10.22092/rafhc.2025.367748.1352

نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی
جلد ۱۳، شماره ۲، سال ۱۴۰۳

زیبا و یلدا، نخستین هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند با مقاومت دوگانه در برابر بیماری ریزومانیا و نماتد سیستی

Ziba and Yalda, the first fourth-generation monogerm sugar beet hybrids with dual resistance to rhizomania and cyst nematode

سعید صادق‌زاده حمایتی[۱]، داریوش طالقانی[۱]، جمشید سلطانی[۲]، سعید دارابی[۳]، مهدی حسنی[۴]، پرویز فصاحت[۴]، جواد رضایی[۲]، مستانه شریفی[۳]، حیدر عزیزی[۵]، حمزه حمزه[۶]، فتح‌اله نادعلی[۷] و علی صارمی‌راد[۸]

۱، ۴ و ۸- به‌ترتیب، دانشیار، استادیار و محقق، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- استادیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۳- مربی، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
۵- استادیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
۶- استادیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۷- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹

چکیده

صادق‌زاده حمایتی، س.، طالقانی، د.، سلطانی، ج.، دارابی، س.، حسنی، م.، فصاحت، پ.، رضایی، ج.، شریفی، م.، عزیزی، ح.، حمزه، ح.، نادعلی ف.، و صارمی‌راد، ع. ۱۴۰۳. زیبا و یلدا، نخستین هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند با مقاومت دوگانه در برابر بیماری ریزومانیا و نماتد سیستی. **نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی (۲)۱۳ : ۱۷۵- ۱۵۹.**

در رقم‌های جدید اصلاح‌شده، مقاومت به بیماری ریزومانیا در هر دو والد پدری و مادری تثبیت شده است. برای دستیابی به این هدف، ۴۰ سینگل‌کراس به‌عنوان والد مادری با یک والد گرده‌افشان تجارتی مقاوم به هر دو بیماری ریزومانیا و نماتد سیستی تلاقی داده شدند. به دنبال ارزیابی مقدماتی هیبریدها، تعداد هشت هیبرید انتخاب شدند. هیبریدهای منتخب در آزمون تعیین ارزش زراعی طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هفت منطقه آلوده به یک یا هر دو عامل بیماری مقایسه شدند. هم‌زمان کلیه هیبریدها از نظر مقاومت به نماتد مولد سیست نیز در شرایط کنترل‌شده گلخانه ارزیابی شدند. بر اساس این ارزیابی‌ها، دو هیبرید SBSI 166 و SBSI 170 گزینش و به‌ترتیب با اسامی زیبا و یلدا وارد آزمایش تحقیقی-ترویجی شدند. بر اساس نتایج آزمایش تحقیقی-ترویجی، رقم‌های زیبا و یلدا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۱/۵۰ و ۱۱/۳۲ تن در هکتار نسبت به رقم‌های شاهد بریجیتا، نیکا، آسیا، شکوفا و دنا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۰/۵۴، ۱۰/۱۷، ۹/۴۵، ۹/۴۰ و ۹/۰۲ تن در هکتار برتری عملکرد ۶/۸۹، ۱۰/۱۶، ۱۶/۵۲، ۱۶/۹۶ و ۲۰/۳۲ درصدی داشتند. از نظر مقاومت در برابر نماتد مولد سیست، رقم یلدا مقاومتی نزدیک به رقم‌های شاهد خارجی و رقم زیبا مقاومتی نزدیک به رقم‌های شاهد داخلی داشت. این هیبریدها، رقم‌های دیپلوئید منوژرم مقاوم به بیماری ریزومانیا و نماتد مولد سیست و مناسب کشت بهاره در مناطق مختلف کشور هستند.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، آلوده، بیماری، رقم مقاوم، عملکرد شکر.

نویسنده مسئول: s.sadeghzadeh@areeo.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۲۶۱۱

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با سطح زیر کشت معادل ۴/۵۰ میلیون هکتار (FAO, 2024)، یک محصول اساسی در کشاورزی جهانی است که تقریباً ۲۰ تا ۳۰ درصد از تولید شکر جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Ribeiro *et al.*, 2016; FAO, 2024). این گیاه که عمدتاً در مناطق معتدل کشت می‌شود، نه‌تنها به‌عنوان یکی از منابع اصلی تولید شکر عمل می‌کند، بلکه در صنایع متعدد از جمله تولید اتانول، خوراک دام و نیز به‌عنوان محیطی برای تولید مخمر به کار گرفته می‌شود (Salazar-Ordóñez *et al.*, 2013; Duraisam *et al.*, 2017). به لحاظ تاریخی، پیشرفت‌های اصلاحی چغندرقند برای افزایش عملکرد و محتوای قند بسیار مهم بوده که در نتیجه امنیت غذایی جهانی و ثبات اقتصادی در جوامع روستایی را تضمین می‌کند.

یکی از چالش‌های اساسی در کشت چغندرقند شیوع بیماری‌هایی است که عملکرد و کیفیت محصول را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهند. در این میان، ریزومانیا و نماتد مولد سیست چغندرقند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Hassani *et al.*, 2024).

بیماری ریزومانیا که یک بیماری ویروسی است و توسط یک قارچ خاک‌زی منتقل می‌شود (Tamada and Baba, 1973; Tamada, 1975) به‌طور بالقوه یک بیماری مخرب چغندرقند در مقیاس جهانی است (McGrann *et al.*, 2009)؛ به‌نحوی‌که میزان خسارت ناشی از آن ممکن است به نابودی کامل مزارع چغندرقند در سطح وسیع منجر شود (Rajabi *et al.*, 2023). این بیماری برای اولین بار در سال ۱۹۵۲ از شمال ایتالیا گزارش شد (Pavli *et al.*, 2011). پس از آن، به‌سرعت در سراسر اروپا، آمریکای شمالی و سایر مناطق کشت چغندرقند گسترش یافت و خسارت‌های اقتصادی قابل‌توجهی را باعث شد. این بیماری در ایران اولین بار در مناطقی از استان فارس توسط ایزدپناه و همکاران (Izadpanah *et al.*, 1996) گزارش و بعدها وجود آن در مزارع چغندرقند بیشتر نواحی کشور اثبات شد (Arjmand and Ahun Manesh, 1996). امروزه گستره پراکنش بیماری ریزومانیا، مناطق چغندرکاری غرب کشور (استان‌های اردبیل، آذربایجان غربی، کرمانشاه، همدان و لرستان) و مناطقی از استان‌های خراسان شمالی و فارس را در بر گرفته است. البته گسترش بیماری ریزومانیا تنها مختص ایران نبوده، بلکه در حال حاضر این بیماری به‌عنوان مهم‌ترین عامل خسارت‌زا در مزارع چغندرقند بیشتر کشورهای جهان شناخته می‌شود (Tamada, 1999; Lennefors *et al.*, 2005; Galein *et al.*, 2018).

نماتد مولد سیست (*Heterodera schachtii*) یک تهدید جدی دیگر محصول چغندرقند است؛ به‌طوری که بیش از ۹۰ درصد از خسارت ناشی از نماتدها را به خود اختصاص می‌دهد (Moore *et al.*, 2009). این نماتد می‌تواند باعث کاهش قابل‌توجهی در عملکرد کمی و کیفی چغندرقند شود و در نتیجه تأثیر اقتصادی

جبران‌ناپذیری در تولید آن به همراه داشته باشد. میزان خسارت ناشی از آن با توجه به سطح آلودگی از ۳۰ تا ۶۰ درصد متغیر است (Wright *et al.*, 2022). نماتد مولد سیست می‌تواند ظهور گیاهچه‌ها را به تأخیر اندازد و حتی در آلودگی‌های شدید، گیاهچه‌ها را پیش از سبز شدن از بین ببرد و یا باعث توقف رشد و پژمردگی در گیاهان آسیب‌دیده شود (Wright *et al.*, 2022). از طرفی این نماتد گیاهان را مستعد آلودگی ثانویه توسط سایر عوامل بیماری‌زای خاک‌زی می‌کند (Poindexter, 2011; Wright *et al.*, 2022). ماندگاری نماتد در خاک و توانایی آن برای انطباق با شرایط مختلف محیطی، آن را به یک بیماری چالش‌برانگیز در مدیریت زراعی تبدیل می‌کند.

اصلاح رقم‌های چغندرقندی که در برابر این تهدیدات مقاوم هستند، برای کشاورزی پایدار بسیار مهم است. توسعه رقم‌های مقاوم نه‌تنها خسارات اقتصادی را کاهش می‌دهد، بلکه وابستگی به سموم شیمیایی را کمتر می‌کند و پایداری زیست‌محیطی را ارتقاء می‌دهد (Saremirad *et al.*, 2020). این رقم‌ها می‌توانند قابلیت اطمینان جهت دستیابی به عملکرد و کیفیت شکر را افزایش دهند و زنجیره تأمین پایدار برای تولید شکر را تضمین کنند.

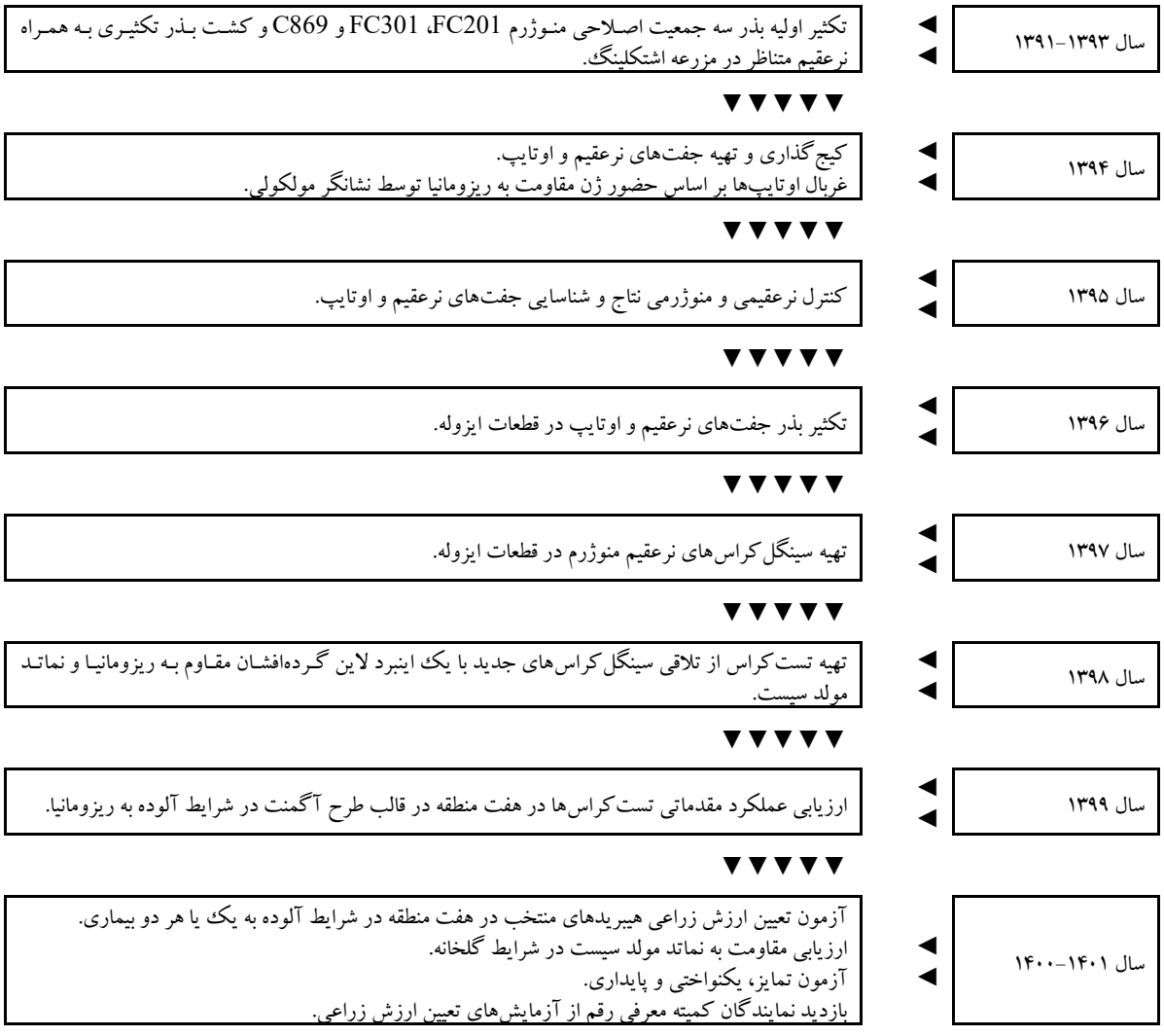
در پاسخ به این چالش‌ها، دو هیبرید منوژرم جدید زیبا و یلدا به‌عنوان اولین رقم‌های نسل چهارم چغندرقند در کشور توسعه یافتند. این نسل شامل رقم‌های منوژرم اصلاح‌شده از طریق تغییر در پایه مادری و تثبیت مقاومت نسبت به یک یا دو عامل تنش‌زای محیطی است. هیبریدهای زیبا و یلدا مقاومت قابل‌توجهی در برابر دو بیماری ریزومانیا و نماتد مولد سیست از خود نشان می‌دهند و با کاهش نیاز به مداخلات شیمیایی، با روندهای جهانی به سمت شیوه‌های کشاورزی پایدار همسو هستند. هدف این مطالعه، ارزیابی عملکرد و مقاومت هیبریدهای منوژرم چغندرقند در شرایط آلوده به بیماری ریزومانیا و نماتد سیستی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مراحل اصلاح و تهیه هیبریدهای منوژرم زیبا و یلدا به تفکیک فعالیت‌های هر سال در شکل ۱ به‌طور خلاصه نشان داده شده است. در مجموع به‌منظور تهیه سینگل کراس، از جمعیت FC201 تعداد چهار لاین نرعقیم، از جمعیت FC301 تعداد چهار لاین نرعقیم به همراه اوتایپ متناظر آن‌ها و از جمعیت C869 تعداد سه لاین اوتایپ انتخاب شد که بذر آن‌ها در اوایل شهریور سال ۱۳۹۶ در مزرعه اشتکلینگ کشت شد. در بهار سال ۱۳۹۷، بر اساس برنامه‌ریزی به‌عمل‌آمده برای تلاقی لاین‌های اوتایپ با نرعقیم‌های غیرمتناظر جهت تهیه سینگل کراس‌های جدید اقدام شد. پس از اتمام گرده‌افشانی در اواسط تیر، بذر سینگل کراس از روی بوته‌های لاین نرعقیم برداشت، بوجاری، توزین و شماره‌گذاری شد و به انبار بذر انتقال یافت.

در شهریور سال ۱۳۹۷، بذر هر سینگل کراس و یک لاین خالص گرده‌افشان مقاوم به ریزومانیا و نماتد مولد سیست تحت کد S1-920760 در مزرعه اشتکلینگ کشت شد. در بهار سال ۱۳۹۸، ریشه‌های اشتکلینگ هر سینگل کراس به همراه تعدادی از ریشه‌های لاین گرده‌افشان به یک قطعه ایزوله انتقال یافت. پس از اتمام گرده‌افشانی بوته‌های پدری از قطعات حذف شدند. در اواسط تیر، بذر هیبریدهای جدید از روی بوته‌های مادری برداشت، بوجاری، توزین و شماره‌گذاری شد و به انبار بذر انتقال یافت.



شکل ۱- روند اصلاحی هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند زیبا و یلدا با مقاومت دوگانه در برابر ریزومانیا و نماتد مولد سیست

Fig. 1. Breeding process of Ziba and Yalda fourth-generation monogerm sugar beet hybrids with dual resistance to rhizomania and cyst nematode

ارزیابی عملکرد مقدماتی

تعداد ۴۰ هیبرید حاصل از تلاقی ۴۰ سینگل کراس نرعقیم با یک لاین گرده‌افشان به همراه یک شاهد مقاوم داخلی (رقم شکوفا) و چهار شاهد مقاوم خارجی (رقم‌های ساکارا، BTS 213، کاکتوس و فرناندو) در قالب طرح مقایسه عملکرد مقدماتی (آگمنت) در هفت منطقه کرج، مشهد، شیراز، میاندوآب، کرمانشاه، همدان و خوی طی سال ۱۳۹۹ ارزیابی عملکرد و مقاومت شدند. در هر منطقه، هر هیبرید در یک کرت شامل یک خط هشت متری و بدون تکرار کشت شد و فقط رقم‌های شاهد در هر بلوک ناقص تکرار شدند. در زمان برداشت، ریشه‌های هر کرت توزین و از آن‌ها نمونه خمیر جهت تعیین درصد قند تهیه شد.

آزمون تعیین ارزش زراعی

بر اساس ارزیابی مقدماتی عملکرد از میان هیبریدهای مورد بررسی، تعداد هشت هیبرید برتر بر اساس عملکرد شکر انتخاب شد و به همراه دو رقم شاهد مقاوم داخلی شکوفا و نیکا و دو رقم شاهد مقاوم خارجی فرناندو و BTS 213 (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در هفت منطقه کرج، مشهد، شیراز، میاندوآب، کرمانشاه، همدان و شاهرود با سطوح متفاوت آلودگی به یک یا هر دو بیماری موردنظر مقایسه عملکرد شدند.

سطح مقاومت به نماتد مولد سیست هیبریدها در شرایط گلخانه نیز بررسی شد. به این منظور، ابتدا هیبریدها در خاک سالم حاوی پیت‌ماس و خاک مزرعه به نسبت ۲:۱ کشت شدند. در هر گلدان ۲۵۰ سانتی‌متر مکعبی یک بوته نگهداری شد. پس از گذشت دو تا سه ماه از زمان کشت، هر بوته به‌وسیله لاروهای زنده و فعال نماتد مولد سیست چغندرقند (۱۰۰۰ لارو برای هر بوته) در دو تا سه نوبت مایه‌زنی شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام و از هر تیمار ۲۴ بوته ارزیابی شد.

جدول ۱- مشخصات هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند و رقم‌های شاهد آزمایش

Table 1. Characteristics of fourth-generation monogerm sugar beet hybrids and check cultivars

ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree	
	♀	♂
SBSI 166 (Ziba)	940033/940102	S1-920760
SBSI 167	940023/940106	S1-920760
SBSI 168	940033/940132	S1-920760
SBSI 169	940047/940170	S1-920760
SBSI 170 (Yalda)	940107/940170	S1-920760
SBSI 171	940102/940171	S1-920760
SBSI 172	940033/940184	S1-920760
SBSI 173	940132/140184	S1-920760
Shokoufa	Tolerant check	
Nika	Resistant check	
Fernando	Resistant check	
BTS213	Resistant check	

آزمایش تحقیقی-ترویجی

این آزمایش با هدف مقایسه عملکرد رقم‌های جدید زیبا و یلدا در شرایط زارعین با پنج رقم تجاری شامل یک رقم خارجی بریجیتا (Brigita) و چهار رقم داخلی آسیا، دنا، نیکا و شکوفا در دو منطقه کرج و کرمانشاه (جدول ۱) انجام شد. در این بررسی هر رقم در سطحی معادل ۱۰۰۰ مترمربع تحت شرایط زراعی و مدیریتی یکسان کشت شد. آزمایش در منطقه کرج به روش نشتی و در منطقه کرمانشاه به روش تیپ آبیاری گردید. دور آبیاری در کرج و کرمانشاه به‌ترتیب بر اساس ۹۰ و ۳۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A تنظیم شد. سایر عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز و آفات در حد مطلوب و مطابق با عرف منطقه و طبق نظر کارشناسان مربوطه انجام شد. نهایتاً در زمان برداشت، عملکرد هر رقم اندازه‌گیری شد.

ارزیابی بیماری و اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی ریشه

یادداشت‌برداری از شدت بیماری ریزومانیا در مرحله برداشت ریشه‌ها بر اساس روش لوتربراچر و همکاران (Luterbacher *et al.*, 2005) در مقیاس ۹-۱ در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد و شیراز انجام شد. آزمایش در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی میاندوآب، کرمانشاه، همدان و شاهرود نیز در شرایط آلوده به بیماری انجام شد، اما داده‌های شدت آلودگی در این چهار ایستگاه ثبت نگردید. در این روش، آلودگی گیاهان با ثبت نمره ۱ برای گیاهان با ریشه‌های سالم (فاقد ریشه ریشی یا تغییر رنگ)، نمره ۳ برای گیاهان با ریشه ریشی محدود و قدری تغییر رنگ یافته، نمره ۵ برای گیاهان با ریشه ریشی متوسط و تغییر رنگ یافته، نمره ۷ برای گیاهان با ریشه ریشی شدید، نکروز و به‌شدت تغییر رنگ یافته و نمره ۹ برای گیاهان مرده، ریشه‌های نکروز شده و پوسیده بررسی شد. نمرات ۲، ۴، ۶ و ۸ به گیاهانی که حد واسط دو نمره فرد بودند، اختصاص داده شد. ثبت واکنش هیبریدهای آزمایشی از نظر آلودگی به نماتد مولد سیست، ۱۰ هفته پس از آخرین مایه‌زنی با شمارش تعداد سیست در هر گلدان انجام شد. به این صورت که گیاهچه‌ها به‌آرامی از گلدان بیرون کشیده شدند و تعداد نماتد بالغ روی ریشه با استفاده از بینوکولر شمارش گردید. شاخص تولیدمثل از تقسیم تعداد سیست در هر یک از رقم‌های آزمایشی به تعداد سیست در رقم شاهد و حاصل‌ضرب آن‌ها در عدد ۱۰۰ به دست آمد. هراندازه مقدار عددی آن برای یک رقم پایین باشد، نشان‌دهنده مقاومت آن رقم و بالعکس هراندازه مقدار عددی آن برای یک رقم بالا باشد، نشان‌دهنده حساسیت آن رقم است.

پس از عملیات برداشت و ثبت آلودگی و عملکرد ریشه، شستشوی ریشه‌ها صورت گرفت

و به‌طور تصادفی از ریشه‌های هر کرت نمونه خمیر تهیه گردید. نمونه‌های خمیر تهیه‌شده در آزمایشگاه کنترل کیفی ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به اجرای طرح آگمنت در ارزیابی مقدماتی، مقادیر عملکرد شکر در هیبریدهای مورد مطالعه تصحیح گردید. از میانگین‌های تصحیح‌شده برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر با اعمال فشار گزینش ۲۰ درصد استفاده شد. به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر در آزمایش تعیین ارزش زراعی، تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد مقدماتی

بر اساس نتایج، متوسط عملکرد شکر ژنوتیپ‌های آزمایشی از ۱۰/۴۶ تن در هکتار در ژنوتیپ ۳۵۵۴۶ تا ۱۵/۱۷ تن در هکتار در رقم شاهد BTS213 متغیر بود (جدول ۲). در میان هیبریدهای جدید مورد ارزیابی، یلدا (۳۵۵۵۵) و زیبا (۳۵۵۳۵) به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر ۱۴/۴۰ و ۱۴/۳۹ تن در هکتار پر محصول‌ترین هیبریدهای آزمایش شناخته شدند (جدول ۲). در مجموع این دو هیبرید از نظر عملکرد شکر در رتبه‌های دوم و سوم پس از رقم شاهد BTS213 که رتبه نخست را ازآن خود کرده بود، قرار گرفتند. رقم‌های شاهد کاکتوس، فرناندو و ساکارا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر ۱۴/۲۴، ۱۴/۲۱ و ۱۴/۱۵ تن در هکتار در رتبه‌های بعدی جای گرفتند (جدول ۲). متوسط عملکرد شکر رقم شاهد داخلی شکوفا، معادل ۱۱/۹۰ تن در هکتار بود. به‌طور کلی تعداد ۳۶ هیبرید از متوسط عملکرد شکر بالاتری در مقایسه با شاهد داخلی برخوردار بودند. در مجموع از ۴۰ هیبرید جدید مورد بررسی، هشت هیبرید (با اعمال فشار گزینش ۲۰ درصد) شامل هیبریدهای ۳۵۵۵۵، ۳۵۵۳۵، ۳۵۵۷۲، ۳۵۵۴۷، ۳۵۵۵۲، ۳۵۵۶۷، ۳۵۵۶۱ و ۳۵۵۳۷ جهت ورود به آزمون تعیین ارزش زراعی انتخاب شدند.

آزمون تعیین ارزش زراعی

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی محیط و ژنوتیپ و همچنین برهمکنش آن‌ها بر عملکرد شکر سفید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). معنی‌دار شدن برهمکنش ژنوتیپ-محیط، به دلیل تغییرات زیاد ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مورد بررسی و نیز تغییرات در رتبه نسبی ژنوتیپ‌ها است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش صادق‌زاده حمایتی و همکاران (Sadeghzadeh Hemayati *et al.*, 2022)، محیط و برهمکنش آن با ساختار ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف، نقش بسزایی را بر بیان

جدول ۲- عملکرد شکر هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند در آزمایش ارزیابی عملکرد مقدماتی

Table 2. Sugar yield of fourth-generation monogerm sugar beet hybrids in preliminary yield evaluation experiment

ردیف Row	کد Code	شجره Pedigree	عملکرد شکر (تن در هکتار) Sugar yield (tha^{-1})	ردیف Row	کد Code	شجره Pedigree	عملکرد شکر (تن در هکتار) Sugar yield (tha^{-1})
1	BTS213	Resistant check	15.17	24	35541	940023/940107//920760 "S_1"	12.61
2	35555 (Yalda)	940107/940170//920760 "S_1"	14.40	25	35565	940023/940184//920760 "S_1"	12.53
3	35535 (Ziba)	940033/940102//920760 "S_1"	14.39	26	35548	940047/940132//920760 "S_1"	12.51
4	Cactus	Resistant check	14.24	27	35562	940106/940171//920760 "S_1"	12.48
5	Fernando	Resistant check	14.21	28	35571	940107/940184//920760 "S_1"	12.31
6	Succara	Resistant check	14.15	29	35566	940028/940184//920760 "S_1"	12.25
7	35572	940132/940184//920760 "S_1"	14.09	30	35533	940023/940102//920760 "S_1"	12.23
8	35547	940033/940132//920760 "S_1"	13.75	31	35540	940047/940106//920760 "S_1"	12.15
9	35552	940047/940170//920760 "S_1"	13.74	32	35534	940028/940102//920760 "S_1"	12.14
10	35567	940033/940184//920760 "S_1"	13.74	33	35553	940102/940170//920760 "S_1"	12.12
11	35561	940102/940171//920760 "S_1"	13.65	34	35559	940033/940171//920760 "S_1"	12.09
12	35537	940023/940106//920760 "S_1"	13.62	35	35543	940033/940107//920760 "S_1"	12.03
13	35558	940028/940171//920760 "S_1"	13.53	36	35545	940023/940132//920760 "S_1"	12.03
14	35542	940028/940107//920760 "S_1"	13.52	37	35538	940028/940106//920760 "S_1"	11.98
15	35568	940047/940184//920760 "S_1"	13.44	38	35569	940102/940184//920760 "S_1"	11.94
16	35551	940033/940170//920760 "S_1"	13.38	39	Shokoufa	Tolerant check	11.90
17	35564	940132/940171//920760 "S_1"	13.24	40	35556	940132/940170//920760 "S_1"	11.74
18	35549	940023/940170//920760 "S_1"	13.23	41	35544	940047/940107//920760 "S_1"	11.61
19	35554	940106/940170//920760 "S_1"	13.21	42	35557	940023/940171//920760 "S_1"	11.47
20	35570	940106/940184//920760 "S_1"	13.14	43	35536	940047/940102//920760 "S_1"	11.23
21	35563	940107/940171//920760 "S_1"	13.05	44	35539	940033/940106//920760 "S_1"	11.06
22	35550	940028/940170//920760 "S_1"	13.03	45	35546	940028/940132//920760 "S_1"	10.46
23	35560	940047/940171//920760 "S_1"	12.98	-	-	-	-

فنوتیپی عملکرد شکر سفید ژنوتیپ‌های چغندرقند داشته است و سبب شده است تا ژنوتیپ‌ها با توجه به شرایط محیط‌های مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را از نظر عملکرد شکر سفید ارائه نمایند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه صارمی‌راد و طالقانی (Saremirad and Taleghani, 2022) حاکی از این بود که برهمکنش ژنوتیپ-محیط، ویژگی‌های کمی و کیفی شکر در هیبریدهای چغندرقند را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد، لذا هنگام اصلاح هیبریدهای جدید باید این موضوع مدنظر قرار گیرد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد شکر سفید هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند

Table 3. Combined analysis of variance for white sugar yield of fourth-generation monogerm sugar beet hybrids.

منابع تغییر Source of variation		درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean of squares
Environment	محیط	13	5283.20	406.39**
Error 1	خطای ۱	42	288.70	6.87
Genotype	ژنوتیپ	11	286.28	26.02**
Genotype × Environment	ژنوتیپ× محیط	143	863.96	6.04**
Error 2	خطای ۲	462	1393.33	3.01

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. **: Significant at 1% probability level.

نتایج مقایسه میانگین عملکرد شکر سفید هیبریدها در دو سال و هفت مکان نشان داد که رقم جدید زیبا، شاهد خارجی فرناندو، SBSI 171، رقم جدید یلدا و SBSI 172 به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۱۰/۳۹، ۱۰/۱۷، ۱۰/۱۳، ۹/۹۵ و ۹/۶۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد شکر سفید را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). این ژنوتیپ‌ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی از ثبات عملکرد بهتری نیز برخوردار بودند. نظر به این‌که در حال حاضر رقم‌های شکوفا و نیکا به‌عنوان رقم‌های تجارتی داخلی مقاوم به ریزومانیا و نماتد مولد سیست به کشاورزان عرضه می‌شوند، برتری هیبریدهای جدید زیبا و یلدا از نظر عملکرد شکر سفید نشان داد که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان جایگزین‌های مطمئن این رقم‌ها در مناطق آلوده استفاده کرد.

نتایج بررسی واکنش هیبریدهای آزمایشی در برابر بیماری ریزومانیا (جدول ۵) نشان داد که ژنوتیپ‌ها واکنشی در محدوده مقاوم تا نیمه مقاوم داشتند، لذا این ژنوتیپ‌ها می‌توانند حامل ژن/هایی باشند که در بروز مقاومت مشاهده‌شده در آن‌ها دخیل هستند. بر اساس ارزیابی ژنوتیپ‌ها در برابر بیماری در آزمایش ایستگاه تحقیقاتی مشهد طی سال ۱۴۰۰، رقم‌های زیبا و یلدا با نمره بیماری ۳ به همراه رقم‌های شاهد BTS213 و نیکا واکنش مشابهی در محدوده

جدول ۴- عملکرد شکر سفید (تن در هکتار) هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند در هفت ایستگاه تحقیقات کشاورزی طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

Table 4. White sugar yield (tha^{-1}) of fourth-generation monogerm sugar beet hybrids at seven agricultural research stations during the 2021 and 2022 cropping seasons

ژنوتیپ Genotype	کرج Karaj		مشهد Mashhad		شیراز Shiraz		میاندوآب Miandoab		کرمانشاه Kermanshah		همدان Hamadan		شاهرود Shahroud		میانگین کل Total mean	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	ارزش Value	گروه Group
SBSI 166 (Ziba)	12.80	15.59	7.13	7.03	11.20	8.00	10.59	12.28	13.53	12.13	8.97	13.88	6.33	6.02	10.39	a
SBSI 167	11.48	14.94	9.83	9.53	10.70	6.86	8.87	8.76	13.25	12.18	7.05	9.33	5.17	5.93	9.56	ab
SBSI 168	10.43	14.85	7.13	4.79	10.26	7.55	10.10	12.52	12.12	11.63	6.53	11.60	5.40	5.66	9.33	ab
SBSI 169	10.24	15.46	5.52	7.80	9.53	7.27	9.27	12.32	12.12	13.21	6.15	11.75	6.18	4.79	9.40	ab
SBSI 170 (Yalda)	11.58	14.77	9.14	9.40	10.81	7.78	9.41	9.55	13.16	14.38	7.84	10.37	5.76	5.37	9.95	a
SBSI 171	11.88	15.43	8.83	7.59	9.25	8.11	12.70	10.07	13.36	14.98	6.63	12.27	5.01	5.76	10.13	a
SBSI 172	11.76	14.78	9.40	7.51	9.08	7.18	8.94	9.91	12.09	13.74	7.08	12.19	4.52	7.08	9.66	a
SBSI 173	9.80	14.72	8.07	7.81	9.28	7.73	8.54	9.54	12.98	12.97	6.66	11.87	5.05	5.50	9.32	ab
BTS 213	11.83	10.26	7.95	7.39	10.21	4.73	11.84	10.74	13.17	12.92	3.87	8.70	6.85	4.94	8.96	ab
Fernando	9.82	16.29	10.73	8.42	10.95	8.99	8.94	10.44	14.97	14.69	4.08	11.91	7.11	4.97	10.17	a
Nika	10.19	17.09	7.85	7.17	10.22	8.45	10.38	8.73	12.50	13.56	3.76	8.78	6.20	6.33	9.37	ab
Shokoufa	8.25	14.95	5.37	5.25	10.17	8.37	7.37	8.98	11.16	10.58	3.82	6.20	4.18	4.66	7.81	b

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 1% probability level according to Duncan's multiple range test.

مقاوم نشان دادند. در سال ۱۴۰۱ نیز رقم‌های زیبا و یلدا واکنش مقاومت بروز دادند و به همراه شاهدهای به‌کاررفته در آزمایش در گروه مقاوم دسته‌بندی شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شدت آلودگی ژنوتیپ‌ها به بیماری در ایستگاه تحقیقاتی شیراز طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، رقم‌های زیبا و یلدا با نمره بیماری ۳ همراه با رقم‌های شاهد داخلی و خارجی در گروه رقم‌های مقاوم در برابر بیماری ریزومانیا قرار گرفتند (جدول ۵).

بررسی مقاومت ژنوتیپ‌ها نسبت به نماتد مولد سیست در شرایط گلخانه نشان داد که دامنه تغییرات شاخص تولیدمثل بین ۱۷/۷۲ تا ۵۰/۹۷ درصد متغیر بود (جدول ۵). متوسط شاخص تولیدمثل طی دو سال ارزیابی روی ریشه رقم BTS213 معادل ۱۹/۳۷ درصد و برای رقم فرناندو معادل ۲۰/۱۷ درصد به دست آمد. درحالی‌که این شاخص برای دو رقم شاهد مقاوم داخلی شکوفا و نیکا به‌ترتیب ۴۱/۲۵ و ۳۶/۵۲ درصد بود. شاخص تولیدمثل نماتد مولد سیست رقم یلدا برابر با ۳۳/۸۱ درصد به دست آمد که نزدیک به رقم‌های شاهد خارجی و بهتر از رقم‌های شاهد داخلی بود. رقم زیبا با شاخص تولیدمثل ۵۰/۹۷ درصد حساس‌تر از دو شاهد مقاوم داخلی بود (جدول ۵)؛ بنابراین رقم زیبا در شرایط آلودگی خفیف به دلیل پتانسیل عملکرد شکر بالا قابل توصیه است؛ اما در صورت آلودگی شدیدتر رقم یلدا اولویت دارد.

جدول ۵- واکنش هیبریدهای منوژرم نسل چهارم چغندرقند نسبت به بیماری‌های ریزومانیا و نماتد مولد سیست

Table 5. Reaction of fourth-generation monogerm sugar beet hybrids to rhizomania and cyst nematode diseases

ژنوتیپ Genotype	مشهد Mashhad		شیراز Shiraz		نماتد مولد سیست Cyst nematode	
	2021	2022	2021	2022	تعداد Number	شاخص تولیدمثل (درصد) Female index (%)
SBSI 166 (Ziba)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	40	50.97
SBSI 167	2 (R)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	18	23.43
SBSI 168	3 (R)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	39	49.19
SBSI 169	4 (MR)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	33	42.23
SBSI 170 (Yalda)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	27	33.81
SBSI 171	3 (R)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	19	24.16
SBSI 172	3 (R)	3 (R)	4 (MR)	3 (R)	14	17.72
SBSI 173	4 (MR)	3 (R)	4 (MR)	3 (R)	20	25.55
BTS 213	2 (R)	2 (R)	3 (R)	3 (R)	15	19.37
Fernando	4 (MR)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	16	20.17
Nika	3 (R)	3 (R)	2 (R)	3 (R)	29	36.52
Shokoufa	4 (MR)	3 (R)	3 (R)	3 (R)	32	41.25
Susceptible check	-	-	-	-	78	100

R: Resistant, MR: Moderately Resistant.

آزمایش تحقیقی-ترویجی

در آزمایش تحقیقی- ترویجی در کرج و کرمانشاه رقم زیبا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۲/۵۰ و ۱۰/۵۸ تن در هکتار و رقم یلدا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۲/۴۴ و ۱۰/۲۱ تن در هکتار نسبت به رقم‌های شاهد آسیا، بریجیتا، دنا، نیکا و شکوفا برتری داشتند (جدول ۶). رقم زیبا در مناطق کرج و کرمانشاه در مقایسه با آسیا به‌ترتیب با ۲۴/۶۷ و ۹/۶۳ درصد، بریجیتا به‌ترتیب با ۶/۳۲ و ۱۰/۷۸ درصد، دنا به‌ترتیب با ۲۴/۶۰ و ۱۷/۹۳ درصد، نیکا به‌ترتیب با ۱۲/۶۰ و ۱۰/۳۴ درصد و شکوفا به‌ترتیب با ۱۸/۱۹ و ۱۸/۴۱ درصد، برتری عملکرد نشان داد. نتایج آزمایش اجراشده در کرج نشان داد که رقم یلدا نسبت به رقم‌های آسیا، بریجیتا، دنا، نیکا و شکوفا به‌ترتیب ۲۴/۳۱، ۵/۸۷، ۲۴/۲۴، ۱۲/۱۸ و ۱۷/۸۰ درصد و در کرمانشاه به‌ترتیب ۶/۹۷، ۸/۱۶، ۱۵/۵۲، ۷/۷۰ و ۱۶/۰۱ درصد عملکرد شکر سفید بالاتری داشت. در مجموع، رقم زیبا و یلدا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۱/۵۰ و ۱۱/۳۲ تن در هکتار نسبت به رقم‌های شاهد آسیا، بریجیتا، دنا، نیکا و شکوفا به‌ترتیب با میانگین عملکرد شکر سفید ۹/۴۵، ۱۰/۵۴، ۹/۰۲، ۱۰/۱۷ و ۹/۴۰ تن در هکتار برتری عملکرد ۱۶/۵۲، ۶/۸۹، ۲۰/۳۲، ۱۰/۱۶ و ۱۶/۹۶ درصدی نشان دادند (جدول ۶).

توصیه ترویجی

در مجموع، متوسط عملکرد شکر سفید دو هیبرید جدید زیبا و یلدا در مقایسه با رقم شکوفا بیش از دو تن در هکتار (۲۴ درصد) و در مقایسه با رقم نیکا بیش از ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (پنج درصد) برتری داشت. به‌منظور دستیابی به پتانسیل عملکرد، داشتن تراکم بوته مناسب با میانگین ۱۰۰ هزار بوته در هکتار و ایجاد یک برنامه تغذیه مناسب بر اساس نتایج آزمایش خاک به‌ویژه ارزیابی سطوح نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک حائز اهمیت است. مقادیر کود موردنیاز برای کشت بر اساس میزان فراهمی عناصر در خاک در جدول ۷ آورده شده است. ذکر این نکته ضروری است که کوددهی باید به برنامه‌های پیش کشت و پس کشت (سرک) تقسیم شود. قبل از کشت، قسمتی از نیتروژن کل (تقریباً ۴۰ درصد) و تمامی کودهای فسفر و پتاسیم مصرف می‌شود.

یکی دیگر از خصوصیات هیبریدهای زیبا و یلدا، تفاوت ظاهری آن‌ها با دیگر رقم‌های تجارتی رایج داخلی است. به دلیل تغییر پایه مادری، هر دو هیبرید از برگ‌های کوچک‌تری برخوردارند که باعث شده است حجم اندام هوایی آن‌ها کمتر شود. از سوی دیگر، رنگ برگ‌ها در هر دو هیبرید سبز تیره بوده و یکنواختی بسیار خوبی در مزرعه نشان می‌دهند. با توجه به پتانسیل عملکرد بالای هیبرید زیبا در شرایط آلودگی خفیف مزرعه به نماتد مولد سیست، یکی از هیبریدهای منتخب جهت معرفی در نظر گرفته شد. رقم هیبرید یلدا از مقاومت بیشتری در برابر نماتد مولد سیست و ریزومانیا برخوردار بود. لذا برای مزارع با

جدول ۶- نتایج آزمایش تحقیقی-ترویجی رقم‌های زیبا و یلدا در مناطق مختلف مورد بررسی

Table 6. Results of research-extension trials for Ziba and Yalda cultivars across different studied regions

مکان Location	عملکرد شکر سفید زیبا و یلدا (تن در هکتار) Ziba and Yalda white sugar yield (tha^{-1})		رقم‌های شاهد Check cultivars	عملکرد شکر سفید رقم‌های شاهد (تن در هکتار) White sugar yield of check cultivars (tha^{-1})	میزان تفاوت عملکرد شکر سفید نسبت به رقم‌های شاهد (درصد) White sugar yield difference compared to the check cultivars (%)	
	Ziba	Yalda			Ziba	Yalda
کرج Karaj	12.50	12.44	Asia	9.42	24.67	24.31
			Brigita	11.71	6.32	5.87
			Dena	9.42	24.60	24.24
			Nika	10.92	12.60	12.18
			Shokoufa	10.23	18.19	17.80
کرمانشاه Kermanshah	10.58	10.21	Asia	9.49	9.63	6.97
			Brigita	9.37	10.78	8.16
			Dena	8.62	17.93	15.52
			Nika	9.41	10.34	7.70
			Shokoufa	8.57	18.41	16.01
میانگین Average	11.50	11.32	Asia	9.45	17.83	16.52
			Brigita	10.54	8.35	6.89
			Dena	9.02	21.57	20.32
			Nika	10.17	11.57	10.16
			Shokoufa	9.40	18.26	16.96

جدول ۷- مقادیر کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمایش خاک

Table 7. Required fertilizer amounts based on soil analysis results

نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Nitrogen (ppm)	اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea ($kgha^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Phosphorus (ppm)	سوپرفسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار) Triple superphosphate ($kgha^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Potassium (ppm)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium sulfate ($kgha^{-1}$)
<5	300-400	<5	200	<100	300
5-10	250-300	5-10	150-200	100-150	200-300
10-15	150-250	10-15	100-150	150-200	150-200
15-20	100-150	15<	0	200-250	150
20<	0	-	-	250<	0

آلودگی شدید، مناسب می‌باشد. علاوه بر این، از نظر اقتصادی قیمت یک واحد از بذر هیبریدهای موردنظر معادل ۴۵ درصد رقم مشابه خارجی است و درصورتی‌که فقط دو درصد سطح زیر کشت کشور در سال ۱۴۰۳ (۲۰۰۰ هکتار و مصرف پنج هزار واحد بذر و قیمت هر واحد ۸۰ یورو) به هر یک از این رقم‌ها اختصاص یابد، معادل ۴۰۰ هزار یورو صرفه‌جویی ارزی برای کشور به دنبال خواهد داشت. همچنین با در نظر گرفتن موارد جانبی دیگر نظیر تولید ملی و اشتغال‌زایی در داخل کشور، معرفی این رقم‌ها در راستای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی و همسو با آن تلقی می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت و کارکنان موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند و ایستگاه‌های تحقیقاتی به دلیل همکاری و حمایت ارزشمند در طول اجرای این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

Arjmand, M. N., and Ahun Manesh, A. 1996. Rhizomania a new disease of sugar beet. Sugar Beet 12 (1): 62-71.

Duraisam, R., Salelgn, K., and Berekete, A. K. 2017. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and it bagasse: a review. Int. J. Eng. Trends Technol. 43 (4): 222-233.

FAO. 2024. FAOSTAT. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Galein, Y., Legrève, A., and Bragard, C. 2018. Long Term Management of Rhizomania Disease—Insight Into the Changes of the Beet necrotic yellow vein virus RNA-3 Observed Under Resistant and Non-resistant Sugar Beet Fields. Front. Plant Sci. 9: 795. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00795

Hassani, M., Norouzi, P., Soltani, J., Jalilian, A., Kakoueinezhad, M., Rezaei, J., Darabi, S., Taleghani, D., Mahmoudi, S. B., Hamzeh, H., and Saremirad, A. 2024. Hosna: Monogerm sugar beet cultivar with dual resistance to rhizomania and cyst nematode. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 13 (1): 133-158. (In Persian). https://doi.org/10.22092/rafhc.2024.364574.1338

Izadpanah, K., Hashemi, P., Kamran, R., Pakniat, M., Sahandpour, A., and Masoumi, M. 1996. Extensive existence of root canal disease in Fars. Journal of Plant Diseases 32: 200-206. (In Persian).

Lennefors, B. L., Savenkov, E., Mukasa, S., and Valkonen, J. 2005. Sequence

divergence of four soilborne sugarbeet-infecting viruses. Virus Genes 31 (1): 57-64.

Luterbacher, M., Asher, M., Beyer, W., Mandolino, G., Scholten, O., Frese, L., Biancardi, E., Stevanato, P., Mechelke, W., and Slyvchenko, O. 2005. Sources of resistance to diseases of sugar beet in related Beta germplasm: II. Soil-borne diseases. Euphytica 141 (1): 49-63.

McGrann, G. R., Grimmer, M. K., Mutasa-Gottgens, E. S., and Stevens, M. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. Mol. Plant Pathol. 10 (1): 129-141.

Moore, A., Stark, J., Brown, B., and Hopkins, B. 2009. Sugar beets. Southern Idaho Fertilizer Guide, Sugar beets. Current Inf. Ser. 1174.

Pavli, O. I., Stevanato, P., Biancardi, E., and Skaracis, G. N. 2011. Achievements and prospects in breeding for rhizomania resistance in sugar beet. Field Crops Res. 122 (3): 165-172.

Poindexter, S. 2011. Managing sugar beet cyst nematode. Michigan State University Extension. ttps://www.canr.msu.edu/news/managing_sugar_beet_cyst_nematode

Rajabi, A., Ahmadi, M., Bazrafshan, M., Hassani, M., and Saremirad, A. 2023. Evaluation of resistance and determination of stability of different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes in rhizomania-infected conditions. Food Sci. Nutr. 11 (3): 1403-1414. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fsn3.3180

Ribeiro, I. C., Pinheiro, C., Ribeiro, C. M., Veloso, M. M., Simoes-Costa, M. C., Evaristo, I., Paulo, O. S., and Ricardo, C. P. 2016. Genetic diversity and physiological performance of Portuguese wild beet (*Beta vulgaris* spp. *maritima*) from three contrasting habitats. Front. Plant Sci. 7: 193305.

Sadeghzadeh Hemayati, S., Saremirad, A., Hosseinpour, M., Jalilian, A., Ahmadi, M., Azizi, H., Hamidi, H., Hamdi, F., and Matloubi Aghdam, F. 2022. Evaluation of white sugar yield stability of some commercially released sugar beet cultivars in Iran from 2011-2020. Seed and Plant Journal 38 (3): 339-364. (In Persian). https://doi.org/10.22092/spj.2023.362024.1305

Salazar-Ordóñez, M., Pérez-Hernández, P. P., and Martín-Lozano, J. M. 2013. Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs. Energy Policy 55: 662-668.

Saremirad, A., Bihamta, M., Malihipour, A., Mostafavi, K., and Alipour, H. 2020. Evaluation of resistance of some Iranian spring bread wheat cultivars to stem rust

disease at seedling stage. Seed and Plant Journal 36 (4): 383-410.

Saremirad, A., and Taleghani, D. 2022. Utilization of univariate parametric and non-parametric methods in the stability analysis of sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids. J. Crop Breed. 14 (43): 49-63.

Tamada, T. 1975. Beet necrotic yellow vein virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses 144: 1-4. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.10257

Tamada, T. 1999. Benny Viruses. Pp. 154-160. In: Webster, R. G., and Granoff, A. Encylopedia of Virology, Manipal University, Jaipur.

Tamada, T., and Baba, T. 1973. Beet necrotic yellow vein virus from rizomania-affected sugar beet in Japan. Japanese Journal of Phytopathology 39 (4): 325-332.

Wright, A. J., Stevens, M., Back, M. A., and Sparkes, D. L. 2022. A new method to validate and compare varietal resistance and yield tolerance of sugar beet (*Beta vulgaris*) against the beet cyst nematode, Heterodera schachtii Schmidt. Pest Manag. Sci. 78 (7): 2767-2778. https://doi.org/10.1002/ps.6885

Ziba and Yalda, the first sugar beet monogerm hybrids of the fourth generation with dual resistance to rhizomania and cyst nematode

S. Sadeghzadeh Hemayati[1], D. Taleghani[1], J. Soltani[2], S. Darabi[3], M. Hassani[4], P. Fasahat[4], J. Rezaei[2], M. Sharifi[3], H. Azizi[5], H. Hamzeh[6], F. Nadali[7] and A. Sarmirad[8]

1, 4 and 8. Associate Professor, Assistant Professor and Researcher, respectively, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Mashhad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorasan Razavi, Iran
3. Researcher, Sugar Beet Research Department, Shiraz Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Fars, Iran
5. Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Urmia Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), West Azerbaijan, Iran
6. Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran
7. Assistant Professor, Field and Horticultural Crops Research Department, Shahroud Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Semnan, Iran

ABSTRACT

Sadeghzadeh Hemayati, S. Taleghani, D. Soltani, J. Darabi, S. Hassani, M. Fasahat, P. Rezaei, J. Sharifi, M. Azizi, H. Hamzeh, H. Nadali, F. and Sarmirad, A. 2024. Ziba and Yalda, the first sugar beet monogerm hybrids of the fourth generation with dual resistance to rhizomania and cyst nematode. **Research Achievements for Field and Horticulture Crops Journal 13 (2): 159-175. (in Persian).**

In the development of new improved cultivars, resistance to rhizomania disease was confirmed in both paternal and maternal parents. To achieve this, 40 single crosses were used as maternal parents and crossed with a commercial pollinator parent resistant to both rhizomania and beet cyst nematode diseases. Following preliminary evaluations, eight hybrids were selected for further study. These selected hybrids were compared for yield in a value for cultivation and use test conducted in 2021 and 2022, using a randomized complete block design across seven locations infected with one or both disease agents. Simultaneously, all hybrids were evaluated for resistance to cyst nematode under controlled greenhouse conditions. Based on these evaluations, two hybrids, SBSI 166 and SBSI 170, were selected and entered an on-farm study as Ziba and Yalda, respectively. The on-farm study revealed that the Ziba and Yalda cultivars achieved average white sugar yields of 11.50 and 11.32 tha^{-1}, respectively. This represented a yield advantage of 6.89%, 10.16%, 16.52%, 16.96%, and 20.32% compared to the control cultivars Brigita, Nika, Asia, Shokoufa, and Dena, which had average white sugar yields of 10.54, 10.17, 9.45, 9.40, and 9.02 tha^{-1}, respectively. Regarding resistance to cyst nematode, the Yalda cultivar exhibited resistance comparable to foreign control cultivars, while the Ziba cultivar showed resistance similar to domestic control cultivars. These diploid monogerm hybrids, resistant to both rhizomania and cyst nematode, are suitable for spring cultivation across various regions of the country.

Key words: Sugar beet, Infection, Disease, Resistant cultivar, Sugar yield.

Corresponding author: s.sadeghzadeh@areeo.ac.ir **Tel.:** +982632702611

Received: 19 November, 2024
Accepted: 17 February, 2025