شناسایی والد مادری مناسب در تهیه ارقام مقاوم به بیماری‌های مهم خاکزاد چغندرقند

Identification of proper maternal parent for producing sugar beet cultivars resistant to major soil borne diseases

سیدباقر محمودی[۱*]، پیمان نوروزی[۱]، سمر خیامیم[۲]، محسن بذرافشان[۳]، حامد منصوری[۴]، مسعود احمدی[۵]، سعید صادق زاده حمایتی[۱]، محسن آقایی زاده[۶]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2021.351187.1244

س.ب. محمودی، پ. نوروزی، س. خیامیم، م. بذرافشـان، ح. منصوری، م. احمدی، س. صادق‌زاده حمایتی و م. آقایی‌زاده. ۱۳۹۹. شناسایی والد مادری مناسب در تهیه ارقام مقاوم به بیماری‌های مهم خاکزاد چغندرقند. **چغندرقند، ۳۶(۱): ۱- ۱۳.**

چکیده

به‌منظور بررسی نقش والد مادری در تهیه ارقام مقاوم به بیماری‌های ریزومانیا، پوسیدگی ریشه و نماتد سیستی، تعداد ۱۲ سینگل‌کراس مقاوم به ریزومانیا، سه سینگل‌کراس نرمال و محصولی و دو لاین نرعقیم محصولی با دو گرده‌افشان تلاقی و هیبریدهای متناظر آنها تهیه شد. یکی از والدهای گرده‌افشان مقاوم به ریزومانیا- نماتد سیستی (SB26-S1-3) و دیگری مقاوم به ریزومانیا-پوسیدگی ریشه (33345) بود. در صد حضور ژن مقاومت به ریزومانیا و نماتد سیستی در والدین و هیبریدها تعیین شد. هیبریدها در قالب دو آزمایش ۲۰ رقمی (هیبریدهای مقاوم به ریزومانیا- نماتد سیستی) و ۱۶ رقمی (هیبریدهای مقاوم به ریزومانیا- پوسیدگی ریشه) در پنج منطقه شیراز، مشهد، تربت جام، قزوین و همدان مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند. در آزمایش ۲۰ رقمی، هیبرید SB26-S1-3*(28-301*25-201) با ۳۵ درصد حضور ژن مقاومت به نماتد سیستی و ۱۰۰ درصد حضور ژن مقاومت به ریزومانیا و تولید ۶/۵۳ تن شکرسفید در هکتار (معادل ۱۴۹ درصد رقم آریا) به‌عنوان هیبرید برتر این آزمایش شناخته شد. در این آزمایش ارقام شاهد خارجی توکان و ساکارا به ترتیب ۵/۸۸ و ۸/۰۸ تن شکرسفید در هکتار تولید کردند. در آزمایش ۱۶ رقمی، هیبرید 93-33345*(28-301*25-201) با ۱۳۲ درصد رقم شاهد اکباتان (۴/۷۲ تن شکر سفید در هکتار) به‌عنوان بهترین هیبرید این آزمایش بود. این هیبرید طی فصل رشد ۱۰ درصد بوته‌های خود را در اثر بوته‌میری از دست داد. در این شرایط ارقام اکباتان، بومرنگ، پریمیر، نودورو و شریف به ترتیب ۱۲، ۷، ۱۲، ۴ و ۲۸ در صد بوته‌های خود را در اثر پوسیدگی ریشه طی فصل رشد در مزرعه از دست دادند. این هیبرید با تولید ۶/۲۳ تن شکر سفید در هکتار از ارقام خارجی نودورو (۵/۵۵ تن شکر سفید در هکتار)، بومرنگ (۵/۵۲ تن شکر سفید در هکتار) و پریمیر (۳/۹۷ تن شکر سفید در هکتار) برتر بود. سینگل‌کراس (28-301*25-201) با ۹۰ در صد حضور ژن *Rz1*، غلظت ویروس Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV) درحد شاهد مقاوم رقم تجارتی بریجیتا و بیشترین عملکرد شکر در تلاقی با هر دو گرده‌افشان فوق، به‌عنوان والد مادری برتر برای تهیه هیبریدهای جدید معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیب پذیری، پوسیدگی ریشه، ریزومانیا، نماتد سیستی چغندرقند

۱ – دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. *– نویسنده مسئول. b.mahmoudi@areeo.ac.ir

۲ – استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳ – استادیار بخش تحقیقات چغندرقند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۴ – استادیار بخش تحقیقات چغندرقند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

۵ – استادیار بخش تحقیقات چغندرقند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۶ – استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

چغندرقند یکی از منابع تولید شکر در جهان و ایران است و از نظر اقتصادی نیزاهمیت ویژه‌ای دارد. این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی می‌باشد که پس از فرآوری در کارخانه قند و تبدیل به شکر، از آن فرآورده‌های جانبی مانند تفاله و ملاس نیز به‌دست می‌آید که در پرورش دام و در صنعت به مصرف می‌رسند (Anonymous 2015). صنعت ساکروشیمی در ایران با وجود ۳۵ کارخانه قند می‌تواند همانند پتروشیمی حائز اهمیت باشد. از اندام‌های هوایی چغندرقند نیز می‌توان در تغذیه دام استفاده کرد. از هر هکتار چغندرقند به طور متوسط ۲۰ تا ۳۰ تن برگ به عنوان علوفه نیز به‌دست می‌آید. رشد روزافزون جمعیت و نقش مهم ساکروشیمی اهمیت تحقیقات بیشتر روی این محصول را نشان می‌دهد. سطح زیرکشت این گیاه در کشور از ۵۰ تا حدود ۲۲۰ هزار هکتار متغیر است (Taleghani *et al*. 2010). چغندرقند در ایران به‌صورت بهاره و پاییزه کشت می‌شود. عمده کشت این محصول در ایران به‌صورت بهاره است. در سال ۱۳۹۶، در زراعت بهاره چغندرقند سطح زیرکشت ۱۲۶ هزار هکتار بوده و متوسط عملکردریشه ۵۲ تن در هکتار برای آن اعلام شده‌است. کل میزان تولید چغندرقند در این سال در زراعت بهاره بالغ بر۶/۵ میلیون تن بوده و استان‌های آذربایجان‌غربی و خراسان‌رضوی بیشترین میزان سطح زیرکشت و تولید را دارا بودند (Sadeghzadeh 2018).

زراعت بهاره چغندرقند، علاوه بر مواجه شدن با تنش کم‌آبی و خشکسالی، همواره در معرض عوامل بیماری‌زای مختلف می‌باشد و همه ساله این عوامل خسارات زیادی به عملکرد و کیفیت محصول وارد می‌کنند. در بین انواع بیماری‌های چغندرقند، بیماری‌های خاکزی به دلیل تشخیص دیرهنگام و عدم وجود روش مبارزه قطعی بیشترین خسارت را وارد می‌کنند. سه بیماری ریزومانیا (Darabi *et al*. 2017)، پوسیدگی‌های قارچی ریشه (Mahmoudi and Soltani 2005) و نماتد سیستی (Esmaili *et al*. 2018) در غالب مناطق چغندرکاری کشور شیوع دارند و ساده‌ترین روش پیشگیری و کاهش خسارت آنها استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد.

در اکثر گیاهان زراعی، اصلاح برای مقاومت به بیماری‌ها به منظور تضمین تسلسل کشت آنها، اهمیت حیاتی داشته و در برخی از مناطق در افزایش راندمان محصول و کاهش هزینه سموم آفت‌کش سهم به سزایی دارد. استفاده از ارقام مقاوم مؤثرترین و امن‌ترین روش زیست محیطی در مدیریت بیماری‌های گیاهی است (Panella and Ruppel 1996). هدف نهایی اصلاح‌گران، تولید رقم‌هایی است که به‌توانند هم در مزارع آلوده و هم در مزارع فاقدآلودگی بدون هیچگونه کاهشی از نظر میزان محصول و کیفیت کشت شوند(Cook and Scott 1993).

منبع مقاومت به بیماری ویروسی زردی نکروتیک رگبرگ چغندر Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV) (ریزومانیا) اولین بار در آمریکا یافت شد. ژرم‌پلاسم مقاوم دارای یک ژن مقاوم به‌نام *Rz1* بود که به ژن Holly شهرت یافت و از آن در برنامه اصلاح و تولید ارقام مقاوم به بیماری استفاده شد (Biancardi *et al*. 2002). مقاومت به بیماری ریزومانیا همچنین در جمعیت هایی از *Beta vulgaris* subsp.*maritima*نیز یافت شده است (Lewellen 1995). مقاومت در گونه‌وحشی WB42 به‌وسیله یک ژن غالب بنام *Rz2* به ارث می‌رسد (Lewellen 1995). اخیرا ژن *Rz5* از گونه‌وحشی WB258 گزارش شده است که ممکن است با *Rz1* رفتار آللیک داشته باشد (Griemer *et al*. 2008).

شرکت‌های اروپایی تولید بذر، ارقام تجاری چغندرقند مقاوم به بیماری ریزومانیا تولید و به بازار عرضه کرده‌اند که به ادعای خودشان دارای ژن‌های مختلف مقاومت است و نتایج خوبی در مناطق آلوده (Giunchedi *et al*. 1987; Pavli *et al*. 2011) از خود نشان داده است. مؤسسه تحقیقات چغندرقند

از ژن *Rz1* به منظور معرفی ارقام مقاوم به بیماری ریزومانیا بهره جسته است (Mesbah *et al*. 2007; Norouzi *et al*. 2013; Mohammadian *et al*. 2017) و برای تداوم در تهیه ارقام تجارتی مقاوم به بیماری مهم و مهلک ریزومانیا باید به‌تواند لاین‌های مختلف فراوانی در دسترس داشته باشد تا به ارقام مناسب و مقاوم دست پیدا کند.

در سال ۲۰۰۶ دو ژرم‌پلاسم CN12 و CN72 به عنوان گرده‌افشان‌های مولتی‌ژرم مقاوم به نماتد سیستی در وزارت کشاورز آمریکا (United State Department of America, USDA) به ثبت رسید(Lewelen 2006). منبع مقاومت در این دو ژرم‌پلاسم از *Beta.maritima* مشتق شده است. در سال ۲۰۰۷ نیز لولن(Lewellen 2007) سه ژرم‌پلاسم CN927-202، CN926-11-3-22 و CN921-306 در USDA امریکا با همکاری مؤسسه توسعه چغندرقند (Beet Sugar Development Fundation, BSDF) و شرکت تعاونی کشاورزان کالیفرنیا بر اساس آزمایش‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای به ثبت رساند. ایشان ادعا نمود که این منابع نیز از ژنوتیپ *Beta vulgaris* subsp. *maritima* مشتق شده و علاوه‌بر نماتد سیستی به ویروس ریزومانیا نیز مقاومت دارند. بررسی‌های لولن (2006) نشان داده است که این نوع مقاومت نسبی بوده و به صورت غالب به ارث می‌رسد. از این سه ژرم‌پلاسم و توده‌های حامل ژن $HS1^{Pro1}$ هیبرید تهیه و در شرایط آلوده به نماتد مقایسه شدند. نتایج مزرعه‌ای مؤید مقاومت و عملکرد شکر بهتر این سه ژرم‌پلاسم در مقایسه با هیبریدهای با مقاومت منشا $HS1^{Pro1}$ بود (Lewellen 2007). همه این ژرم‌پلاسم‌ها هم‌اکنون در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند موجود است (Vahedi *et al*. 2012 and Esmaili *et al*. 2018). اخیراً با کمک نشانگرهای مبتنی بر SNP ژن مقاومت به نماتد سیستی به نام *HsBvm-1* با منشا *Beta vulgaris* subsp.*maritima* در توده WB242 ردیابی شد که می‌توان از آن در تهیه ارقام مقاوم بهره جست (Stevanato *et al*. 2014)

پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه چغندرقند نیز از عوامل مهم بیماری‌زا و محدودکننده زراعت چغندرقند در ایران می‌باشد که در مراحل مختلف رشد تهدید جدی برای این گیاه به حساب می‌آید. مرگ گیاهچه از جمله بیماری‌های مراحل اولیه رشد گیاه و پوسیدگی ریشه و طوقه بیماری مراحل بعدی رشد چغندرقند می‌باشند (Mahmoudi *et al*. 2004). طی تحقیق گسترده‌ای در سال ۲۰۰۵ حدود ۷۰۰ ژرم‌پلاسم از جنس *Beta* نسبت به بیماری‌های خاکزاد Aphanomyces *cochlioides*، *Pythium ultimum*، *Rhizoctonia solani* و ریزومانیا مورد ارز یابی قرار گرفتند (Luterbacher *et al*. 2005). دادخواه (Dadkhah 1999) مقاومت ۲۷ رقم تجاری را هم در مرحله گیاه‌چه‌ای و هم در مرحله گیاه کامل نسبت به *R. solani* AG-4 مورد ارز یابی قرار داد. در تحقیق دیگری ۷۰ ژنوتیپ چغندرقند از نظر مقاومت به پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از *R. solani* AG-2 در کرت های کوچک مورد بررسی قرار گرفت (Ebrahimi koulaei and Mahmoudi 2008). اخیراً حسنی و همکاران (Hasani *et al*. 2019) لاین‌های نرعقیم و او تا یپ (O-types) مقاوم به پوسیدگی ریزوکتونیایی را شنا سایی نمودند. ارقام و ژنوتیپ‌های مقاوم یا متحمل دیگری نیز نسبت به پوسیدگی‌های ریشه چغندرقند ناشی از عوامل بیماری‌زای مختلف معرفی شده‌اند (Fattahi *et al*. 2011; Mahmoudi and Ghashghaee 2012; Ghashghaee *et al*. 2015; Kakouienezhad *et al*. 2017).

ارقام هیبرید چغندرقند معمولاً با استفاده از سه والد و به روش تلاقی سه طرفه (three way cross) تهیه می‌شوند. معمولاً یک لاین اوتایپ با یک نرعقیم غیرمتناظر تلاقی و سینگل‌کراس به‌عنوان والدمادری و یک لاین گرده‌افشان به عنوان والدپدری اجزای یک هیبرید را در چغندرقند تشکیل می‌دهند (Aghaeezadeh and Sadeghzadeh Hemayati 2020). با این توصیف، در تهیه رقم هیبرید مقاوم به بیماری‌ها باید ژنتیک مقاومت مشخص شده باشد تا به‌توان رقم مقاوم

مناسب عرضه نمود. تحقیقات نشان داده است که در مقاومت به ریزومانیا علیرغم این که یک ژن نقش کلیدی دارد اما دوز ژن اثر تعیین کننده‌ای دارد (Norouzi *et al*. 2011, 2013, 2016). به این ترتیب مقاومت هریک از اجزا در تهیه والدین و ترکیب‌پذیری آنها باید مورد بررسی قرار گیرد. دستیابی به هیبریدهای مقاوم به ریزومانیا، نماتد سیستی و پوسیدگی ریشه چغندرقند از اهداف این تحقیق بود. شناسایی سینگل‌کراس مقاوم و با ترکیب‌پذیری مناسب، بررسی نقش والد مادری به صورت سینگل‌کراس و یا لاین نرعقیم در تهیه ارقام مقاوم به بیماری‌های چغندرقند از دیگر اهداف تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

دو والد پدری SB26-S1-3 و 33345-93 با ۱۲ سینگل‌کراس مقاوم به ریزومانیا و سه سینگل‌کراس نرمال و دو والدمادری نرعقیم در قطعات ایزوله در سال ۱۳۹۳ در کرج تلاقی داده شدند. خصوصیات کلیه والدهای مشارکت کننده در تهیه هیبریدها در جدول ۱ آورده شده است. تعداد ۱۶ والدمادری با گرده‌افشان SB26-S1-3 و تعداد ۱۱ والد مادری با گرده افشان33345-93 تلاقی یافتند.

جدول ۱ خصوصیات والدهای مشارکت کننده در تهیه هیبرید

ردیف	لاین/سینگل کراس/ نرعقیم	نوع مقاومت	ملاحظات
۱	SC(419*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۲	SC(261*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۳	SC(474*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۴	SC(452*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۵	SC(7112*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۶	SC(201-9*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۷	SC(201-25*31714)-93	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۸	SC(201-9*301-11)-93	مقاوم به ریزومانیا احتمالا هموزیگوت	سینگل‌کراس
۹	SC(201-25*301-11)-93	مقاوم به ریزومانیا احتمالا هموزیگوت	سینگل‌کراس
۱۰	SC(201-9*301-28)-93	مقاوم به ریزومانیا احتمالا هموزیگوت	سینگل‌کراس
۱۱	SC(201-25*301-28)-93	مقاوم به ریزومانیا احتمالا هموزیگوت	سینگل‌کراس
۱۲	SC(7112*SB36)	مقاوم به ریزومانیا هتروزیگوت	سینگل‌کراس
۱۳	SC (7112*436)	نرمال و محصولی	سینگل‌کراس
۱۴	SC (419*474)	نرمال و محصولی	سینگل‌کراس
۱۵	SC (452*7112-36)	نرمال و محصولی	سینگل‌کراس
۱۶	MS 7112	نرمال و محصولی	نرعقیم
۱۷	MS 452	نرمال و محصولی	نرعقیم
۱۸	SB26-S1-3	مقاوم به ریزومانیا و نماتد سیستی هتروزیگوت	گرده‌افشان دیپلوئید
۱۹	92588(33345-93)	مقاوم به ریزومانیا و ریزوکتونیا و پی تیوم هتروزیگوت	گرده‌افشان دیپلوئید

در سال ۱۳۹۴، بذر هیبرید از روی پایه مادری و بذور S2 از روی پایه پدری برداشت و بوجاری و فرآوری شد.

ارزیابی مقاومت مواد اصلاحی در برابر بیماری ریزومانیا، پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه و نماتد سیستی چغندرقند

در ارزیابی مواد اصلاحی برای مقاومت به ریزومانیا از دو روش آزمون الایزا و کاربرد نشانگر مولکولی پیوسته با ژن *Rz1* استفاده شد(Norouzi *et al*. 2015; Norouzi 2016). مواد اصلاحی در شرایط میکروپلات برای مقاومت به *Rhizoctonia solani* ارزیابی شدند (Ebrahimi Koulaei and

(Mahmoudi 2008). وجود ژن مقاومت به نماتد سیستی چغندرقند به کمک نشانگر SNP و STS در مواد اصلاحی مورد بررسی قرار گرفت (Sadrehneshin *et al*. 2014; Norouzi *et al*. 2017; Stevanato *et al*. 2014). لازم به توضیح است که مقاومت به ریزومانیا در مواد اصلاحی این پژوهش، حاصل حضور ژن *Rz1* و مقاومت به نماتد سیستی نیز حاصل حضور *HsBvm-1* می‌باشد (Norouzi 2016; Stevanato *et al*. 2014). مقاومت به *R.solani* در این مواد از منبع FC709-2 و چند ژنی است (Mahmoudi and Ghashghaie 2012). در سال ۱۳۹۵ تعداد ۱۶ هیبرید بر پایه پدری SB26-S1-3 و تعداد ۱۱ هیبرید بر پایه پدری 33345 به همراه شاهدهای حساس و مقاوم در قالب دو آزمایش ۲۰ و ۱۶ رقمی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار در مناطق مختلف مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند. آزمایش ۲۰ رقمی بر پایه گرده‌افشان SB26-S1-3 در شرایط آلوده به ریزومانیا و نماتد سیستی (مشهد، شیراز و قزوین) و آزمایش ۱۶ رقمی در چهار منطقه قزوین، تربت جام، شیراز و همدان با آلودگی طبیعی به ریزومانیا و پوسیدگی ریشه مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند.

در سال ۱۳۹۶ هیبریدهای منتخب بر پایه دو گرده‌افشان SB26-S1-3 و 33345 به‌همراه شاهدهای حساس و مقاوم مناسب در قالب یک آزمایش ۱۸ رقمی در مناطق مشهد (آلودگی طبیعی به ریزومانیا)، شیراز (آلودگی طبیعی به ریزومانیا) و قزوین (آلودگی طبیعی به پوسیدگی‌های ریشه و ریزومانیا) مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند.

نتایج

ارزیابی مقاومت مواد اصلاحی به بیماری ریزومانیا و نماتدسیستی

مقاومت به ریزومانیا در مواد اصلاحی مورد استفاده در این پروژه ، به دو روش آزمون الایزا و ردیابی ژن *Rz1* ارزیابی شدند. نتایج آنها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ نتایج ارزیابی مقاومت مواد اصلاحی نسبت به بیماری ریزومانیا در گیاه چغندرقند

مواد اصلاحی	میانگینOD در آزمون الایز	درصد آلودگی بوته‌ها	درصد حضور نشانگر Rz1
SC(419*31714)	۰/۲۰۵	۳۵	۶۳/۶۴
SC(261*31714)	۰/۲۶۱	۵۳	۳۶/۳۶
SC(474*31714)	۰/۱۶۷	۳۲	۵۸/۳۳
SC(452*31714)	۰/۲۹۲	۷۵	۶۶/۶۷
SC(7112*31714)	۰/۱۷۳	۴۲	۷۱/۴۳
SC(201-9*31714)	۰/۲۴۶	۸۰	۸۰/۰۰
SC(201-25*31714)	۰/۲۵۳	۶۱	۸۰/۰۰
SC(201-9*301-11)	۰/۲۱۲	۵۸	۹۱/۶۷
SC(201-25*301-11)	۰/۱۳۶	۱۶	۷۰/۰۰
SC(201-9*301-28)	۰/۲۰۵	۵۰	۹۱/۶۷
SC(201-25*301-28)	۰/۲۰۳	۵۰	۹۰/۹۱
SC(7112*436)	۰/۲۴۷	۸۰	۰/۰۰
SC(419*474)	۰/۳۸۹	۷۰	۰/۰۰
SC(452*7112-36)	۰/۳۶۳	۷۹	۸/۳۳
MS 7112	۰/۲۸۳	۶۰	۰/۰۰
MS 452	۰/۴۴۵	۸۹	۰/۰۰
O.T 31714	۰/۱۴۹	۳۰	۱۰۰/۰۰
MS 201-9	۰/۱۱۵	۱۱	۱۰۰/۰۰
O.T 301-11	۰/۲۵۳	۷۸	۱۰۰/۰۰
O.T 301-28	۰/۲۳۲	۵۳	۱۰۰/۰۰
MS 201-25	۰/۳۳۹	۶۵	۹۱/۶۷
S1-92588(33345)	۰/۱۶۲	۴۰	۱۰۰/۰۰
SB 26	۰/۲۵۷	۶۳	۰/۰۰
Rasoul	۰/۴۳۶	۹۴	۰/۰۰
Jolgeh	۰/۴۶۹	۹۴	۰/۰۰
Brejita	۰/۲۱۵	۵۳	۱۰۰/۰۰
Isabella	۰/۱۱۸	۵	۱۰۰/۰۰

در بین لاین‌های نرعقیم و اوتایپ مورد بررسی، لاین MS201-9 هم در آزمون الایزا و هم بر مبنای نشانگر مولکولی جزو لاین‌های مقاوم دسته‌بندی شد. لاین‌های اوتایپ 31714، 301-11 و 301-28 نیز بر مبنای حضور نشانگر مولکولی پیوسته با ژن *Rz1* در گروه مقاوم دسته‌بندی شدند.

لاین‌های 7112 و 452 بر مبنای درصد حضور نشانگر، مقاومت به بیماری ریزومانیا نداشتند، اما بر مبنای آزمون الایزا دارای درصدی از بوته‌های مقاوم بودند (جدول ۲). ترکیب سینگل‌کراس‌های تهیه شده از لاین‌های نرعقیم و اوتایپ با درصدهای متفاوت از حضور ژن *Rz1* سطوح مختلف از مقاومت

را نشان دادند. سینگل‌کراس‌های حاصل از لاین‌های 11-301، 9-201، 28-301 و 25-201 بیشترین درصد حضور ژن *Rz1* و از نظر مقاومت به بیماری ریزومانیا مشابه رقم مقاوم بریجیتا بودند. لاین‌های نرعقیم حساس به ریزومانیا (419، 261، 474، و 452) وقتی با اوتایپ مقاوم 31714 تلاقی پیدا کردند درصدی از حضور ژن *Rz1* در آنها ردیابی شد. کلیه مواد اصلاحی جدول ۲ با کمک نشانگر وابسته به ژن مقاومت به نماتد سیستی (MN) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این میان، صرفاً SB26-S1-3 با ۷۰ درصد حضور نشانگر مقاومت به این بیماری را بروز داد(Panella *et al.* 2018).

اگر هدف انتخاب والد مادری صرفاً بر مبنای ارزیابی مقاومت باشد، چهار سینگل‌کراس ناشی از تلاقی لاین‌های 25-201، 9-201، 28-301 و 11-301 با توجه به شاخص‌های درصد حضور ژن مقاومت *Rz1* ، درصد بوته‌های آلوده و غلظت ویروس BNYVV قابل انتخاب هستند. به عبارت دیگر، سینگل‌کراس‌های حاصل از تلاقی 28-301*25-201، 201-9*301-11، 11-301*25-201، 28-301*9-201 جزو والدهای حامل ژن مقاومت به ریزومانیا قابل انتخاب هستند.

نتایج ارزیابی مقاومت هیبریدهای تهیه شده با دو والدپدری SB26-S1-3 و 93-33345 در جدول۳ نشان داد، که هیبریدهایی که با لاین‌های حامل ژن *Rz1* تهیه شده‌اند، سطح بالاتری از مقاومت به ریزومانیا را دارند. کلیه هیبریدهایی که با والد گرده‌افشان SB26-S1-3 تهیه شده بودند (ردیف ۱ تا ۱۶ جدول ۳) درجاتی از مقاومت به ریزومانیا را از خود بروز دادند. هیبریدهای ردیف‌های ۸ تا ۱۲ و ۲۳ تا ۲۶، درصد حضور ژن بالای ۹۰ درصد و درصد بوته‌های آلوده به ریزومانیای پایینی داشتند. حضور ژن مقاومت به نماتد سیستی (MN) در هیبریدهایی که با والد پدری SB26-S1-3 تلاقی شده بودند ردیابی شد (جدول ۳).

ارزیابی هیبریدها از منظر مقاومت به پوسیدگی ریشه

در هر دو منطقه قزوین و فارس میانگین بوته‌های از دست رفته طی فصل رشد ۱۱/۱ درصد برآورد شد و تیمارهای آزمایش درصدهای متفاوتی از بوته میری داشتند (جدول ۴). میانگین درصد بوته‌های از دست رفته در دو منطقه قزوین و فارس در رقم شاهد حساس شریف ۲۸/۱۵ و در رقم شاهد مقاوم نودرو ۴/۰۹۰ درصد بود (جدول ۴). رقم اکباتان به عنوان شاهد مقاوم داخلی (با میانگین ۱۱/۸۱ درصد) و ارقام نودرو، بومرنگ و پریمیر ارقام شاهد خارجی آزمایش بودند. میانگین درصد بوته‌های از دست رفته در سه شاهد خارجی در هر دو منطقه ۷/۸۲ درصد بود. بر این مبنا (درصد بوته‌های از دست رفته طی فصل رشد زیر ۸ درصد) هیبریدهای ردیف ۱ و ۷ جدول ۴ انتخاب شدند. اگر رقم شاهد داخلی را مبنای انتخاب قرار دهیم (درصد بوته‌های از دست رفته طی فصل زیر ۱۲ درصد) هیبریدهای مربوط به ردیف‌های ۱، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، و ۱۱ قابل انتخاب هستند (McGrath *et al.* 2015).

مقایسه عملکردشکر هیبریدها:

از آنجایی که مهم‌ترین شاخص در مقایسه هیبریدهای چغندرقند عملکرد شکر در واحد سطح است لذا این صفت مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۵ عملکرد شکر هیبریدها بر مبنای والدپدری SB26-S1-3 در سه منطقه مشهد، شیراز و قزوین را در سال ۱۳۹۵نشان می‌دهد.

تنها والدمادری تجاری حامل ژن مقاومت به ریزومانیا فعلی مؤسسه تحقیقات چغندرقند SB36*7112 (والد مادری رقم آریا) است. در جدول ۵ مشاهده می‌شود که سینگل‌کراس‌هایی که از لاین‌های 25-201 و 28-301 تهیه شده‌اند عملکرد شکر تا ۴۹ درصد بیشتر از رقم آریا تولید کردند. سینگل‌کراس‌های حاصل از اوتایپ 31714 نیز در گروه دوم دسته‌بندی شدند. با توجه به نتایج جدول ۵ سه سینگل‌کراس 28-301*25-201 و 201-11-301*25 و 11-301*9-201 می‌توانند تولید ارقام جدیدی مشابه رقم توکان (شاهد خارجی آزمایش) نمایند. نرعقیم MS452 توانسته ۱۹ درصد عملکرد شکر بیشتر از رقم آریا تولید کند.

والدمادری 28-301*25-201 در تلاقی با والدپدری 93-33345 به‌عنوان بهترین والد توانسته است ۳۲ درصد

افزایش عملکردشکر نسبت به رقم اکباتان (با والد مادری 7112*SB36) داشته باشد (جدول ۶). به این ترتیب بر مبنای اطلاعات دو جدول ۵ و ۶ می‌توان والدمادری -301*201-25 28 را به‌عنوان یک والدمادری جدید و مناسب و بهتر از 7112*SB36 معرفی نمود. هیبریدهای منتخب از آزمایش‌های سال ۱۳۹۵ در سال ۱۳۹۶ در سه منطقه قزوین، فارس و خراسان‌رضوی در قالب یک آزمایش مجدداً مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند و نتایج مقایسه میانگین عملکرد شکرخالص دو ساله آنها در جدول ۷ آمده است.

جدول ۳ نتایج ارزیابی مقاومت مواد اصلاحی چغندرقند نسبت به بیماری ریزومانیا و نماتد سیستی

ردیف	اوریژین	میانگین OD	بوته های آلوده (درصد)	نشانگر(*Rz1*درصد)	نشانگر(MNدرصد)
۱	(419*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۲۱۸	۲۵	۵۳	۲۰
۲	(261*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۳۶۹	۲۵	۸۰	۳۱
۳	(474*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۲۸۵	۵۰	۵۴	۵۰
۴	(452*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۸۵	۳۸	۷۵	۶۷
۵	(7112*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۲۸۰	۳۸	۷۸	۳۹
۶	(201-9*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۶۸	۱۱	۸۱	۳۱
۷	(201-25*31714)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۲۱۵	۲۲	۷۵	۷۳
۸	(201-9*301-11)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۲۸	۱۱	۹۴	۲۷
۹	(201-25*301-11)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۲۶	۰	۹۴	۳۱
۱۰	(201-9*301-28)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۲۹	۰	۹۴	۴۳
۱۱	(201-25*301-28)-93 * SB26 - S1 - 3	۰/۱۴۳	۰	۱۰۰	۳۵
۱۲	SC (7112 * 436) * SB26 - S1 - 3	۰/۳۰۵	۵۶	۶۳	۶۳
۱۳	SC (419 * 474) * SB26 - S1 - 3	۰/۱۴۳	۱۱	۷۸	۷۲
۱۴	SC (452 * 7112-36) * SB26 - S1 - 3	۰/۲۶۰	۴۴	۶۷	۲۹
۱۵	MS 7112 * SB26 - S1 - 3	۰/۲۵۸	۳۸	۵۰	۳۸
۱۶	MS 452 * SB26 - S1 - 3	۰/۳۴۸	۵۰	۶۲	۵۰
۱۷	(419*31714)-93 * 33345-93	۰/۳۴۶	۴۳	۶۳	۰
۱۸	(261*31714)-93 * 33345-93	۰/۳۰۶	۵۰	۷۳	۹
۱۹	(474*31714)-93 * 33345-93	۰/۲۶۲	۳۳	۷۱	۰
۲۰	(452*31714)-93 * 33345-93	۰/۲۲۵	۲۵	۷۶	۰
۲۱	(7112*31714)-93 * 33345-93	۰/۴۰۶	۵۰	۵۰	۰
۲۲	(201-9*31714)-93 * 33345-93	۰/۳۱۶	۳۸	۸۵	۰
۲۳	(201-25*31714)-93 * 33345-93	۰/۲۱۲	۱۴	۹۴	۰
۲۴	(201-9*301-11)-93 * 33345-93	۰/۱۹۰	۲۲	۱۰۰	۰
۲۵	(201-25*301-11)-93 * 33345-93	۰/۲۶۶	۲۵	۸۸	۰
۲۶	(201-9*301-28)-93 * 33345-93	۰/۱۹۰	۲۲	۱۰۰	۰
۲۷	(201-25*301-28)-93 * 33345-93	۰/۱۹۵	۲۵	۷۸	۰
۲۸	Rasoul	۰/۶۶۶	۱۰۰	۰	۰
۲۹	Jolgeh	۰/۶۳۴	۸۸	۰	۰
۳۰	Brejita	۰/۱۳۲	۰	۱۰۰	۰
۳۱	Isabella	۰/۱۲۳	۰	۱۰۰	۰

جدول ۴ درصد بوته‌های از دست رفته هیبریدها درشرایط آلودگی طبیعی در فارس و قزوین طی سال ۱۳۹۵

ردیف	هیبرید	میانگین درصد بوته‌میری	درصد بوته‌های از دست رفته طی فصل رشد	
			فارس	قزوین
۱	(419*31714)-93 * 33345-93	۶/۷۳	۹/۴۷	۳/۹۸۸
۲	(261*31714)-93 * 33345-93	۱۸/۳۱	۱۷/۷۲	۱۸/۸۹۷
۳	(474*31714)-93 * 33345-93	۱۳/۵۹	۱۶/۳۶	۱۰/۸۲۲
۴	(452*31714)-93 * 33345-93	۱۲/۰۵	۱۲/۰۶	۱۲/۰۴
۵	(7112*31714)-93 * 33345-93	۱۱/۰۶	۷/۶۲	۱۴/۵۱۲
۶	(201-9*31714)-93 * 33345-93	۸/۹۴	۱۰/۰۸	۷/۸۰۵
۷	(201-25*31714)-93 * 33345-93	۷/۳۸	۶/۶۶	۸/۰۸۸
۸	(201-9*301-11)-93 * 33345-93	۹/۲۶	۷/۹۵	۱۰/۵۸
۹	(201-25*301-11)-93 * 33345-93	۹/۶۷	۹/۸۶	۹/۴۸۷
۱۰	(201-9*301-28)-93 * 33345-93	۸/۱۷	۳/۷۰	۱۲/۶۳۳
۱۱	(201-25*301-28)-93 * 33345-93	۹/۳۸	۱۱/۵۰	۷/۲۵۵
۱۲	اکباتان	۱۱/۸۱	۱۲/۵۶	۱۱/۰۴۷
۱۳	بومرنگ	۶/۹۸	۴/۷۷	۹/۱۹۵
۱۴	پریمیر	۱۲/۳۹	۱۰/۹۰	۱۳/۸۸۵
۱۵	نودرو	۴/۰۹	۵/۵۱	۲/۶۶
۱۶	شریف	۲۸/۱۵	۳۱/۲۰	۲۵/۰۹۲
	میانگین		۱۱/۱	۱۱/۱

جدول ۵ عملکرد شکر هیبریدها بر مبنای والدپدری SB26 S1-3 در مناطق مشهد، شیراز و قزوین طی سال ۱۳۹۵ *

والد مادری	درصد برمبنای شاهد	عملکرد شکر			
		میانگین	قزوین	شیراز	مشهد
(201-25*301-28)-93	۱۴۹/۰۳	۶/۵۳	۳/۵۹	۶/۲۶	۹/۷۴
(201-25*301-11)-93	۱۴۴/۰۵	۶/۳۱	۲/۷۹	۵/۲۴	۱۰/۹۱
(201-9*301-28)-93	۱۴۲/۲۴	۶/۲۳	۲/۶۱	۳/۸۷	۱۲/۲۱
(201-9*301-11)-93	۱۳۶/۴۴	۵/۹۸	۳/۸۴	۵/۰۱	۹/۰۸
(7112*31714)-93	۱۳۲/۶۲	۵/۸۱	۳/۶۹	۳/۸۶	۹/۸۸
(201-9*31714)-93	۱۳۰/۵۹	۵/۷۲	۳/۴۲	۴/۴۱	۹/۳۳
(452*31714)-93	۱۲۴/۸۷	۵/۴۷	۲/۷۸	۴/۱۹	۹/۴۴
SC (7112 * 436)	۱۲۰/۱۹	۵/۲۶	۲/۴۳	۳/۸۰	۹/۵۶
MS 452	۱۱۹/۱۵	۵/۲۲	۲/۰۶	۳/۴۸	۱۰/۱۱
(201-25*31714)-93	۱۱۸/۲۷	۵/۱۸	۲/۸۲	۴/۰۷	۸/۶۵
SC (452 * 7112-36)	۱۱۸/۲۱	۵/۱۸	۲/۴۹	۲/۷۵	۱۰/۳۰
(474*31714)-93	۱۱۷/۷۹	۵/۱۶	۲/۷۳	۴/۵۶	۸/۱۹
(419*31714)-93	۱۱۶/۴۵	۵/۱۰	۲/۳۵	۴/۴۹	۸/۴۶
SC (419 * 474)	۱۱۴/۱۷	۵/۰۰	۲/۲۷	۳/۸۹	۸/۸۵
(261*31714)-93	۱۰۷/۶۳	۴/۷۱	۲/۲۰	۳/۵۸	۸/۳۶
MS 7112	۱۰۶/۵۴	۴/۶۷	۲/۴۰	۲/۹۲	۸/۶۸
آریا	۹۹/۹۶	۴/۳۸	۱/۸۹	۲/۴۸	۸/۷۷
ساکارا	۱۸۴/۷۰	۸/۰۹	۴/۵۲	۶/۴۸	۱۳/۲۷
توکان	۱۳۴/۱۶	۵/۸۸	۲/۲۸	۳/۴۹	۱۱/۸۶
شریف	۵۵/۲۵	۲/۴۲	۰/۵۰	۱/۳۶	۵/۴۰

* در این جدول عملکردشکر رقم آریا صددرصد در نظر گرفته شده است و بقیه برمبنای آن محاسبه شده است.

جدول ۶ عملکردشکر هیبریدها بر مبنای والدپدری 33345-93 در مناطق قزوین، فارس و خراسان‌رضوی طی سال ۱۳۹۵*

والد مادری	درصد بر مبنای شاهد	عملکرد شکر				
		میانگین	قزوین	همدان	شیراز	تربت جام
(201-25*301-28)-93	۱۳۲/۰۸	۶/۲۳	۲/۲۸	۸/۱۰	۹/۰۴	۵/۵۱
(201-25*301-11)-93	۱۱۵/۳۷	۵/۴۵	۲/۳۸	۸/۳۸	۶/۲۱	۴/۸۱
(201-9*301-28)-93	۱۰۹/۳۲	۵/۱۶	۲/۱۲	۷/۹۳	۵/۴۰	۵/۱۸
(201-9*301-11)-93	۱۲۸/۳۴	۶/۰۶	۲/۶۴	۹/۹۸	۶/۰۵	۵/۵۶
(7112*31714)-93	۱۱۱/۱۸	۵/۲۵	۱/۸۳	۸/۱۷	۵/۰۲	۵/۹۸
(201-9*31714)-93	۱۰۴/۹۶	۴/۹۵	۱/۷۰	۸/۱۵	۴/۹۶	۵/۰۱
(452*31714)-93	۱۰۵/۲۶	۴/۹۷	۲/۳۴	۷/۶۹	۴/۸۸	۴/۹۶
(201-25*31714)-93	۱۱۷/۳۹	۵/۵۴	۲/۴۵	۸/۶۷	۶/۰۶	۴/۹۷
(474*31714)-93	۱۱۰/۵۷	۵/۲۲	۲/۱۲	۷/۹۸	۵/۶۸	۵/۱۰
(419*31714)-93	۱۱۵/۳۱	۵/۴۴	۲/۳۱	۷/۹۸	۶/۱۳	۵/۳۴
(261*31714)-93	۹۰/۱۳	۴/۲۵	۱/۳۷	۷/۸۵	۳/۵۹	۴/۲۰
اکباتان	۱۰۰	۴/۷۲	۱/۹۱	۷/۲۶	۴/۶۲	۵/۰۸
بومرنگ	5۱۱۷/۰۵	۵/۵۲	۱/۷۷	۱۰/۶۷	۵/۴۴	۴/۲۲
پریمیر	۸۴/۰۳	۳/۹۷	۱/۶۰	۶/۰۲	۵/۷۵	۲/۵۰
نودرو	۱۱۷/۴۹	۵/۵۵	۳/۴۶	۷/۳۵	۸/۵۷	۲/۸۰
شریف	۴۲/۷۳	۲/۰۲	۰/۹۸	۱/۹۶	۱/۸۳	۳/۳۰

* در این جدول عملکردشکر رقم اکباتان صددرصد در نظر گرفته شده است و بقیه برمبنای آن محاسبه شده است.

جدول ۷ مقایسه میانگین عملکرد شکرخالص هیبریدهای منتخب در مناطق قزوین، فارس و خراسان‌رضوی طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

عملکرد شکرخالص (تن در هکتار)	رقم
۷/۸ a	ساکارا
۷/۶ a	(201-25*301-28)-93 * SB26 - S1 - 3
۵/۸ b	توکان
۵/۶ bc	(201-25*301-11)-93 * SB26 - S1 - 3
۵/۶ bc	(201-9*301-11)-93 * SB26 - S1 - 3
۵/۵ bcd	(201-25*301-28)-93 * 33345-93
۵/۵ bcd	(201-9*301-28)-93 * SB26 - S1 - 3
۵ cde	SC (7112 * 436) * SB26 - S1 - 3
۴/۹def	(201-9*301-11)-93 * 33345-93
۴/۸ def	MS 452 * SB26 - S1 - 3
۴/۸ ef	آریا
۴/۷ efg	(201-25*301-11)-93 * 33345-93
۴/۴ efgh	MS 7112 * SB26 - S1 - 3
۴/۳ fgh	(201-9*301-28)-93 * 33345-93
۴/۲ fgh	اکباتان
۴/۱gh	بومرنگ
۴/۰۶ h	نودرو
۲/۱ i	شریف

بر مبنای نتایج عملکرد شکر (جدول ۷) هیبرید (201-25*301-28)-93 * SB26 - S1 – 3 با رقم خارجی ساکارا در گروه اول قرار گرفتند. رقم خارجی توکان با عملکردشکر ۵/۸ تن در هکتار در گروه دوم قرار گرفت و با هیبرید (201-25*301-11)-93 * 33345-93 در یک گروه دسته بندی شدند.

جدول ۸ سینگل‌کراس فعلی مورد استفاده در تهیه ارقام مقاوم به ریزومانیا (7112*SB36) را با سینگل‌کراس‌های جدید مقایسه کرده است.

جدول ۸ خلاصه نتایج عملکردشکر دو سال و چهار منطقه سینگل کراس‌ها در تلاقی با دو والد گرده‌افشان

درصد عملکرد شکر	والد مادری
۱۱۹/۶۰	(201-25*301-28)-93
۱۱۵/۶۶	(201-9*301-11)-93
۱۱۲/۴۳	(201-25*301-11)-93
۱۰۷/۶۷	(201-9*301-28)-93
۱۰۰/۰۰	7112*SB36

چهار سینگل‌کراسی که از اوتایپ‌های 25-201 و 9-201 و 11-301 و 28-301 تهیه شدند در تلاقی با دو والدپدری مورد استفاده در این تحقیق، از سینگل‌کراس SB36*7112 بهتر بودند. سینگل‌کراس (28-301*25-201) توانست ۱۹/۶ درصد شکر بیشتری نسبت به SB36*7112 تولید کند (جدول ۸).

بحث

زراعت بهاره چغندرقند در ایران، با چالش‌های مهمی شامل بیماری ویروسی ریزومانیا، پوسیدگی‌های ریشه ناشی از بیمارگرهای مختلف و نماتد سیستی روبرو است. با توجه به ماهیت خاکزی بودن عوامل مولد این بیماری‌ها، کاربرد رقم مقاوم/متحمل روشی کارامد و ایمن برای کاهش خسارت این بیماری‌ها می‌باشد. ارقام هیبرید در چغندرقند از سه جز مختلف تهیه می‌شوند. مقاومت هر سه جز به بیماری ریزومانیا اهمیت زیادی دارد (Norouzi *et al*. 2013). در این پروژه از توده‌های اوتایپ 201 و 301 حامل ژن‌های مقاومت به بیماری‌های مذکور، لاین‌هایی به صورت خودگشنی تهیه و در برابر بیماری ریزومانیا در شرایط گلخانه ارزیابی و لاین‌های مقاوم شناسایی، از آنها سینگل‌کراس‌های مختلف تهیه و در نهایت سینگل‌کراس‌ها با دو والدگرده‌افشان SB26-S1-3 (مقاوم به نماتد سیستی) و 93-33345 (مقاوم به پوسیدگی ریزوکتونیایی و پی‌تیومی) تلاقی شدند.

ترکیب‌پذیری و بروز اثر ژن در ترکیب‌های سه طرفه در تهیه هیبریدها صرفاً با ارزیابی عملکرد نهایی امکان‌پذیر است (Mackay and Caligari 2000). لاین‌های اوتایپ مشتق شده از توده‌های 201 و 301 درصد بالای ژن *Rz1* داشتند (جدول ۲) و بروز ژن *Rz1* در هیبرید (28-301*25-201)-93*SB26-S1-3 کامل بود اما در هیبرید (301-25*201-93-33345 * 93-(28 که همه اجزا آن واجد ۱۰۰ درصد حضور ژن *Rz1* بودند، فراوانی حضور آن ۷۸ درصد برآورد شد (جدول ۳). تناقضات بین درصد آلودگی به بیماری ریزومانیا، غلظت ویروس BNYVV در آنها و درصد حضور ژن *Rz1* ناشی از تعداد کم بوته آزمون شده و همچنین بروز فنوتیپ مقاومت است. اگر تعداد بوته‌های آزمون شده (۱۲ عدد) به بیش از ۳۰ عدد برسد نتایج همگرایی بیشتری خواهند داشت. اثر دوز ژن و بروز آن در هیبرید در مطالعات قبلی نشان داده شده است (Norouzi *et al*. 2013 and 2016). این هیبرید به طور معنی‌داری عملکرد شکر بیشتری از ارقام قبلی معرفی شده آریا و اکباتان دارد (جدول ۷) و می‌تواند به عنوان یک رقم جدید جایگزین آنها شود.

یکی دیگر از اهداف این تحقیق، بررسی تهیه رقم هیبرید چغندرقند با استفاده از دو والد (والدگرده‌افشان و والد نرعقیم منوژرم) بود. برای این کار، دو نرعقیم نرمال و محصولی MS452 و MS 7112 با گرده‌افشان SB26-S1-3 تلاقی و هیبریدهای متناظر تهیه شدند. نتایج عملکردشکر دو ساله آنها (جدول ۷) نشان داد که این هیبریدها قادر به رقابت با هیبریدهای سه طرفه مشابه (رقم آریا) نیستند. اگر چه تهیه هیبرید دو طرفه هزینه تولید بذر کمتری دارد اما به دلیل تولید ارقامی که عملکرد کمتری دارند قابل توجیه نیست. به نظر می‌رسد هیبریدهای سه طرفه به دلیل هتروزیس، عملکرد و وضعیت بهتری در مزرعه دارند (Schnable and Springer 2013) و بیشتر مورد توجه هستند. با توجه به این که ریزومانیا از شایعترین بیماری‌های چغندرقند در ایران است (Ebrahim-Ghomi 2016) و در صورتی که هدف تهیه هیبرید دو طرفه باشد، شاید ترکیبات MS201*SB26-S1-3 و MS 201-9*SB26-S1-3 که مقاومت آنها به ریزومانیا محرز شده (جدول ۲) به‌توانند هیبرید مناسبی تولید کنند و پیشنهاد می‌شود این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. تهیه هیبرید MS31714*SB26-S1-3 نیز با توجه به عملکرد هیبریدها در جدول ۶ قابل تأمل و بررسی است.

از انجایی که معرفی رقم جدید در چغندرقند بر مبنای عملکردشکر در قیاس با ارقام شاهد در مناطق عمده مورد نظر می‌باشد، به نظر می‌رسد با توجه به مقاومت والدگرده‌افشان SB26-S1-3 در برابر نماتد سیستی(Esmaeili *et al*. 2018)

و همچنین مقاومت 93-33345 به ریزومانیا (جدول ۲) و پوسیدگی ریشه، می‌توان دو هیبرید (28-301*25-201) SB26-S1-3* و 93-33345* (28-301*25-201) را به عنوان هیبریدهای کاندیدا برای معرفی ارقام جدید به ترتیب مقاوم به ریزومانیا- نماتد سیستی و ریزومانیا- پوسیدگی ریشه به جامعه کشاورزی معرفی نمود.

منابع مورد استفاده: References:

Aghaeezadeh M and Sadeghzadeh Hemayati. Sugar beet breeding. Technical Report, Sugar Beet Seed Institute, No. 56864; S 2020. (in Persian)

Anonymous. Increasing in sugar beet yield through introducing sugar beet monogerm varieties. Sugar Beet Research institute. 2015; 64 pp.

Biancardi E, Lewellen RT, DeBiaggi M, Erichsen AW, Stevanato P. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. Euphytica. 2002; 127: 383-397.

Cook DA, Scott RK. The sugar beet crop. Science into practice (eds). Chapman and Hall, London. 1993, 647 pp.

Dadkhah A. Evaluation resistance of sugar beet varieties to Rizoctonia root rot in Isfahan. (MSc thesis). Tarbiat Modares University. 1999; 120 pp (in Persian)

Darabi S, Bazrafshan M, Babaee B, Mahmoudi SB. Impact of Rhizomania virus on sugar beet yield and qualitative characters. Journal of Applied Researches in Plant Perotection. 2017; 6: 67-82.

Ebrahim-Ghomi M, Mahmoudi B, Rakhshanderoo F, Naderpour M, Norouzi P. Widespread distribution of Beet Necrotic Yellow Vein Virus in iranian sugar beet industry. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2016; 49: 1-10.

Ebrahimi Koulaei H, Mahmoudi SB. Evaluation resistance of sugar beet genotypes to Rhizoctonia root and crown rot in microplot conditions. Proceeding of the18th. Iranian Plant Protection Congress. 2008 Aug 24-27. Hamedan, Iran. (in Persian, abstract in English)

Esmaeili M, Mahmoudi SB, Haydari R. Pathogenicity of different populations sugar beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) on sugar beet genotypes. Iranian Journal of Plant Pathology. 2018; 54(1): 15-26. (in Persian, abstract in English)

Fattahi S, Zafari D, Mahmoudi, SB. Evaluation of superior sugar beet genotypes for resistance to important root rot pathogens in the greenhouse Sugar beet, Journal of Sugar Beet, 2011; 27(1): 25-38. (in Persian, abstract in English)

Ghashghae S, Mahmoudi SB, Rezaee S. Assessment resistance of sugar bet polinatore S1 lines to charocol root rot. Plant Protection (Scentific Journal of Agriculture). 2015; 38(1): 1-9. (in Persian, abstract in English)

Giunchedi L, De Biaggi M, Polini C. Correlaion between tolerance and beet necrotic yellow vein virus in sugar beet genotypes. Phytopathologia Medoterranea. 1987; 26: 23-28.

Grimmer MK, Kraft T, Francis SA, Asher MJC. QTL mapping of BNYVV resistance from the WB258 source in sugar beet. Plant Breeding. 2008; 127: 650- 652.

Mahmoudi SB, Ghashghaee S. Reaction of sugar beet S1 lines and cultivars to different isolates of Macrophomina phaseolina and Rhizoctonia solani AG-2-2IIIB. Euphytica: 2012; 190: 439–445.

Hassani M, Heidari B, Mahmoudi SB, Taleghani D, Stevanato P. Identification of owen-type male sterility maintainers carrying resistance against Rhizoctonia Crown and Root Rot (Rcrr) disease in sugar beet germplasm. Sugar Tech. 2019; https://doi.org/10.1007/s12355-019-00733-w.

Kakueinezhad M, Taheri P, Mahmoudi SB, Tarighi S. Source of resistance to Phythophthora root rot within the genous *Beta*. Euphytica: 2017; 213: 193- 209.

Lewellen RT. Performance of near-isolines of sugar beet with resistance to rhizomania from different sources. Proceedings of the 58th IIRB Congress, Brussels. 1995; 83-92.

Lewellen RT. Registration of CN12 and CN72 sugar beet germplasm populations with resistance to cyst nematode. Crop Science. 2006. 46: 1144-45.

Lewellen RT. Registration of CN927-202, CN926-11-3-22, and CN921-306 sugar beet cyst nematode resistant sugar beet lines. Journal of Plant Registrations. 2007; 1(2): 167-169.

Luterbacher MC, Asher MJC, Beyer W, Mandolino G, Scholten OE, Frese L, Slyvchenko O. Sources of resistance to diseases of sugar beet in related Beta germplasm: II. Soil-borne diseases. Euphytica. 2005; 141(1-2): 49-63.

Mackay IJ, Caligari PDS. Methods of increasing short term response to full-sib family recurrent selection in small populations. Euphytica. 2000; 113: 53-64.

Mahmoudi SB, Mesbah M, Alizadeh A. Pathogenic variability of Rhizoctonia solani in sugar beet. Iranian Journal of Plant Pathology. 2004; 40: 253-280. (in Persian, abstract in English)

Mahmoudi SB, Soltani J. Sugar beet root rot in Iran. Newsletter of Iranian Sugar Industries Research and Training Center. 2005; 16(178), 14-18. (in Persian)

McGrath JM, Hanson LE, Panella L. Registration of SR98 sugar beet germplasm with resistances to Rhizoctonia seedling and crown and root rot diseases. Journal of Plant Registrations. 2015; 9(2): 227-231.

Mesbah M, Orazizadeh MR, Rajabi A, Aghaezadeh M. Introduction of the first Rhizomania resistant sugar beet monogerm hybrid variety (Zarghan). Journal of Sugar Beet Research. 2007; 23: 109-110.

Mohammadin R, Mahmoudi SB, Darabi s, Shahbazi H, Pedram A. Performance of sugar beet hybrids in different levels of Rhizomania disease severity. Journal of Plant Production. 39 27-42.

Mohammadin R, Ghaemi AR, Ashrafmansouri GR, Fotouhi K, Jazaiernoushabad MR. Sugar beet hybrids response to rhizomania disease in the infected fields. Journal of Sugar Beet Research. 2017; 33 17-31.

Norouzi P, Mahmoudi SB, Aghaeizadeh M, Kakuinejad M, Orazizadeh MR, Vahedi S, Fathi MR. Repeatability of some molecular markers linked to rhizomania resistance gene (Rz_1) in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes. Journal of Crop Breeding. 2011; 3: 30-42. (in Persian, abstract in English)

Norouzi P, Rahmani D, Oroojalian S, Mahmoudi SB, Aghaiezadeh M, Kakuienazhad M, Orazizadeh MR, Vahed S, Fathi MR. Confirmation of repulsion molecular markers linked to rhizomania resistance gene (*Rz1*) and evaluation of gene dose effect in sugar beet genotypes. Journal of Sugar Beet. 2013; 29(2): 133-145.

Norouzi P, Sabzehzari M, Zeinali H. Efficiency of some molecular markers linked to rhizomania resistance gene (Rz_1) for marker assisted selection in sugar beet. Journal of Crop Science and Biotechnology. 2015; 18(5): 319-323.

Norouzi P. To develop a SCAR marker linked to rhizomania resistance gene in sugar beet. Modern Genet Journal. 2016; 10(4): 549-556. (in Persian, abstract in English)

Norouzi P, Kakuinejad M, Mahmoudi SB, Darabi S. The relationship between a repulsion molecular marker with the infection severity on field ad the concentration of virus in sugar beet root. Journal of Crop Breeding. 2016; 17: 123-130. (in Persian, abstract in English)

Norouzi P, Stevanato P, Mahmoudi SB, Fasahat P, Biancardi E. Molecular progress in sugar beet breeding for resistance to biotic stresses in sub-arid conditions- current status and perspectives. Journal of Crop Science Biotechnology. 2017; 20 (2): 99-105.

Panella LW, Ruppel EG. Availibility of germplasm for resistance against Rhizoctonia spp. In: Rhizoctonia species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control, eds. Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S. and Dijst, G., pp.515-527. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 1996.

Panella L, Fenwick AL, Stevanato P, Eujayl I, Strausbaugh CA, Richardson KL, Lewellen RT. Registration of FC1740 and FC1741 multigerm, Rhizomania-resistant sugar beet germplasm with resistance to multiple diseases. Journal of Plant Registrations. 2018, https://doi.org/10.3198/jpr2017.07.0042crg.

Pavli OI, Stevanato P, Biankardi E, Skaracis GN. Achievments and prospects in breeding for rhizomania resistance in sugar beet. Field Crop Research. 2011; 122: 165-172.

Sadeghzadeh Hemayati S. Annual reprot of Sugar Beet Seed Institute, year 2017. 2018; 197 pp. (in Persian)

Sadrehneshin SF, Mirzaei Asl A, Mahmoudi SB, Khodaei L. Molecular marker linked to beet cyst resistance gene (genes) originated from *Beta maritima* in sugar beet. 2nd National Conference on Applied Researches in Agriculture Sciences; 2014. Tehran University. (In Persian, abstract in English)

Schnable PS, Springer NM. Progress toward understanding heterosis in crop plants. Annual Review of Plant Biology, 2013; 64:71–88.

Stevanato P, Daniele Trebbi, Panella L, Richardson K, Broccanello Ch, Pakish L, Fenwick AL, Saccomani M. Identification and validation of a SNP Marker linked to the gene HsBvm-1 for Nematode resistance in sugar beet. Plant Moledular Biology Report. 2014; DOI 10.1007/s11105-014-0763-8.

Taleghani D, Sadeghzadeh S, Mesbah M. National sterategic plan for sugar beet research. Sugar beet Research Institute. 2010; 520 pp.

Vahedi S, Rajabi A, Mahmoudi SB, Aghaeezadeh M. Evaluation of different sugar beet populations to beet cyst nematode. Plant Protection.2013; 35(3): 31-43.