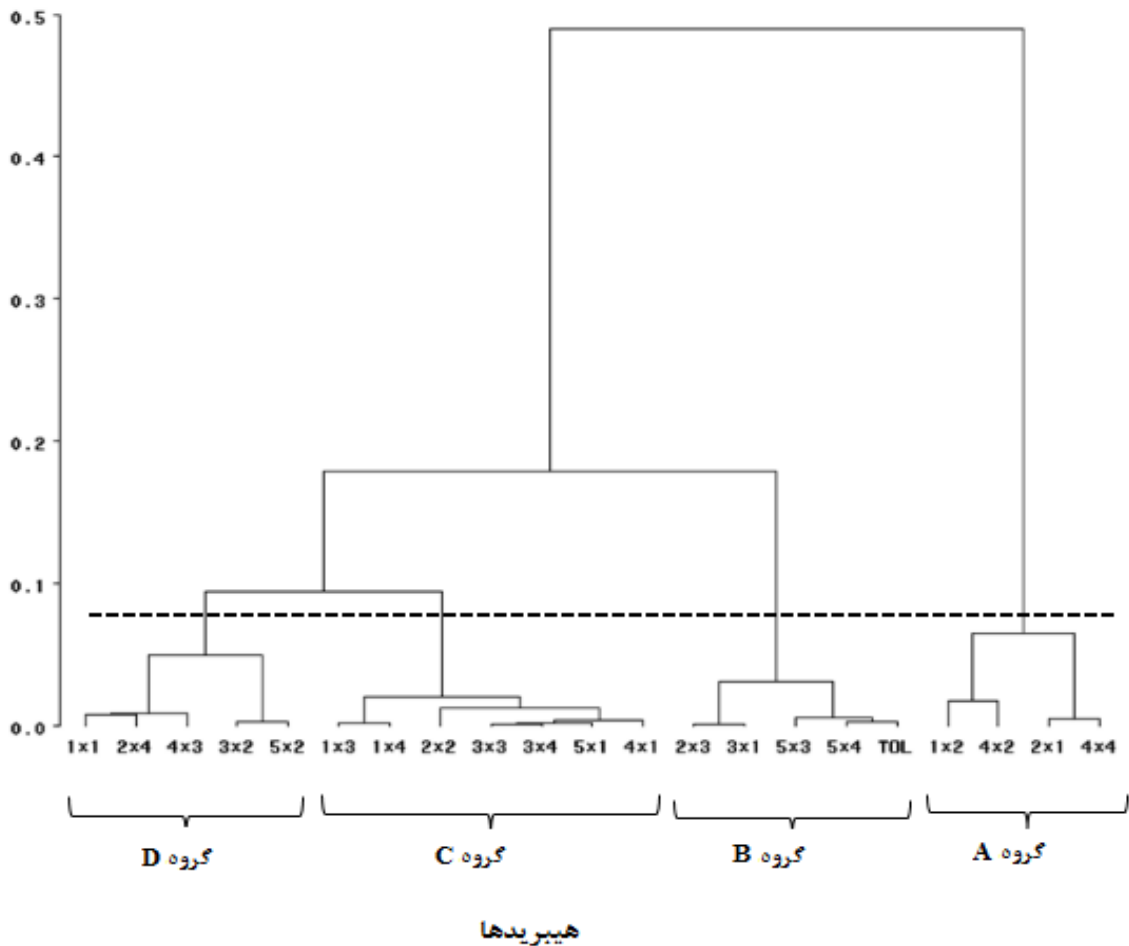


د

شکل ۱. (الف تا د). ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد قند در محیط تنش و عدم تنش در هیبریدهای چغندر قند شاخص‌های ظهور پتانسیل مزرعه (FEP)، تحمل به تنش (STI)، تحمل به خشکی (DTI)، تحمل چغندر قند (BTI)، عملکرد ریشه تحت شرایط تنش شوری (RYs)، عملکرد قند تحت شرایط تنش شوری (SYs)، عملکرد ریشه در شرایط معمول (RYn) و عملکرد قند در شرایط معمول (SYn)

در گروه B قرار گرفتند که بالاترین مقادیر شاخص‌های تحمل STI و BTI (هیبریدهای متحمل)، را به خود اختصاص دادند. هیبریدهای گروه D (یعنی 1×1 ، 2×4 ، 4×3 ، 3×2 و 5×2) پایین‌ترین مقادیر شاخص‌های تحمل STI و BTI را به خود اختصاص داده و جزء حساس‌ترین هیبریدها به شمار می‌روند. هیبریدهای گروه C نیز عملکرد متوسط در هر دو شرایط داشتند. تجزیه خوشه‌ای در گیاهان مختلف برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع بر اساس صفات مورفولوژیکی استفاده می‌شود [۱۵، ۱۶ و ۲۷].

هیبریدها بر مبنای شاخص تحمل BTI و STI و صفات عملکردی چغندر قند و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد گروه‌بندی شدند (شکل ۲). هدف از تجزیه خوشه‌ای شناسایی لاین‌هایی بود که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی با یکدیگر از نظر معیارهای مذکور بودند. هیبریدها به ۴ گروه تقسیم شدند. هیبریدهای 1×2 ، 4×2 ، 2×1 و 4×4 در گروه A قرار گرفتند که این گروه دارای مقادیر متوسط از نظر دو شاخص بودند و هیبریدهای 2×3 ، 3×1 ، 5×3 و 5×4 به همراه شاهد متحمل (TOL) در گروه B قرار گرفتند.



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد برای هیبریدهای چغندر قند بر اساس شاخص‌های STI و BTI و صفات عملکردی

نتیجه گیری کلی

۱۷]. به عبارت دیگر، در ارزیابی مزرعه‌ای، گیاه در برابر طیف وسیعی از غلظت نمک در مراحل مختلف رشد قرار می‌گیرد [۳۱]. از جمله دلایل محدود بودن آزمایش‌های مزرعه‌ای تحمل به شوری در چغندرقد را می‌توان به نبود امکانات مناسب برای انجام آزمایش‌های شوری مزرعه‌ای نسبت داد. نتایج تجزیه آماری بر روی این مواد ژنتیکی این مطالعه نشان داد که هیبریدهای ۲×۳، ۳×۱، ۳×۳ و ۵×۴ به‌عنوان هیبریدهای متحمل به شوری و دارای عملکرد مناسب در دو شرایط تنش و عدم تنش می‌توانند معرفی شوند.

References

- [1] Ebrahimian, H. R. (2010). Breeding for development of sugar beet salt tolerant Diploid pollinators. Sugar Beet Seed Institute, Final Report, 31 pages, (in Farsi).
- [2]. Ebrahimian, H. R., Ranji, Z., Rezaei. M. & Abbasi, Z. (2008). Screening of sugar beet genotypes under salt condition in greenhouse and field. Sugar beet research, 24, 1-21.
- [3]. Ahmadi, M. (2012). Study on characteristics related to drought tolerance in improved sugar beet population. PhD Thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran, (in Farsi).
- [4]. Fotuhi, K., Mesbah, M., Sadeghian, S.Y., Ranji, Z., & Orazizadeh, M. (2007). Evaluation of salinity tolerance in sugar beet genotypes. *Sugar Beet Research*, 22, 1-18, (in Farsi).
- [5]. Abbasi, Z. & Rezaei. M. (2014). Development of sugar beet salt tolerant triploid hybrids. *Sugar Technology*, DOI: 10. 1007/s 12355-014-0309-2.
- [6]. Ahmadi, M., Majidi Heravan, E., Sadeghian, S.Y., Mesbah, M. & Darvish, F. (2011). Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. *Euphytica*, 178, 339-349.
- [7]. Annicchiarico, P. (2002). Genotype × environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, *In: Kang MS (Ed.), Quantitative genetics, genomics and plant breeding*, CABI Publishing, Wallingford.
- [8]. Betran, F.J., Beck, D., Banziger, M. & Edmeades, G.O. (2003). Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non stress environments in tropical maize. *Crop Science*, 43, 807-817.
- [9]. Beyene, Y., Mugo, S., Semagn, K., Asea, G., Trevisan, W., Tarekegne, A. & Chavangi, A.

تاکنون بیشتر تحقیقات در زمینه ارزیابی و انتخاب ژرم‌پلاسما متحمل به شوری در چغندرقد تحت شرایط کنترل شده (سطح آزمایشگاه و گلخانه) صورت گرفته است [۱۱، ۱۳ و ۳۲]، با این وجود، ارزیابی‌های مزرعه‌ای اندکی در زمینه تنش شوری گزارش شده است [۱، ۴ و ۵]. به طور کلی، مطالعات تحت شرایط کنترل شده شامل اعمال تیمار شوری در گیاهچه در یک دوره نسبتاً کوتاه است، در حالی که ارزیابی تنش شوری در مزرعه سطح بیشتری از تغییرات مکانی و زمانی را در بر می‌گیرد [۱۲ و

- (2013). Genetic distance among doubled haploid maize lines and their testcross performance under drought stress and non-stress conditions. *Euphytica*, 192, 379-392.
- [10]. Blum, A., Sinmena, B., & Ziv, O. (1980). An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. *Euphytica*, 29(3), 727-736.
- [11]. Dadkhah, A. (2011). Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 1001-1012.
- [12]. Genc, Y., McDonald, G. K. & Tester, M. (2007). Reassessment of tissue Na⁺ concentration as a criterion for salinity tolerance in bread wheat. *Plant, Cell & Environment*, 30, 1486-1498.
- [13]. Ghoulam, C., Foursy, A. & Fares. K. (2002). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47, 39-50.
- [14]. Hasthanasombut, S., Ntui, V., Supaibulwatana, K., Mii, M. & Nakamura, I. (2010) Expression of Indica rice OsBADH1 gene under salinity stress in transgenic tobacco. *Plant Biotechnology Reports*, 4, 75-83.
- [15]. Hu, T., Zhang, X. Z., Sun, J. M., Li, H. Y., & Fu, J. M. (2014). Leaf functional trait variation associated with salt tolerance in perennial ryegrass. *Plant Biology*, 16(1), 107-116.
- [16]. Juste, A., Lievens, B., Frans, I., Marsh, T.L., Klingeberg, M., Michiels, C.W. & Willems, K.A. (2008) Genetic and physiological diversity of *Tetragenococcus halophilus* strains

- isolated from sugar- and salt-rich environments. *Microbiology*, 154, 2600-2610.
- [17]. Kopittke, P. M., Blamey, F. P. C., Kinraide, T. B., Wang, P., Reichman, S. M., & Menzies. N. W. (2011). Separating multiple, short-term, deleterious effects of saline solutions on the growth of cowpea seedlings. *New Phytologist*, 189, 1110-1121.
- [18]. Läuchli, A. & Epstein, E. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions, *In: Tanji KK (Ed.), Agricultural salinity assessment and management, ASCE manuals and reports on engineering practice, ASCE New York, pp. 113-137.*
- [19]. McGrath, J. M., Elawady, A., El-Khishin, D., Naegele, R. P., Carr, K.M., & Reyes, B., (2008). Sugar beet germination: Phenotypic selection and molecular profiling to identify genes involved in abiotic stress response. Proc. IVth IS on seed. Transplant and Stand Establishment of Hort. Crops. Ed. D.I.Leskovar. *Acta Hort.*782 .ISHS 2008
- [20]. Mohammadi, R., Amri, A. & Nachit, M. (2011b) Evaluation and Characterization of International Durum Wheat Nurseries under Rainfed Conditions in Iran. *International Journal of Plant Breeding*, 5, 94-100.
- [21]. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D. & Amri, A. (2010). Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *International Journal of Plant Production*, 4(1), 11-24.
- [22]. Najafian, G. (2009) Drought tolerance indices, their relationships and manner of application to wheat breeding programs. In: Mohammadi R, Haghparast R (Eds) *Plant Science in Iran. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 25-34.
- [23]. Nouri, A., Etminan, A., Teixeira, da Silva, J. A., & Mohammadi, R. (2011) Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Triticum turjidium* var. durum Desf.). *Australian Journal of Crop Science*, 5 (1), 8-16.
- [24]. Ober, E. S., Clark, C. J. A., Bloa, M. L., 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.
- [25]. Ober, E.S. & Rajabi, A. (2010). Abiotic Stress in Sugar Beet. *Sugar Technology*, 12, 294-298.
- [26]. Rajabi, A., Griffiths, H., E. S., Ober, W., Kromdijk, and J. D. Pidgeon, 2008. Genetic characteristics of water-use related traits in sugar beet. *Euphytica*, 160, 175-187.
- [27]. Saccomani, M., Stevanato, P., Trebbi, D., McGrath, J.M. & Biancardi, E. (2009) Molecular and morpho-physiological characterization of sea, ruderal and cultivated beets. *Euphytica*, 169,19-29.
- [28]. Sadeghian, S.Y., Fazli, T., Mohamadian, R. & Taleghani, D. (2000) Genetic variation for drought stress in sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research*, 37, 55-77, (in Farsi).
- [29]. Schneider, K., Schäfer-Pregl, R., Borchardt, D. C., and Salamini, F. (2002). Mapping QTLs for sucrose content, yield and quality in a sugar beet population fingerprinted by EST-related markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 104,1107-1113.
- [30]. Shiri, M., Aliyev, R. T., and Choukan, R., (2010). Water stress effects on combining ability and gene action of yield and genetic properties of drought tolerance indices in Maize. *Research Journal of Environmental Sciences*, (4), 75-84.
- [31]. Tavakoli, E., Fatehi, F., Rengasamy, P., & Glenn, K. M., (2012). A comparison of hydroponic and soil-based screening methods to identify salt tolerance in the field in barley. *Journal of Experimental Botany*, 63, 3853-3868.
- [32]. Wu, G.-Q., Liang, N., Feng, R.-J. & Zhang, J.-J. (2013). Evaluation of salinity tolerance in seedlings of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars using proline, soluble sugars and cation accumulation criteria. *Acta Physiology Plant*, 35, 2665-2674.

Evaluation of new sugar beet hybrids based on stress tolerance indices in saline conditions

1-Z. Abbasi, PhD of Plant Breeding, Isfahan University of Technology and Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources abasi@sbsi.ir

2- A. Arzani, Professor of Genetic and Plant Breeding College of Agriculture, Isfahan University of Technology

3- M. M. Magidi, Associate professor of Genetic and Plant Breeding College of Agriculture, Isfahan University of Technology

4- P. Mashayekhi, Natural Resources and Agriculture for Research center Isfahan

Received: 22 Jun 2014

Accepted: 13 Mar 2015

Abstract

In order to evaluate of new sugar beet hybrids for salt tolerance, 20 single cross hybrids produced by crosses between 5 diploid pollinators as male and 4 cytoplasmic male sterile as females (caused by factorial design) along with parents were investigated in Rudasht Salinity Research Station in 2012 and 2013. In each year, genotypes were studied in two experiments under saline (EC for water and soil about 12 and 8 dS/m, respectively) and non-saline field conditions (EC for water and soil about 4 dS/m) using a randomized complete block design with two and three replications in first and second year, respectively. Four salt tolerance indices including Salt Tolerance Index (STI), Field Emergency Potential (FEP), Beet Tolerance Index (BTI) and Drought Tolerance Index (DTI) were calculated based on sugar yield in stress and non-stress conditions. Regression analysis of sugar yield in two conditions with these indices showed that STI and BTI had significantly positive relationship with sugar yield under both stress and non-stress conditions, suggesting that these indices are more efficient for determining of salt tolerant genotypes. According to the results of cluster analysis, hybrids 2×3, 3×1, 5×3 and 5×4 were recognized as salt tolerant hybrids with high yield, and hybrids 1×1, 2×4, 4×3, 3×2 and 5×2 were introduced as susceptible hybrids with low yield for salinity condition.

Keywords: Hybrids; Salinity stress; Sugar beet; Sugar yield; Tolerance index.