به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۱ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۵۹-۷۲

شناسایی فامیل‌های دیپلوئیدگرده‌افشان (S1) برای اصلاح هیبریدهای متحمل به شوری در چغندرقند

زهرا عباسی*[۱]، محمدمهدی مجیدی[۲]، احمد ارزانی[۳]، اباذر رجبی[۴]، محمدرضا جهاداکبر[۵] و پریسا مشایخی[۶]

۱. کارشناس ارشد بخش تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول مکاتبات*).
۲. دانشیار رشتهٔ اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
۳. استاد رشتهٔ اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
۴. استادیار بخش به‌نژادی، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند، کرج، ایران.
۵. مربی بخش تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ایران.
۶. دانشجوی دکتری رشتهٔ فیزیک و حفاظت خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۶/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۱۰/۷

چکیده

به‌منظور شناسایی و انتخاب هیبریدهای متحمل به شوری براساس شاخص‌های کمّی تحمل به تنش، ۱۷ هیبرید تری‌وی‌کراس حاصل از تلاقی ۱۷ گرده‌افشان دیپلوئید متحمل به شوری با سینگل‌کراس منوژرم ۷۱۱۲ × ۲۶۱ به همراه سه شاهد در دو آزمایش در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت تحت تنش شوری (هدایت الکتریکی آب و خاک به‌ترتیب حدود ۱۲ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و در شرایط عدم تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار ارزیابی شدند. بر مبنای عملکرد شکر سفید در شرایط تنش و عدم تنش، شاخص‌های کمّی تحمل به تنش محاسبه شدند. تحلیل همبستگی عملکرد شکر با شاخص‌های مذکور نشان داد که شاخص‌های تحمل (STI)، میانگین تولید (MP) و میانگین هندسی تولید (GMP) به‌علت داشتن بیشترین ضریب همبستگی با عملکرد شکر سفید، مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت شناسایی هیبریدهای متحمل به شوری هستند. درمجموع، براساس نتایج به‌دست‌آمده از نمودارهای بای‌پلات، پراکنش سه‌بعدی و تجزیهٔ خوشه‌ای، هیبریدهای شمارهٔ (7112*261) * 7233-29/8، (7112*261) * 7233-29/19، 7233- (7112*261) * 29/35، (7112*261) * 7233-29/34، (7112*261) * 7233-29/28 وهیبرید MSC2 * 7233-P.29 (شاهد متحمل) به‌منزلهٔ هیبریدهای متحمل برای محیط‌های دارای تنش شوری و هیبریدهای (7112*261) * 7233-29/1، (7112*261) * 7233-29/5 و هیبرید ٤٣٦ (شاهد حساس) به‌منزلهٔ هیبریدهای حساس برای محیط‌های دارای تنش شوری معرفی شدند. در بین هیبریدهای متحمل، هیبرید شمارهٔ (7112*261) * 7233-29/35 با بیشترین میانگین عملکرد شکر در شرایط تنش شوری و نیز بالاترین مقادیر MP, STI و GMPبه‌منزلهٔ هیبرید برتر شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: تنش شوری، چغندرقند، شاخص‌های تحمل، عملکرد شکر سفید، هیبرید.

* نویسنده مسئول Email: abasi@sbsi.ir

مقدمه

شوری خاک یا آب یکی از تنش‌های محیطی مهم است که رشد گیاه و تولید محصولات زراعی را در سراسر جهان کاهش می‌دهد (۷). براساس برآورد تقریبی در جهان، در هر دقیقه حداقل سه هکتار از زمین‌های زراعی شور می‌شوند، بنابراین، ایجاد ارقام با ظرفیت تولید عملکرد اقتصادی تحت شرایط شور یکی از اهداف مهم برنامه‌های اصلاح چغندرقند است (۱۰ و ۱۳). اصطلاحاتی که معمولاً برای بیان مکانیسم گیاه برای مقاومت در برابر تنش خشکی و یا شوری استفاده شده است در اغلب موارد فرار از تنش، تحمل تنش خشکی یا شوری، اجتناب از تنش، بازیابی پس از ایجاد تنش و مقاومت در برابر تنش است (۱۸ و ۳۵). چغندرقند با آستانهٔ تحمل به شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر در زمرهٔ گیاهان متحمل به شوری محسوب می‌شود (۲۱). به‌طوری‌که در برخی نواحی ایران که به‌علت شوری آب یا خاک یا هردو، امکان کشت گیاهان دیگر وجود ندارد، کشت این گیاه امکان‌پذیر است. با وجود این، عملکرد این گیاه تحت تنش شوری کاهش می‌یابد و تولید عملکرد اقتصادی در شرایط تنش شوری از اهداف برنامه‌های اصلاحی است (۲۸).

یکی از مشکلات بزرگ در اصلاح برای تحمل به تنش شوری، پیچیدگی صفت تحمل به تنش شوری و نبود معیارها و روش‌های مؤثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل است. دستیابی به ارقام متحمل به تنش با نظرهای متفاوت دانشمندان روبه‌رو بوده است. برخی از پژوهشگران به انتخاب تحت شرایط مطلوب معتقدند (۸)، افراد دیگر انتخاب تحت شرایط تنش را مدنظر قرار داده‌اند (۲٤)، درحالی‌که دانشمندان زیادی معتقدند که انتخاب تحت هر دو شرایط مطلوب و تنش به‌منزلهٔ یک نقطهٔ شروع مشترک در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل ضروری است (۲۵، ۲٦، ۲۷، ۲۹ و ۳٤). ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش و عدم تنش، عملکرد بالا و یکسانی داشته باشند یا حداقل تفاوت عملکرد آن‌ها در این دو وضعیت زیاد نباشد، تحمل نسبی بیشتری به تنش دارند و برای اهداف اصلاحی مفیدند (۱٤). بنابراین، برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام متحمل به شوری بایستی انتخاب به‌وسیلهٔ تعدادی شاخص انتخاب، که براساس یک‌سری روابط ریاضی بین شرایط تنش و بدون تنش برقرار می‌شود، صورت گیرد. شاخص‌های متعددی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های دارای تنش‌های محیطی و بدون تنش ارائه شده است. برخی پژوهشگران شاخص حساسیت به تنش SSI(StressSusceptibility Index) را پیشنهاد کردند (۱۲). مقدار کمتر این شاخص نشان‌دهندهٔ تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط محدود و مطلوب و درنتیجه تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. برخی پژوهشگران شاخص تحمل TOL (Tolerance Index) و شاخص میانگین تولیدMP (Mean productivity) را معرفی کردند (۳۰). مقادیر بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش است، انتخاب بر مبنای مقادیر کمترTOL منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که پتانسیل عملکرد آن‌ها در محیط دارای تنش نسبت به محیط بدون تنش کاهش کمتری نشان می‌دهد. شاخص میانگین تولید (MP) سبب انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط مطلوب ولی عملکرد پایین در شرایط نامطلوب می‌شود. بنابرین، انتخاب براساس MP، متوسط عملکرد را در هر دو محیط تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد(۱۱). برای حل این مشکل فرناندز میانگین هندسی تولید GMP (Geometric Mean Productivity) را پیشنهاد کرد. این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بالاتر عملکرد دارد. فرناندز شاخص‌های تحمل به تنش STI (Stress Tolerance Index) را براساس GMP بنا گذاشت، لذا همبستگی بین STI و GMP بسیار بالاست و براساس STI مقادیر بالای این شاخص برای یک ژنوتیپ، نشان‌دهندهٔ تحمل بیشتر به تنش‌های محیطی و پتانسیل عملکرد بالاتر است. انتخاب برای تحمل به تنش خشکی

می‌تواند با انتخاب ژنوتیپ‌های با مقادیر بالای MP, GMP و STIامکان‌پذیر باشد (۱۵ و ۳٤).

در بسیاری از مطالعات در ارزیابی ژنوتیپ‌های چغندرقند شاخص‌های تحمل استفاده شده است. در برخی گزارش‌ها در ارزیابی لاین‌های اصلاحی چغندرقند، شاخص STI به‌منزلهٔ یک شاخص مؤثر در تشخیص ارقام متحمل به خشکی ذکر شده است (۳۲). در مطالعه (۱)۸۰ ژنوتیپ مختلف چغندرقند در گلخانه و مزرعهٔ تحت شرایط تنش شوری ارزیابی و با استفاده از شاخص STI برای صفت عملکرد شکر سفید، پنج لاین اصلاحی به‌منزلهٔ لاین متحمل به شوری معرفی شدند. احمدی و همکاران (۵) به‌منظور شناسایی لاین‌های S1 گرده‌افشان متحمل به شوری چغندرقند از شاخص STI استفاده کردند.

با توجه به تغییرات جهانی اقلیم و محدودیت آب آبیاری برای کشاورزی (۲۲) اصلاح برای بهبود تحمل به تنش‌های محیطی در جمعیت‌های اصلاحی چغندرقند امری ضروری به نظر می‌رسد (١٤ و ٣٦). بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی هیبریدهای دیپلوئید چغندرقند از نظر تحمل به شوری با بهره‌گیری از شاخص‌های تحمل به تنش به‌منظور شناسایی گرده‌افشان‌های با پتانسیل عملکرد بالا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ١٣٨٦ به‌صورت دو آزمایش جداگانه در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در دو آزمایش مجزا تحت تنش شوری (هدایت الکتریکی آب و خاک به‌ترتیب حدود ۱۲ و هشت دسی‌زیمنس بر متر) و عدم تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار ارزیابی شدند. مواد ژنتیکی مطالعه‌شده تعداد۱۷ هیبرید دیپلوئید تری‌وی‌کراس چغندرقند بود که از تلاقی ۱۷ لاین S1 گرده‌افشان (حاصل از جمعیت پایهٔ اصلاحی آزاد گرده‌افشان دیپلوئید P.29 -۷۲۳۳) با سینگل‌کراس مونوژرم نر عقیم (CMS) 261×7112 حاصل شده بودند. ۱۷ تلاقی به همراه سه شاهد; هیبرید ۷۱۱۲ (به‌منزلهٔ شاهد حساس)، هیبرید C_2 MS 7233-P.29* (به‌منزلهٔ شاهد متحمل) و هیبرید ٤٣٦ (به‌منزلهٔ شاهد حساس) به‌صورت آزمایش۲۰ رقمی ارزیابی‌شده قرار گرفتند.

در هر دو آزمایش عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت (شامل: شخم، پخش کود مورد نیاز براساس تجزیهٔ خاک، دیسک، خط‌کشی و پشته‌بندی)، کشت بذور، کنترل علف‌های هرز و آفات طبق روال معمول انجام گرفت. به‌منظور 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 غیرشور انجام گرفت و 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 دو خط به طول هشت متر با عرض ۵۰ سانتی‌متر (۱۲ m^2) و فاصلهٔ بین بوته‌ها روی خطوط پس از تنک ۱۵ سانتی‌متر بود. قبل از اجرای آزمایش از اعماق ۰ــ ۳۰ و ۳۰ــ ٦٠ سانتی‌متری نمونهٔ مرکب از خاک تهیه شد که نتایج آن در جدول۱ آمده است. آبیاری به‌صورت نشتی با استفاده از لوله به‌طور معمول انجام شد. چهار هفته قبل از برداشت، آبیاری آزمایش‌ها قطع و محصول چغندرقند در هر دو آزمایش در اوایل تا اواسط آبان با دستگاه چغندرکن برداشت شد. هر کرت آزمایشی جداگانه برداشت شد، ریشه‌ها با دست سرزنی و سپس شمارش و توزین شدند و سپس از هر کرت یک نمونهٔ ۲۵ کیلوگرمی به‌طور تصادفی انتخاب و جهت تهیهٔ خمیر به آزمایشگاه ارسال شد. در آزمایشگاه از هر تیمار حدود ۱۰۰گرم خمیر تهیه، در سینی مخصوص ریخته و در فریزر (دمای ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد)

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات رودشت اصفهان در سال ۱۳۸٦در دو عمق مختلف

عمق نمونه‌برداری (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر متر)	اشباعPH	فسفر قابل جذب (ppm)	ازت کل (٪)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۰ـ ۳۰	لومی رسی	۸	۷/۸	٤/٥	۰/٥	۱۷۰
۳۰ـ ٦۰	لومی رسی	۷	۸	۱	۰/۰٦	٦۰

به‌صورت منجمد نگه‌داری و سپس جهت تجزیهٔ عناصر کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی مؤسسهٔ تحقیقات چغندرقند ارسال شد و صفات درصد قند، سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره کلیهٔ تیمارها اندازه‌گیری شدند. از فرمول‌های زیر در محاسبات استفاده شد:

۱. درصد قند خالص (WSC)

$$WSC = SC - (MS + ۰/۶)$$

در این رابطه SC درصد قند و MS میزان ملاس را نشان می‌دهند.

۲. عملکرد قند خالص (WSY)

$$WSY = WSC \times RY$$

در این رابطه RY عملکرد ریشه را نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه تولید شکر سفید در واحد سطح مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندرقند است و از حاصل ضرب دو صفت عملکرد ریشه و درصد قند قابل استحصال به‌دست می‌آید (۹)، لذا از عملکرد شکر سفید در شرایط بدون تنش (WSYp) و تنش (WSYs) به‌منظور محاسبه شاخص‌های تحمل به شوری مطابق روابط زیر استفاده شد.

۳. شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۱۲)

$$SSI = \left[۱ - (Wsys / Wsyp)\right] / SI$$

$$SI = ۱ - (\overline{Wsys} / \overline{Wsyp})$$

در این رابطه‌ها، Wsyp و Wsys به‌ترتیب عملکرد شکر سفید هیبرید مورد نظر تحت شرایط مطلوب و تنش، SI معادل شدت تنش (Stress Intensity)، $\overline{Wsys}$ میانگین عملکرد شکر سفید هیبریدها در محیط تنش، $\overline{Wsyp}$ میانگین عملکرد شکر سفید هیبریدها در شرایط نرمال است.

٤. شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین عملکرد (MP) (٦)

$$MP = (Wsyp + Wsys) / ۲$$

در این رابطه *Wsyp* و *Wsys* به‌ترتیب عملکرد شکر سفید هیبرید مورد نظر تحت شرایط مطلوب و تنش است.

۵. شاخص تحمل به تنش (STI) (۱۱)

٦. شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) (۱۱)

$$STI = [(Wsyp)(Wsys)] / (\overline{Wsys})^{۲}$$

$$GMP = \sqrt{Wsyp \times Wsys}$$

در این رابطه Wsyp و Wsys به‌ترتیب عملکرد شکر سفید هیبرید مورد نظر تحت شرایط مطلوب و تنش و $\overline{Wsys}$ میانگین عملکرد شکر سفید هیبریدها در محیط تنش است.

تجزیهٔ واریانس به‌صورت تجزیهٔ مرکب دو محیط (عدم تنش و تنش شوری) انجام شد. مقایسهٔ میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش به روش دانکن انجام شد. همبستگی بین شاخص‌های مختلف و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش وعدم تنش محاسبه و بر این اساس مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی شد. برای بررسی پراکنش هیبریدها و تعیین هیبریدهای متحمل به شوری با عملکرد بالا در هر دو محیط نمودار سه‌بعدی ترسیم شد. برای مطالعهٔ هم‌زمان متغیرها، ارتباط بین شاخص‌ها و شناسایی هیبریدهای متحمل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام نمایش

ترسیمی بای‌پلات براساس دو مؤلفه اول ترسیم شد. تجزیهٔ واریانس، برآورد همبستگی‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار SAS و رسم نمودار سه‌بعدی و نمودار بای‌پلات به کمک نرم‌افزار StatGraphics Plus 2.1 انجام شد. به‌منظورگروه‌بندی ژنوتیپ‌های بررسی‌شده از نظر تحمل به شوری تجزیهٔ خوشه‌ای با استفاده ازشاخص STI برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد شکر ناخالص و خالص، درصد قند، درصد قند سفید و ضریب استحصال به روش وارد[1] (با نرم‌افزار آماری SAS)انجام گرفت.

نتایج و بحث

وجود اختلاف معنادار بین هیبریدهای تری‌وی‌کراس از نظر صفات مهم کمّی و کیفی بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب گرده‌افشان‌های متحمل به شوری برای تولید هیبرید در برنامه‌های اصلاحی چغندرقند است. مقایسهٔ میانگین صفات کمّی و کیفی هیبریدهای چغندرقند در محیط تنش و بدون تنش (جدول۲) نشان داد که عملکرد ریشه بیشترین کاهش و ازت مضره بیشترین افزایش را در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش داشته است. اگرچه درصد قند و درصد قند سفید به‌ترتیب ۲۹/۸ و ۳۱/۹۲درصد افزایش را در محیط تنش نشان دادند، اما این افزایش نتوانست کاهش ۳۲درصدی عملکرد ریشه را جبران کند و درنتیجه عملکرد شکر سفید که از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند سفید حاصل شد، کاهش حدود ۱۱درصدی نشان داد. این نتیجه با دیگر نتایج مطالعات مطابق است، به‌طوری‌که در محیط تنش عملکرد ریشه ۳۵درصد کاهش و درصد قند ۱۱درصد افزایش نشان داد (۵).

جدول۲. میانگین صفات کمّی وکیفی هیبریدهای چغندرقند در تنش شوری و بدون تنش و درصد تغییر بر اثر تنش

صفات	میانگین صفات		تغییر ناشی از تنش (٪)
	تنش	بدون تنش	
عملکرد ریشه (تن در هکتار)	۳۶/۴۶±۷/۰۰	۵۳/۴۲±۴/۵۵	-۳۱/۷
تعداد بوته (در هکتار)	۶۴/۳۶±۱/۱۹	۹۲/۸۴± ۷/۳۸	-۳۰/۷
عملکرد شکر (تن در هکتار)	۸/۳۲±۰/۷۳	۹/۴۴±۰/۸۵	-۱۱/۹
عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	۷/۲۵±۰/۷۵	۸/۱۴±۰/۷۵	-۱۰/۹
درصد قند	۲۲/۹۷±۱/۰۳	۱۷/۶۹±۰/۶۳	۲۹/۸
سدیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۲/۱۵±۰/۵۸	۰/۳۶ ±۱/۴۵	۴۸/۳
پتاسیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۶/۲۵±۰/۵۳	۴/۵۲±۰/۲۸	۳۸/۳
نیتروژن مضره (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۳/۱۴±۰/۷۴	۰/۹۴±۰/۲۷	۲۳۴/۰۴
ضریب الکالوئید	۲/۷۳±۰/۴۱	۷/۱۱±۲/۰۸	-۶۱/۶
درصد قند سفید	۲۰/۰۸±۰/۳۹	۱۵/۲۶±۰/۶۸	۳۱/۵۹
ضریب استحصال	۸۷/۳۲ ±۰/۳۵	۸۶/۲۴ ±۱/۱۲	۱/۲۵
قند ملاس	۲/۸۹±۰/۳۹	۱/۸۳ ±۰/۱۶	۵۷/۹۲

1. Ward

مقایسهٔ میانگین هیبریدها و رتبه‌بندی آن‌ها براساس عملکرد و شاخص‌های تحمل (جدول۳) نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد شکر سفید در محیط بدون تنش به‌ترتیب متعلق به هیبریدهای شمارهٔ ۵ و ٤ بوده است. در محیط تنش نیز بیشترین و کمترین عملکرد شکر سفید به‌ترتیب مربوط به هیبرید شمارهٔ ۱۳ و ۲۰ بوده است.

جدول۳. مقایسهٔ میانگین، رتبه (R) و میانگین رتبه (MR) هیبریدهای مختلف از نظر عملکرد شکر سفید در محیط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل به تنش

هیبرید	WSYn (t/h)§	R	WSYs (t/h)	R	TOL	R	MP	R
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱	۸/۰۷a-d	۱۲	٦/۰۲bc	۱۹	۲/۰۵a	۲۰	۷/۰٤cd	۱۸
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۳	۷/۵۷bcd	۱۷	۷/۹۹ab	۵	۰/۰۵b	۳	۷/۷۸a-d	۱۲
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۴	۸/۲٤abc	۹	۷/٤۵abc	۱۲	۰/۷۹ab	۱۱	۷/۸٤a-d	۱۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۵	۷/۰٤d	۲۰	٦/۹۵abc	۱٦	۰/۰۹ab	۵	٦/۹۹d	۱۹
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۸	۹/۰۹a	۱	۷/۹٤abc	٦	۱/۱٦ab	۱۷	۸/۵۷ab	۲
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۹	۸/٤۳abc	۷	۷/۳٤abc	۱۳	۱/۰۸ab	۱۵	۷/۸۸ a-d	۸
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱۱	۸/۳۲abc	۸	۷/۵٦abc	۱۱	۰/۷٦ab	۱۰	۷/۹٤ a-d	۷
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱۲	۷/۵۷bcd	۱۸	۷/۷abc	۹	۰/۰٦ab	٤	۷/٦٤a-d	۱٤
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱۳	۷/۵٦cd	۱۹	۸/۱۷ab	٤	۰/۰۱b	۱	۷/۸۷a-d	۹
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۳۲	۷/٦٦bcd	۱۵	٦/۹۵abc	۱۷	۰/۷۱ab	۹	۷/۳۱bcd	۱۷
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱۷	۸/۰۵a-d	۱۳	٦/۸۳abc	۱۸	۱/۲۳ab	۱۸	۷/٤٤bcd	۱٦
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۱۹	۸/۷۳ab	۳	۷/۷۵abc	۸	۰/۹۸ab	۱٤	۸/۲٤abc	٦
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۳۵	۸/٤۸abc	٦	۹a	۱	۰/۰۲b	۲	۸/۷٤a	۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۳۴	۹/۰۲a	۲	۷/۹۲abc	۷	۱/۱ab	۱٦	۸/٤۷ab	٤
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۲۸	۸/۷۱abc	٤	۸/۲۹a	۲	۰/٤۲ab	۸	۸/۵ab	۳
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۲۹	۸/۱۳a-d	۱۰	۷/۲۵abc	۱٤	۰/۸۸ab	۱۲	۷/٦۹a-d	۱۳
(۷۱۱۲×۲۶۱) ×۷۲۳۳-۲۹/۳۰	۸/۰۹a-d	۱۱	۷/۱۵abc	۱۵	۰/۹٤ab	۱۳	۷/٦۲a-d	۱۵
شاهد حساس HYBRID ۷۱۱۲	۸/۰۳a-d	۱٤	۷/٦۹abc	۱۰	۰/۳٤ab	٦	۷/۸٦a-d	۱۰
HYBRID ۷۲۳۳-P.۲۹ * SC۲ شاهد متحمل	۸/٦۵abc	۵	۸/۲٤a	۳	۰/٤۱ab	۷	۸/٤٤ab	۵
HYBRID ۴۳۶ شاهد حساس	۷/٦۲bcd	۱٦	۵/۷۹c	۲۰	۱/۸۳ab	۱۹	٦/۷d	۲۰

§WSYs عملکرد در شرایط تنش; WSYn عملکرد در شرایط بدون تنش; STI شاخص تحمل به تنش; GMP میانگین هندسی تولید; MP میانگین تولید; TOL شاخص تحمل; SSI شاخص حساسیت به تنش; R رتبه و MR میانگین رتبه

ادامهٔ جدول۳. مقایسهٔ میانگین، رتبه (R) و میانگین رتبه (MR) هیبریدهای مختلف از نظر عملکرد شکر سفید در محیط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل به تنش

هیبرید	GMP	R	SSI	R	STI	R	MR
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱ ×	۶/۹۵cd	۱۹	۳/۰۵a	۲۰	۰/۷۳cd	۱۹	۱۸/۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۳ ×	۷/۷۴a-d	۱۲	−۰/۷۳bc	۳	۰/۹۱a-d	۱۲	۹/۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۴ ×	۷/۸۳a-d	۸	۱/۱۴abc	۱۱	۰/۹۳a-d	۹	۱۰/۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۵ ×	۶/۹۹cd	۱۸	۰/۱۵abc	۵	۰/۷۴cd	۱۸	۱۴/۴
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۸ ×	۸/۴۶ab	۳	۱/۳۸abc	۱۴	۱/۰۹ab	۲	۶/۴
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۹ ×	۷/۷۸a-d	۱۱	۱/۶۳abc	۱۷	۰/۹۵a-d	۷	۱۱/۱
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱۱ ×	۷/۸۸a-d	۷	۰/۸۸abc	۹	۰/۹۴a-d	۸	۸/۶
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱۲ ×	۷/۶۳a-d	۱۴	−۰/۱۹abc	۴	۰/۸۹a-d	۱۳	۱۰/۹
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱۳ ×	۷/۷۹a-d	۱۰	−۱/۱c	۱	۰/۹۳a-d	۱۰	۷/۷
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۳۲ ×	۷/۲۹bcd	۱۷	۱/۱abc	۱۰	۰/۸۱bcd	۱۷	۱۴/۶
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱۷ ×	۷/۲۷bcd	۱۶	۱/۶۹ abc	۱۸	۰/۸۲bcd	۱۶	۱۶/۴
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۱۹ ×	۸/۲۳abc	۶	۱/۳۴ abc	۱۳	۱/۰۲abc	۶	۸
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۳۵ ×	۸/۷a	۱	−۰/۹۳c	۲	۱/۱۵a	۱	۲
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۳۴ ×	۸/۴۵ab	۴	۱/۵abc	۱۶	۱/۰۹ab	۳	۷/۴
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۲۸ ×	۸/۴۷ab	۲	۰/۴۹abc	۷	۱/۰۹ab	۴	۴/۳
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۲۹ ×	۷/۶۵a-d	۱۳	۱/۱۶abc	۱۲	۰/۸۹a-d	۱۴	۱۲/۶
(۷۱۱۲×۲۶۱) ۷۲۳۳-۲۹/۳۰ ×	۷/۵۷a-d	۱۵	۱/۳۹abc	۱۵	۰/۸۷a-d	۱۵	۱۴/۱
HYBRID ۷۱۱۲ شاهد حساس	۷/۸۱a-d	۹	۰/۱۵abc	۶	۰/۹۲a-d	۱۱	۹/۴
HYBRID ۷۲۳۳-P.۲۹ * MSC۲ شاهد متحمل	۸/۴۱ab	۵	۰/۵۲abc	۸	۱/۰۸ab	۵	۵/۴
HYBRID ۴۳۶ شاهد حساس	۶/۶d	۲۰	۲/۷۹ab	۱۹	۰/۶۶d	۲۰	۱۹/۱

§ WSYs عملکرد در شرایط تنش; WSYn عملکرد در شرایط بدون تنش; STI شاخص تحمل به تنش; GMP میانگین هندسی تولید; MP میانگین تولید; TOL شاخص تحمل; SSI شاخص حساسیت به تنش; R رتبه و MR میانگین رتبه

از نظر شاخص‌های کمّی تحمل نیز کمترین شاخص TOL متعلق به هیبریدهای شمارهٔ ۹ و۱۳، بیشترین میانگین تولید، بیشترین میانگین هندسی تولید و بیشترین شاخص تحمل به تنش متعلق به هیبرید شمارهٔ ۱۳ بود. از نظر میانگین رتبه‌بندی نیز این هیبرید برترین رتبه را به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه هیبرید شمارهٔ ۱۳ در محیط تنش و بدون تنش عملکرد شکر بالایی را داشت، می‌توان آن را مناسب‌ترین هیبرید معرفی کرد. شایان ذکر است که صرفاً پایین‌بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک هیبرید به‌منزلهٔ مناسب‌بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا هیبریدهایی هستند که حساسیت کمی نسبت به تنش دارند، اما عملکرد کم نیز دارند (٦). به‌طورکلی، صفت تحمل به شوری صفتی پلی‌ژنیک و پیچیده است که عوامل مختلفی در ایجاد تحمل نقش دارد (١٦).

با استفاده از تحلیل همبستگی شاخص‌ها با عملکرد شکر سفید در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌هایی که در محیط محدود و مطلوب دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌منزلهٔ بهترین شاخص معرفی می‌شوند، زیرا قادر به جداکردن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در دو محیط هستند (٦ و١١). نتایج ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها (جدول٤) همبستگی بسیار معناداری در سطح احتمال یک‌درصد را بین شاخص‌های میانگین عملکرد (MP)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) با عملکرد شکر سفید در شرایط تنش و مطلوب نشان داد. بنابراین، شاخص‌های تحمل GMP MP و STI می‌توانند به‌منزلهٔ مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب هیبریدهای متحمل که در شرایط مطلوب و محدود عملکرد بالایی دارند، در نظر گرفته شوند. نکتهٔ مهم در جدول۵ این است که همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد شکر سفید در شرایط مطلوب و محدود (r =٠/٤٧*) وجود داشت که بیانگر افزایش یا کاهش هم‌جهت عملکرد تحت دو شرایط فوق است. این همبستگی در نتایج دیگر مطالعات در هیبریدهای مختلف چغندرقند مشاهده شده است (٢ و ٢٨).

جدول٤. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد شکر سفید در محیط تنش و بدون تنش در هیبریدهای چغندرقند

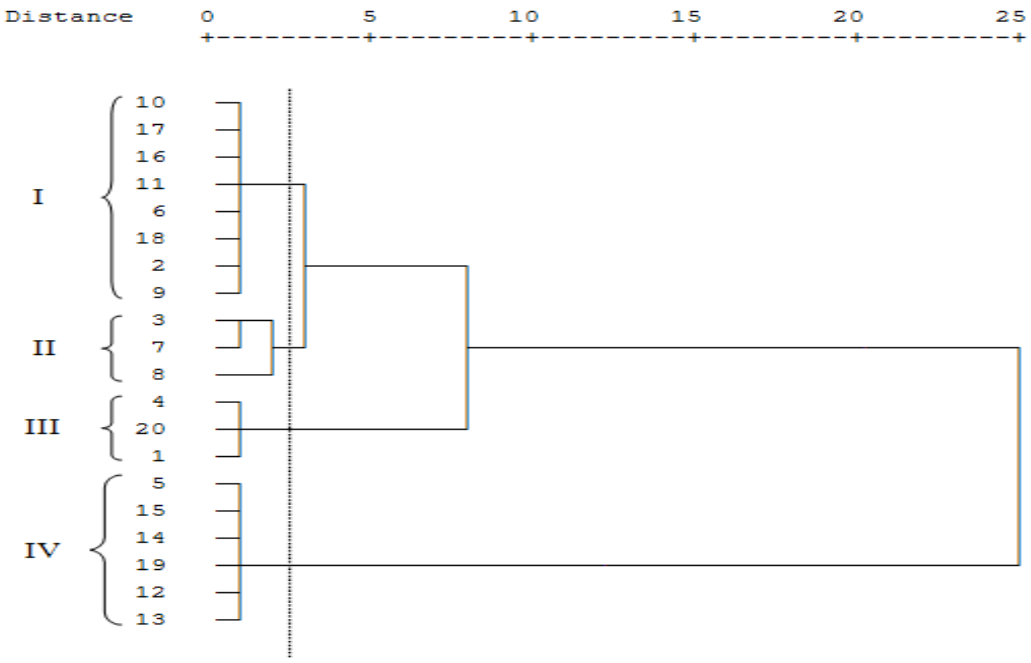
	WSYs	WSYp	STI	SSI	TOL	MP	GMP
WSYs	١						
WSYp	٠/۴٧*	١					
STI	٠/٩١**	٠/٧٩**	١				
SSI	-٠/٧٥**	٠/٢٣	_٠/۴١	١			
TOL	**-٠/٧٠	٠/٣	-٠/٣٥	٠/٩٩**	١		
MP	٠/٩٠**	٠/٨١**	٠/٩٩**	-٠/٣٩	-٠/٣٢	١	
GMP	٠/٩١**	٠/٧٩**	٠/٩٩**	-٠/۴٢	-٠/٣٥	٠/٩٩**	١

** و * به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

WSYs عملکرد در شرایط تنشWSYn; عملکرد در شرایط بدون تنشSTI; شاخص تحمل به تنشGMP میانگین هندسی تولیدMP; میانگین تولید TOL; شاخص تحملSSI; شاخص حساسیت به تنش

گزینش شاخص‌های میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل به تنش به‌منزلهٔ مناسب‌ترین شاخص‌ها در این پژوهش با نتایج پژوهش‌های دیگران (۱۵، ۲۳ و ۳٤) مطابقت دارد. در این مطالعه همبستگی بین شاخص‌های SSI و TOLبا WSYs منفی و معنادار و همبستگی این شاخص‌ها با WSYp مثبت و غیرمعنادار بود. بنابراین، انتخاب براساس مقادیر پایین TOL و SSI موجب گزینش رقم‌هایی با پتانسیل عملکرد پایین در شرایط تنش می‌شود. همبستگی مثبت عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های SSI و TOL در ژنوتیپ‌های چغندرقند قبلاً توسط وزان (٤)، صادقیان و همکاران (۳۳)و محمدیان و همکاران (۳) نیز گزارش شده است. اما فیشر و مورر (۱۲) بیان کردند انتخاب براساس SSI سبب افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود. همبستگی بین شاخص‌های STI و شاخص‌های MP وGMP مثبت و تقریباً کامل($r = ۰/۹۹^{**}$) بود. این مطلب با توجه به ماهیت شاخص STI قابل توجیه است، زیرا این شاخص براساس GMP است، بنابراین، همبستگی بین STI و GMPباید برابر یک باشد (۱۱).

هیبریدها برمبنای شاخص تحمل STI صفات مختلف کمّی و کیفی چغندرقند با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش وارد گروه‌بندی شدند و دندروگرام مربوطه رسم شد (شکل۱). هدف از تجزیهٔ خوشه‌ای شناسایی لاین‌هایی بود که بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی با یکدیگر از نظر معیارهای مذکور را داشتند. هیبریدها به٤ گروه تقسیم شدند که واریانس بین گروه‌ها برای صفات بررسی‌شده معنادار شد (جدول۵).



شکل۱. دندروگرام حاصل تجزیهٔ خوشه‌ای هیبریدهای چغندرقند براساس شاخصSTI صفات مختلف

جدول۵. تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین گروه‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای در هیبریدهای چغندرقند

صفات	میانگین مربعات بین گروه‌ها	مقادیر STI			
		گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
عملکرد ریشه	۰/۰۵**	۰/۶۶^{b}	۰/۶۵^{b}	۰/۵۴^{c}	۰/۸۱^{a}
عملکرد شکر	۰/۱۰**	۰/۸۴^{b}	۰/۸۹^{b}	۰/۶۸^{c}	۱/۰۵^{a}
عملکرد شکر سفید	۰/۰۹**	۰/۸۵^{c}	۰/۹۲^{b}	۰/۷۰^{d}	۱/۰۵^{a}
درصد قند	۰/۰۱**	۱/۲۹^{b}	۱/۳۶^{a}	۱/۲۷^{b}	۱/۳۰^{b}
درصد قند سفید	۰/۰۱**	۱/۲۹^{b}	۱/۴۱^{a}	۱/۲۹^{b}	۱/۳۱^{b}
ضریب استحصال	۰/۰۰۱**	۱/۰۱^{c}	۱/۰۳^{a}	۱/۰۳^{ab}	۱/۰۱^{bc}

هیبریدهای شمارهٔ ۵, ۱۲, ۱۳, ۱٤, ۱۵ و ۱۹ در یک گروه قرار گرفتند که این گروه براساس نتایج مقایسهٔ میانگین گروه‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای (جدول۵) بالاترین مقادیر شاخص تحمل STI برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید را به خود اختصاص دادند. هیبریدهای شمارهٔ ۳ ,۷ و۸ در یک گروه قرار گرفتند (شکل۱) که از نظر صفات کیفی درصد قند، درصد قند سفید و ضریب استحصال بالاترین مقادیر شاخص STIرا به خود اختصاص دادند. هیبریدهای شمارهٔ ۱۱، ۱٦، ۱۷، ۱۸، ۹، ۲ و ٦ در یک گروه قرار گرفتند که مقادیر متوسط شاخص STIدر صفات بررسی‌شده را داشتند و هیبریدهای چندان مناسبی به‌شمار نمی‌روند. درنهایت هیبریدهای شمارهٔ ۱ و ٤ و ۲۰ مقادیر نسبتاً پایین مقادیر STI را داشتند. تجزیهٔ خوشه‌ای در گیاهان مختلف به‌طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع براساس صفات مورفولوژیکی استفاده شده است (۱۷، ۲۰ و ۳۱).

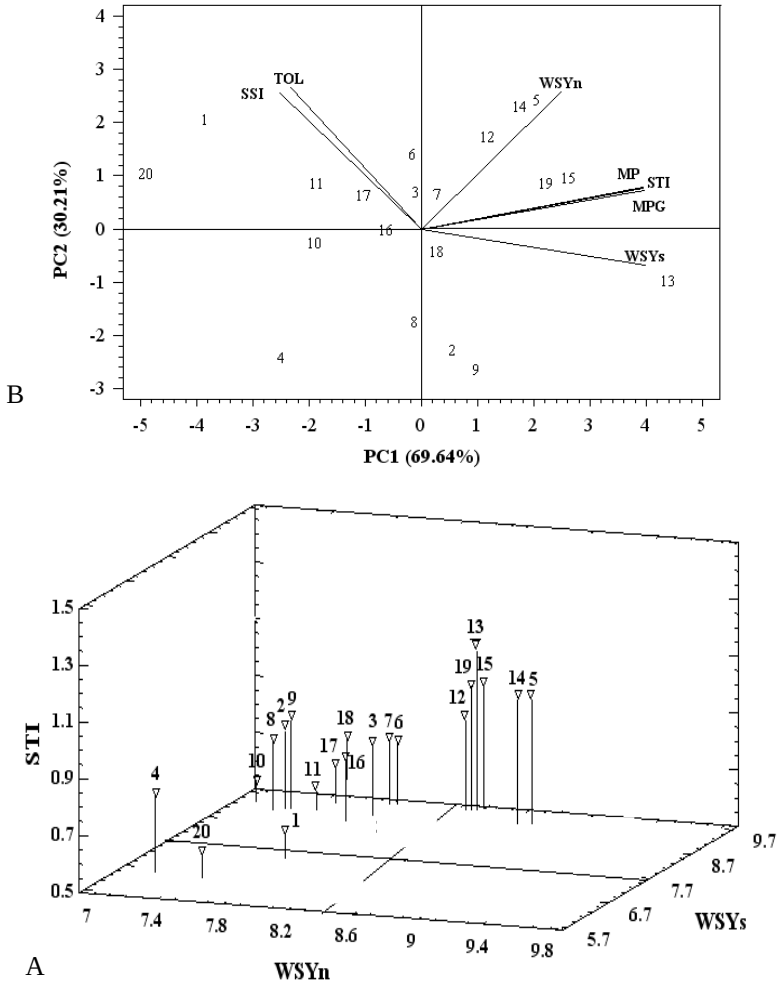
نتایج بررسی نمودار سه‌بعدی هیبریدهای بررسی‌شده (شکل۲ـ A) براساس WSYs, WSYn و STI نشان داد که هیبریدهای شمارهٔ ۵, ۱۲, ۱۳, ۱٤, ۱۵ و ۱۹ در ناحیهٔ A قرار گرفتند، یعنی تحمل به شوری و عملکرد بالا در هر دو شرایط را دارند. این هیبریدها در تجزیهٔ خوشه‌ای نیز در گروه برتر قرار گرفتند. هیبریدهای ۱، ٤ و ۲۰ در ناحیهٔ D که نشان‌دهندهٔ هیبریدهای با عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش است، قرار گرفتند. بقیهٔ هیبریدها نیز در ناحیهٔ C قرار گرفتند، به‌عبارت دیگر این هیبریدها تنها در شرایط تنش عملکرد بالایی داشتند.

یکی از روش‌های پیشرفتهٔ آماری که از طریق آن می‌توان هم‌زمان به مطالعهٔ تعداد زیادی متغیر پیوسته پرداخت، روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. درواقع این روش تنوع موجود در تعداد زیادی متغیر اولیه را در تعداد کمی مؤلفه خلاصه می‌کند و اطلاعات ارزنده‌ای دربارهٔ متغیرهای اولیه در اختیار قرار می‌دهد (۱۹).در این پژوهش نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول٦). نشان داد که دو مؤلفهٔ اول درمجموع ۹۹/۸۵درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کردند. مؤلفهٔ اول ٦۹/٦٤درصد از کل تغییرات شاخص‌ها را تبیین کرد. در این مؤلفه شاخص‌های MP, STI و GMP بیشترین ضرایب را به خود اختصاص دادند (جدول٦). بنابراین، این مؤلفه به‌منزلهٔ مؤلفهٔ پتانسیل تولید معرفی شد. انتخاب براساس این مؤلفه، هیبریدهایی را گزینش می‌کند که عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند. مؤلفهٔ دوم ۳۰درصد از کل تغییرات شاخص‌ها را توجیه کرد. در این مؤلفه شاخص‌های SSI و TOL نقش بیشتری داشتند، بنابراین، این مؤلفه را می‌توان مؤلفه حساسیت نامید.

جدول٦. مقادیر ویژه، درصد مقادیر ویژه، درصد تجمعی مقادیر ویژه برای شاخص‌های مختلف تحمل به تنش در هیبریدهای چغندرقند

Component	Eigen value	Eigen value%	Eigen value Cumulative %	WSYs	WSYn	STI	SSI	TOL	MP	GMP
PC1	۴/۹۱	۶۹/۶۴	۶۹/۶۴	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۸	−۰/۲۶	−۰/۱۹	۰/۹۹	۰/۹۸
PC2	۲/۵۳	۲۱/۳۰	۸۵/۹۹	−۰/۵۵	۰/۴۵	−۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۹۶	−۰/۱۵	−۰/۱۷

PC1 مؤلفهٔ اصلی اول; PC2 مؤلفهٔ اصلی دوم; WSYs عملکرد در شرایط تنش; WSYn عملکرد در شرایط بدون تنش; STI شاخص تحمل به تنش; GMP میانگین هندسی عملکرد; MP میانگین عملکرد; TOL شاخص تحمل; SSI شاخص حساسیت به تنش



شکل۲ـ A) نمودار سه‌بعدی میان شاخص تحمل (STI) و عملکرد شکر سفید در محیط تنش (WSYs) و بدون تنش (WSYn)، B) نمایش بای‌پلات واکنش ارقام (که با شماره نشان داده شده‌اند) و۵ شاخص تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد شکر سفید در محیط تنش و بدون تنش

به‌منظور مطالعهٔ هم‌زمان روابط بین تمام شاخص‌ها و عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش ترسیم بای‌پلات (Biplot) براساس دو مؤلفهٔ اول و دوم صورت گرفت (شکل۲ـ B). اندازهٔ زوایای خطوط شاخص‌ها نشان‌دهندهٔ مقدار همبستگی بین شاخص‌ها است. بنابراین، ملاحظه می‌شود که دو شاخص SSI و TOL با یکدیگر و سه شاخص STI,MP و GMP با یکدیگر همبستگی بسیاربالایی دارند. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص‌های STI ,MP و GMP همبستگی بالایی با WSYs دارند. در شکل بای‌پلات ترسیمی ناحیهٔ سمت راست پایین (مقادیر بیشتر مؤلفهٔ اول و مقادیر کمتر مؤلفهٔ دوم) به‌منزلهٔ ناحیهٔ مورد نظر انتخاب می‌شوند که هیبرید شمارهٔ ۱۳ بالاترین مقدار مؤلفهٔ اول و هیبرید شمارهٔ ۱ بالاترین مقدار مؤلفهٔ دوم را دارند.

نتیجه‌گیری کلی

همبستگی معنادار بین شاخص‌های STI و MP و GMP با عملکرد شکر سفید در شرایط تنش وعدم تنش نشان می‌داد که می‌توان شاخص‌های STI و MP و GMP را به‌منزلهٔ بهترین شاخص برای تفکیک هیبریدهای متحمل به شوری استفاده کرد. استفاده از نمودار سه‌بعدی و روش ترسیمی بای‌پلات امکان گزینش هیبریدهای با عملکرد بالا و متحمل به شوری را با استفاده از شاخص‌های تحمل و صفت عملکرد شکر سفید فراهم کرد. کاربرد نمودار سه‌بعدی از لحاظ سادگی کار در مقایسه با روش بای‌پلات که نیاز به انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دارد، بیشتر است. هرچند روش‌های بای‌پلات اطلاعات جامع مفیدتری را در اختیار قرار می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده از روش تجزیهٔ خوشه‌ای نیز با سایر روش‌های استفاده‌شده در این پژوهش منطبق بود. درواقع می‌توان اظهار داشت نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ خوشه‌ای تأییدی بر نتایج حاصل از نمودار سه‌بعدی و نمودار بای‌پلات است. درنهایت نتایج تجزیهٔ آماری بر روی این مواد ژنتیکی نشان داد که هیبریدهای ۵، ۱۲، ۱۳، ۱٤، ۱۵، ۱۹به‌منزلهٔ هیبریدهای متحمل به شوری و دارای عملکرد مناسب در دو شرایط تنش و بدون تنش شناخته شدند. هیبریدهای ۱، ٤ و۲۰ نیز با توجه به شاخص‌های محاسبه‌شده به‌منزلهٔ گرده‌افشان‌های حساس شناخته شده و هیبریدهای ۲، ۳، ٦، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۷ و ۱۸ تحمل نسبی به شوری دارند.

منابع

۱. ابراهیمیان ح. ر.، رنجی ذ.، رضایی م. و عباسی ز (۱۳۸۷) غربال ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت تنش شوری در گلخانه و مزرعه. چغندرقند. ۲٤: ۱-۲۱.

۲. شریفی م.، خردنام م.، مصباح م. و گوهری ج (۱۳۸۲) ارزیابی شاخص‌های کمّی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندرقند. چغندرقند. ۱۹(۱): ۵۱-٦٦

۳. محمدیان ر.، صادقیان مطهر س. ی.، مقدم م. و رحیمیان ح (۱۳۸۱) ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد. چغندرقند. ۱۸(۱): ۲۹-٤۹.

٤. وزان س (۱۳۸۱) بررسی اثر تنش خشکی بر میزان تجمع اسید آبسیزیک و دیگر صفات فیزیولوژیک در چغندرقند. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات. تهران. رساله دکترا.

5. Ahmadi M, Majidi Heravan E, Sadeghian SY, Mesbah M and Darvish F (2011) Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. Euphytica. 178: 339-349.

6. 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.

7. Arzani A (2008) Improving salinity tolerance in crop plants:a biotechnological view. Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 44: 373-383.

8. Betran FJ, Beck D, Banziger M and Edmeades GO (003) Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and non stress environments in tropical maize. Crop Science.43: 807-817.

9. Cooke DA and Scott RK (1993) The sugar beet crop science into practice Chapman & Hall. London, New York. 675p.

10. Epstein E, Norlyn JO, Rush DW, Kingsbury RW, Kelly DB, Cunningham GA and Wrona AF (1980) Saline culture of crops. Science. 210: 399-404.

11. Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, *In:*Kuo CG (Ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water-Stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 257-270.

12. Fischer RA and Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivar, I: Grain yield responses. Australian Journal of Agriculture Research. 29: 897- 912.

13. Flowers TJ and Yeo AR (1995) Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next. Australian Journal of Plant Physiology. 22: 875-884.

14. Gahoonia TS and Nielsen NE (2004) Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties: new challenges for rhizosphere research at the entrance of the 21st Century. Plant Soil. 260: 47-57.

15. Golabadi M, Arzani A and Mirmohamadi Maibody SAM (2006) Assesment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. African Journal of Agriculture. 5: 162-171.

16. Hasthanasombut S, Ntui V, Supaibulwatana K, Mii M and Nakamura I (2010) Expression of Indica rice OsBADH1 gene under salinity stress in transgenic tobacco. Plant Biotechnology Reports. 4: 75-83.

17. Hu T, Zhang XZ, Sun JM, Li HY and Fu JM (2013) Leaf functional trait variation associated with salt tolerance in perennial ryegrass. Plant Biology DOI: 10.1111/plb.12012.

18. Izanloo A, Condon AG, Langridge P, Tester M and Schnurbusch T (2008) Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. Experimental Botany. 59: 3327-3346.

19. Johnson RA and Wichern DW (2007) Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall Inter. Inc. New Jersey, USA.

20. Juste A, Lievens B, Frans I, Marsh TL, Klingeberg M, Michiels CW and Willems KA (2008) Genetic and physiological diversity of Tetragenococcus halophilus strains isolated from sugar- and salt-rich environments. Microbiology. 154: 2600-2610.

21. Läuchli A and 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.

22. Li Z and Nelson RL (2001) Genetic diversity among soybean accessions from three countries

measured by RAPDs. Crop Science. 41: 1337-1347.

23. Majidi MM, Tavakoli V, Mirlohi A and Sabzalian MR (2011) Wild safflower species (Carthamus oxyacanthus Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. Australian Journal of Crop Science. 5(8):1055-1063.

24. Mohammadi R, Amri A and Nachit M (2011b) Evaluation and Characterization of International Durum Wheat Nurseries under Rainfed Conditions in Iran. International Journal of Plant Breeding. 5:94-100.

25. Mohammadi R, Armion M, Kahrizi D and 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.

26. 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 (Special Issue 1): 25-34.

27. Nouri A, Etminan A, Teixeira da Silva JA and Mohammadi R (2011) Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (Triticum turjidum var. durum Desf.). Australian Journal of Crop Science. 5 (1): 8-16

28. Ober ES and Rajabi A (2010) Abiotic Stress in Sugar Beet. Sugar Technology. 12:294-298.

29. Rajaram S, Van Ginkle M (2001) Mexico, 50 years of international wheat breeding. In Bonjean AP, and Angus WJ (eds) The world Wheat Book, A History of Wheat Breeding, Paris, France. Lavoisier Publishing, pp. 579-604.

30. Rosille AA and Hambilin J (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21:43-46.

31. Saccomani M, Stevanato P, Trebbi D, McGrath JM and Biancardi E (2009) Molecular and morpho-physiological characterization of sea, ruderal and cultivated beets. Euphytica. 169:19-29.

32. Sadeghian SY, Fazli T, Mohamadian R and Taleghani D (2000) Genetic variation for drought stress in sugarbeet. Journal of sugar beet research. 37: 55-77.

33. Sadeghian SY and Yavari N (2004) Effect of Water-Deficit Stress on Germination and Early Seedling Growth in Sugar Beet. Agronomy and Crop Science. 190: 138-144.

34. Siose Mardeh A, Ahmadi A, Pustin K and Mohammadi V (2006) Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research. 98: 222-229.

35. Skoric D (2010) Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. Helia. 32(50): 1-16.

36. Wakeel A, Faroop M, Qadir M and Schubert S (2011) Potassium substitution by sodium in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 30: 401-413.