



"مقاله پژوهشی"

بررسی تأثیر برهمکنش ژنوتیپ- محیط بر عملکرد قند و تعیین پایداری هیبریدهای چغندر قند (*Beta vulgaris L.*)

داریوش طالقانی^۱ و علی صارمی راد^۲

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- دکتری تخصصی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، کرج، ایران،
(نویسنده مسوول: Asaremirad@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۱

صفحه: ۱۰۳ تا ۱۱۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: چغندر قند یک محصول بسیار مهم کشاورزی می‌باشد که صرفاً به‌طور تخصصی در صنعت قند مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تولید قند به‌شمار می‌رود. عملکرد و کیفیت قند در چغندر قند به‌وسیله ژنوتیپ، محیط و برهمکنش میان آن‌ها کنترل می‌شود. از این رو، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر برهمکنش ژنوتیپ- محیط بر عملکرد قند هیبریدهای مختلف چغندر قند پایه‌ریزی و به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها: اثر برهمکنش ژنوتیپ- محیط بر عملکرد قند و تعیین پایداری و سازگاری ۱۵۵ هیبرید چغندر قند به‌همراه یک شاهد داخلی (سینا) و چهار شاهد خارجی (نووودورا، مودکس، لوریکوئیت و پیرولا) مورد بررسی قرار گرفت. هیبریدهای منوژرم در قالب طرح آماری مقایسه عملکرد مقدماتی (آگمنت) در هفت منطقه خوی، شیراز، کرج، کرمانشاه، مشهد، میاندوآب و همدان در سال ۱۳۹۹ کشت شدند. پس از برداشت محصول و برآورد عملکرد قند مربوط به هر یک از هیبریدهای آزمایشی، تجزیه پایداری ویژگی مذکور با به‌کارگیری روش گرافیکی GGE biplot انجام شد.

یافته‌ها: تجزیه پایداری عملکرد قند به‌روش گرافیکی GGE بای‌پلات نشان داد که بر اساس نمودار چندضلعی، رقم پیرولا در کرمانشاه و میاندوآب، هیبرید شماره ۹۶ در همدان، کرج، شیراز و مشهد و هیبرید شماره ۱۱ در خوی دارای بیش‌ترین سازگاری و عملکرد قند بودند. رتبه‌بندی محیط‌ها از بهترین محیط به سمت نامناسب‌ترین محیط به‌ترتیب به‌صورت همدان، شیراز، میاندوآب، کرج، مشهد، کرمانشاه و خوی بود. نمودار رتبه‌بندی هیبریدها بر اساس هیبرید ایده‌آل و همچنین نمودار رتبه‌بندی هیبریدها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری، نشان داد که هیبرید شماره ۹۶ به‌عنوان بهترین و پایدارترین هیبرید می‌باشد. مناطق مورد بررسی به سه محیط بزرگ (ابر محیط) تقسیم شدند، به‌طوری‌که کرمانشاه و میاندوآب به‌عنوان اولین محیط بزرگ، همدان، کرج، شیراز و مشهد به‌عنوان دومین محیط بزرگ و خوی به‌عنوان سومین محیط بزرگ شناخته شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که برهمکنش ژنوتیپ- محیط بر عملکرد قند هیبریدهای اصلاحی چغندر قند تأثیرگذار بوده و سبب ایجاد نوسان عملکرد از محیطی به محیط دیگر شده است. به‌طور کلی نظر به عملکرد قند خوب برخی از هیبریدها، هیبریدهای منتخب به دو گروه تقسیم شده و تعدادی از آن‌ها وارد آزمون‌های معرفی رقم گردیدند و مابقی در قالب طرح‌های تکرار دار، در چند منطقه ارزیابی تکمیلی شده و سپس بهترین‌های آن‌ها به‌عنوان رقم معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، سازگاری، چندضلعی و چغندر قند

مقدمه

عملکرد واقعی در مزارع کشاورزان در برخی کشورها بیش از ۳۰ درصد برآورد شده است (۱۵) که علت اصلی آن پایداری و ثبات ناکافی عملکرد (۴) در نتیجه برهمکنش ژنوتیپ و عوامل محیطی عنوان شده است. در این رابطه قابل ذکر است که با افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد، بالطبع گیاه تقاضای بیشتری را برای منابع زراعی مورد نیاز خود خواهد داشت، در نتیجه خطر تنش‌های زیستی و یا غیرزیستی بیشتری گیاه را تهدید می‌کند؛ از این رو برای حل این چالش، باید پتانسیل عملکرد بالا با افزایش تحمل در برابر عوامل مختل‌کننده محیطی همراه باشد. در نتیجه، پایداری عملکرد با افزایش پتانسیل عملکرد کاهش نمی‌یابد (۵،۳۸).

پایداری عملکرد به ثبات عملکرد در طول سال‌ها اطلاق می‌گردد، در حالی که سازگاری به توانایی یک ژنوتیپ برای عملکرد مناسب در بین محیط‌ها اشاره دارد (۱،۷،۲۱). به‌نژادگران گیاهی به‌دنبال توسعه ارقام با عملکرد پایدار در سطح بالا و سازگاری گسترده هستند. از نقطه‌نظر عملی ژنوتیپی ایده‌آل است که در طول سال‌ها و در طیف وسیعی از محیط‌ها عملکرد خوبی نشان دهد (۳۳). زمانی که یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف و یا در یک محیط در سال‌های مختلف کشت گردد و نوسانات قابل توجهی در عملکرد نشان دهد، حاکی از تأثیرپذیری از شرایط محیطی است و تحت

به‌کارگیری پتانسیل ژنتیکی عملکرد بالا در چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) برای بهره‌وری کارآمد از زمین‌های قابل کشت، امری حیاتی و اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا این گیاه یکی از قابل توجه‌ترین گیاهان قندی است که حدود ۳۰ درصد (نزدیک به ۴۲ میلیون تن) از نیاز جهانی قند را تأمین می‌کند (۹) و پس از نیشکر به‌عنوان دومین گیاه تأمین‌کننده قند جهان شناخته می‌شود (۲۵،۳۱). پتانسیل عملکرد به‌صورت عملکرد یک ژنوتیپ در محیطی سازگار بدون هیچ‌گونه تنش زیستی و غیر زیستی تعریف می‌شود (۸). در دهه‌های گذشته، ارقام چغندر قند، افزایش سالانه عملکرد شکر را به‌میزان ۱/۵ درصد تجربه کرده‌اند (۱۷،۲۳) که البته تا حدی به دلیل افزایش دمای بهار (۱۶) و بهبود شیوه‌های مدیریتی بوده است (۱۳). در مجموع حدود ۵۰ درصد از افزایش عملکرد و کیفیت در نتیجه پیشرفت‌های اصلاحی حاصل شده است (۱۴) که نشان‌دهنده افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد در این گیاه می‌باشد. عملکرد واقعی همیشه کمتر از عملکرد پتانسیل است، زیرا بسیاری از عوامل محیطی، پتانسیل ژنتیکی را تحت‌الشعاع قرار داده و سبب می‌شود تا عملکرد چغندر قند در مزارع تجاری محدود گردد (۳۹). این خلأ عملکرد بین عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمایش‌های تکمیلی معرفی رقم

قابل اعتماد از سازگاری و پایداری عملکرد قند طراحی شده است؛ به نحوی که در هر آزمایش، هیبریدها در قالب طرح مقایسه عملکرد مقدماتی (آگمنت) به همراه یک شاهد داخلی سینا و نیز چهار شاهد خارجی نوودورا (Novodora)، مودکس (Modex)، لوریکوئیت (Loriquet) و پیرولا (Pirola) در پنج بلوک ناقص کشت شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک قطعه ۳/۵۰ مترمربعی (یک ردیف به طول ۸ متر با فاصله ۰/۵۰ متر بین ردیف‌ها) بود. در هنگام کشت، بر روی ردیف‌ها تعداد بذر بیشتری قرار داده شد که پس از سبز شدن و در مرحله دو تا چهار برگگی تنک گردیدند و به تراکم ۱۲۰۰۰۰ بوته در هکتار رسانده شدند. آبیاری آزمایش‌ها مطابق نیاز گیاهان در هر یک از هفت منطقه تحت بررسی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و نازک‌برگ مزارع با وجین دستی و نیز طی چند مرحله با سموم علف‌کش انجام گرفت. به منظور ردیابی و پیشگیری از حمله آفات چغندر قند، مزارع به صورت مرتب تحت بازدید قرار گرفت. در این راستا از تله نوری فرمونی نیز بهره برده شد. پروانه برگ‌خوار کارادرینا، تنها آفتی بود که در بعضی از ایستگاه‌های تحقیقاتی گزارش شد و با مبارزه شیمیایی کنترل گردید. عملیات برداشت آزمایش‌ها در هر هفت ایستگاه تحقیقاتی در دهه اول آبان ماه سال ۱۳۹۹ با شمارش و توزین ریشه‌های کرت‌های آزمایشی انجام شد.

برداشت محصول و یادداشت صفات

پس از شستشوی ریشه‌ها، به‌طور تصادفی با استفاده از دستگاه خودکار ونما از ریشه‌های هر کرت نمونه خمیر تهیه گردید و در آزمایشگاه کنترل کیفی ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفتند. به این منظور نمونه‌های خمیر تهیه‌شده پس از خارج شدن از حالت انجماد، از هر یک ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر سو استات سرب (II) lead (hydroxide acetate) به مدت سه دقیقه در داخل همزن مخلوط گردید. پس از گذراندن محلول از صافی، مایع شفاف حاصل شد که از آن در دستگاه بتالایزر (Betalyser)، سیستم خودکار تجزیه کیفیت چغندر قند) برای اندازه‌گیری درصد ناخالص قند به کار گرفته شد (۲۰) و در نهایت از مقادیر به‌دست‌آمده برای این ویژگی، جهت تخمین عملکرد ناخالص قند استفاده شد. بدین منظور ابتدا عملکرد ریشه هر یک از هیبریدها در هر یک از آزمایش‌ها به تن در هکتار تعمیم داده شد و با قرار دادن مقادیر آن‌ها در رابطه ۱ (۳،۳۰) عملکرد ناخالص قند به دست آمد.

رابطه ۱:

$$SY = SC \times RY$$

در این رابطه SY عملکرد ناخالص قند برحسب تن در هکتار، SC درصد عیار قند برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم چغندر قند و RY عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه گرافیکی با روش GGE biplot بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد طبق رابطه ۲ (۴۳) انجام شد.

رابطه ۲:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

عنوان برهمکنش ژنوتیپ- محیط نامیده می‌شود. این پدیده بر پیشرفت اصلاحی تأثیر می‌گذارد، زیرا ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را دشوار می‌کند. از سوی دیگر، برهمکنش ژنوتیپ- محیط ممکن است فرصت‌هایی را نیز در اختیار به‌نژادگران قرار دهد تا ژنوتیپ‌هایی که برهمکنش مثبت با یک مکان خاص (سازگاری خصوصی) دارند و یا ژنوتیپ‌هایی که عملکرد مناسب در اکثر محیط‌ها (پایداری عملکرد) نشان می‌دهند را انتخاب نمایند (۲،۳۶). به این منظور با کشت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، پاسخ‌های ژنوتیپی متفاوتی ثبت می‌شود که می‌توان یک ژنوتیپ برتر و پایدار را بر پایه تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصله به شکل صحیح گزینش کرد (۳۵).

روش‌های آماری متعددی برای تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از آزمایش‌های ناحیه‌ای و مطالعه ماهیت برهمکنش ژنوتیپ- محیط توسط محققین ارائه شده است. یکی از مدل‌هایی که در تفسیر برهمکنش ژنوتیپ- محیط به کار گرفته می‌شود، روش نسبتاً جدید بای‌پلات بر مبنای مدل‌های چندمتغیره (GGE biplot) می‌باشد. مهم‌ترین مزیت این مدل تعیین و گروه‌بندی محیط‌های هدف در برنامه‌های اصلاحی است (۴۳). با استفاده از GGE بای‌پلات محیط‌های تحت ارزیابی از نقطه‌نظر واکنشی که ژنوتیپ‌ها از خود بروز می‌دهند، به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند که از نظر شرایط محیطی مشابه و یا نزدیک به هم می‌باشند (۲۲). ویژگی دیگری که روش GGE بای‌پلات را منحصر به فرد ساخته است، شناسایی و اختصاص ارقام با پتانسیل عملکرد بالا برای هر محیط یا زیرگروه می‌باشد (۱۰) که از این مزایا در گندم نان (۱۸)، گندم دوروم (۲۴)، جو (۱۹)، برنج (۲۸)، آفتابگردان (۳۴)، گلرنگ (۲۹)، عدس (۳۲)، پنبه (۳۳) و چغندر قند (۱۲،۳۷) بهره برده شده است و اطلاعات جامع و فراوانی به دست آمده است که می‌تواند کمک شایانی به توسعه کشت و افزایش محصول با معرفی ارقام پایدار و سازگار با مناطق مستعد کشت نماید. در مطالعه حاضر نیز مجموعه‌ای از هیبریدهای مقدماتی چغندر قند با هدف بررسی پایداری عملکرد قند و نیز سازگاری آن‌ها، در طیف وسیعی از محیط‌های با شرایط متفاوت کشت گردیدند تا هیبریدهای موفق از نظر ویژگی عملکرد قند شناسایی و برای بررسی‌های تکمیلی جهت معرفی به‌عنوان رقم گزینش شوند.

مواد و روش‌ها

هیبریدهای اصلاحی و آزمایش‌های مزرعه‌ای

در نتیجه تلاقی ۱۵۵ لاین پدری اینبرد با یک سینگل کراس مادری نر عقیم منوژرم (7112×SB36) در سال ۱۳۹۸، مجموعه‌ای متشکل از ۱۵۵ هیبرید به دست آمد. هیبریدهای مذکور مواد ژنتیکی پژوهش حاضر را تشکیل دادند که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ قابل مشاهده است. آزمایش در هفت ایستگاه تحقیقات کشاورزی خوی، شیراز، کرج، کرمانشاه، مشهد، میندوآب و همدان با طیف وسیعی از شرایط محیطی در سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. جزئیات جغرافیایی و آب و هوایی ایستگاه‌های نامبرده در جدول ۱ آورده شده است. شبکه‌ای از آزمایش برای ارائه یک ارزیابی

اساس پنج الگوی: ۱- بررسی روابط میان محیط‌ها، ۲- رتبه‌بندی محیط‌ها بر اساس محیط ایده‌آل، ۳- تعیین بهترین رقم در هر مکان، ۴- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری و ۵- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ استفاده شد.

در رابطه ۲ Y_{ij} : میانگین ژنوتیپ نام در محیط زام، μ : میانگین کل ژنوتیپ‌ها، β_j : اثر اصلی محیط زام، λ_1 و λ_2 : مقادیر ویژه برای اولین و دومین مؤلفه، ϵ_{ij1} و ϵ_{ij2} : بردارهای ویژه ژنوتیپی و π_{j1} و π_{j2} : بردارهای محیطی مؤلفه اول و دوم و ϵ_{ij} : مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ نام در محیط زام هستند. جهت تجزیه داده‌های آزمایش به روش گرافیکی بای‌پلات از نرم‌افزار R بر

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های تحقیقاتی اجرای آزمایش

Table 1. Geographical characteristics of the experimental research stations

ردیف	ایستگاه تحقیقاتی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی (درجه: دقیقه)	طول جغرافیایی (درجه: دقیقه)	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	میزان بارندگی (میلی‌متر)
۱	خوی	۱۱۳۶	۳۸:۳۳	۴۴:۵۷	۴	۴۲	۱۲۷
۲	شیراز	۱۴۸۴	۲۹:۳۲	۵۲:۳۶	۴	۴۱	۵۱
۳	کرج	۱۳۱۲	۳۵:۵۵	۵۰:۵۴	۵/۸	۴۰	۵۶
۴	کرمانشاه	۱۳۵۱	۳۴:۱۹	۴۷:۰۴	۳	۴۲	۴۱
۵	مشهد	۱۳۱۶	۳۶:۳۰	۵۹:۳۷	۱/۹	۴۱	۴۳
۶	میاندوآب	۱۲۹۶	۳۶:۵۸	۴۶:۰۵	۴/۷	۴۱	۳۳
۷	همدان	۱۸۱۸	۳۴:۴۷	۴۸:۳۰	-۱	۳۸	۵۰

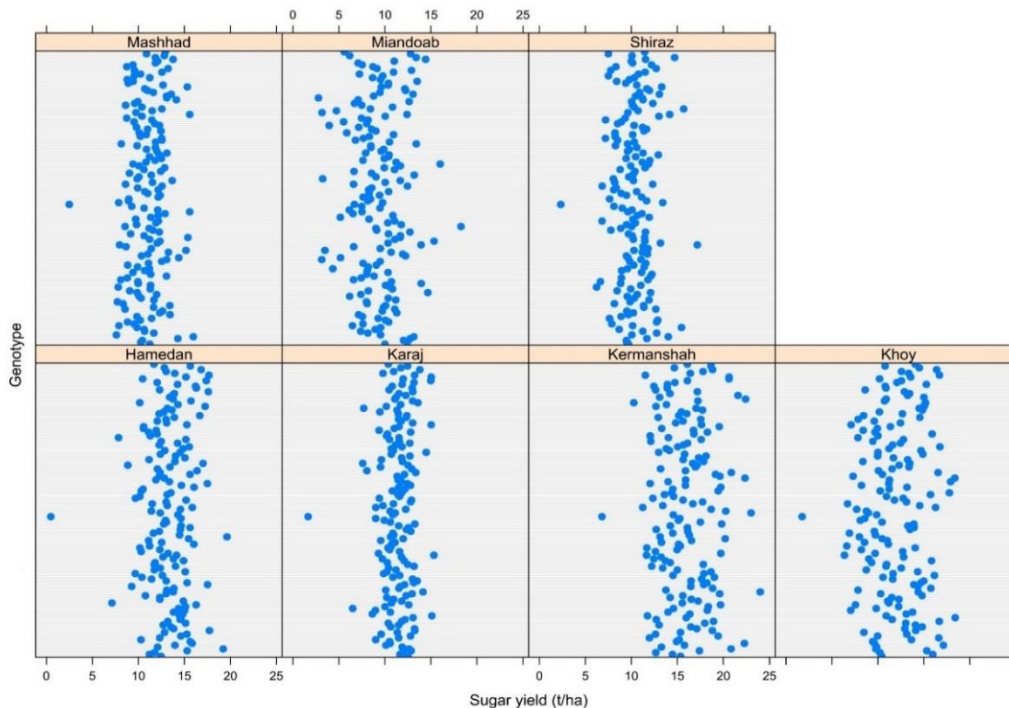
نتایج و بحث

طبق نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲) محیط‌های مورد مطالعه باعث ایجاد پاسخ‌های بسیار متفاوتی از نظر عملکرد قند هیبریدها شدند. هیبریدها نیز از نظر صفت نامبرده تنوع قابل ملاحظه‌ای نشان دادند. با توجه به محیط‌های مختلف آزمایشی، پاسخ هیبریدها از لحاظ عملکرد قند متغیر بود؛ به بیان بهتر محیط سبب تغییر در رتبه عملکرد هیبریدها از نظر عملکرد قند از محیطی به محیط دیگر (شکل ۱) شده است که این موضوع وجود برهم‌کنش ژنوتیپ- محیط را اثبات می‌کند. مقدار LSD در سطح احتمال یک درصد برابر با ۴/۲۶ تن در هکتار برآورد شد که بر این اساس ۱۶۰ ژنوتیپ آزمایشی در هشت گروه مختلف طبقه‌بندی شدند. بر اساس نتایج میانگین هفت منطقه، هیبرید شماره ۹۶ با متوسط عملکرد قند ۱۵/۱۱ تن در هکتار، بهترین ژنوتیپ آزمایش‌ها شناخته شد. میزان انحراف معیار ژنوتیپ‌ها می‌تواند اطلاعاتی مفیدی را در خصوص سازگاری خصوصی و عمومی آن‌ها در اختیار قرار دهد. هیبرید/هایی که در محیط‌های مختلف عملکردهای بسیار متفاوتی را نشان دهند، بالتبع از انحراف معیار بالایی برخوردار خواهند شد که می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری خصوصی آن‌ها با محیط‌های هدف باشد. در مقابل هیبرید/هایی که در همه محیط‌ها عملکرد تقریباً یکسانی داشته باشند، انحراف معیار پایینی خواهند داشت که مبین پایداری آن‌ها است. همراه شدن میانگین عملکرد بالا و انحراف معیار پایین حاکی از پایداری با عملکرد بالا می‌باشد. هیبرید شماره ۹۶ علاوه بر اینکه بالاترین میانگین عملکرد قند هفت منطقه را به خود اختصاص داده است، از انحراف معیار نسبتاً پایینی برخوردار بود که می‌تواند نشان‌دهنده پایداری با عملکرد بالا این هیبرید باشد. عملکرد قند هیبرید شماره ۹۶ بین ۱۱/۸۶ تن در هکتار در مشهد تا ۱۸/۸۱ تن در هکتار در کرمانشاه متغیر بود، در این بین ۵۰ درصد از عملکرد قند هیبرید مذکور در هفت منطقه در دامنه میان چارکی بین ۱۳/۶۰ و ۱۶/۶۰ تن در هکتار قرار داشت (جدول ۲). میانگین عملکرد این هیبرید در چارک بالایی حضور یافت که مؤید

عملکرد قند بالا در اکثریت مناطق مورد آزمایش بود. پس از هیبرید شماره ۹۶، رقم شاهد پیرولا دارای بالاترین میزان متوسط عملکرد قند هفت منطقه با میانگین ۱۵/۰۸ تن در هکتار بود (جدول ۲). میزان انحراف معیار برای این رقم (۳/۸۸) نشان داد که رقم پیرولا دارای سازگاری خصوصی با مناطق می‌باشد. میزان عملکرد قند در مناطق مختلف در بازه ۹/۷۷ تن در هکتار در خوی تا ۲۰/۸۳ تن در هکتار در کرمانشاه قرار داشت. قرار گرفتن میانگین عملکرد قند رقم پیرولا در چارک بالا نشان می‌دهد که این رقم دارای مقادیر عملکرد قند بالا در بیشتر مناطق می‌باشد. رقم شاهد لوریکوئیت به‌تنهایی در گروه بعدی قرار گرفت و رتبه سوم را از آن خود کرد. عملکرد قند این رقم در دامنه بین ۱۱/۶۸ تن در هکتار (مربوط به شیراز) تا ۱۷/۳۹ تن در هکتار (مربوط به کرمانشاه) قرار داشت و میانگین آن در هفت منطقه تحت آزمایش معادل ۱۴/۲۳ تن در هکتار بود. انحراف معیار این رقم پایین برآورد شد که حاکی از یکسان بودن تقریبی عملکرد قند در مناطق مختلف و پایداری آن می‌باشد. میانگین عملکرد قند رقم لوریکوئیت در چارک میانی و بسیار نزدیک به میانه بود. این موضوع نشان‌دهنده توزیع مناسب مقادیر عملکرد قند در همه محیط‌های تحت آزمایش است. ارقام شاهد نووودورا، سینا و مودکس به ترتیب با متوسط عملکرد قند ۱۲/۲۱، ۱۱/۶۶ و ۱۱/۲۱ تن در هکتار، رتبه‌های ۵۸، ۹۸ و ۱۲۸ را در بین کلیه ژنوتیپ‌های آزمایشی به خود اختصاص دادند و با ۱۳۴ هیبرید در یک گروه آماری از نظر LSD حضور یافتند (جدول ۲). نووودورا انحراف معیار برابر ۲/۳۰، سینا برابر ۱/۹۷ و مودکس برابر ۱/۱۷ داشت. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام ذکرشده دارای عملکرد پایدار می‌باشند. کمترین میزان عملکرد قند برای هر سه رقم نووودورا، سینا و مودکس در شیراز (به ترتیب با عملکرد قند ۹/۴۹، ۹/۶۷ و ۹/۴۵ تن در هکتار) و بیشترین آن برای نووودورا در خوی (۱۵/۹۵ تن در هکتار) و سینا و مودکس در کرمانشاه (به ترتیب ۱۵/۳۴ و ۱۲/۶۵ تن در هکتار) مشاهده شد. میانگین عملکرد برای دو رقم نووودورا و سینا در چارک بالایی و برای

۲۳ با متوسط عملکرد قند ۳/۱۸ تن در هکتار بود؛ البته با توجه به نقص ژنتیکی احتمالی این هیبرید، شاید بهتر باشد هیبرید ماقبل آخر یعنی هیبرید شماره ۶۲ با متوسط عملکرد قند ۹/۶۸ تن در هکتار ملاک مقایسه قرار گیرد (جدول ۲).

مودکس در چارک میانی قرار گرفت. علت جای گرفتن میانگین عملکرد دو رقم نوودورا و سینا در چارک بالایی، مقادیر عملکرد بالا برای ارقام مذکور در غالب مناطق آزمایشی است. کمترین عملکرد قند مربوط به هیبرید شماره



شکل ۱- نمودار پراکنش هیبریدهای چغندر قند از نظر عملکرد قند در محیط‌های مختلف مورد آزمایش
Figure 1. Distribution diagram of sugar beet hybrids in terms of sugar yield in different tested environments

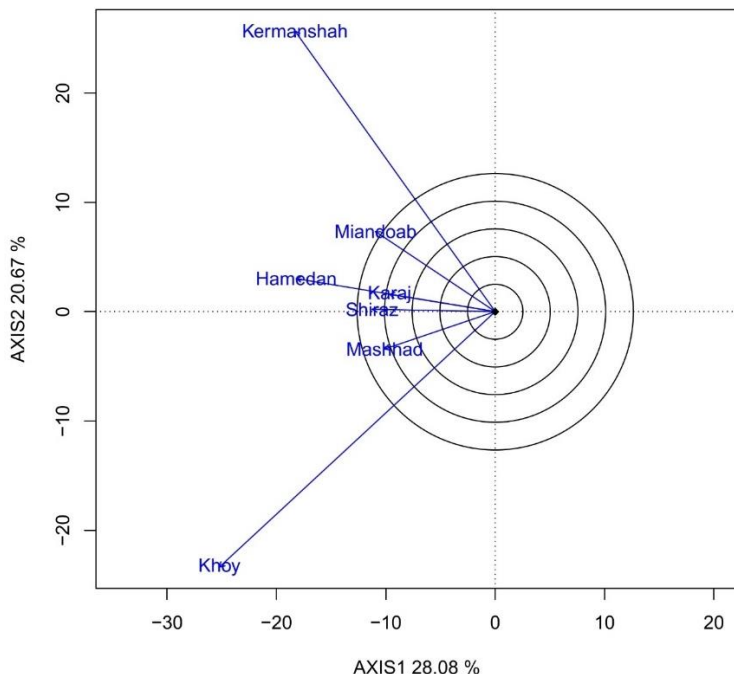
درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ- محیط به وسیله دو مؤلفه اول توجیه می‌شود. مطالعه همبستگی میان محیط‌های تحت بررسی می‌تواند روابط بین محیط‌ها را معین نموده و در آزمایش‌های آتی از نظر صرف وقت و هزینه مفید باشد. در این نمودار (شکل ۲) هر اندازه زاویه بین بردارهای محیط‌ها کمتر باشد، بین محیط‌ها همبستگی بیشتری وجود دارد. در واقع بالا بودن همبستگی بین محیط‌ها به معنای وجود همبستگی بالا بین رتبه هیبریدها در آن محیط‌ها است. به‌طور کلی کسینوس زاویه بین بردارها، میزان همبستگی را نمایان می‌کند. اگر زاویه بین بردارها کوچک‌تر از ۹۰ درجه باشد، همبستگی مثبت خواهد بود. زاویه ۹۰ درجه بین بردارها بیانگر عدم وجود همبستگی بین محیط‌ها است و در صورتی که زاویه بین بردارها بزرگ‌تر از ۹۰ درجه باشد، به معنای همبستگی منفی بین محیط‌ها می‌باشد (۴۳).

همان‌طور که در این نمودار (شکل ۲) نشان داده شده است، بین محیط‌های مورد مطالعه به‌جز خوی و کرمانشاه همبستگی مثبت وجود دارد. حتی بین محیط‌های کرج و همدان همبستگی کامل وجود داشت که این موضوع نشان‌دهنده پاسخ مشابه هیبریدها در این مکان‌ها است، لذا بین رتبه عملکرد قند هیبریدهای چغندر قند آزمایشی در این مکان‌ها تفاوت چندانی وجود ندارد. خوی- کرمانشاه همبستگی نزدیک به صفر نشان دادند، به عبارتی هیبریدها در این دو

به‌منظور بررسی و تفسیر تنوع هیبریدها، محیط‌ها و برهمکنش ژنوتیپ- محیط از تجزیه گرافیکی بای پلات بر مبنای مدل‌های چند متغیره استفاده شد. این نمودارها ۴۸/۷۵ درصد از واریانس داده‌های مربوط به عملکرد قند را توجیه نمودند، به طوری که ۲۸/۰۸ درصد متعلق به مؤلفه اول و ۲۰/۶۷ درصد متعلق به مؤلفه دوم بود. طبق نظر یان و تینکر (۴۶) با توجه به این که دو مؤلفه اول نتوانسته‌اند به خوبی بخش اعظم تغییرات کل را توجیه کنند، لذا ماهیت برهمکنش ژنوتیپ- محیط کمی پیچیده است. در مطالعه‌ای که انجام شد، بیان گردید که دو مؤلفه اول در مجموع بیش از ۵۳ درصد تغییرات مربوط به برهمکنش ژنوتیپ- محیط را تبیین می‌کنند که از این میزان سهم هر یک از مؤلفه‌های اول و دوم به ترتیب برابر با ۳۲/۲۸ درصد و ۲۱/۴۴ درصد بود (۶). در آزمایشی دیگر در چهار منطقه از کشور طی دو سال زراعی، مشخص شد که مؤلفه‌های اول و دوم جمعاً ۷۶/۹۵ درصد از تنوع داده‌ها را تبیین می‌کنند؛ در این میان میزان واریانس توجیه‌شده هر مؤلفه به ترتیب ۴۶/۸۳ درصد و ۳۰/۱۲ درصد برآورد گردید (۲۷). صارمی‌راد و همکاران (۳۴) در آزمایشی مجموع مؤلفه اول و مؤلفه دوم را نزدیک به ۷۴ درصد برآورد نمودند و اظهار کردند که مؤلفه اول سهمی در حدود ۴۶ درصد و مؤلفه دوم سهمی نزدیک به ۲۷ درصد از تغییرات کل را دارا می‌باشند. حسنی و همکاران (۱۲) نشان دادند که ۶۲/۹

قرار گیرد. در مطالعه مصطفوی و همکاران (۲۶) اذعان شد که بین محیط‌های کرمانشاه، مغان و مشهد همبستگی بالایی وجود دارد، اما بین کرج و مشهد هیچ‌گونه همبستگی مثبت و یا منفی مشاهده نشد.

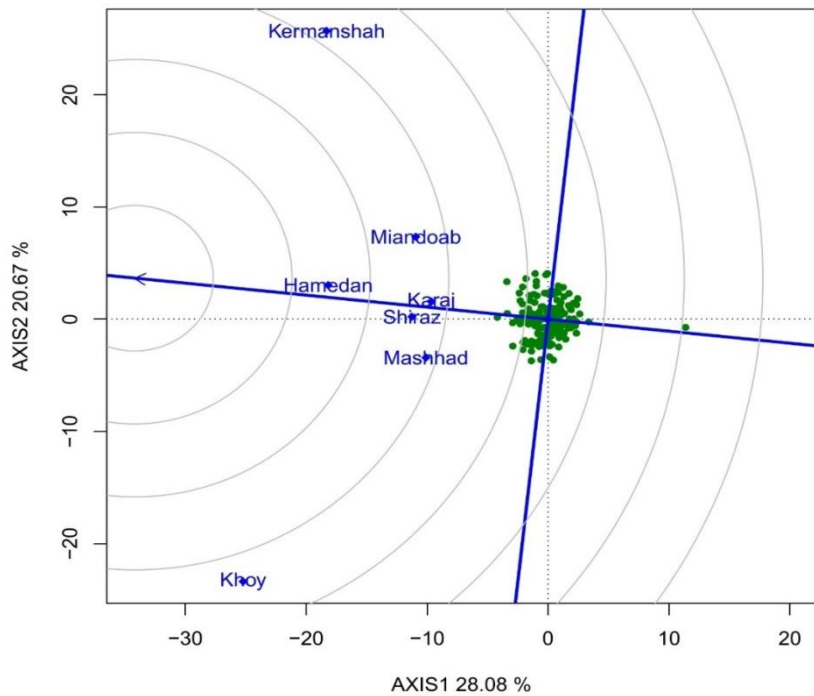
مکان روند عملکرد قند مستقلی را داشتند. در این مطالعه مکان‌های همدان، کرج و شیراز دارای همبستگی نزدیکی بودند؛ بنابراین توصیه می‌گردد که به‌منظور کاهش هزینه‌های آزمایش، یکی از این سه مکان در تحقیقات آتی مورد استفاده



شکل ۲- نمودار بای پلات بررسی روابط بین محیط‌ها
Figure 2. Biplot diagram to study the relationships between environments

می‌دهد. محیط‌های ایده‌آل بیش‌ترین قابلیت تشخیص و نمایندگی را در بین دیگر محیط‌ها دارند. این محیط یک نماینده مناسب برای بررسی ژنوتیپ‌ها است. در حقیقت محیط‌های ایده‌آل، نشان‌دهنده ایده‌آل‌ترین الگوی پاسخ ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بر طبق این نمودار بای پلات، همدان به‌علت قرار گرفتن در نزدیک‌ترین دایره نسبت به مرکز دوایر متحدالمرکز، به‌عنوان بهترین محیط شناخته شد و بعد از آن به ترتیب شیراز، میاندوآب، کرج، مشهد، کرمانشاه و خوی قرار گرفتند. خوی به‌علت اینکه بیش‌ترین فاصله را از مرکز دوایر متحدالمرکز داشت به‌عنوان ضعیف‌ترین محیط شناخته شد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده در آزمایشی که به‌منظور بررسی برهمکنش ژنوتیپ- محیط انجام شد (۲۶)، کرج به‌علت قرار گرفتن در نزدیک‌ترین دایره نسبت به مرکز دوایر متحدالمرکز به‌عنوان بهترین ایستگاه از نظر کشت چغندر قند شناخته شد و بعد از آن به ترتیب مشهد، اصفهان، کرمانشاه و مغان قرار گرفتند. بر اساس این بررسی نیز خوی به‌علت اینکه بیش‌ترین فاصله را از مرکز دوایر متحدالمرکز داشت به‌عنوان ضعیف‌ترین ایستگاه شناخته شد که منطبق با نتایج پژوهش حاضر است.

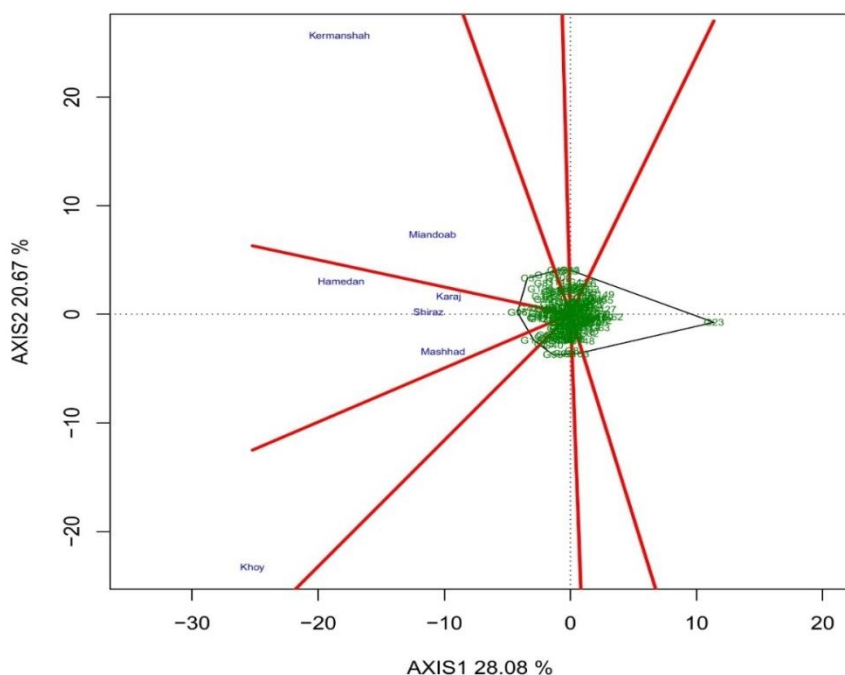
طول بردار محیط‌ها، تقریبی از انحراف معیار درون هر محیط است و نیز به‌عنوان شاخصی جهت تمایز محیط‌ها می‌باشد؛ بدین‌صورت که بردارهای بلندتر از انحراف معیار بالاتری برخوردار هستند و بنابراین قابلیت تمایز بیشتری دارند (۴۳). یکی از ویژگی‌های مهم هر محیط قابلیت تمایز آن می‌باشد؛ به‌نحوی که محیط‌های فاقد قابلیت تمایز، نمی‌توانند اطلاعات مفیدی در مورد ژنوتیپ‌های استفاده‌شده در آزمایش ارائه کنند (۴۳). بررسی بردارهای محیط‌ها، حاکی از این بود که محیط‌های خوی، کرمانشاه، همدان و میاندوآب دارای طول بردارهای بلندتری هستند که نشان‌دهنده قابلیت تمایز بالای این محیط‌ها است. در این میان محیط‌های خوی و کرمانشاه به‌علت دارا بودن طول بردار بلندتر نسبت به سایر محیط‌ها قابلیت تمایز بیش‌تری از نظر عملکرد قند داشتند. در نهایت مطالعه بای پلات همبستگی محیط‌ها نشان داد که بیش‌تر محیط‌های مورد آزمایش دارای قابلیت تمایز بالایی بودند و می‌توانند در آزمایش‌های مطالعه برهمکنش ژنوتیپ- محیط در هیبریدهای چغندر قند میان ژنوتیپ‌ها تمایز مناسبی ایجاد نمایند (شکل ۲). شکل ۳ رتبه‌بندی محیط‌ها را بر اساس محیط ایده‌آل برای هفت محیط مورد بررسی نشان



شکل ۳- نمودار بای پلات رتبه‌بندی محیطها بر اساس محیط ایده‌آل فرضی
Figure 3. Biplot diagram for ranking environments based on the hypothetical ideal environment

با سازگاری خصوصی برای میان‌دوآب و کرمانشاه می‌باشد. هیبریدهای شماره ۱۵، ۸۱ و ۱۲۶ پس از رقم پیرولا، بیشترین مقادیر عملکرد قند را در محیطهای مذکور داشتند. مکان‌های همدان، کرج، شیراز و مشهد در بخشی واقع شده‌اند که هیبرید شماره ۹۶ در رأس آن قرار گرفته است، لذا هیبرید نامبرده بهترین هیبرید با سازگاری خصوصی بالا برای این مکان‌ها است، بعد از هیبرید شماره ۹۶، هیبرید شماره ۴۲ بهترین هیبرید نسبت به سایر هیبریدها برای همدان، کرج، شیراز و مشهد بود. هیبرید شماره ۱۱ در رأس بخشی است که مکان خوی در آن واقع شده است، در نتیجه این هیبرید دارای سازگاری خصوصی بالا با این محیط می‌باشد. هیچ محیطی در بخشی که هیبریدهای شماره ۱۲، ۴۳، ۲۳، ۱۰۳ و ۹۳ در آن قرار دارند، واقع نشده که مؤید این امر است که این هیبریدها در هیچ محیطی برتری نداشته و جزء هیبریدهای ضعیف در اکثر محیطها بوده‌اند. بخش اعظمی از هیبریدها تقریباً در مرکز بای پلات قرار گرفتند که مؤید عکس‌العمل یکسان آنها به بیشتر محیطهای مورد مطالعه بوده و جزء هیبریدهای با عملکرد قند متوسط در بیشتر محیطها بودند. حسنی و همکاران (۱۱) با استفاده از نمودار چندضلعی محیطهای مختلف کشت چغندر قند را در دو گروه قرار داده و ژنوتیپ‌های دارای بالاترین سازگاری با آنها را معرفی نمودند.

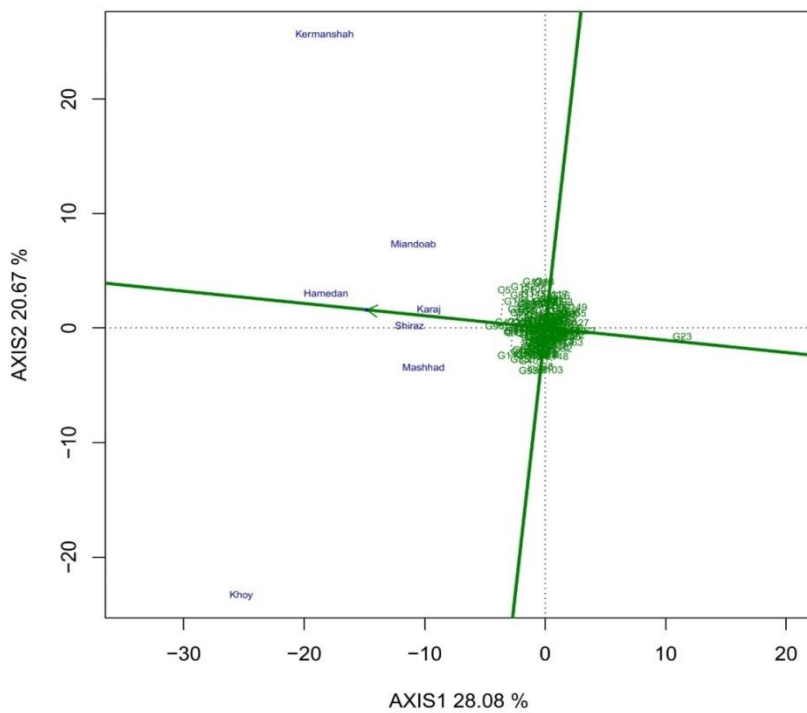
نمودار چندضلعی (شکل ۴) اطلاعات جامع و کاملی را در خصوص واکنش ژنوتیپ‌ها در محیطها در اختیار قرار می‌دهد. این چندضلعی برای اولین بار توسط یان (۴۰، ۴۱) به منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیطهای مختلف و نیز مشخص نمودن محیطهای بزرگ استفاده شد. در این بای پلات یک چندضلعی مشاهده می‌شود که از اتصال ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ دارند، حاصل می‌شود. سپس از مبدأ مختصات خطوط عمود بر اضلاع این چندضلعی رسم می‌گردد و محیطهای بزرگ مشخص می‌شود (۴۴). بر طبق این بای پلات محیطهای مورد بررسی در سه محیط بزرگ طبقه‌بندی شدند؛ به نحوی که محیط بزرگ اول شامل کرمانشاه و میان‌دوآب، محیط بزرگ دوم شامل همدان، کرج، شیراز و مشهد و محیط بزرگ سوم تنها شامل خوی بود. در بخش‌هایی که محیطها قرار گرفته‌اند و در رأس آنها ژنوتیپ‌ها وجود دارند، بدان معنا می‌باشد که این ژنوتیپ‌ها در آن محیطها از عملکرد خوبی برخوردار هستند؛ به عبارتی بهترین ژنوتیپ‌ها برای این محیطها می‌باشند. در این شکل هشت بخش مشاهده می‌شود. هیبریدهای شماره ۱۲، ۴۳، ۲۳، ۱۰۳، ۹۳، ۱۱، ۹۶ و رقم شاهد خارجی پیرولا (C5) در گوشه یا رأس این چندضلعی قرار گرفته‌اند. مکان‌های میان‌دوآب و کرمانشاه در بخشی قرار گرفته که رقم پیرولا در رأس آن است و این بدان معنی است که این رقم بهترین رقم



شکل ۴- نمودار بای‌پلات چندضلعی جهت تعیین هیبرید/های مناسب در هر محیط
Figure 4. Polygonal biplot diagram to determine suitable hybrid/s in each environment

محیط‌های آزمایشی برخوردار هستند، به بیان شیواتر ژنوتیپ‌هایی که فاصله عمود آن‌ها از محور میانگین محیط‌ها کمتر باشد، در مقابل محیط‌های مختلف مورد بررسی، واکنش یکسانی نشان می‌دهند. بر این اساس یک رقم ایده‌آل باید اولاً عملکرد بالایی داشته باشد و ثانیاً از حداقل نوسان عملکرد در تمامی محیط‌های مورد بررسی برخوردار باشد. عبارتی نزدیک به انتهای مثبت محور میانگین محیط‌ها باشد و بیرون‌زدگی آن از این محور نیز حداقل باشد. بر این اساس هیبریدهای شماره ۹۶ و ۴۲ دارای پایداری عملکرد قند در هر هفت محیط مورد بررسی بودند. این هیبریدها می‌توانند به‌عنوان یک معیار برای ارزیابی سایر هیبریدها استفاده شوند. هرچقدر فاصله یک هیبرید از این هیبریدها کمتر باشد، هیبرید مناسب‌تری می‌باشد. هیبرید شماره ۲۳ دارای کم‌ترین میزان عملکرد قند در هر هفت محیط بود و عنوان هیبرید نامطلوب را به خود اختصاص داد (شکل ۵). در آزمایش مصطفوی و همکاران (۲۶) بر پایه این بای‌پلات رقم JAAM پایدارترین رقم شناخته شد و ارقام 302-HSF.20*(113*KWS)، 113*A37.1)*SH-1 و 113*A37.1)*S1.8823 به‌ترتیب دارای عملکرد و پایداری پایین بودند.

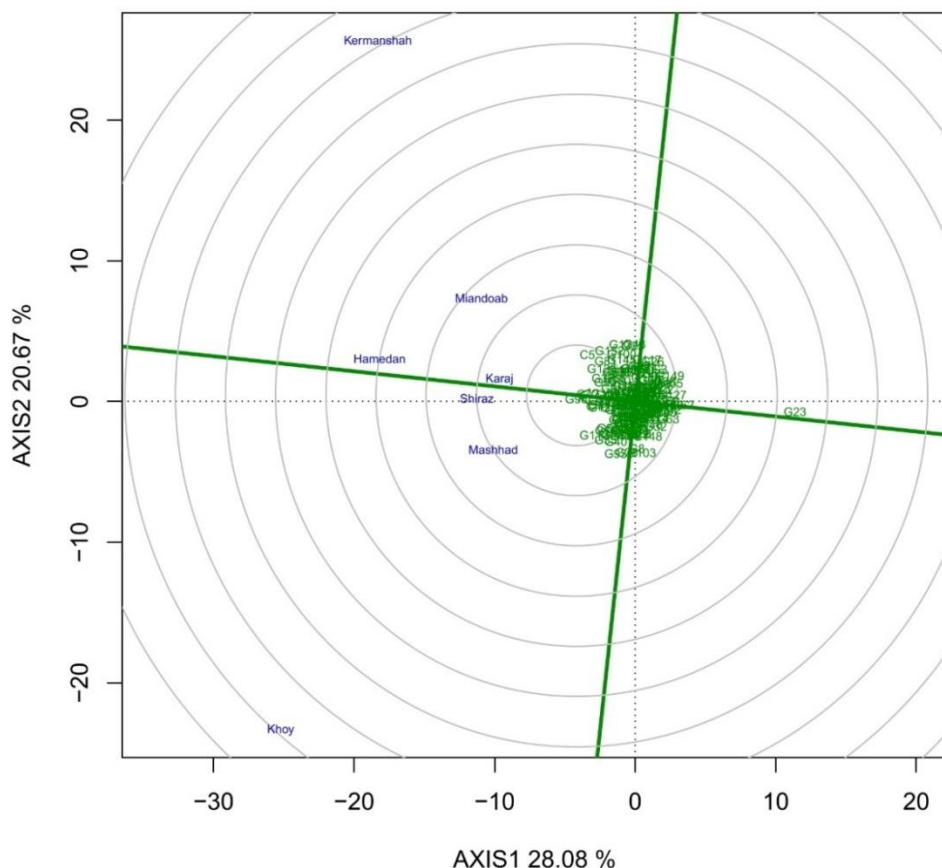
از نمودار بای‌پلات مختصات متوسط، زمانی که مطالعه هم‌زمان پایداری و عملکرد ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها مدنظر باشد، می‌توان استفاده نمود (۴۳). نمودار بای‌پلات مختصات متوسط در روش GGE بای‌پلات، از روش‌های مفید محسوب می‌شود (۱۸). در این نمودار بای‌پلات (شکل ۵)، محور افقی (PC1) معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی (PC2) معرف برهمکنش ژنوتیپ-محیط می‌باشد. از مبدأ مختصات خطی بر میانگین محیط‌های مورد مطالعه رسم می‌شود (محل میانگین محیط‌ها با دایره مشخص شده است) (۴۲،۴۵) که این خط محور میانگین محیط‌ها نام دارد. ژنوتیپ‌هایی که در ابتدای مثبت این محور قرار دارند دارای عملکرد قند بیشتری هستند و بالعکس ژنوتیپ‌های که در قسمت منفی قرار گرفته‌اند از عملکرد قند کمتری برخوردار می‌باشند. خطی که از مبدأ گذشته و روی محور میانگین محیط‌ها عمود شده است، نشانگر متوسط عملکرد قند هیبریدها است؛ ژنوتیپ‌های دارای عملکرد قند بالاتر از متوسط در سمت راست محور و ژنوتیپ‌های دارای عملکرد قند پایین‌تر از متوسط در سمت چپ محور قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌هایی که نزدیک به محور میانگین محیط‌ها قرار دارند از نوسان عملکرد قند کمتری در



شکل ۵- نمودار بای‌پلات رتبه‌بندی هیبریدها بر اساس میانگین عملکرد قند و پایداری
Figure 5. Biplot diagram of ranking hybrids based on mean sugar yield and stability

به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ شناخته می‌شود (۴۳). بر اساس این نمودار، هیبریدهای شماره ۹۶ و ۴۲ با توجه به اینکه کم‌ترین میزان فاصله را با ژنوتیپ ایده‌آل فرضی داشتند، به‌عنوان بهترین هیبریدها معرفی شدند و هیبرید شماره ۲۳ به‌علت اینکه دارای بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بود، تحت عنوان هیبرید نامطلوب نامیده شد (شکل ۶).

شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل فرضی بر اساس مفاهیم پایداری و عملکرد بالا می‌باشد. بر این اساس ژنوتیپی مطلوب می‌باشد که دارای بیشترین میزان عملکرد و حداکثر پایداری باشد و هر ژنوتیپی که نزدیک‌ترین فاصله را از این ژنوتیپ فرضی دارا باشد، به‌عنوان یک ژنوتیپ برتر و ژنوتیپی که دارای بیشترین میزان فاصله از این ژنوتیپ ایده‌آل فرضی باشد،



شکل ۶- نمودار بای پلات رتبه‌بندی هیبریدها بر اساس هیبرید ایده‌آل فرضی
 Figure 6. Biplot diagram of ranking hybrids based on hypothetical ideal hybrid

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده پژوهش حاضر، اجرای این پروژه موفقیت‌آمیز ارزیابی شد؛ زیرا از تعداد ۱۵۵ هیبرید جدید، نزدیک به ۲۰ درصد آن‌ها از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار بوده و توانستند با برترین شاهد آزمایش در یک گروه آماری قرار گیرند. لذا نظر به عملکرد قند بسیار خوب برخی از هیبریدها، هیبریدهای منتخب به دو گروه تقسیم شده و تعدادی از آن‌ها وارد آزمون‌های معرفی رقم

گردیدند و مابقی در قالب طرح‌های تکرار دار، در چند منطقه ارزیابی تکمیلی شده و سپس بهترین‌های آن‌ها به‌عنوان رقم معرفی می‌شوند. از طرف دیگر، لاین‌های گرده‌افشان تعدادی از هیبریدهای برتر، با توجه به پیش‌زمینه ژنتیکی آن‌ها مجدداً انتخاب و جهت بهبود و ارتقاء صفات کمی و کیفی وارد چرخه‌های اصلاحی تکمیلی شده و از آن‌ها لاین‌های اینبرد جدید تهیه می‌گردد.

جدول ۲- میانگین و برخی آماره‌های توصیفی عملکرد قند هیبریدهای چغندر قند

Table 2. Mean and some of description statistics of sugar yield of sugar beet hybrids

چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	عملکرد قند (تن در هکتار)	والدین / شاهد / محیط		کد ژنوتیپ/محیط
							♀	♂	
۱۱/۹۹	۱۰/۰۴	۹/۶۹	۱۳/۲۶	۷/۶۲	۱/۹۱	۱۰/۶۱	7112 × SB36	S1 - 960102	G1
۱۴/۷۴	۱۳/۲۵	۱۱/۱۹	۱۹/۸۰	۷/۵۱	۳/۹۸	۱۳/۲۰	7112 × SB36	S1 - 960104	G2
۱۱/۲۲	۱۰/۷۱	۱۰/۴۹	۱۶/۶۷	۶/۷۰	۲/۹۳	۱۱/۰۷	7112 × SB36	S1 - 960107	G3
۱۲/۴۵	۱۲/۰۳	۱۰/۷۸	۱۷/۵۰	۶/۶۴	۳/۲۲	۱۱/۸۰	7112 × SB36	S1 - 960108	G4
۱۵/۰۶	۱۲/۰۱	۹/۶۰	۱۷/۰۳	۷/۵۹	۳/۶۴	۱۲/۲۸	7112 × SB36	S1 - 960109	G5
۱۳/۴۸	۱۲/۴۶	۱۱/۹۱	۱۶/۰۹	۹/۰۲	۲/۲۱	۱۲/۶۲	7112 × SB36	S1 - 960110	G6
۱۳/۰۵	۱۲/۴۵	۱۱/۱۱	۱۴/۸۱	۴/۷۴	۳/۲۴	۱۱/۴۷	7112 × SB36	S1 - 960111	G7
۱۲/۹۲	۱۱/۹۶	۱۰/۶۳	۱۵/۱۷	۱۰/۱۶	۱/۸۳	۱۲/۰۶	7112 × SB36	S1 - 960113	G8
۱۳/۰۳	۱۲/۰۶	۱۰/۸۰	۱۴/۷۲	۷/۷۵	۲/۳۵	۱۱/۷۴	7112 × SB36	S1 - 960124	G9
۱۴/۸۷	۱۳/۷۴	۱۰/۹۰	۱۷/۱۱	۸/۱۴	۳/۱۳	۱۲/۷۹	7112 × SB36	S1 - 960132	G10
۱۲/۸۵	۱۲/۳۳	۱۱/۳۹	۱۴/۰۸	۱۰/۲۱	۱/۲۷	۱۲/۱۶	7112 × SB36	S1 - 960143	G11
۱۵/۴۷	۱۲/۶۰	۱۰/۹۸	۱۹/۶۸	۷/۵۶	۴/۰۴	۱۳/۲۵	7112 × SB36	S1 - 960146	G12
۱۵/۷۲	۱۲/۱۴	۱۰/۷۲	۱۷/۸۵	۹/۴۲	۳/۳۹	۱۳/۱۸	7112 × SB36	S1 - 960147	G13
۱۲/۸۷	۱۱/۷۲	۱۱/۰۶	۱۷/۸۱	۱۰/۶۸	۲/۴۸	۱۲/۵۸	7112 × SB36	S1 - 960151	G14
۱۳/۹۳	۱۲/۲۸	۱۱/۳۳	۱۶/۰۳	۱۰/۷۴	۲/۰۳	۱۲/۷۹	7112 × SB36	S1 - 960156	G15
۱۲/۵۴	۱۰/۱۵	۹/۶۶	۱۶/۱۲	۸/۲۸	۲/۶۶	۱۱/۲۸	7112 × SB36	S1 - 960159	G16
۱۳/۰۹	۱۲/۳۵	۱۱/۶۴	۱۴/۵۷	۵/۱۶	۳/۰۵	۱۱/۶۵	7112 × SB36	S1 - 960160	G17
۱۴/۷۶	۱۲/۵۵	۱۱/۵۱	۱۶/۰۸	۱۰/۶۶	۱۶/۲	۱۳/۱۲	7112 × SB36	S1 - 960163	G18
۱۳/۷۴	۱۲/۹۱	۱۱/۳۲	۱۴/۶۴	۶/۵۴	۲/۷۴	۱۲/۰۳	7112 × SB36	S1 - 960171	G19
۱۲/۵۸	۱۰/۶۰	۱۰/۲۵	۱۷/۴۹	۶/۱۴	۳/۴۵	۱۱/۴۱	7112 × SB36	S1 - 960173	G20
۱۱/۷۹	۹/۹۳	۹/۲۳	۱۵/۱۱	۸/۰۸	۲/۴۶	۱۰/۷۴	7112 × SB36	S1 - 970001	G21
۱۱/۹۶	۹/۰۱	۸/۳۳	۱۵/۲۶	۷/۴۹	۳/۲۱	۱۰/۳۳	7112 × SB36	S1 - 970003	G22
۴/۵۹	۲/۳۳	۱/۷۱	۶/۸۰	۰/۴۹	۲/۵۲	۳/۱۸	7112 × SB36	S1 - 970005	G23
۱۲/۸۵	۱۰/۸۵	۹/۸۱	۱۴/۵۵	۷/۸۷	۲/۵۹	۱۱/۵۱	7112 × SB36	S1 - 970006	G24
۱۳/۰۱	۱۱/۱۲	۸/۹۴	۳۲/۰۰	۸/۱۵	۵/۰۹	۱۲/۰۲	7112 × SB36	S1 - 970007	G25
۱۱/۰۰	۸/۹۶	۸/۵۹	۲۰/۲۵	۷/۶۳	۴/۳۴	۱۰/۸۶	7112 × SB36	S1 - 970008	G26
۱۳/۴۲	۱۲/۱۶	۹/۴۰	۱۸/۶۷	۷/۶۳	۳/۸۷	۱۲/۰۱	7112 × SB36	S1 - 970009	G27
۱۴/۱۱	۱۱/۲۳	۹/۴۵	۱۶/۲۶	۹/۰۱	۳/۰۵	۱۱/۹۵	7112 × SB36	S1 - 970010	G28
۱۳/۲۸	۱۱/۰۲	۹/۳۵	۱۴/۵۴	۸/۲۸	۲/۴۴	۱۱/۳۰	7112 × SB36	S1 - 970011	G29
۱۳/۰۶	۱۲/۷۹	۱۰/۲۰	۱۷/۷۴	۸/۰۹	۳/۲۹	۱۲/۱۶	7112 × SB36	S1 - 970012	G30
۱۴/۰۴	۱۱/۷۹	۹/۲۵	۱۵/۶۱	۸/۳۶	۲/۹۷	۱۱/۷۶	7112 × SB36	S1 - 970013	G31
۱۲/۵۲	۱۲/۳۳	۹/۵۴	۱۲/۷۴	۶/۸۲	۲/۲۷	۱۰/۸۶	7112 × SB36	S1 - 970014	G32
۱۱/۹۵	۱۰/۹۳	۹/۳۹	۱۴/۵۸	۶/۶۰	۲/۵۸	۱۰/۶۸	7112 × SB36	S1 - 970015	G33
۱۳/۳۶	۱۱/۵۴	۱۰/۷۳	۱۵/۷۱	۸/۱۸	۲/۴۷	۱۱/۹۴	7112 × SB36	S1 - 970016	G34
۱۴/۰۲	۱۳/۵۴	۱۱/۷۴	۱۷/۷۶	۱۰/۲۱	۲/۴۴	۱۳/۲۹	7112 × SB36	S1 - 970017	G35
۱۰/۵۷	۱۰/۲۵	۸/۹۵	۱۹/۴۳	۳/۲۵	۴/۸۱	۱۰/۲۸	7112 × SB36	S1 - 970018	G36
۱۱/۷۰	۱۰/۵۱	۹/۸۸	۱۴/۴۹	۹/۰۳	۱/۸۴	۱۱/۰۳	7112 × SB36	S1 - 970019	G37
۱۴/۶۱	۱۳/۱۵	۱۱/۴۵	۱۹/۷۱	۱۰/۱۳	۳/۲۹	۱۳/۵۹	7112 × SB36	S1 - 970020	G38
۱۳/۷۳	۱۰/۲۶	۸/۷۹	۱۵/۸۷	۸/۲۱	۳/۱۰	۱۱/۳۴	7112 × SB36	S1 - 970021	G39
۱۳/۶۸	۱۱/۸۰	۱۰/۸۰	۱۷/۸۹	۸/۷۷	۲/۹۵	۱۲/۵۰	7112 × SB36	S1 - 970022	G40
۱۲/۳۹	۱۱/۴۸	۱۱/۳۴	۱۵/۸۹	۹/۴۴	۱/۸۸	۱۲/۱۱	7112 × SB36	S1 - 970023	G41
۱۵/۵۹	۱۱/۷۰	۱۰/۸۸	۲۲/۳۴	۹/۹۳	۴/۶۹	۱۳/۸۴	7112 × SB36	S1 - 970024	G42
۱۴/۱۵	۱۱/۸۶	۱۰/۳۸	۱۹/۶۱	۷/۳۰	۴/۱۱	۱۲/۵۵	7112 × SB36	S1 - 970025	G43
۱۳/۸۷	۱۱/۲۳	۱۱/۰۰	۱۹/۱۴	۱۰/۴۹	۳/۲۴	۱۲/۹۴	7112 × SB36	S1 - 970026	G44
۱۴/۹۴	۱۲/۳۷	۱۱/۹۱	۲۰/۸۶	۷/۶۲	۴/۱۷	۱۳/۵۱	7112 × SB36	S1 - 970027	G45

ادامه جدول ۲- میانگین و برخی آماره‌های توصیفی عملکرد قند هیبریدهای چغندر قند

Continuation table 2. Mean and some of description statistics of sugar yield of sugar beet hybrids

چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	عملکرد قند (تن در هکتار)	والدین / شاهد / محیط		کد ژنوتیپ / محیط
							♀	♂	
۱۴/۱۹	۱۰/۰۶	۹/۶۸	۱۶/۳۸	۸/۰۵	۳/۲۷	۱۱/۷۵	7112 × SB36	S1 - 970028	G46
۱۲/۴۹	۱۱/۵۳	۱۰/۸۴	۱۳/۱۷	۱۰/۴۱	۱/۱۰	۱۱/۶۸	7112 × SB36	S1 - 970029	G47
۱۳/۴۰	۱۲/۹۲	۱۱/۳۷	۱۶/۹۵	۹/۵۲	۲/۴۰	۱۲/۷۱	7112 × SB36	S1 - 970030	G48
۱۲/۸۱	۱۲/۲۹	۱۰/۰۶	۱۷/۱۲	۷/۹۱	۳/۰۲	۱۱/۸۷	7112 × SB36	S1 - 970031	G49
۱۲/۹۵	۱۰/۸۹	۹/۸۳	۱۷/۸۴	۸/۳۶	۳/۲۱	۱۱/۸۱	7112 × SB36	S1 - 970032	G50
۱۲/۵۴	۱۱/۱۷	۱۰/۱۱	۱۵/۶۳	۸/۴۸	۲/۳۷	۱۱/۵۱	7112 × SB36	S1 - 970034	G51
۱۳/۴۴	۱۱/۶۸	۹/۱۷	۱۷/۳۰	۸/۲۷	۳/۳۷	۱۱/۷۸	7112 × SB36	S1 - 970035	G52
۱۳/۷۳	۱۲/۷۲	۹/۷۸	۱۸/۱۰	۸/۱۵	۳/۳۷	۱۲/۲۸	7112 × SB36	S1 - 970036	G53
۱۳/۶۴	۱۱/۸۷	۱۰/۶۰	۱۵/۷۸	۱۰/۳۱	۲/۱۹	۱۲/۳۵	7112 × SB36	S1 - 970037	G54
۱۳/۷۳	۱۲/۵۶	۹/۲۵	۱۴/۵۴	۶/۸۱	۳/۰۲	۱۱/۴۱	7112 × SB36	S1 - 970038	G55
۱۳/۵۰	۱۲/۵۴	۹/۲۹	۱۴/۶۸	۷/۱۸	۲/۹۹	۱۱/۴۲	7112 × SB36	S1 - 970039	G56
۱۲/۵۰	۱۰/۷۰	۹/۲۷	۱۴/۸۶	۸/۲۴	۲/۵۲	۱۱/۰۵	7112 × SB36	S1 - 970040	G57
۱۵/۲۸	۱۱/۸۶	۱۰/۹۰	۱۶/۷۳	۱۰/۱۳	۲/۶۷	۱۳/۰۱	7112 × SB36	S1 - 970041	G58
۱۱/۹۴	۱۱/۱۵	۹/۱۶	۱۵/۶۶	۵/۸۶	۳/۱۱	۱۰/۶۹	7112 × SB36	S1 - 970042	G59
۱۱/۸۷	۱۱/۵۷	۱۰/۲۲	۱۲/۴۷	۸/۵۶	۱/۴۴	۱۰/۹۷	7112 × SB36	S1 - 970043	G60
۱۳/۹۷	۱۱/۲۱	۱۰/۱۵	۱۷/۵۸	۷/۱۶	۳/۴۶	۱۲/۰۳	7112 × SB36	S1 - 970044	G61
۱۱/۹۱	۱۰/۲۹	۷/۸۴	۱۴/۰۲	۳/۹۶	۳/۳۹	۹/۶۸	7112 × SB36	S1 - 970045	G62
۱۱/۵۳	۱۰/۱۸	۹/۲۵	۱۲/۰۴	۸/۰۲	۱/۵۶	۱۰/۲۶	7112 × SB36	S1 - 970046	G63
۱۳/۹۶	۱۰/۲۸	۹/۲۲	۱۶/۷۹	۵/۵۲	۳/۹۸	۱۱/۲۸	7112 × SB36	S1 - 970047	G64
۱۲/۱۴	۱۱/۱۱	۸/۹۲	۱۸/۲۶	۷/۱۹	۳/۶۵	۱۱/۲۴	7112 × SB36	S1 - 970048	G65
۱۰/۶۶	۹/۳۲	۸/۵۶	۱۶/۷۵	۷/۴۶	۳/۱۷	۱۰/۲۸	7112 × SB36	S1 - 970049	G66
۱۲/۰۰	۱۰/۵۵	۱۰/۲۱	۱۳/۳۰	۹/۹۳	۱/۳۹	۱۱/۱۷	7112 × SB36	S1 - 970050	G67
۱۴/۸۷	۱۲/۴۱	۱۱/۴۵	۱۹/۵۴	۱۰/۵۸	۳/۱۵	۱۳/۵۹	7112 × SB36	S1 - 970051	G68
۱۵/۱۶	۹/۷۴	۸/۳۵	۱۷/۶۱	۳/۱۷	۵/۱۴	۱۱/۰۸	7112 × SB36	S1 - 970052	G69
۱۴/۰۸	۱۲/۰۵	۱۰/۶۸	۱۵/۶۸	۸/۴۳	۲/۷۴	۱۲/۲۴	7112 × SB36	S1 - 970053	G70
۱۲/۲۵	۱۰/۸۳	۱۰/۳۴	۱۷/۵۳	۷/۸۵	۳/۰۳	۱۱/۶۳	7112 × SB36	S1 - 970054	G71
۱۳/۴۱	۱۲/۳۲	۹/۳۷	۱۴/۵۵	۷/۴۸	۲/۷۱	۱۱/۴۲	7112 × SB36	S1 - 970055	G72
۱۳/۷۶	۱۲/۳۲	۹/۰۲	۱۶/۶۸	۶/۷۱	۳/۵۹	۱۱/۶۱	7112 × SB36	S1 - 970056	G73
۱۲/۶۵	۱۲/۲۷	۱۰/۷۴	۱۶/۰۲	۹/۹۵	۲/۰۵	۱۲/۱۵	7112 × SB36	S1 - 970057	G74
۱۳/۴۵	۱۱/۲۶	۹/۸۱	۱۵/۴۳	۷/۰۹	۲/۸۷	۱۱/۴۷	7112 × SB36	S1 - 970058	G75
۱۴/۲۴	۱۳/۱۰	۱۱/۲۵	۱۷/۷۲	۲/۷۸	۴/۶۷	۱۲/۰۸	7112 × SB36	S1 - 970059	G76
۱۳/۸۲	۱۳/۰۷	۹/۶۱	۱۷/۰۳	۷/۷۰	۳/۳۰	۱۲/۱۰	7112 × SB36	S1 - 970060	G77
۱۴/۲۹	۱۳/۰۶	۱۲/۸۵	۱۷/۲۵	۱۰/۱۵	۲/۱۹	۱۳/۵۳	7112 × SB36	S1 - 970062	G78
۱۴/۰۵	۱۱/۷۱	۱۱/۲۶	۱۵/۰۸	۹/۴۷	۲/۰۳	۱۲/۴۱	7112 × SB36	S1 - 970063	G79
۱۴/۳۷	۱۲/۱۷	۱۱/۱۹	۱۷/۲۳	۱۰/۷۰	۲/۵۲	۱۳/۰۳	7112 × SB36	S1 - 970064	G80
۱۴/۵۵	۱۳/۳۰	۱۰/۹۹	۲۲/۴۰	۹/۶۲	۴/۲۸	۱۳/۷۷	7112 × SB36	S1 - 970065	G81
۱۳/۲۴	۱۲/۶۸	۱۰/۹۰	۱۴/۹۹	۱۰/۳۶	۱/۶۹	۱۲/۳۳	7112 × SB36	S1 - 970066	G82
۱۳/۴۸	۱۲/۲۸	۹/۸۸	۲۱/۵۸	۸/۹۰	۴/۳۰	۱۲/۷۸	7112 × SB36	S1 - 970067	G83
۱۳/۷۱	۱۳/۴۴	۱۰/۴۸	۱۴/۱۹	۸/۴۰	۲/۳۳	۱۲/۰۶	7112 × SB36	S1 - 970068	G84
۱۵/۱۰	۱۲/۸۸	۹/۶۶	۱۷/۶۱	۸/۸۰	۳/۶۰	۱۲/۶۹	7112 × SB36	S1 - 970069	G85
۱۱/۷۸	۱۰/۴۶	۹/۴۹	۱۲/۶۳	۸/۶۱	۱/۵۹	۱۰/۶۱	7112 × SB36	S1 - 970070	G86
۱۳/۴۳	۱۰/۸۷	۹/۶۶	۱۶/۳۰	۷/۵۰	۳/۰۰	۱۱/۵۵	7112 × SB36	S1 - 970071	G87
۱۱/۶۲	۱۰/۷۹	۱۰/۵۱	۱۶/۲۲	۷/۲۴	۲/۷۰	۱۱/۲۱	7112 × SB36	S1 - 970072	G88
۱۴/۰۹	۱۲/۵۷	۱۱/۶۸	۱۵/۲۶	۱۰/۹۴	۱/۶۰	۱۲/۹۰	7112 × SB36	S1 - 970073	G89

ادامه جدول ۲- میانگین و برخی آماره‌های توصیفی عملکرد قند هیبریدهای چغندر قند

Continuation table 2. Mean and some of description statistics of sugar yield of sugar beet hybrids

چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	عملکرد قند (تن در هکتار)	والدین/ شاهد/ محیط		کد ژنوتیپ/ محیط
							♀	♂	
۱۵/۵۳	۱۳/۲۳	۱۲/۶۲	۱۷/۳۹	۹/۱۴	۲/۷۲	۱۳/۷۲	7112 × SB36	S1 - 970074	G90
۱۱/۲۳	۱۰/۱۸	۸/۷۳	۲۰/۶۱	۸/۳۱	۴/۳۱	۱۱/۲۹	7112 × SB36	S1 - 970075	G91
۱۵/۱۱	۱۳/۵۵	۱۰/۸۰	۲۰/۶۲	۷/۵۳	۴/۲۸	۱۳/۳۶	7112 × SB36	S1 - 970076	G92
۱۴/۹۵	۱۱/۸۶	۱۰/۸۲	۱۷/۶۸	۷/۱۰	۳/۶۸	۱۲/۶۰	7112 × SB36	S1 - 970077	G93
۱۳/۶۶	۱۲/۱۰	۱۰/۵۰	۱۶/۴۰	۹/۸۰	۲/۳۸	۱۲/۳۷	7112 × SB36	S1 - 970078	G94
۱۴/۱۰	۱۳/۰۲	۱۲/۰۴	۱۷/۷۸	۱۰/۹۶	۲/۲۶	۱۳/۴۴	7112 × SB36	S1 - 970079	G95
۱۶/۶۰	۱۴/۷۰	۱۳/۶۰	۱۸/۸۱	۱۱/۸۶	۲/۳۷	۱۵/۱۱	7112 × SB36	S1 - 970080	G96
۱۳/۶۶	۱۲/۸۲	۱۰/۹۰	۱۴/۶۶	۶/۱۸	۲/۹۵	۱۱/۸۳	7112 × SB36	S1 - 970081	G97
۱۴/۲۲	۱۲/۴۷	۱۰/۸۳	۱۸/۶۵	۷/۵۰	۳/۶۱	۱۲/۶۷	7112 × SB36	S1 - 970082	G98
۱۳/۴۹	۱۱/۶۹	۱۰/۹۰	۱۶/۰۷	۵/۵۹	۳/۳۰	۱۱/۷۴	7112 × SB36	S1 - 970083	G99
۱۲/۵۴	۱۰/۶۸	۱۰/۰۹	۲۲/۲۸	۷/۳۸	۵/۰۰	۱۲/۵۱	7112 × SB36	S1 - 970084	G100
۱۲/۶۶	۱۰/۵۲	۹/۱۹	۱۵/۴۴	۸/۶۷	۲/۸۵	۱۱/۲۵	7112 × SB36	S1 - 970085	G101
۱۴/۴۱	۱۰/۲۹	۹/۶۹	۱۵/۴۴	۹/۰۰	۲/۸۰	۱۱/۸۵	7112 × SB36	S1 - 970087	G102
۱۲/۱۵	۱۱/۵۰	۹/۰۱	۱۶/۶۱	۶/۴۸	۳/۳۰	۱۰/۹۹	7112 × SB36	S1 - 970088	G103
۱۳/۷۰	۹/۹۶	۸/۷۰	۱۹/۴۲	۷/۶۲	۴/۲۵	۱۱/۶۹	7112 × SB36	S1 - 970089	G104
۱۲/۹۴	۱۲/۶۲	۱۰/۰۰	۱۵/۲۷	۸/۸۳	۲/۲۷	۱۱/۸۰	7112 × SB36	S1 - 970090	G105
۱۲/۸۶	۱۱/۳۶	۱۰/۱۳	۱۵/۳۳	۸/۴۶	۲/۲۸	۱۱/۵۹	7112 × SB36	S1 - 970091	G106
۱۵/۹۲	۱۳/۲۵	۱۰/۳۶	۱۸/۷۹	۷/۶۲	۴/۱۳	۱۳/۱۷	7112 × SB36	S1 - 970092	G107
۱۳/۵۳	۱۲/۹۱	۹/۳۶	۱۷/۱۱	۷/۵۶	۳/۳۱	۱۱/۹۱	7112 × SB36	S1 - 970093	G108
۱۴/۱۷	۱۳/۴۴	۱۰/۱۵	۱۶/۴۵	۷/۱۵	۳/۲۷	۱۲/۲۴	7112 × SB36	S1 - 970094	G109
۱۴/۰۸	۱۲/۶۳	۱۰/۰۵	۱۷/۹۸	۹/۵۱	۳/۱۲	۱۲/۶۳	7112 × SB36	S1 - 970095	G110
۱۴/۹۳	۱۲/۶۵	۱۱/۴۵	۱۸/۹۱	۸/۵۶	۳/۴۸	۱۳/۲۷	7112 × SB36	S1 - 970096	G111
۱۲/۴۴	۱۱/۶۵	۱۱/۴۴	۱۴/۵۵	۹/۸۶	۱/۴۴	۱۱/۹۸	7112 × SB36	S1 - 970098	G112
۱۵/۲۹	۱۳/۴۲	۱۲/۱۹	۱۸/۳۹	۱۰/۰۸	۲/۸۰	۱۳/۸۴	7112 × SB36	S1 - 970099	G113
۱۳/۱۱	۱۰/۹۱	۸/۲۴	۱۵/۱۰	۸/۰۶	۲/۹۸	۱۰/۹۷	7112 × SB36	S1 - 970100	G114
۱۳/۸۵	۹/۸۵	۸/۳۲	۱۶/۳۵	۷/۷۳	۳/۵۱	۱۱/۳۱	7112 × SB36	S1 - 970101	G115
۱۳/۷۹	۱۱/۹۲	۱۱/۴۴	۱۳/۹۸	۱۰/۵۹	۱/۴۰	۱۲/۴۲	7112 × SB36	S1 - 970103	G116
۱۲/۷۰	۱۰/۳۱	۹/۶۴	۱۸/۲۵	۷/۰۴	۳/۸۴	۱۱/۴۷	7112 × SB36	S1 - 970104	G117
۱۲/۲۳	۹/۸۱	۸/۰۲	۱۴/۵۷	۶/۱۷	۳/۳۴	۱۰/۱۵	7112 × SB36	S1 - 970106	G118
۱۳/۶۸	۱۱/۹۹	۱۰/۳۲	۱۸/۳۵	۷/۳۹	۳/۵۸	۱۲/۲۵	7112 × SB36	S1 - 970107	G119
۱۰/۹۵	۹/۰۷	۸/۳۳	۱۵/۵۳	۷/۱۳	۲/۸۱	۱۰/۰۴	7112 × SB36	S1 - 970108	G120
۱۳/۳۶	۱۱/۳۰	۱۰/۹۴	۱۷/۲۴	۹/۹۳	۲/۶۳	۱۲/۴۴	7112 × SB36	S1 - 970109	G121
۱۲/۳۱	۱۰/۹۶	۹/۲۰	۱۶/۵۱	۶/۲۲	۳/۳۴	۱۰/۹۶	7112 × SB36	S1 - 970110	G122
۱۱/۹۱	۱۱/۳۳	۱۰/۶۱	۱۴/۲۱	۱۰/۰۷	۱/۴۱	۱۱/۵۲	7112 × SB36	S1 - 970112	G123
۱۴/۳۷	۱۲/۳۱	۱۰/۳۸	۱۵/۵۹	۸/۸۲	۲/۵۷	۱۲/۳۲	7112 × SB36	S1 - 970116	G124
۱۲/۹۹	۱۰/۷۱	۱۰/۱۲	۱۹/۵۹	۶/۶۳	۴/۰۲	۱۱/۸۸	7112 × SB36	S1 - 970117	G125
۱۴/۲۶	۱۳/۸۰	۹/۹۴	۲۳/۹۹	۶/۶۰	۵/۶۴	۱۳/۲۶	7112 × SB36	S1 - 970118	G126
۱۱/۵۹	۸/۹۱	۸/۳۲	۱۳/۷۵	۷/۴۳	۲/۵۰	۹/۹۹	7112 × SB36	S1 - 970119	G127
۱۴/۸۰	۱۳/۰۶	۱۱/۸۱	۱۸/۸۲	۸/۸۲	۳/۲۰	۱۳/۴۲	7112 × SB36	S1 - 970121	G128
۱۳/۲۸	۱۱/۶۷	۱۰/۳۱	۱۶/۴۵	۸/۰۲	۲/۸۶	۱۱/۹۰	7112 × SB36	S1 - 970123	G129
۱۴/۹۸	۱۳/۱۳	۹/۸۱	۱۸/۲۱	-/۰۸	۳/۶۷	۱۲/۷۲	7112 × SB36	S1 - 970124	G130
۱۴/۲۴	۱۳/۰۳	۱۰/۳۸	۱۶/۴۸	۴/۳۴	۴/۰۲	۱۱/۸۷	7112 × SB36	S1 - 970125	G131
۱۲/۳۱	۱۱/۴۴	۱۰/۶۵	۱۷/۶۳	۸/۱۸	۲/۹۵	۱۱/۸۸	7112 × SB36	S1 - 970126	G132

ادامه جدول ۲- میانگین و برخی آماره‌های توصیفی عملکرد قند هیبریدهای چغندر قند

Continuation table 2. Mean and some of description statistics of sugar yield of sugar beet hybrids

چارک سوم	چارک دوم	چارک اول	بیشترین	کمترین	انحراف معیار	عملکرد قند (تن در هکتار)	والدین / شاهد / محیط		کد ژنوتیپ / محیط
							♀	♂	
۱۰/۷۱	۱۰/۳۹	۹/۶۶	۱۹/۰۱	۸/۸۴	۳/۴۹	۱۱/۲۸	7112 × SB36	S1 - 970127	G133
۱۳/۵۷	۱۱/۶۱	۱۱/۳۳	۱۶/۱۳	۷/۶۲	۲/۷۰	۱۲/۱۶	7112 × SB36	S1 - 970128	G134
۱۲/۰۹	۹/۸۷	۹/۷۴	۱۷/۸۷	۹/۴۸	۳/۰۲	۱۱/۵۶	7112 × SB36	S1 - 970131	G135
۱۴/۷۱	۱۳/۰۸	۱۰/۶۴	۱۸/۶۴	۳/۱۴	۴/۸۷	۱۲/۲۲	7112 × SB36	S1 - 970132	G136
۱۳/۰۶	۱۱/۲۱	۹/۱۸	۱۴/۹۹	۵/۱۸	۳/۳۹	۱۰/۸۴	7112 × SB36	S1 - 970133	G137
۱۲/۴۶	۱۲/۲۴	۱۰/۳۷	۱۳/۴۰	۹/۴۶	۱/۴۶	۱۱/۵۴	428-P.395 × 201-9	920128	G138
۱۲/۶۹	۱۱/۹۴	۱۱/۳۹	۱۴/۰۵	۱۰/۸۸	۱/۱۳	۱۲/۱۴	428-P.395 × 301-11	920128	G139
۱۳/۰۱	۱۰/۲۸	۹/۷۹	۱۵/۱۸	۳/۴۹	۳/۸۳	۱۰/۶۵	428-P.395 × 301-28	920128	G140
۱۴/۳۰	۱۲/۰۹	۱۱/۶۱	۱۵/۸۲	۹/۵۰	۲/۱۹	۱۲/۷۴	428-P.395 × 921059	920128	G141
۱۱/۸۴	۹/۷۴	۸/۸۴	۱۳/۸۲	۶/۶۱	۲/۴۵	۱۰/۲۲	428-P.395 × 940023	920128	G142
۱۳/۵۷	۱۲/۷۹	۱۲/۲۴	۱۷/۱۶	۷/۹۶	۲/۷۴	۱۲/۷۹	428-P.395 × 940028	920128	G143
۱۳/۶۵	۱۲/۰۵	۱۰/۹۹	۱۵/۳۳	۶/۳۶	۲/۹۳	۱۱/۸۶	428-P.395 × 940171	920128	G144
۱۴/۲۸	۱۲/۳۴	۱۰/۵۸	۱۹/۷۱	۹/۳۱	۳/۶۱	۱۳/۰۱	428-P.395 × 940171	920128	G145
۱۲/۱۰	۱۱/۲۲	۱۰/۷۰	۱۲/۶۹	۱۰/۲۰	-/۹۹	۱۱/۳۹	428-P.395 × 940184	920128	G146
۱۳/۶۵	۱۱/۶۶	۱۰/۹۸	۱۵/۳۹	۸/۲۰	۲/۵۰	۱۲/۰۷	428-P.395 × 201-9	920541	G147
۱۱/۶۷	۱۰/۶۳	۱۰/۲۵	۱۴/۰۴	۱۰/۰۸	۱/۴۱	۱۱/۲۳	428-P.395 × 301-11	920541	G148
۱۰/۹۶	۱۰/۳۹	۹/۴۲	۱۵/۳۱	۶/۶۱	۲/۶۲	۱۰/۴۴	428-P.395 × 301-28	920541	G149
۱۲/۰۶	۱۱/۱۱	۸/۸۲	۱۳/۲۶	۷/۷۷	۲/۱۰	۱۰/۵۶	428-P.395 × 921059	920541	G150
۱۱/۱۵	۱۱/۰۱	۹/۲۹	۱۶/۵۲	۸/۸۴	۲/۶۲	۱۱/۰۴	428-P.395 × 940023	920541	G151
۱۶/۸۶	۱۱/۹۹	۱۰/۲۴	۲۰/۱۹	۸/۵۶	۴/۴۶	۱۳/۵۶	428-P.395 × 940028	920541	G152
۱۲/۴۴	۱۰/۶۲	۹/۶۴	۱۹/۶۳	۷/۹۸	۳/۸۴	۱۱/۷۷	428-P.395 × 940171	920541	G153
۱۳/۲۰	۱۰/۹۶	۱۰/۳۷	۱۶/۲۸	۹/۷۲	۲/۴۵	۱۲/۰۱	428-P.395 × 940171	920541	G154
۱۱/۹۰	۱۱/۰۵	۸/۸۸	۱۴/۴۹	۶/۸۱	۲/۸۰	۱۰/۵۶	428-P.395 × 940184	920541	G155
۱۲/۴۸	۱۱/۲۴	۱۰/۲۱	۱۵/۳۴	۹/۶۷	۱/۹۷	۱۱/۶۶	Sina	G156	
۱۳/۴۵	۱۱/۶۴	۱۰/۷۴	۱۵/۹۵	۹/۴۹	۲/۳۰	۱۲/۲۱	Novodoro	G157	
۱۱/۹۸	۱۱/۷۶	۱۰/۳۲	۱۲/۶۵	۹/۴۵	۱/۱۷	۱۱/۲۱	Modex	G158	
۱۵/۳۰	۱۴/۲۹	۱۲/۸۱	۱۷/۳۹	۱۱/۶۸	۱/۹۵	۱۴/۲۳	Loriquet	G159	
۱۷/۶۰	۱۴/۰۰	۱۲/۸۸	۲۰/۸۳	۹/۷۷	۳/۸۸	۱۵/۰۸	Pirola	G160	
۱۴/۵۰	۱۱/۶۲	۹/۸۵	۱۸/۳۹	۱/۷۶	۲/۹۰	۱۱/۸۹	Khoy	E1	
۱۱/۴۶	۱۰/۲۳	۹/۴۱	۱۷/۱۶	۲/۳۲	۱/۹۱	۱۰/۳۳	Shiraz	E2	
۱۲/۴۷	۱۱/۵۲	۱۰/۵۵	۱۵/۳۲	۱/۶۵	۱/۶۷	۱۱/۴۲	Karaj	E3	
۱۷/۷۸	۱۵/۷۶	۱۳/۹۰	۲۳/۹۹	۶/۸۰	۲/۸۱	۱۵/۹۳	Kermanshah	E4	
۱۲/۲۹	۱۱/۰۶	۹/۸۰	۱۵/۹۷	۲/۵۰	۱/۹۰	۱۱/۰۲	Mashhad	E5	
۱۰/۹۴	۹/۴۷	۷/۶۱	۱۸/۲۶	۲/۷۸	۲/۶۳	۹/۳۴	Miandoab	E6	
۱۴/۸۹	۱۳/۲۹	۱۲/۰۹	۱۹/۶۳	-/۴۹	۲/۳۷	۱۳/۳۹	Hamedan	E7	
-	-	-	-	-	-	۴/۲۶	LSD (p≤0.01)		

♀: والد مادری، ♂: والد پدری

منابع

- Barah, B., H. Binswanger, B. Rana and N. Rao. 1981. The use of risk aversion in plant breeding; concept and application. *Euphytica*, 30(2): 451-458.
- Ceccarelli, S. 1996. Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity. *Plant adaptation and crop improvement*, 12: 467-486.
- Cook, D. and R. Scott. 1993. *The sugar beet crop: science into practice*. New York, USA, Chapman and Hall Press, 154 pp.
- De Vita, P., A. Mastrangelo, L. Matteu, E. Mazzucotelli, N. Virzi, M. Palumbo, M.L. Storto, F. Rizza and L. Cattivelli. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. *Field crops research*, 119(1): 68-77.
- Duvick, D.N., J. Smith and M. Cooper. 2004. Changes in performance, parentage, and genetic diversity of successful corn hybrids, 1930-2000. edn. C. W. Smith, J. Betrian and E. C. A. Runge, editors, JHoboken, NJ, John Wiley & Sons, 65-97 pp.
- Esmailzadeh Moghaddam, M., S. Tahmasebi, G. Ayeneh, H. Moghadam, K. Mahmoudi, M. Sayyahfar, S. Ghaffari and H. Zali. 2018. Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20(1): 61-76.
- Evans, L. 1993. *Crop evolution, adaptation and yield*. (Cambridge University Press: New York).
- Evans, L. and R. Fischer. 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop Science*, 39(6): 1544-1551.
- FAO. 2018. Food and agriculture organization. *World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook*. <https://doi.org/10.4060/cb1521en>
- Farshadfar, E., R. Mohammadi, M. Aghaee and Z. Vaisi. 2012. GGE biplot analysis of genotype x environment interaction in wheat-barley disomic addition lines. *Australian Journal of Crop Science*, 6(6): 1074-1079.
- Hassani, M., H. Hamze and H. Mansouri. 2021. Evaluation of adaptability and stability of root yield and white sugar yield (*Beta vulgaris* L.) in sugar beet genotypes using multivariate AMMI and GGE biplot method. *Journal of Crop Breeding*, 13(37): 222-235.
- Hassani, M., B. Heidari, A. Dadkhodaie and P. Stevanato. 2018. Genotype by environment interaction components underlying variations in root, sugar and white sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Euphytica*, 214(4): 1-21.
- Hoffmann, C.M. and C. Kenter. 2018. Yield potential of sugar beet—have we hit the ceiling? *Frontiers in plant science*, 9: 1-6.
- Hoffmann, C.M. and J. Loel. 2015. Bedeutung der züchtung für den ertragsanstieg von zuckerrüben. *Sugar Ind*, 140: 48-56.
- Jaggard, K., H. Koch, J.A. Sanz, A. Cattanach, R. Duval, H. Eigner, G. Legrand, R. Olsson, A. Qi and J. Thomsen. 2012. The yield gap in some sugar beet producing countries. *International sugar journal*, 114(1363): 496-499.
- Jaggard, K., A. Qi and M. Semenov. 2007. The impact of climate change on sugarbeet yield in the UK: 1976-2004. *The Journal of Agricultural Science*, 145(4): 367-375.
- Jaggard, K.W., A. Qi and E.S. Ober. 2010. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Science*, 365(1): 2835-2851.
- Kaya, Y., M. Akçura and S. Taner. 2006. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(5): 325-337.
- Kendal, E. 2016. GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 2(1): 90-99.
- Kunz, M., D. Martin and H. Puke. 2002. Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. *Zuckerindustrie*, 127(1): 13-21.
- Lin, C. and M. Binns. 1988. A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. *Theoretical and applied genetics*, 76(3): 425-430.
- Makumbi, D., A. Diallo, F. Kanampiu, S. Mugo and H. Karaya. 2015. Agronomic performance and genotype x environment interaction of herbicide-resistant maize varieties in Eastern Africa. *Crop Science*, 55: 540-555.
- Märlander, B., C. Hoffmann, H.J. Koch, E. Ladewig, R. Merkes, J. Petersen and N. Stockfisch. 2003. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189(4): 201-226.
- Mohammadi, R., M. Armion, D. Kahrizi and A. Amri. 2012. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *International Journal of Plant Production*, 4(1): 11-24.
- Monteiro, F., L. Frese, S. Castro, M.C. Duarte, O.S. Paulo, J. Loureiro and M.M. Romeiras. 2018. Genetic and genomic tools to assist sugar beet improvement: the value of the crop wild relatives. *Frontiers in plant science*, 9: 74-85.

26. Mostafavi, K., M. Orazizadeh, A. Rajabi and M. N. Ilkaei. 2018. Stability and adaptability analysis in sugar beet varieties for sugar content using GGE-biplot and AMMI methods. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(1): 40-45.
27. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI model and GGE biplot. *Journal of Crop Breeding*, 10(28): 1-12.
28. Nassir, A. L. and O. J. Ariyo. 2011. Genotype x environment interaction and yield-stability analyses of rice grown in tropical inland swamp. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1): 220-225.
29. Omrani, S., A. Omrani, M. Afshari, A. Saremirad, S. Bardehji and P. Foroozesh. 2019. Application of Additive Main Effects and Multiplicative Interaction and Biplot Graphical Analysis Multivariate Methods to Study of Genotype-Environment Interaction on Safflower Genotypes Grain Yield. *Journal of Crop Breeding* 11(31): 153-163 (In Persian).
30. Reinfeld, E., G. Emmerich, C. Baumgarten, Winner and U. Beiss. 1974. *Zur Voraussage des Melassez zuckersaus Ruben analysen Zucker*. edn. D. A. Cooke and R. K. Scott, editors, London, UK., Chapman & Hall, World Crop Series, 2-5 pp.
31. Ribeiro, I.C., C. Pinheiro, C.M. Ribeiro, M.M. Veloso, M.C. Simoes-Costa, I. Evaristo, O.S. Paulo and C. P. Ricardo. 2016. Genetic diversity and physiological performance of Portuguese wild beet (*Beta vulgaris* spp. *maritima*) from three contrasting habitats. *Frontiers in plant science*, 7(1): 1293.
32. Sabaghnia, N., H. Dehghani and S.H. Sabaghpour. 2008. Graphic analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. *Agronomy Journal*, 100(3): 760-764.
33. Saremirad, A. and K. Mostafavi. 2021. Using AMMI and Biplot Graphical Analysis Multivariate Methods to Evaluate the Effect of Genotype-Environment Interaction in Cotton Genotypes. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 8(2): 127-144 (In Persian).
34. Saremirad, A., K. Mostafavi and A. Mohammadi. 2020. Genotype- Environment Interaction Study Base GGE biplot Method for Kernel Yield in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 12(34): 43-53.
35. Signor, C.E.L., S. Dousse, J. Lorgeou, J.B. Denis, R. Bonhomme, P. Carolo and A. Charcosset. 2001. Interpretation of genotype× environment interactions for early maize hybrids over 12 years. *Crop Science*, 41(3): 663-669.
36. Simmonds, N. 1991. Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theoretical and applied genetics*, 82(3): 363-367.
37. Studnicki, M., T. Lenartowicz, K. Noras, E. Wójcik-Gront and Z. Wyszynski. 2019. Assessment of stability and adaptation patterns of white sugar yield from sugar beet cultivars in temperate climate environments. *Agronomy*, 9(7): 1-11.
38. Tollenaar, M. and E. Lee. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field crops research*, 75(2-3): 161-169.
39. Trimpler, K., N. Stockfisch and B. Märlander. 2017. Efficiency in sugar beet cultivation related to field history. *Eur. Journal Agron*, 91: 1-9.
40. Yan, W. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield trial data with special reference to winter wheat in Ontario.
41. Yan, W. 2016. Analysis and handling of G× E in a practical breeding program. *Crop Science*, 56(5): 2106-2118.
42. Yan, W., L. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40(3): 597-605.
43. Yan, W. and M.S. Kang. 2002. *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC press.
44. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47(2): 643-653.
45. Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop science*, 42(1): 11-20.
46. Yan, W. and N.A. Tinker. 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype× environment interaction. *Crop Science*, 45(3): 1004-1016.

Investigation of Genotype-Environment Interaction Effect on Sugar Yield and Determination of Stability of Sugar Beet (*Beta Vulgaris L.*) Hybrids

Dariush Taleghani¹ and Ali Saremirad²

-
- 1- Associate Professor of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Plant breeding Ph. D. Department of Agronomy and Plant Breeding, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran (Corresponding author: Asaremirad@gmail.com)
Received: 6 April, 2022 Accepted: 1 June, 2022
-

Extended Abstract

Introduction and Objective: Sugar beet is a very important agricultural product that is used only professionally in the sugar industry and is considered as one of the most significant sources of sugar production. The yield and quality of sugar in sugar beet is controlled by genotype, environment, and interaction between them. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of genotype-environment interaction on the sugar yield of different sugar beet hybrids.

Material and Methods: The effect of genotype-environment interaction on sugar yield and stability and adaptability of 155 sugar beet hybrids was conducted with one internal control (Sina) and four external controls (Novodoro, Modex, Loriguet, and Pirola). Monogerm hybrids were planted in seven regions of Khoy, Shiraz, Karaj, Kermanshah, Mashhad, Miandoab, and Hamedan in 2020 in an augmented randomized complete design. After harvesting and estimating the sugar yield of each of the experimental hybrids, the stability analysis of this feature was performed using the GGE biplot graphical method.

Results: Stability analysis of sugar yield by GGE biplot graphical method showed that according to the polygonal diagram, Pirola cultivar in Kermanshah and Miandoab, hybrid 96 in Hamedan, Karaj, Shiraz, and Mashhad, and hybrid 11 in Khoy had the highest sugar adaptability and yield. The environments were ranked from the best environment to the most unsuitable environment as Hamedan, Shiraz, Miandoab, Karaj, Mashhad, Kermanshah, and Khoy. The ranking diagram of hybrids based on the ideal hybrid as well as the ranking diagram of hybrids based on mean yield and stability showed that hybrid 96 is the best and most stable hybrid. The study areas were divided into three mega-environments so that Kermanshah and Miandoab as the first mega-environment, Hamedan, Karaj, Shiraz, and Mashhad as the second mega-environment, and Khoy was the third mega-environment.

Conclusion: The results showed that the genotype-environment interaction had an effect on the sugar yield of sugar beet breeding hybrids and caused yield fluctuations from one environment to another. In general, due to the best sugar yield of some hybrids, the selected hybrids were divided into two groups, and a number of them entered the cultivar introduction tests. The rest are evaluated in several areas, and then the best of them is introduced as a cultivar.

Keywords: Adaptability, Biplot, Polygon and Sugar beet