دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

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

داریوش طالقانی[1] و علی صارمی‌راد[2]

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، 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: چغندرقند 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 به شمار می‌رود. عملکرد و کیفیت قند در چغندرقند به‌وسیله ژنوتیپ، محیط و برهمکنش میان آن‌ها کنترل می‌شود. از این‌رو، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر برهمکنش ژنوتیپ-محیط بر عملکرد قند هیبریدهای مختلف چغندرقند پایه‌ریزی و به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها: اثر برهمکنش ژنوتیپ- محیط بر عملکرد قند و تعیین پایداری و سازگاری ۱۵۵ هیبرید چغندرقند 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 چغندرقند 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 چغندرقند

مقدمه

به‌کارگیری پتانسیل ژنتیکی عملکرد بالا در چغندرقند (*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 چغندرقند، 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 چغندرقند در مزارع تجاری محدود گردد (۳۹). این خلأ عملکرد بین عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمایش‌های تکمیلی معرفی رقم و 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 این‌رو 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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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 منحصربه‌فرد 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 چغندرقند (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 چغندرقند 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، میاندوآب 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 قابل اعتماد از سازگاری و پایداری عملکرد قند طراحی شده است؛ به‌نحوی که در هر آزمایش، هیبریدها در قالب طرح مقایسه عملکرد مقدماتی (آگمنت) به همراه یک شاهد داخلی سینا و نیز چهار شاهد خارجی نووودورا (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 برگی 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 نازک برگ مزارع با وجین دستی و نیز طی چند مرحله با سموم علف‌کش انجام گرفت. به‌منظور ردیابی و پیشگیری از حمله آفات چغندرقند، مزارع به‌صورت 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 چغندرقند، 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 (lead (II) hydroxide acetate) به مدت سه دقیقه در داخل همزن مخلوط گردید. پس از گذراندن محلول از صافی، مایع شفافی حاصل شد که از آن در دستگاه بتالایزر (Betalyser، سیستم خودکار تجزیه کیفیت چغندرقند) 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 چغندرقند 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:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda 2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

در رابطه ۲ Y_{ij}: میانگین ژنوتیپ iام در محیط jام، μ: میانگین کل ژنوتیپ‌ها، β_j: اثر اصلی محیط jام، λ_1 و λ: مقادیر ویژه برای اولین و دومین مؤلفه، ξ_{i1} و ξ_{i2}: بردارهای ویژه ژنوتیپی و η_{j1} و η_{j2}: بردارهای محیطی مؤلفه اول و دوم و ε_{ij}: مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ iام در محیط jام هستند. جهت تجزیه داده‌های آزمایش به روش گرافیکی بای‌پلات از نرم‌افزار R بر 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.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های تحقیقاتی اجرای آزمایش
Table 1. Geographical characteristics of the experimental research stations

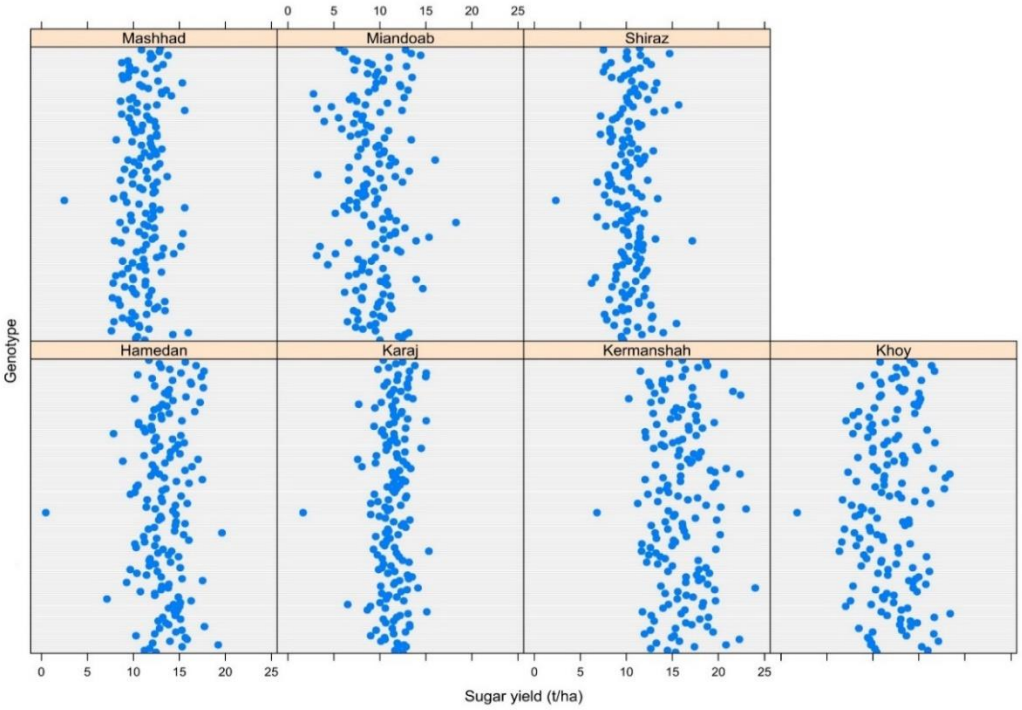
ردیف	ایستگاه تحقیقاتی	ارتفاع از سطح دریا(متر)	عرض جغرافیائی (درجه: دقیقه)	طول جغرافیائی (درجه: دقیقه)	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	میزان بارندگی (میلی‌متر)
۱	خوی	۱۱۳۶	۳۸:۳۳	۴۴:۵۷	۴	۴۲	۱۲۷
۲	شیراز	۱۴۸۴	۲۹:۳۲	۵۲:۳۶	۴	۴۱	۵۱
۳	کرج	۱۳۱۲	۳۵:۵۵	۵۰:۵۴	۵/۸	۴۰	۵۶
۴	کرمانشاه	۱۳۵۱	۳۴:۱۹	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	۴۳
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 نوودورا، 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). نوودورا 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 نوودورا، سینا و مودکس در شیراز (به ترتیب با عملکرد قند ۹/۴۹، ۹/۶۷ و ۹/۴۵ تن در هکتار) و بیشترین آن برای نوودورا 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 نوودورا و سینا در چارک بالایی و برای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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



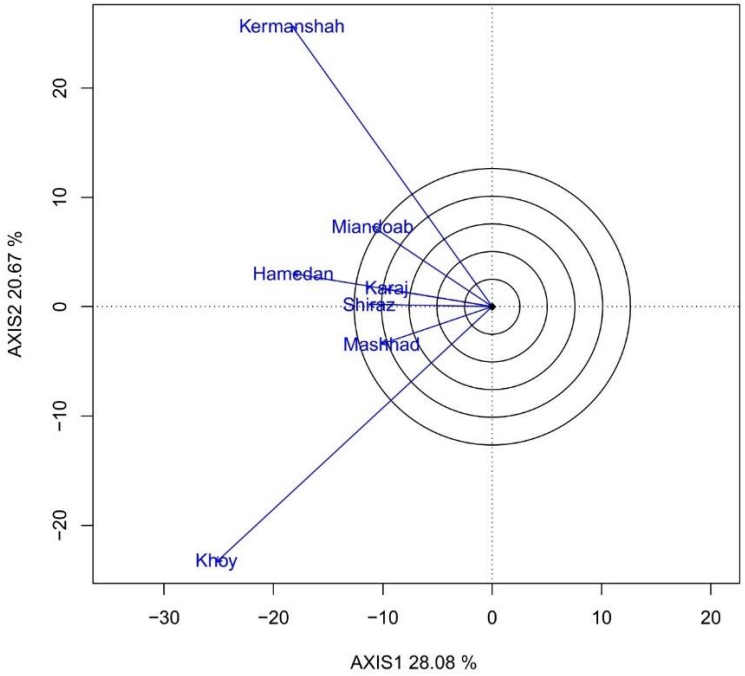
شکل ۱- نمودار پراکنش هیبریدهای چغندرقند از نظر عملکرد قند در محیط‌های مختلف مورد آزمایش
Figure 1. Distribution diagram of sugar beet hybrids in terms of sugar yield in different tested environments

به‌منظور بررسی و تفسیر تنوع هیبریدها، محیط‌ها و برهمکنش ژنوتیپ- محیط از تجزیه گرافیکی بای‌پلات بر مبنای مدل‌های چند متغیره استفاده شد. این نمودارها ۴۸/۷۵ درصد از واریانس داده‌های مربوط به عملکرد قند را توجیه نمودند، به‌طوری‌که 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 این‌که دو مؤلفه اول نتوانسته‌اند به‌خوبی 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 درصد از تغییرات برهمکنش ژنوتیپ-محیط به‌وسیله 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. به‌طورکلی 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 درصورتی‌که 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 چغندرقند آزمایشی در این مکان‌ها تفاوت چندانی وجود ندارد. خوی-کرمانشاه همبستگی نزدیک به صفر نشان دادند، به عبارتی هیبریدها در این دو

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

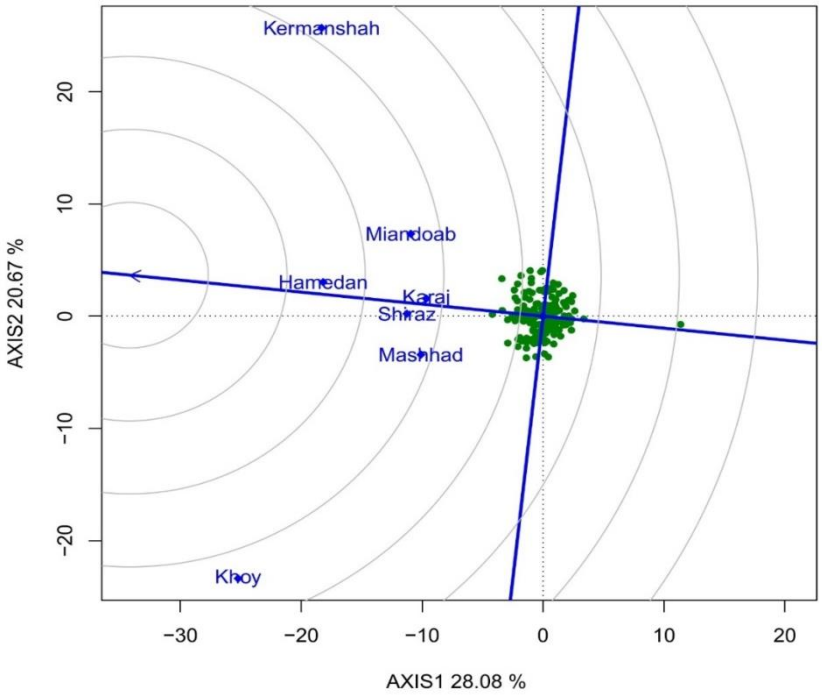
مکان روند عملکرد قند مستقلی را داشتند. در این مطالعه مکان‌های همدان، کرج و شیراز دارای همبستگی نزدیکی بودند؛ بنابراین توصیه می‌گردد که به‌منظور کاهش هزینه‌های آزمایش، یکی از این سه مکان در تحقیقات آتی مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعه مصطفوی و همکاران (۲۶) اذعان شد که بین محیط‌های کرمانشاه، مغان و مشهد همبستگی بالایی وجود دارد، اما بین کرج و مشهد هیچ‌گونه همبستگی مثبت و یا منفی مشاهده نشد.



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

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؛ به‌نحوی‌که 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 به علت دارا بودن طول بردار بلندتر نسبت به سایر محیط‌ها قابلیت تمایز بیش‌تری از نظر عملکرد قند داشتند. در نهایت مطالعه بای‌پلات همبستگی محیط‌ها نشان داد که بیش‌تر محیط‌های مورد آزمایش دارای قابلیت تمایز بالایی بودند و می‌توانند در آزمایش‌های مطالعه برهمکنش ژنوتیپ- محیط در هیبریدهای چغندرقند میان ژنوتیپ‌ها تمایز مناسبی ایجاد نمایند (شکل ۲). شکل ۳ رتبه‌بندی محیط‌ها را بر اساس محیط ایده‌آل برای هفت محیط مورد بررسی نشان 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 بای‌پلات، 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 به علت 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 چغندرقند 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.

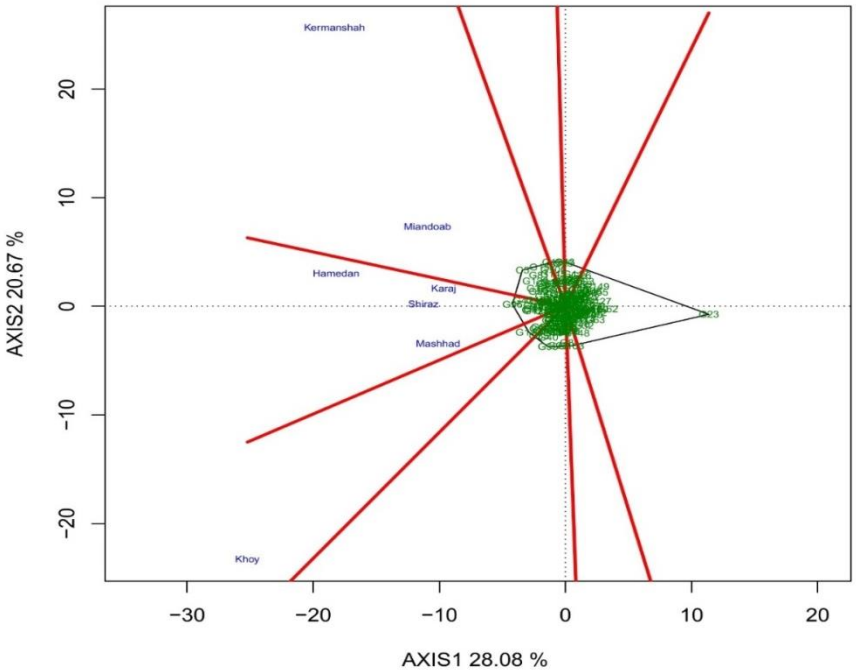
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]



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

نمودار چندضلعی (شکل ۴) اطلاعات جامع و کاملی را در خصوص واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌ها در اختیار قرار می‌دهد. این چندضلعی برای اولین‌بار توسط یان (۴۰،۴۱) به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف و نیز مشخص نمودن محیط‌های بزرگ استفاده شد. در این بای‌پلات یک چندضلعی مشاهده می‌شود که از اتصال ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله را از مبدأ دارند، حاصل می‌شود. سپس از مبدأ مختصات خطوطی عمود بر اضلاع این چندضلعی رسم می‌گردد و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شود (۴۴). بر طبق این بای‌پلات محیط‌های مورد بررسی در سه محیط بزرگ طبقه‌بندی شدند؛ به‌نحوی 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 قرارگرفته‌اند. 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 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 واقع‌شده‌اند که هیبرید شماره ۹۶ در رأس آن قرارگرفته 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 واقع‌شده 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 بای‌پلات 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 چغندرقند را در دو گروه قرار داده و ژنوتیپ‌های دارای بالاترین سازگاری با آن‌ها را معرفی نمودند.

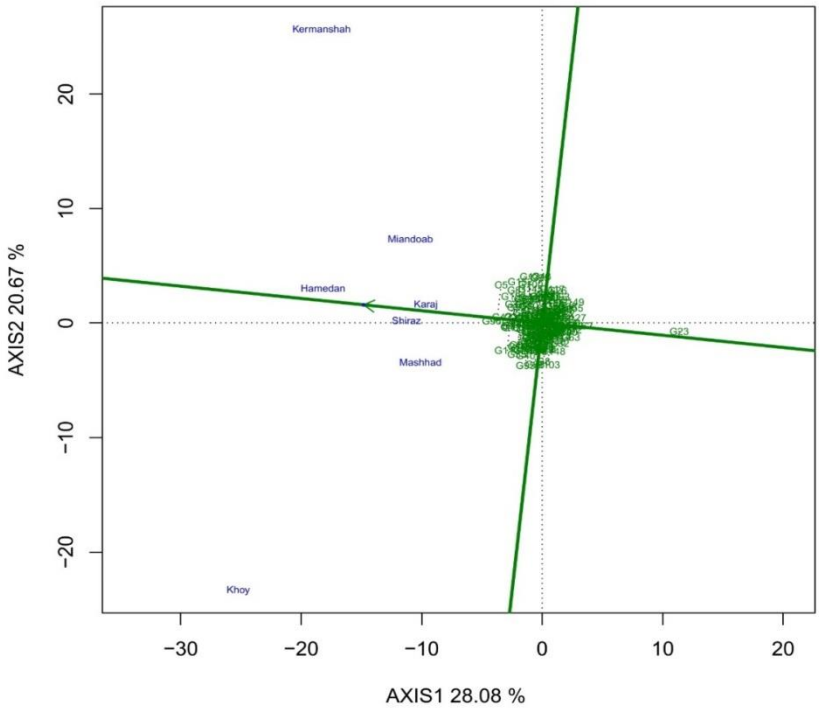
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]



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

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 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، به 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)*S1.8823 و (113*A37.1)*SH-1-HSF.5 به‌ترتیب دارای عملکرد و پایداری پایین بودند.

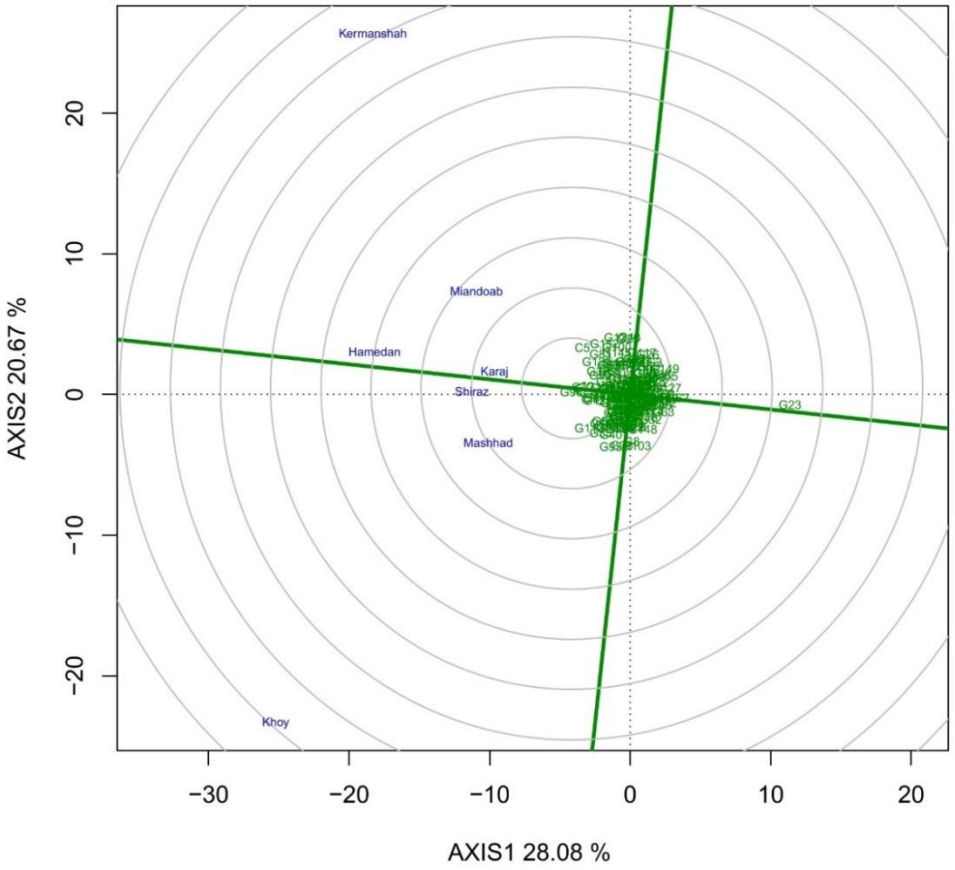
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]



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

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، 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).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]



شکل ۶- نمودار بای‌پلات 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 به‌دست‌آمده پژوهش حاضر، اجرای این پروژه موفقیت‌آمیز ارزیابی شد؛ زیرا از تعداد ۱۵۵ هیبرید جدید، نزدیک به ۲۰ درصد آن‌ها از پتانسیل عملکرد بالائی 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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

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

کد ژنوتیپ/محیط	والدین/ شاهد/ محیط ♂	والدین/ شاهد/ محیط ♀	عملکرد قند (تن در هکتار)	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	چارک اول	چارک دوم	چارک سوم
G1	S1 - 960102	7112 × SB36	۱۰/۶۱	۱/۹۱	۷/۶۲	۱۳/۲۶	۹/۶۹	۱۰/۰۴	۱۱/۹۹
G2	S1 - 960104	7112 × SB36	۱۳/۲۰	۳/۹۸	۷/۵۱	۱۹/۸۰	۱۱/۱۹	۱۳/۲۵	۱۴/۷۴
G3	S1 - 960107	7112 × SB36	۱۱/۰۷	۲/۹۳	۶/۷۰	۱۶/۶۷	۱۰/۴۹	۱۰/۷۱	۱۱/۲۲
G4	S1 - 960108	7112 × SB36	۱۱/۸۰	۳/۲۲	۶/۶۴	۱۷/۵۰	۱۰/۷۸	۱۲/۰۳	۱۲/۴۵
G5	S1 - 960109	7112 × SB36	۱۲/۲۸	۳/۶۴	۷/۵۹	۱۷/۰۳	۹/۶۰	۱۲/۰۱	۱۵/۰۶
G6	S1 - 960110	7112 × SB36	۱۲/۶۲	۲/۲۱	۹/۰۲	۱۶/۰۹	۱۱/۹۱	۱۲/۴۶	۱۳/۴۸
G7	S1 - 960111	7112 × SB36	۱۱/۴۷	۳/۲۴	۴/۷۴	۱۴/۸۱	۱۱/۱۱	۱۲/۴۵	۱۳/۰۵
G8	S1 - 960113	7112 × SB36	۱۲/۰۶	۱/۸۳	۱۰/۱۶	۱۵/۱۷	۱۰/۶۳	۱۱/۹۶	۱۲/۹۲
G9	S1 - 960124	7112 × SB36	۱۱/۷۴	۲/۳۵	۷/۷۵	۱۴/۷۲	۱۰/۸۰	۱۲/۰۶	۱۳/۰۳
G10	S1 - 960132	7112 × SB36	۱۲/۷۹	۳/۱۳	۸/۱۴	۱۷/۱۱	۱۰/۹۰	۱۲/۷۴	۱۴/۸۷
G11	S1 - 960143	7112 × SB36	۱۲/۱۶	۱/۲۷	۱۰/۲۱	۱۴/۰۸	۱۱/۳۹	۱۲/۳۳	۱۲/۸۵
G12	S1 - 960146	7112 × SB36	۱۳/۲۵	۴/۰۴	۷/۵۶	۱۹/۶۸	۱۰/۹۸	۱۲/۶۰	۱۵/۴۷
G13	S1 - 960147	7112 × SB36	۱۳/۱۸	۳/۳۹	۹/۴۲	۱۷/۸۵	۱۰/۷۲	۱۲/۱۴	۱۵/۷۲
G14	S1 - 960151	7112 × SB36	۱۲/۵۸	۲/۴۸	۱۰/۶۸	۱۷/۸۱	۱۱/۰۶	۱۱/۷۲	۱۲/۸۷
G15	S1 - 960156	7112 × SB36	۱۲/۷۹	۲/۰۳	۱۰/۷۴	۱۶/۰۳	۱۱/۳۳	۱۲/۲۸	۱۳/۹۳
G16	S1 - 960159	7112 × SB36	۱۱/۲۸	۲/۶۶	۸/۲۸	۱۶/۱۲	۹/۶۶	۱۰/۱۵	۱۲/۵۴
G17	S1 - 960160	7112 × SB36	۱۱/۶۵	۳/۰۵	۵/۱۶	۱۴/۵۷	۱۱/۶۴	۱۲/۳۵	۱۳/۰۹
G18	S1 - 960163	7112 × SB36	۱۳/۱۲	۱۶۲	۱۰/۶۶	۱۶/۰۸	۱۱/۵۱	۱۲/۵۵	۱۴/۷۶
G19	S1 - 960171	7112 × SB36	۱۲/۰۳	۲/۷۴	۶/۵۴	۱۴/۶۴	۱۱/۳۲	۱۲/۹۱	۱۳/۷۴
G20	S1 - 960173	7112 × SB36	۱۱/۴۱	۳/۴۵	۶/۱۴	۱۷/۴۹	۱۰/۲۵	۱۰/۶۰	۱۲/۵۸
G21	S1 - 970001	7112 × SB36	۱۰/۷۴	۲/۴۶	۸/۰۸	۱۵/۱۱	۹/۲۳	۹/۹۳	۱۱/۷۹
G22	S1 - 970003	7112 × SB36	۱۰/۳۳	۳/۲۱	۷/۴۹	۱۵/۲۶	۸/۳۳	۹/۰۱	۱۱/۹۶
G23	S1 - 970005	7112 × SB36	۳/۱۸	۲/۵۲	۰/۴۹	۶/۸۰	۱/۷۱	۲/۳۳	۴/۵۹
G24	S1 - 970006	7112 × SB36	۱۱/۵۱	۲/۵۹	۷/۸۷	۱۴/۵۵	۹/۸۱	۱۰/۸۵	۱۳/۸۵
G25	S1 - 970007	7112 × SB36	۱۲/۰۲	۵/۰۹	۸/۱۵	۲۳/۰۰	۸/۹۴	۱۱/۱۲	۱۲/۰۱
G26	S1 - 970008	7112 × SB36	۱۰/۸۶	۴/۳۴	۷/۶۳	۲۰/۲۵	۸/۵۹	۸/۹۶	۱۱/۰۰
G27	S1 - 970009	7112 × SB36	۱۲/۰۱	۳/۸۷	۷/۶۳	۱۸/۶۷	۹/۴۰	۱۲/۱۶	۱۳/۴۲
G28	S1 - 970010	7112 × SB36	۱۱/۹۵	۳/۰۵	۹/۰۱	۱۶/۲۶	۹/۴۵	۱۱/۲۳	۱۴/۱۱
G29	S1 - 970011	7112 × SB36	۱۱/۳۰	۲/۴۴	۸/۲۸	۱۴/۵۴	۹/۳۵	۱۱/۰۲	۱۳/۲۸
G30	S1 - 970012	7112 × SB36	۱۲/۱۶	۳/۲۹	۸/۰۹	۱۷/۷۴	۱۰/۲۰	۱۲/۷۹	۱۳/۰۶
G31	S1 - 970013	7112 × SB36	۱۱/۷۶	۲/۹۷	۸/۳۶	۱۵/۶۱	۹/۲۵	۱۱/۷۹	۱۴/۰۴
G32	S1 - 970014	7112 × SB36	۱۰/۸۶	۲/۲۷	۶/۸۲	۱۲/۷۴	۹/۵۴	۱۲/۳۳	۱۲/۵۲
G33	S1 - 970015	7112 × SB36	۱۰/۶۸	۲/۵۸	۶/۶۰	۱۴/۵۸	۹/۳۹	۱۰/۹۳	۱۱/۹۵
G34	S1 - 970016	7112 × SB36	۱۱/۹۴	۲/۴۷	۸/۱۸	۱۵/۷۱	۱۰/۷۳	۱۱/۵۴	۱۳/۳۶
G35	S1 - 970017	7112 × SB36	۱۳/۲۹	۲/۴۴	۱۰/۲۱	۱۷/۷۶	۱۱/۷۴	۱۳/۵۴	۱۴/۰۲
G36	S1 - 970018	7112 × SB36	۱۰/۲۸	۴/۸۱	۳/۲۵	۱۹/۴۳	۸/۹۵	۱۰/۲۵	۱۰/۵۷
G37	S1 - 970019	7112 × SB36	۱۱/۰۳	۱/۸۴	۹/۰۳	۱۴/۴۹	۹/۸۸	۱۰/۵۱	۱۱/۷۰
G38	S1 - 970020	7112 × SB36	۱۳/۵۹	۳/۲۹	۱۰/۱۳	۱۹/۷۱	۱۱/۴۵	۱۳/۱۵	۱۴/۶۱
G39	S1 - 970021	7112 × SB36	۱۱/۳۴	۳/۱۰	۸/۲۱	۱۵/۸۷	۸/۷۹	۱۰/۲۶	۱۳/۷۳
G40	S1 - 970022	7112 × SB36	۱۲/۵۰	۲/۹۵	۸/۷۷	۱۷/۸۹	۱۰/۸۰	۱۱/۸۰	۱۳/۶۸
G41	S1 - 970023	7112 × SB36	۱۲/۱۱	۱/۸۸	۹/۹۴	۱۵/۸۹	۱۱/۳۴	۱۱/۴۸	۱۲/۳۹
G42	S1 - 970024	7112 × SB36	۱۳/۸۴	۴/۶۹	۹/۹۳	۲۲/۳۴	۱۰/۸۸	۱۱/۷۰	۱۵/۵۹
G43	S1 - 970025	7112 × SB36	۱۲/۵۵	۴/۱۱	۷/۳۰	۱۹/۶۱	۱۰/۳۸	۱۱/۸۶	۱۴/۱۵
G44	S1 - 970026	7112 × SB36	۱۲/۹۴	۳/۲۴	۱۰/۴۹	۱۹/۱۴	۱۱/۰۰	۱۱/۲۳	۱۳/۸۷
G45	S1 - 970027	7112 × SB36	۱۳/۵۱	۴/۱۷	۷/۶۲	۲۰/۸۶	۱۱/۹۱	۱۲/۳۷	۱۴/۹۴

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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

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

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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

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

کد ژنوتیپ/ محیط	والدین/ شاهد/ محیط		عملکرد قند (تن در هکتار)	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	چارک اول	چارک دوم	چارک سوم
	♂	♀							
G90	S1 - 970074	7112 × SB36	۱۳/۷۲	۲/۷۲	۹/۱۴	۱۷/۳۹	۱۲/۶۲	۱۳/۲۳	۱۵/۵۳
G91	S1 - 970075	7112 × SB36	۱۱/۲۹	۴/۳۱	۸/۳۱	۲۰/۶۱	۸/۷۳	۱۰/۱۸	۱۱/۲۳
G92	S1 - 970076	7112 × SB36	۱۳/۳۶	۴/۲۸	۷/۵۳	۲۰/۶۲	۱۰/۸۰	۱۳/۵۵	۱۵/۱۱
G93	S1 - 970077	7112 × SB36	۱۲/۶۰	۳/۶۸	۷/۱۰	۱۷/۶۸	۱۰/۸۲	۱۱/۸۶	۱۴/۹۵
G94	S1 - 970078	7112 × SB36	۱۲/۳۷	۲/۳۸	۹/۸۰	۱۶/۴۰	۱۰/۵۰	۱۲/۱۰	۱۳/۶۶
G95	S1 - 970079	7112 × SB36	۱۳/۴۴	۲/۲۶	۱۰/۹۶	۱۷/۷۸	۱۲/۰۴	۱۳/۰۲	۱۴/۱۰
G96	S1 - 970080	7112 × SB36	۱۵/۱۱	۲/۳۷	۱۱/۸۶	۱۸/۸۱	۱۳/۶۰	۱۴/۷۰	۱۶/۶۰
G97	S1 - 970081	7112 × SB36	۱۱/۸۳	۲/۹۵	۶/۱۸	۱۴/۶۶	۱۰/۹۰	۱۲/۸۲	۱۳/۶۶
G98	S1 - 970082	7112 × SB36	۱۲/۶۷	۳/۶۱	۷/۵۰	۱۸/۶۵	۱۰/۸۳	۱۲/۴۷	۱۴/۲۲
G99	S1 - 970083	7112 × SB36	۱۱/۷۴	۳/۳۰	۵/۵۹	۱۶/۰۷	۱۰/۹۰	۱۱/۶۹	۱۳/۴۹
G100	S1 - 970084	7112 × SB36	۱۲/۵۱	۵/۰۰	۷/۳۸	۲۲/۲۸	۱۰/۰۹	۱۰/۶۸	۱۳/۵۴
G101	S1 - 970085	7112 × SB36	۱۱/۲۵	۲/۸۵	۸/۶۷	۱۵/۶۴	۹/۱۹	۱۰/۵۲	۱۲/۷۶
G102	S1 - 970087	7112 × SB36	۱۱/۸۵	۲/۸۰	۹/۰۰	۱۵/۴۴	۹/۶۹	۱۰/۲۹	۱۴/۴۱
G103	S1 - 970088	7112 × SB36	۱۰/۹۹	۳/۳۰	۶/۴۸	۱۶/۶۱	۹/۰۱	۱۱/۵۰	۱۲/۱۵
G104	S1 - 970089	7112 × SB36	۱۱/۶۹	۴/۲۵	۷/۶۲	۱۹/۴۲	۸/۷۰	۹/۹۶	۱۳/۷۰
G105	S1 - 970090	7112 × SB36	۱۱/۸۰	۲/۲۷	۸/۸۳	۱۵/۲۷	۱۰/۰۰	۱۲/۶۲	۱۲/۹۴
G106	S1 - 970091	7112 × SB36	۱۱/۵۹	۲/۲۸	۸/۴۶	۱۵/۳۳	۱۰/۱۳	۱۱/۳۶	۱۲/۸۶
G107	S1 - 970092	7112 × SB36	۱۳/۱۷	۴/۱۳	۷/۶۲	۱۸/۷۹	۱۰/۳۶	۱۳/۲۵	۱۵/۹۲
G108	S1 - 970093	7112 × SB36	۱۱/۹۱	۳/۳۱	۷/۵۶	۱۷/۱۱	۹/۳۶	۱۲/۹۱	۱۳/۵۳
G109	S1 - 970094	7112 × SB36	۱۲/۲۴	۳/۲۳	۷/۱۵	۱۶/۴۵	۱۰/۱۵	۱۳/۴۴	۱۴/۱۷
G110	S1 - 970095	7112 × SB36	۱۲/۶۲	۳/۱۲	۹/۵۱	۱۷/۹۸	۱۰/۰۵	۱۲/۶۳	۱۴/۰۸
G111	S1 - 970096	7112 × SB36	۱۳/۲۷	۳/۴۸	۸/۵۶	۱۸/۹۱	۱۱/۴۵	۱۲/۶۵	۱۴/۹۳
G112	S1 - 970098	7112 × SB36	۱۱/۹۸	۱/۴۴	۹/۸۶	۱۴/۵۵	۱۱/۴۴	۱۱/۶۵	۱۲/۴۴
G113	S1 - 970099	7112 × SB36	۱۳/۸۴	۲/۸۰	۱۰/۰۸	۱۸/۳۹	۱۲/۱۹	۱۳/۴۲	۱۵/۲۹
G114	S1 - 970100	7112 × SB36	۱۰/۹۷	۲/۹۸	۸/۰۶	۱۵/۱۰	۸/۲۴	۱۰/۹۱	۱۳/۱۱
G115	S1 - 970101	7112 × SB36	۱۱/۲۱	۳/۵۱	۷/۷۳	۱۶/۳۵	۸/۳۲	۹/۸۵	۱۳/۹۵
G116	S1 - 970103	7112 × SB36	۱۲/۴۲	۱/۴۰	۱۰/۵۹	۱۳/۹۸	۱۱/۴۴	۱۱/۹۲	۱۳/۷۹
G117	S1 - 970104	7112 × SB36	۱۱/۴۷	۳/۸۴	۷/۰۴	۱۸/۲۵	۹/۶۴	۱۰/۳۱	۱۲/۷۰
G118	S1 - 970106	7112 × SB36	۱۰/۱۵	۳/۳۴	۶/۱۷	۱۴/۵۷	۸/۰۲	۹/۸۱	۱۲/۲۳
G119	S1 - 970107	7112 × SB36	۱۲/۲۵	۳/۵۸	۷/۳۹	۱۸/۳۵	۱۰/۳۲	۱۱/۹۹	۱۳/۶۸
G120	S1 - 970108	7112 × SB36	۱۰/۰۴	۲/۸۱	۷/۱۳	۱۵/۵۳	۸/۳۳	۹/۰۷	۱۰/۹۵
G121	S1 - 970109	7112 × SB36	۱۲/۴۴	۲/۶۳	۹/۹۳	۱۷/۲۴	۱۰/۹۴	۱۱/۳۰	۱۳/۳۶
G122	S1 - 970110	7112 × SB36	۱۰/۹۶	۳/۳۴	۶/۲۲	۱۶/۵۱	۹/۲۰	۱۰/۹۶	۱۲/۳۱
G123	S1 - 970112	7112 × SB36	۱۱/۵۲	۱/۴۱	۱۰/۰۷	۱۴/۲۱	۱۰/۶۱	۱۱/۳۳	۱۱/۹۱
G124	S1 - 970116	7112 × SB36	۱۲/۳۲	۲/۵۷	۸/۸۲	۱۵/۵۹	۱۰/۳۸	۱۲/۳۱	۱۴/۳۷
G125	S1 - 970117	7112 × SB36	۱۱/۸۸	۴/۰۲	۶/۶۳	۱۹/۵۹	۱۰/۱۲	۱۰/۷۱	۱۲/۹۹
G126	S1 - 970118	7112 × SB36	۱۳/۲۶	۵/۶۴	۶/۶۰	۲۳/۹۹	۹/۹۴	۱۳/۸۰	۱۴/۲۶
G127	S1 - 970119	7112 × SB36	۹/۹۹	۲/۵۰	۷/۴۳	۱۳/۷۵	۸/۳۲	۸/۹۱	۱۱/۵۹
G128	S1 - 970121	7112 × SB36	۱۳/۴۲	۳/۲۰	۸/۸۲	۱۸/۸۲	۱۱/۸۱	۱۳/۰۶	۱۴/۸۰
G129	S1 - 970123	7112 × SB36	۱۱/۹۰	۲/۸۶	۸/۰۲	۱۶/۴۵	۱۰/۳۱	۱۱/۶۷	۱۳/۲۸
G130	S1 - 970124	7112 × SB36	۱۲/۷۲	۳/۶۷	۰/۰۸	۱۸/۲۱	۹/۸۱	۱۳/۱۳	۱۴/۹۸
G131	S1 - 970125	7112 × SB36	۱۱/۸۷	۴/۰۳	۴/۳۴	۱۶/۴۸	۱۰/۳۸	۱۳/۰۳	۱۴/۲۴
G132	S1 - 970126	7112 × SB36	۱۱/۸۸	۲/۹۵	۸/۱۸	۱۷/۶۳	۱۰/۶۵	۱۱/۴۴	۱۲/۳۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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

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

کد ژنوتیپ/ محیط	والدین/ شاهد/ محیط		عملکرد قند (تن در هکتار)	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	چارک اول	چارک دوم	چارک سوم
	♂	♀							
G133	S1 - 970127	7112 × SB36	۱۱/۲۸	۳/۴۹	۸/۸۴	۱۹/۰۱	۹/۶۶	۱۰/۳۹	۱۰/۷۱
G134	S1 - 970128	7112 × SB36	۱۲/۱۶	۲/۷۰	۷/۶۲	۱۶/۱۳	۱۱/۳۳	۱۱/۶۱	۱۳/۵۷
G135	S1 - 970131	7112 × SB36	۱۱/۵۶	۳/۰۲	۹/۴۸	۱۷/۸۷	۹/۷۴	۹/۸۷	۱۲/۰۹
G136	S1 - 970132	7112 × SB36	۱۲/۲۲	۴/۸۷	۳/۱۴	۱۸/۶۴	۱۰/۶۴	۱۳/۰۸	۱۴/۷۱
G137	S1 - 970133	7112 × SB36	۱۰/۸۴	۳/۳۹	۵/۱۸	۱۴/۹۹	۹/۱۸	۱۱/۲۱	۱۳/۰۶
G138	920128	428-P.395 × 201-9	۱۱/۵۴	۱/۴۶	۹/۴۶	۱۳/۴۰	۱۰/۳۷	۱۲/۲۴	۱۲/۴۶
G139	920128	428-P.395 × 301-11	۱۲/۱۴	۱/۱۳	۱۰/۸۸	۱۴/۰۵	۱۱/۳۹	۱۱/۹۴	۱۲/۶۹
G140	920128	428-P.395 × 301-28	۱۰/۶۵	۳/۸۳	۳/۴۹	۱۵/۱۸	۹/۷۹	۱۰/۲۸	۱۳/۰۱
G141	920128	428-P.395 × 921059	۱۲/۷۴	۲/۱۹	۹/۵۰	۱۵/۸۲	۱۱/۶۱	۱۲/۰۹	۱۴/۳۰
G142	920128	428-P.395 × 940023	۱۰/۲۲	۲/۴۵	۶/۶۱	۱۳/۸۲	۸/۸۴	۹/۷۴	۱۱/۸۴
G143	920128	428-P.395 × 940028	۱۲/۷۹	۲/۷۴	۷/۹۶	۱۷/۱۶	۱۲/۲۴	۱۲/۷۹	۱۳/۵۷
G144	920128	428-P.395 × 940171	۱۱/۸۶	۲/۹۳	۶/۳۶	۱۵/۳۳	۱۰/۹۹	۱۲/۰۵	۱۳/۶۵
G145	920128	428-P.395 × 940171	۱۳/۰۱	۳/۶۱	۹/۳۱	۱۹/۷۱	۱۰/۵۸	۱۲/۳۴	۱۴/۲۸
G146	920128	428-P.395 × 940184	۱۱/۳۹	۰/۹۹	۱۰/۲۰	۱۲/۶۹	۱۰/۷۰	۱۱/۲۲	۱۲/۱۰
G147	920541	428-P.395 × 201-9	۱۲/۰۷	۲/۵۰	۸/۲۰	۱۵/۳۹	۱۰/۹۸	۱۱/۶۶	۱۳/۶۵
G148	920541	428-P.395 × 301-11	۱۱/۲۳	۱/۴۱	۱۰/۰۸	۱۴/۰۴	۱۰/۲۵	۱۰/۶۳	۱۱/۶۷
G149	920541	428-P.395 × 301-28	۱۰/۴۴	۲/۶۲	۶/۶۱	۱۵/۳۱	۹/۴۲	۱۰/۳۹	۱۰/۹۶
G150	920541	428-P.395 × 921059	۱۰/۵۶	۲/۱۰	۷/۷۷	۱۳/۲۶	۸/۸۲	۱۱/۱۱	۱۲/۰۶
G151	920541	428-P.395 × 940023	۱۱/۰۴	۲/۶۲	۸/۸۴	۱۶/۵۲	۹/۲۹	۱۱/۰۱	۱۱/۱۵
G152	920541	428-P.395 × 940028	۱۳/۵۶	۴/۴۶	۸/۵۶	۲۰/۱۹	۱۰/۲۴	۱۱/۹۹	۱۶/۸۶
G153	920541	428-P.395 × 940171	۱۱/۷۷	۳/۸۴	۷/۹۸	۱۹/۶۳	۹/۶۴	۱۰/۶۲	۱۲/۴۴
G154	920541	428-P.395 × 940171	۱۲/۰۱	۲/۴۵	۹/۷۲	۱۶/۲۸	۱۰/۳۷	۱۰/۹۶	۱۳/۲۰
G155	920541	428-P.395 × 940184	۱۰/۵۶	۲/۸۰	۶/۸۱	۱۴/۴۹	۸/۸۸	۱۱/۰۵	۱۱/۹۰
G156	Sina		۱۱/۶۶	۱/۹۷	۹/۶۷	۱۵/۳۴	۱۰/۲۱	۱۱/۲۴	۱۲/۴۸
G157	Novodoro		۱۲/۲۱	۲/۳۰	۹/۴۹	۱۵/۹۵	۱۰/۷۴	۱۱/۶۴	۱۳/۴۵
G158	Modex		۱۱/۲۱	۱/۱۷	۹/۴۵	۱۲/۶۵	۱۰/۳۲	۱۱/۷۶	۱۱/۹۸
G159	Loriquet		۱۴/۲۳	۱/۹۵	۱۱/۶۸	۱۷/۳۹	۱۲/۸۱	۱۴/۲۹	۱۵/۳۰
G160	Pirola		۱۵/۰۸	۳/۸۸	۹/۷۷	۲۰/۸۳	۱۲/۸۸	۱۴/۰۰	۱۷/۶۰
E1	Khoy		۱۱/۸۹	۲/۹۰	۱/۷۶	۱۸/۳۹	۹/۸۵	۱۱/۶۲	۱۴/۵۰
E2	Shiraz		۱۰/۳۳	۱/۹۱	۲/۳۲	۱۷/۱۶	۹/۴۱	۱۰/۲۳	۱۱/۴۶
E3	Karaj		۱۱/۴۲	۱/۶۷	۱/۶۵	۱۵/۳۲	۱۰/۵۵	۱۱/۵۲	۱۲/۴۷
E4	Kermanshah		۱۵/۹۳	۲/۸۱	۶/۸۰	۲۳/۹۹	۱۳/۹۰	۱۵/۷۶	۱۷/۷۸
E5	Mashhad		۱۱/۰۲	۱/۹۰	۲/۵۰	۱۵/۹۷	۹/۸۰	۱۱/۰۶	۱۲/۲۹
E6	Miandoab		۹/۳۴	۲/۶۳	۲/۷۸	۱۸/۲۶	۷/۶۱	۹/۴۷	۱۰/۹۴
E7	Hamedan		۱۳/۳۹	۲/۳۷	۰/۴۹	۱۹/۶۳	۱۲/۰۹	۱۳/۲۹	۱۴/۸۹
LSD ($p \leq 0.01$)			۴/۲۶	-	-	-	-	-	-

♀: والد مادری، ♂: والد پدری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

منابع

1. 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.
2. Ceccarelli, S. 1996. Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity. Plant adaptation and crop improvement, 12: 467-486.
3. Cook, D. and R. Scott. 1993. The sugar beet crop: science into practice. New York, USA, Champan and Hall Press, 154 pp.
4. 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.
5. 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. Betrˇıan and E. C. A. Runge, editors, JHoboken, NJ, ohn Wiley & Sons, 65-97 pp.
6. Esmaeilzadeh 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.
7. Evans, L. 1993. Crop evolution, adaptation and yield.,(Cambridge University Press: New York).
8. Evans, L. and R. Fischer. 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. Crop Science, 39(6): 1544-1551.
9. FAO. 2018. Food and agriculture organization. World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook,. https://doi.org/10.4060/cb1521en
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Hoffmann, C.M. and C. Kenter. 2018. Yield potential of sugar beet–have we hit the ceiling? Frontiers in plant science, 9: 1-6.
14. Hoffmann, C.M. and J. Loel. 2015. Bedeutung der züchtung für den ertragsanstieg von zuckerrüben. Sugar Ind, 140: 48-56.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Kunz, M., D. Martin and H. Puke. 2002. Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. Zuckerindustrie, 127(1): 13-21.
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.
22. 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.
23. Märländer, 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.
24. 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.
25. Monteiro, F., L. Frese, S. Castro, M.C. Duarte, O.S. Paulo, J. Loureiro and M.M. Romeiras. 2018. Genetic and genomic tools to asssist sugar beet improvement: the value of the crop wild relatives. Frontiers in plant science, 9: 74-85.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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. Wyszyński. 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. Märländer. 2017. Efficiency in sugar beet cultivation related to field history. Eur. Journal Agron, 91: 1-9.
40. Yan, W. 1999. A study on the methodolgy 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. Szlavnics. 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.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]

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

Dariush Taleghani[1] and Ali Saremirad[2]

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, Loriquet, 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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-28]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.103]