

## قابلیت انتقال ژن مقاومت به ریزومانیا از ارقام و توده‌هایی با ساختار ژنتیکی وسیع به رگه‌های چغندر قند

The possibility of transferring of rhizomania resistance genes from  
genetically broad based populations and varieties into sugar beet lines

حسنعلی شهبازی<sup>۱</sup>، سید یعقوب صادقیان مطهر<sup>۲\*</sup>، مسعود احمدی<sup>۳</sup> و جمشید سلطانی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۹

ح. شهبازی، س.ی. صادقیان، م. احمدی و ج. سلطانی. ۱۳۸۹. قابلیت انتقال ژن مقاومت به ریزومانیا از ارقام و توده‌هایی با ساختار ژنتیکی  
وسیع به رگه‌های چغندر قند. مجله چغندر قند ۲۶ (۱) ۳۰-۱۵.

### چکیده

به منظور انتقال مقاومت به بیماری ریزومانیا از ارقام تجاری به رگه‌های چغندر قند، در سال ۱۳۸۶ تلاقی بین ۱۱ رقم تجاری مقاوم به بیماری‌های مهم چغندر قند به عنوان والد گرده افشان با بوته‌های نر عقیم موجود در دو لاین تیپ O دارای ژن‌های خودباروری (۲۳۱ و ۲۶۱) به عنوان والد مادری انجام شده و تعداد ۲۹۹ تک بوته هیبرید برداشت گردید. والد‌های پدری و مادری بر اساس تعداد تک بوته هیبرید تولید شده در داخل ایزوله با یکدیگر مقایسه شدند. هیبریدهای تولید شده در شرایط مزرعه آلوده به ریزومانیا از نظر شاخص زردی برگ‌ها و درصد آلودگی به بیماری ریزومانیا ارزیابی شدند. بین تعداد تک بوته هیبرید برداشت شده از والدین مادری، اختلاف زیادی وجود نداشت. والد مادری ۲۶۱ با ۵۴/۲ درصد، تعداد هیبرید بیشتری را در مقایسه با والد مادری ۲۳۱ با ۴۵/۸ درصد، دارا بود. ولی والدین گرده افشان‌ها از نظر تعداد تک بوته هیبرید برداشت شده با یکدیگر اختلاف زیادی داشتند. تک بوته‌های برداشت شده همچنین از نظر تعداد هیبرید مقاوم تولید شده نیز مقایسه شدند. بین تعداد هیبرید مقاوم حاصل از والدین مادری اختلاف زیادی وجود نداشت، اما والدین گرده افشان‌ها از نظر تعداد هیبرید مقاوم به دست آمده از آن‌ها با یکدیگر اختلاف زیادی داشتند، به طوری که بیشترین تعداد هیبرید مقاوم بر اساس نمره زردی برگ مربوط به نتاج حاصل از والد گرده افشان رقم شماره هفت به میزان ۸۰/۸ درصد و کمترین تعداد هیبرید مقاوم بر این اساس مربوط به نتاج حاصل از والد گرده افشان شماره هشت با صفر درصد بود. بالاترین تعداد هیبرید مقاوم بر اساس درصد آلودگی به ریزومانیا در ریشه (۵۷/۷۰ درصد) به هیبریدهای حاصل از والد گرده افشان شماره هفت و کمترین تعداد هیبرید مربوط به نتاج حاصل از والد‌های گرده افشان دو، هشت، نه و ۱۱ بود. تعداد هیبریدهایی که از والد‌های گرده افشان یک، سه، چهار، پنج، شش، هفت و ۱۰ به دست آمدند، نیز قابل توجه بود. بنابراین، این هیبریدها در تلاقی با رگه‌های تیپ O پتانسیل بیشتری را در تولید نسل‌های در حال تفکیک برای انتقال ژن‌های مقاوم خواهند داشت. بین تک بوته‌های هیبرید برداشت شده والدین مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ از نظر نمره زردی برگ‌ها و شاخص بیماری ریزومانیا اختلاف زیادی مشاهده نشد ولی اختلاف آن‌ها با شاهد‌های مقاوم و متحمل در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. اما بین ۱۱ والد گرده افشان از نظر نمره زردی برگ‌ها و درصد آلودگی به بیماری ریزومانیا اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد وجود داشت، به طوری که کمترین نمره زردی و درصد آلودگی به ریزومانیا در بین گرده افشان‌ها مربوط به رقم شماره هفت و بیشترین آن مربوط به رقم‌های شماره هشت و نه بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال مقاومت، توده، هیبرید، چغندر قند، رگه، ریزومانیا، شاخص آلودگی، لاین

۱- مری پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲- استاد مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال - کرج \*-نویسنده مسئول sadeghian\_56@yahoo.com

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

## مقدمه

بیماری در ریشه‌های فرعی و جلوگیری از حرکت آن به داخل ریشه اصلی، موجب کاهش مایه تلقیح اولیه و خسارت حاصل از آن می‌شوند (Asher et al. 2002). اولین کوشش‌ها به منظور دستیابی به مقاومت علیه بیماری، براساس علائم ایجاد شده در رگه‌ها یا رقم‌هایی که در مزرعه آلوده به ریزومانیا کشت می‌شدند و در زمان برداشت کم‌ترین علائم و خسارت ناشی از بیماری را نشان می‌دادند، شروع شد (Lewellen et al. 1987; Scholten et al. 1996). اولین منبع مقاوم به ریزومانیا در آمریکا پیدا شد. ژرم پلاسما مقاوم دارای یک ژن مقاوم به نام Rz1 بود که به ژن Holly شهرت یافت. این ژن مقاومت نسبی را از طریق جلوگیری از تکثیر ویروس به عمل می‌آورد. اولین رقم تجارتي مقاوم حامل این ژن در ایتالیا به نام Rizor تهیه شد (Scholten and Lange 2000). با توجه به مقاومت موجود در رقم‌های زراعی چغندر قند که توسط یک ژن غالب کنترل می‌شود و سهولت نسبی وارد کردن این ژن به سایر مواد اصلاحی، امروزه از این منبع به‌طور گسترده‌ای در برنامه به‌نژادی چغندر قند استفاده می‌شود (Biancardi et al. 2002; Steddom et al. 2003). به‌هر حال این ژن در شرایط آلودگی شدید بیماری توانائی ایجاد مقاومت در گیاه را ندارد (Lewellen 1995). علاوه بر آن در گونه‌های وحشی هم‌چون *Beta vulgaris* ssp *maritima* منابع مقاومت Wb42 و Wb41\_ که به ترتیب حاوی ژن‌های Rz2 و Rz3 بودند. پیدا شدند (Lewellen et al. 1987; Scholten and Lange

بیماری ریزومانیا یکی از مهم‌ترین بیماری‌های چغندر قند در دنیاست. در سال ۱۹۵۸، ویروس عامل بیماری به نام ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندر قند Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) در ایتالیا به‌عنوان عامل اصلی کاهش دهنده شدید عملکرد ریشه و عملکرد شکر در چغندر قند شناسایی شد. این بیماری به‌واسطه علائم موجود روی ریشه چغندر قند به نام بیماری ریزومانیا نام‌گذاری شد. این بیماری در اکثر نقاط چغندرکاری دنیا- به‌خصوص در آسیا، آمریکای شمالی و اروپا- گسترش یافته است (Asher et al. 2003; Nielsen et al. 2001). این ویروس به‌تنهایی قادر به ایجاد بیماری روی چغندر قند نبوده و در خاک مزرعه توسط قارچ پارازیت اجباری Polymixa beta keskin انتقال می‌یابد (Tamada 1975). کاهش عملکرد و علائم ریزومانیا در رقم‌های حساس بستگی فراوان به حضور و تراکم قارچ ناقل ویروس دارد (Tuitert 1990). اما خود قارچ نقشی در کاهش رشد ریشه چغندر قند ندارد (Rush 2003). علاوه بر وجود قارچ ناقل و ویروس همراه آن در خاک، عوامل دیگری از جمله رطوبت و دمای خاک نقش مهمی در شدت علائم بیماری دارند (Tuitert 1990). خسارت این بیماری معمولاً بیش از ۳۰ درصد و در مواردی به صد در صد نیز رسیده است (Asher 1993). این بیماری با کشت رقم‌های مقاوم یا متحمل قابل کنترل است (Pferdmenges et al., 2008). رقم‌های مقاوم با کاهش تکثیر ویروس عامل

اصفهان، کرمانشاه، همدان، اردبیل، سمنان و لرستان گزارش شده است (ایزدپناه و همکاران ۱۳۷۵؛ دارابی ۱۳۷۷، جعفرپور و همکاران ۱۳۷۹ و تسوده‌فلاح و همکاران ۱۳۷۹). با توجه به روند رو به گسترش بیماری ریزومانیا در کشور و تأثیر مخربی که این بیماری بر عملکرد چغندر قند دارد، تهیه و تولید رقم‌های مقاوم نسبت به این بیماری مورد توجه به‌نژادگران قرار گرفت. اگرچه با استفاده از ژن Holly یک رقم تجارتي مقاوم به ریزومانیا در داخل کشور تهیه شده است، اما از آنجایی که مقاومت به این بیماری پایدار نیست، نیاز به تهیه رقم‌های متعدد با منابع متفاوت مقاومت بالا و یا مقاومت چندگانه به ریزومانیا و ریزوکتونیا است. برای تهیه چنین رقم‌های تجارتي، به پایه مادری و پدری مقاوم حامل ژن‌های مختلف و یا رگ‌های والدینی که هر کدام به یک یا دو بیماری فوق‌الذکر مقاوم باشند، نیاز است.

در این تحقیق، به‌منظور کوتاه کردن دوره به‌نژادی رقم‌های مقاوم، از رقم‌های تجاری هیبرید مقاوم به بیماری‌های مهم ریزومانیا و ریزوکتونیا به‌عنوان والد گرده‌دهنده در تلاقی با رگ‌های تیپ O حساس استفاده شد. از ارزیابی نتایج حاصل به‌همراه رقم‌های تجاری مقاوم در شرایط آلوده، بهترین دورگ‌ها از نظر والد گرده‌افشان و رگ مادری مشخص و پتانسیل نسل‌های F1 برای تهیه نسل‌های در حال تفکیک و رگ‌های خالص مقاوم به بیماری ریزومانیا مشخص شد.

(2005; Gidner et al. 2000). در ضمن ژن Rz4 در همان مکان Rz1 و Rz5 (از منبع WB258) بر روی کروموزوم شماره سه قرار دارد. (Grimmer et al. 2008). به‌نظر می‌رسد این سه ژن در واقع آلل‌های مشابه در یک مکان ژنی هستند (Lein et al. 2007). هم‌گرایی جایگاه‌های ژنی مقاومت به ریزومانیا بر روی کروموزوم شماره سه برای به‌نژادگران محدودیت‌هایی از نظر ترکیب آلل‌های مقاوم از منابع مختلف در یک ژنوتیپ، ایجاد می‌کند (Graham et al. 2009). این ژن‌ها نسبت به ژن قبلی سطوح بالایی، مقاومت به بیماری را نشان دادند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد رقم‌هایی که از تلاقی چغندر قند با گونه‌های وحشی حاصل شده‌اند و دارای ژن‌های مقاوم Rz1 با Rz2 یا Rz3 بودند، نسبت به رقم‌هایی که فقط ژن Rz1 را داشتند، مقاومت بیشتری داشتند (Gidner et al. 2005). طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ در آمریکا، هیبریدهای حامل ژن Rz1 در تعدادی از مزارع آلوده، علائم بیماری ریزومانیا را بروز دادند. این مسئله، تغییر ژنتیکی ویروس و غلبه بر ژن مقاومت را تأیید کرد (Rush et al. 2006). در سال ۲۰۰۶، دو والد گرده‌افشان مقاوم به ریزومانیا به نام‌های FC220 و FC221 در آمریکا تهیه شد که علاوه بر مقاومت به ریزومانیا به سایر بیماری‌ها- از جمله ریزوکتونیا- نیز مقاومت نشان دادند (Panella et al. 2008).

اولین بار در ایران، ریزومانیا توسط ایزدپناه و همکاران (۱۳۷۵) از شیراز گزارش شد و تاکنون از اکثر نقاط چغندرکاری کشور از جمله خراسان، فارس،

## مواد و روش‌ها

به منظور انتقال ژن‌های مطلوب و مقاوم به بیماری‌های مهم چغندر قند- به ویژه بیماری ریزومانیا- از رقم‌های تجاری مقاوم به رگه‌های پیشرفته اوتایپ از دو رگه ۲۶۱ و ۲۳۱ به عنوان والد مادری استفاده شد. در بهار سال ۱۳۸۵، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تعداد ۱۱ رقم دیپلوئید دارای ژن‌های مقاوم به ریزومانیا، ریزوکتونیا و نماتد به عنوان والد گرده افشان با بوته‌های نرعقیم ژنتیکی موجود در داخل دو رگه تیپ O مذکور جهت تلاقی در سال ۱۳۸۶ در نظر گرفته شدند و در سال ۱۳۸۷ نتاج حاصل در قطعه زمین آلوده به ریزومانیا کشت شدند. ویژگی‌های رقم‌های تجاری مورد استفاده در این تحقیق در جدول یک آمده است.

در پاییز سال ۱۳۸۵، ریشه‌های سالم و خوش‌فرم رقم‌های تجاری که در مزرعه آلوده به بیماری ریزومانیا کشت شده بود، انتخاب و برای بهاره شدن در زمستان سیلو شدند. از دو لاین اوتایپ ۲۳۱ و ۲۶۱ نیز اشتکلینگ تهیه و به همراه ریشه‌های گرده افشان‌ها برداشت و سیلو شدند. در بهار سال ۱۳۸۶، در شرایط ایزوله دورگ‌گیری انجام شد. در هر ایزوله، در داخل هر چادر، تعداد ۱۴ خط با فاصله عرضی ۵۰ سانتی‌متر و به طول شش متر در نظر گرفته شد که پنج خط (سه خط سمت راست و دو خط سمت چپ داخل ایزوله) از والد گرده افشان (رقم تجاری مقاوم) و سه خط از تیپ O از رگه ۲۳۱ و سه خط دیگر از تیپ O از رگه ۲۶۱ به عنوان والد‌های مادری در وسط

ایزوله کشت شدند. برای جلوگیری از تداخل بوته‌ها بین هر کدام از والد‌های مادری و پدری یک خط نکاشت منظور شد. فاصله ریشه‌ها روی خط ۵۰ سانتی‌متر بود. قطعات ایزوله به وسیله چادر برزنتی با فاصله یک متر از هم جدا شدند و ارتفاع چادرها ۲/۵ متر بود. ردیف‌های کاشت عمود بر جهت وزش باد در نظر گرفته شدند. در زمان گرده افشانی، در داخل هر اوتایپ بوته‌های گرده‌دهنده حذف و بوته‌های نرعقیم ژنتیکی به عنوان والد مادری حفظ شدند. در طول فصل رشد، مراقبت‌های زراعی لازم شامل آبیاری و کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات انجام گرفت. در اواسط تیر هنگام رسیدن بذر، اقدام به گردآوری بذر شد. برداشت بذر طی چند مرحله و با توجه به رسیدن بذرهای هر بوته انجام شد. بذرهای هر تک‌بوته والد مادری به صورت جداگانه برداشت و شماره‌گذاری شد. به طور کلی از میان تمام تلاقی‌ها، تعداد ۲۹۹ تک‌بوته نرعقیم، تولید بذر هیبرید توده بذرهای هر تک‌بوته هیبرید جداگانه برداشت و بوجاری شدند.

در بهار سال ۱۳۸۷، جهت بررسی مقاومت هیبریدهای FI به بیماری ریزومانیا، هیبریدهای تک‌بوته به صورت جداگانه در یک خط به طول هفت متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در مزرعه آلوده به بیماری ریزومانیا (Hot spot) واقع در کارخانه قند جام کشت شد. بوته‌ها با فاصله ۱۸ سانتی‌متر تنک و در طول فصل رشد هیبریدها از نظر رشد رویشی و زردی برگ‌ها یادداشت برداری شدند.

زردی ناشی از بیماری ریزومانیا بر روی  
برگ‌ها در هر خط بر اساس مقیاس پنج‌گانه پانلا  
(Panella et al. 2008) به شرح ذیل گروه‌بندی شدند:

نمره صفر= برگ‌های سبز تیره، نمره یک= برگ‌های  
سبز، نمره دو= برگ‌های سبز روشن، نمره سه=  
برگ‌های غالباً زرد و نمره چهار= برگ‌های کاملاً زرد  
یکنواخت.

جدول ۱ خصوصیات رقم‌های تجاری گرده‌افشان مورد استفاده در تلاقی

شماره ردیف رقم تجاری	خصوصیات ویژه رقم تجاری	رتبه مقاومت رقم تجاری
۱	مقاوم به ریزومانیا و متحمل به ریزوکتونیا	۱
۲	مقاوم به ریزومانیا	۲
۳	مقاوم به بولتینگ و سرکوسپورا	۲
۴	مقاوم به ریزومانیا	۱
۵	مقاوم به ریزومانیا	۱
۶	مقاوم به ریزومانیا	۲
۷	مقاوم به ریزومانیا و متحمل به ریزوکتونیا	۱
۸	مقاوم به ریزومانیا و متحمل به ریزوکتونیا	۱
۹	مقاوم به ریزومانیا و مقاوم به نماتد	۱
۱۰	مقاوم به ریزومانیا و مقاوم به نماتد	۱
۱۱	مقاوم به ریزومانیا	۱

## نتایج و بحث

### خصوصیات والد‌های پدری

والدهای پدری از نظر رنگ اندام‌های هوایی، یکنواختی در گل‌دهی و وضعیت تولید دانه‌گرده در روی هر بوته مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمامی رقم‌های تجاری، گل‌های پلی‌ژرم تولید کردند. به عبارتی بذرهایی که بر روی والد پدری تولید شدند، دارای دو جوانه یا بیشتر بودند (جدول ۲).

از نظر وضعیت رنگ اندام‌های هوایی، ۱۰ رقم تجاری کاملاً سبز یکنواخت و تنها رقم شماره چهار دارای زردی بیشتری بود. رقم شماره هفت با ۹۵ درصد یکنواختی، بالاترین میزان یکنواختی در گلدهی را به خود اختصاص داد و کمترین میزان یکنواختی گلدهی مربوط به رقم‌های شماره هفت، نه و پنج بود (جدول ۲).

در هنگام برداشت، تعداد ریشه‌های آلوده و سالم در هر خط، شمارش و درصد آلودگی از تقسیم تعداد ریشه‌های آلوده به کل ریشه‌ها محاسبه شد. هیبریدهایی که آلودگی ریشه آن‌ها بالاتر از ۵۰ درصد بود، در گروه هیبریدهای حساس قرار گرفتند و هیبریدهایی که بوته‌های آن‌ها دارای ریشه سالم و عاری از علائم ریزومانیا بودند، به عنوان مقاوم انتخاب شدند. در ضمن، وضعیت گرده‌دهی رقم‌های تجاری، یکنواختی والد‌های گرده‌افشان، مقدار بذر تولید شده بر روی هر کدام از تک بوته‌های مادری و تعداد هیبرید مقاوم تولید شده از هر گرده‌افشان (رقم تجاری) براساس نوع والد مادری (۲۳۱ و ۲۶۱) بررسی و مبنای مقایسه قرار گرفت.

مکمل است. به هر حال، گلدهی و رسیدن همزمان گیاهان یک رگه و یا یک جمعیت در ترکیب‌پذیری و مقدار تولید بذر نتاج هیبرید مؤثر هستند (Sadeghian et al. 1993).

یکنواختی در گلدهی به منزله تشابه نیاز ورنالیزاسیون در تمام بوته‌های یک رقم و در نتیجه تظاهر تقریباً یکسان ژن‌های کنترل‌کننده احتیاج به دمای پایین گیاه قبل از شروع مرحله زایشی و طول روز در فرآیند قبل و بعد از ساقه‌روی است که در واقع دو سیستم ژنتیکی جدا و

جدول ۲ خصوصیات والد‌های گرده‌دهنده از نظر میزان زردی، درصد گلدهی و مقدار گرده‌دهی

رقم تجاری	امتیاز گرده دهی <sup>b</sup>	یکنواختی در گلدهی (درصد)	امتیاز زردی اندام‌های هوایی <sup>a</sup>
۱	۲	۹۰	۵
۲	۱	۸۰	۵
۳	۵	۷۵	۵
۴	۴	۷۰	۴
۵	۲	۷۰	۵
۶	۱	۷۵	۵
۷	۵	۹۵	۵
۸	۳	۹۰	۵
۹	۱	۷۰	۵
۱۰	۳	۸۰	۵
۱۱	۳	۸۰	۵

a = امتیاز پنج رنگ کاملاً سبز و امتیاز یک ب کمترین سبزی و بیشترین مقدار زردی برگ را نشان می‌دهد.

b = امتیاز پنج بیشترین و یک کمترین مقدار گرده‌دهی را نشان می‌دهد.

### تعداد نتاج پایه‌های مادری و پدری

از تلاقی والد‌های پدری با بوته‌های نرعیقیم ژنتیکی موجود در دو رگه اوتایپ در شرایط یکسان، ۲۹۹ نتاج هیبرید به دست آمد. هرچند که تعداد هیبرید از پایه ۲۳۱ معادل ۱۳۵ هیبرید (۵۴/۲ درصد) و از پایه ۲۶۱ برابر ۱۶۱ هیبرید (۴۵/۸ درصد) بود ولی با توجه به آزمون کای‌اسکور بین دو پایه مادری از نظر تعداد نتاج هیبرید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در عین حال، بین پایه‌های پدری از نظر تعداد نتاج اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. این مسئله می‌تواند مربوط به تفاوت درصد نرعیقیمی و

به‌طور کلی وضعیت تولید دانه‌گرده در والد‌های پدری در مقایسه با یک والد گرده‌افشان معمولی به صورت محسوسی پائین‌تر بود و رقم‌های مورد استفاده از این نظر، با یکدیگر اختلاف داشتند. در رقم‌های دو، شش و نه، دانه‌گرده به وضوح مشاهده نشد ولی رقم‌های هفت و سه نسبت به سایر رقم‌های تجاری، دانه‌گرده فراوان‌تری تولید و شاید به همین دلیل، این رقم‌ها بیشترین نتاج هیبرید را تولید کردند (جدول ۲).

افزایش پتانسیل کمی و کیفی لاین‌های نوترکیب بسیار اهمیت دارد (Bosemark 1993). از مجموع ۲۹۶ هیبرید، ۳۱ هیبرید مقاوم بودند که از این تعداد ۱۶ و ۱۵ هیبرید به ترتیب مربوط به والد مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ بود (جدول ۳).

بر اساس مقدار زردی برگ، تعداد ۴۸ هیبرید (۳۲/۵ درصد از کل هیبریدها) از والد مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ (حدود ۱۶ درصد) انتخاب شدند. اما بر اساس درصد آلودگی ریشه که بعد از برداشت انجام شد، حدود ۳۱ درصد کل هیبریدها مقاوم بودند. این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس زردی برگ، اگرچه تا حدی ملاک خوبی برای ارزیابی مقاومت است، ولی کافی نیست. در شرایطی که مزرعه آزمایشی بسیار آلوده باشد، در ارزیابی مشاهده‌ای، ژنوتیپ‌های حساس و نسبتاً حساس را می‌توان به‌آسانی تشخیص داد ولی سالم بودن ریشه‌ها از نظر وضعیت آلودگی نیز مشاهده و باید ریشه‌های سالم از آلوده جدا شوند. در عین حال، غربال کردن دقیق ژنوتیپ‌ها از طریق آزمون الیزا یا نشانگر ملکولی به‌همراه اطلاعات زراعی با دقت بیشتری امکان‌پذیر است (Amiri et al. 2003). به‌هر حال، در زمانی که تعداد ژنوتیپ‌ها زیاد هستند، ارزیابی مشاهده‌ای توصیه می‌شود، ولی پس از انتخاب لاین‌ها و تثبیت نرعی، ارزیابی لاین‌های مقاوم از طریق نشانگرهای مولکولی و آزمون الیزا اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

همچنین قابلیت ترکیب‌پذیری بیشتر پایه ۲۶۱ در توانائی تولید بذر هیبرید باشد. بیشترین تعداد هیبرید مربوط به والد مادری ۲۳۱ در تلاقی با والد‌های پدری شماره شش و چهار به تعداد ۱۸ هیبرید (شش درصد) و کمترین تعداد مربوط به والد پدری شماره پنج به تعداد شش هیبرید (دو درصد) به‌دست آمد. بیشترین تعداد نتاج هیبرید والد مادری ۲۶۱ با والد پدری شماره دو به تعداد ۲۳ هیبرید (۷/۷ درصد) و کمترین آن با والد پدری هشت به تعداد پنج هیبرید (۱/۷ درصد) حاصل شد (جدول ۳).

در طول فصل رشد، میزان آلودگی هیبریدها به بیماری ریزومانیا در مزرعه براساس سبزی‌نگی برگ‌ها رتبه‌بندی شدند که ۴۸ هیبرید از نظر سبز بودن برگ، امتیاز ممتاز دریافت کردند و ۲۲ هیبرید متعلق به پایه ۲۳۱ و ۲۶ هیبرید مربوط به پایه ۲۶۱ بود. در هنگام برداشت، ریشه‌های هر هیبرید بر اساس علائم بیماری ریزومانیا به‌صورت مشاهده‌ای مقایسه و هیبریدهایی که بیشتر از ۵۰ درصد بوته‌های آن‌ها آلودگی داشتند در گروه هیبریدهای حساس و در غیر این‌صورت، در گروه هیبریدهای مقاوم دسته‌بندی شدند. از این هیبریدها می‌توان برای تکوین لاین‌های اوتایپ و نرعی مقاوم به بیماری استفاده کرد. ایجاد نسل‌های بک‌کراس از تلاقی بین هیبریدهای F1 مقاوم با ژنوتیپ‌های نرعی ژنتیکی و یا ایجاد نسل F2 از طریق خودگشتی F1ها منجر به لاین‌های نوترکیب می‌شود که در این راستا، گزینش دوره‌ای با استفاده از ژن‌های نرعی ژنتیکی در

جدول ۳ فراوانی و درصد هیبرید تولید شده از والد‌های مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ در تلاقی با والد‌های گرده‌افشان

تعداد کل هیبرید	تولید هیبرید (%)	تعداد هیبرید مقاوم بر اساس شاخص زردی برگ	درصد هیبرید مقاوم بر اساس شاخص زردی برگ	تعداد هیبرید مقاوم بر اساس شاخص آلودگی ریشه	درصد هیبرید مقاوم بر اساس شاخص آلودگی ریشه	منشا هیبرید	
						پایه مادری	پایه پدری
۲۸	۹/۴	۱	۳/۶	۱	۳/۶		۱
۱۲	۴/۰	۱	۳/۶	۰	۰/۰	۲۳۱	
۱۶	۵/۴	۰	۰/۰	۱	۳/۶	۲۶۱	
۳۳	۱۱/۰	۳	۹/۱	۰	۰/۰		۲
۱۰	۳/۳	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۳۱	
۲۳	۷/۷	۳	۹/۱	۰	۰/۰	۲۶۱	
۳۰	۱۰/۰	۱۲	۴۰/۰	۸	۲۶/۷		۳
۱۸	۶/۰	۷	۲۳/۳	۴	۱۳/۳	۲۳۱	
۱۲	۴/۰	۵	۱۶/۷	۴	۱۳/۳	۲۶۱	
۲۴	۸/۰	۲	۸/۳	۳	۱۲/۵		۴
۱۲	۴/۰	۲	۸/۳	۲	۸/۳	۲۳۱	
۱۲	۴/۰	۰	۰/۰	۱	۴/۲	۲۶۱	
۱۷	۵/۷	۲	۱۱/۸	۲	۱۱/۸		۵
۶	۲/۰	۱	۵/۹	۱	۵/۹	۲۳۱	
۱۱	۳/۷	۱	۵/۹	۱	۵/۹	۲۶۱	
۳۵	۱۱/۷	۲	۵/۷	۱	۲/۹		۶
۱۸	۶/۰	۱	۲/۹	۱	۲/۹	۲۳۱	
۱۷	۵/۷	۱	۲/۹	۰	۰/۰	۲۶۱	
۲۶	۸/۷	۲۱	۸۰/۸	۱۵	۵۷/۷		۷
۱۱	۳/۷	۸	۳۰/۸	۷	۲۶/۹	۲۳۱	
۱۵	۵/۰	۱۳	۵۰/۰	۸	۳۰/۸	۲۶۱	
۱۳	۴/۳	۰	۰/۰	۰	۰/۰		۸
۸	۲/۷	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۳۱	
۵	۱/۷	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۶۱	
۲۷	۹/۰	۲	۷/۴	۱	۳/۷		۹
۱۲	۴/۰	۲	۷/۴	۱	۳/۷	۲۳۱	
۱۵	۵/۰	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۶۱	
۳۳	۱۱/۰	۱	۳/۰	۰	۰/۰		۱۰
۱۵	۵/۰	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۳۱	
۱۸	۶/۰	۱	۳/۰	۰	۰/۰	۲۶۱	
۳۳	۱۱/۰	۲	۶/۱	۰	۰/۰		۱۱
۱۵	۵/۰	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۲۳۱	
۱۸	۶/۰	۲	۶/۱	۰	۰/۰	۲۶۱	
۲۹۹	۱۰۰	۴۸	۱۶/۰۵	۳۱	۱۰/۳۷		کل

زرد رنگ نیز وجود داشت ولی گیاهان آلوده به صورت لکه‌های نامنظم در مزرعه پراکنده بودند و رنگ برگ‌ها از سبز روشن تا زرد تغییر می‌کرد (Asher et al. 2002). برای گزینش اولیه

لازم به توضیح است که در مشاهدات مزرعه‌ای، هیبریدهایی وجود داشتند که دارای برگ‌های کاملاً سبز ولی ریشه‌های کاملاً آلوده به ریزومانیا بودند. همچنین ریشه‌های کاملاً سالم با برگ‌های تقریباً



نتایج این آزمایش نشان داد که رقم‌های شماره هفت و سه نسبت به سایر رقم‌های تجاری (والدین پدری) مقاومت را به تعداد نتاج بیشتری منتقل کردند. اگرچه تعداد کل هیبریدهای به‌دست آمده از رقم شماره هفت و سه کمتر از بعضی رقم‌های دیگر مثل شماره شش بوده است ولی درصد هیبریدهای مقاوم آن‌ها از سایر رقم‌های تجاری بیشتر بود. برعکس هیبریدهایی که از رقم شماره شش با بالاترین ترکیب‌پذیری (حدود ۳۵ هیبرید) به‌دست آمد تنها دو هیبرید در گروه نتاج مقاوم قرار گرفت. این موضوع نشان می‌دهد که ژن‌های عامل مقاوم در این رقم‌های به نتاج منتقل نشده‌اند.

از هیبریدهای مقاومی که بر اساس نمره زردی برگ و شاخص آلودگی به ریزومانیا انتخاب شدند، در رابطه با رقم شماره سه به نسبت مساوی چهار هیبرید برای پایه‌های مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ به‌دست آمد. در رقم شماره هفت این نسبت مساوی برای دو پایه مادری و معادل هشت عدد بود. پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رقم‌هایی مثل رقم شماره شش، والد پدری مناسبی برای انتقال ژن(های) مقاوم نیستند و یا ژنوتیپ‌ها برای ژن مقاوم هتروزیگوت بودند (جدول ۳).

### ارزیابی شاخص‌های زردی برگ و آلودگی ریشه بیماری ریزومانیا

#### الف - نمره زردی

هیبریدهای به‌دست آمده از والد مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ از نظر نمره زردی برگ در طول فصل رشد با

ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری در داخل جمعیت‌های در حال تفرق که به‌نژادگر با مواد گیاهی زیادی روبرو است، شاخص وضعیت علایم بیماری روی ریشه معیار مناسبی محسوب می‌شود.

از مجموع ۲۹۶ هیبرید تهیه شده، بیشترین تعداد مربوط به والد پدری شماره چهار و شش در تلاقی با رگه ۲۳۱ (به‌میزان شش درصد) و در تلاقی با رگه ۲۶۱ (به‌میزان ۷/۷ درصد) بود. به‌طور متوسط، کمترین تعداد مربوط به رقم شماره هشت (به‌میزان ۲/۷ درصد با لاین ۲۳۱ و ۱/۷ درصد با لاین ۲۶۱) به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به این که شرایط تولید بذر برای کلیه والدهای پدری تقریباً مشابه بود، اختلاف زیادی بین والدهای پدری از نظر تولید بذر هیبرید وجود داشت که این موضوع به ساختار ژنتیکی والدهای گرده‌افشان از نظر ترکیب‌پذیری بازمی‌گردد (Sadeghian et al. 1993).

از ۴۸ نتاج انتخابی مقاوم - بر اساس رنگ برگ - بیشترین تعداد معادل ۲۱ هیبرید (۸۰/۸ درصد) مربوط به رقم شماره هفت و ۱۲ هیبرید (۴۰ درصد) مربوط به والد پدری شماره سه بود. از والد پدری شماره هشت هیچ‌گونه بذر مقاومی به‌دست نیامد (جدول ۳). با توجه به آلودگی ظاهری ریشه‌ها، حدود ۳۱ هیبرید انتخاب شد. بیشترین تعداد (۱۵ هیبرید) یعنی حدود ۵۷/۷ درصد مربوط به والد پدری شماره هفت بود. همه نتاج حاصل از رقم‌های شماره دو، هشت، ۱۰ و ۱۱ در گروه رقم‌های حساس قرار گرفتند.

یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. متوسط امتیاز زردی برگ برای هیبریدهای حاصل از پایه مادری ۲۶۱ و ۲۳۱ به ترتیب ۲/۲۵ و ۲/۲۳۱ بود، ولی اختلاف بین والدین مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ با شاهد‌های مقاوم و متحمل وجود داشت. به طوری که میانگین نمره زردی هیبریدهای حاصل از لاین‌های مادری به صورت معنی‌داری نسبت به هر دو شاهد پایین تر بود (جدول ۴).

جدول ۴ شاخص نمره زردی برگ‌ها و درصد آلودگی ریشه به ریزومانیا در نتاج والد مادری ۲۶۱ و ۲۳۱

اورژین	آلودگی ریشه به ریزومانیا (%)	نمره زردی (۰-۳)
والد مادری 231	۲۵ b	۲/۲۵ b*
والد مادری 261	۲۲ b	۲/۳۶ b
شاهد متحمل (بالک شیراز)	۹ a	۰/۰۰ a
شاهد مقاوم (دورتنی)	۰ a	۰/۰۰ a

\* مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد.

بین نتاج والدین گرده‌افشان اختلاف شدید و معنی‌داری از نظر نمره زردی در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. کمترین نمره زردی مربوط به رقم‌های شماره هفت و سه به ترتیب به میزان ۰/۹۹ و ۱/۵۸ و نمره شاهد مقاوم معادل ۰/۰۲ بود. بیشترین نمره زردی - یا به عبارتی حساس‌ترین آن‌ها - هیبریدهای حاصل از رقم‌های شماره‌های هشت، نه و شش بود و مقاوم‌ترین آن‌ها، هیبریدهای حاصل از رقم‌های شماره هفت و سه بود (جدول ۵).

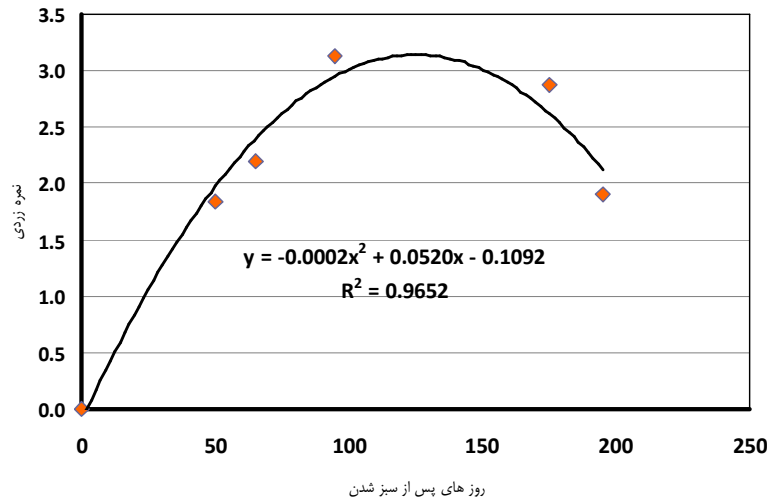
جدول ۵ گروه‌بندی میانگین نمره زردی برگ‌ها و شاخص آلودگی به ریزومانیا در والد پدیری رقم‌های تجاری

اورژین	درصد شاخص آلودگی به ریزومانیا	متوسط نمره زردی در کل فصل
۱	۶۰ c	۲/۵۲ defg*
۲	۱۰۰ c	۲/۴۱ def
۳	۲۴ c	۱/۵۸ c
۴	۳۷ c	۲/۵۶ defg
۵	۱۷ c	۲/۲۰ d
۶	۶۲ c	۲/۷۸ g
۷	۱۵ b	۰/۹۹ b
۸	۱۰۰ c	۲/۷۱ efg
۹	۵۹ c	۲/۷۵ fg
۱۰	۱۰۰ c	۲/۵۹ defg
۱۱	۱۰۰ c	۲/۳۳ de
شاهد متحمل (بالک شیراز)	۹ a	۰/۰۵ a
شاهد مقاوم (دورتنی)	۱ a	۰/۰۲ a

\* اعداد دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

رقم‌های مقاوم بر اساس نمره زردی برگ حدود ۱۱۰ روز پس از کاشت است. در این زمان، بیشترین اختلاف بین رقم‌های مقاوم و حساس از نظر رنگ‌پریدگی برگ وجود داشت (شکل ۱).

به‌طور کلی در اکثر هیبریدها مقدار زردی در ابتدای فصل رشد بسیار کم ولی در اواسط فصل رشد به حداکثر خود رسید و مجدداً در انتهای فصل رشد روند نزولی پیدا کرد. با توجه به الگوی زرد شدن برگ‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین زمان انتخاب



شکل ۱ رابطه تغییرات زردی برگ هیبریدهای چغندر قند در طول فصل رشد در شرایط آلودگی به ریزومانیا

یکدیگر و به ترتیب معادل ۰/۲۵ و ۰/۲۲ درصد بود و در مقایسه با شاهد مقاوم (دورتنی) در گروه آماری بالاتری قرار داشت. این موضوع نشان داد با وجود این‌که هیبریدهای پایه ۲۶۱ علایم زردی بیشتری داشتند، ولی ریشه هیبریدهای مقاوم برداشت شده از این پایه، از علایم ریزومانیا کمی در روی ریشه برخوردار بودند (جدول ۴).

والدین گرده‌افشان از حیث شاخص آلودگی به بیماری ریزومانیا با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد داشتند و تنها هیبریدهای حاصل از رقم شماره هفت، کمترین آلودگی (به‌میزان ۱۵ درصد) را

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، زرد شدن برگ‌ها یک شاخص مشاهده‌ای دقیق در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم در تمام مراحل رشد گیاه نیست. در حالت کلی، زردی هیبریدهای حاصل از والد‌های مادری ۲۶۱ نسبت به ۲۳۱ اندکی بالاتر بود.

#### ب- شاخص آلودگی به بیماری ریزومانیا

بین نتایج لاین‌های ۲۳۱ و ۲۶۱ از حیث شاخص آلودگی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در عین حال، اختلاف میانگین نتایج این والدین در مقایسه با شاهد‌های مقاوم و حساس معنی‌دار بود. میزان آلودگی در میانگین نتایج والدین ۲۳۱ و ۲۶۱ نزدیک به

تولید تعداد نتاج به دست آمده در تلاقی با پایه مادری اختلاف معنی داری داشتند، ولی والدین مادری از این حیث با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. از نظر انتقال مقاومت از پایه‌های گرده‌افشان به هیبریدها، اختلاف خیلی زیادی در بین والدین پدری وجود داشت. رقم تجاری شماره هفت و سه بیشترین مقاومت را به هیبریدها منتقل کردند ولی والدین مادری ۲۳۱ و ۲۶۱ از این حیث اختلاف ناچیزی داشتند. از نظر شاخص‌های زردی در بین نتاج حاصل از پایه‌های گرده‌افشان، اختلاف معنی داری در بین والدین پدری وجود داشت، ولی بین والدین مادری اختلاف زیادی وجود نداشت. از نظر شاخص آلودگی ریشه به ریزومانیا بین والدین مادری اختلاف زیادی نبود ولی بین پایه‌های گرده‌افشان اختلاف معنی داری وجود داشت. از آنجایی که، چغندر قند یک گیاه زراعی با سابقه تقریباً ۲۰۰ ساله است، ظرفیت ژنتیکی بسیار محدودی در مقایسه با گیاهانی مثل ذرت و یا جو دارد. بنابراین، به دلیل محدود بودن خزانه ژنتیکی این گیاه، افزایش تنوع ژنتیکی و یا ظرفیت ژنتیکی آن با معرفی ژن‌های مفید از سایر گونه‌های جنس *Beta* و یا رقم‌های تجاری موجود بسیار مفید است (Bosemark 1979; Panella and Lewellen 2007). در راستای این هدف در این پروژه، تعداد ۳۱ ژرم‌پلاسم مقاوم معرفی شدند که محققین به‌نژادی می‌توانند در برنامه‌های کوتاه‌مدت و یا میان‌مدت خود از ژن‌های مفید موجود در این مواد ژنتیکی - که خاصیت گرده‌دهی مناسب و در واقع ترکیب‌پذیری بالایی در جهت تولید نتاج بارور دارند - استفاده کنند.

دارا بود (جدول ۵) و این در حالی بود که در رقم شاهد مقاوم، مقدار آن برابر یک درصد بود. در نتاج گرده‌افشان‌های شماره دو، هشت، ۱۰ و ۱۱ بیشترین میزان آلودگی به بیماری ریزومانیا (برابر با ۱۰۰ درصد) مشاهده شد. در نتاج حاصل از رقم‌های شماره پنج و سه، مقدار آلودگی به بیماری ریزومانیا تا حدی پایین بود (جدول ۵).

### خصوصیات هیبریدهای مقاوم انتخابی

هیبریدهای تولیدی که در مزرعه آلوده کشت شدند و آن‌هایی که دارای مقاومت به بیماری ریزومانیا و پوسیدگی ریشه بودند، طی دو مرحله در هنگام برداشت در مزرعه و مجدداً در هنگام سیلوی ریشه‌ها، بر اساس مشاهدات مزرعه‌ای (شاخص آلودگی به بیماری ریزومانیا و نمره زردی و ...) انتخاب شدند. در هنگام برداشت، تعداد ۳۱ شماره بذر هیبرید انتخاب و مجدداً در انتخاب هنگام سیلو کردن ریشه‌ها به ۲۰ شماره تقلیل پیدا کرد. این ۲۰ شماره بذر هیبرید، پس از سیلو در اسفند همان سال در محیط ایزوله کشت و در اواخر تابستان بذر آنها به صورت بالک برداشت شد. از این ۲۰ هیبرید در پروژه‌های اصلاحی جدید استفاده شد (جدول ۷).

### نتیجه‌گیری

رقم‌های گرده‌افشان از حیث نمره زردی، یکنواختی و گل‌دهی و میزان دانه‌گرده با یکدیگر تفاوت‌های ظاهری دارند. والدین گرده‌افشان از نظر

جدول ۷ درصد آلودگی به ریزومانی و شاخص نمره زردی برگ طی فصل رشد در هیبریدهای مقاوم انتخابی

ردیف	هیبرید تولیدی		اول فصل	اواسط فصل	پایان فصل	میانگین	آلودگی به بیماری ریزومانی (%)	انتخاب در مزرعه (برداشت)	انتخاب برای (سیلو)
	والد پدری	والد مادری							
۱	۵	۲۳۱	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۰	بله	بله
۲	۷	۲۳۱	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۰	بله	بله
۳	۳	۲۳۱	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۰/۰	بله	بله
۴	۳	۲۶۱	۳/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۰	بله	بله
۵	۷	۲۶۱	۴/۰	۲/۰	۴/۰	۳/۰	۰/۰	بله	بله
۶	۷	۲۳۱	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۰/۰	بله	بله
۷	۷	۲۶۱	۲/۰	۲/۰	۱/۰	۱/۷	۰/۰	بله	بله
۸	۷	۲۶۱	۳/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۱	بله	-
۹	۷	۲۳۱	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۰/۱	بله	بله
۱۰	۷	۲۶۱	۲/۵	۳/۰	۳/۰	۲/۸	۰/۱	بله	بله
۱۱	۷	۲۶۱	۳/۵	۲/۰	۴/۰	۳/۲	۰/۱	بله	بله
۱۲	۷	۲۶۱	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۲	بله	بله
۱۳	۴	۲۳۱	۳/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۰/۲	بله	بله
۱۴	۷	۲۳۱	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۲	بله	بله
۱۵	۳	۲۶۱	۴/۰	۲/۰	۴/۰	۳/۰	۰/۲	بله	بله
۱۶	۷	۲۶۱	۴/۰	۲/۰	۴/۰	۳/۳	۰/۲	بله	بله
۱۷	۷	۲۶۱	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۳/۷	۰/۲	بله	بله
۱۸	۳	۲۳۱	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۲/۳	۰/۳	بله	-
۱۹	۳	۲۶۱	۲/۰	۲/۰	۱/۰	۱/۷	۰/۴	بله	-
۲۰	۳	۲۳۱	۴/۰	۲/۵	۴/۰	۳/۵	۰/۴	بله	بله
۲۱	۷	۲۳۱	۴/۰	۲/۰	۴/۰	۳/۳	۰/۵	بله	بله
۲۲	۵	۲۶۱	۲/۵	۲/۰	۴/۰	۲/۸	۰/۵	بله	-
۲۳	۷	۲۳۱	۰/۵	۰/۰	۱/۰	۰/۵	۰/۵	بله	-
۲۴	۴	۲۳۱	۲/۵	۲/۰	۳/۰	۲/۵	۰/۵	بله	-
۲۵	۷	۲۳۱	۳/۵	۳/۰	۴/۰	۳/۵	۰/۹	بله	-
۲۶	۳	۲۶۱	۳/۰	۱/۰	۴/۰	۲/۷	۰/۹	بله	بله
۲۷	۳	۲۳۱	۳/۰	۱/۰	۳/۰	۲/۳	۰/۹	بله	-
۲۸	۹	۲۳۱	۲/۵	۱/۰	۳/۰	۲/۲	۱/۵	بله	-
۲۹	۱	۲۶۱	۳/۰	۲/۰	۳/۰	۲/۷	۱/۵	بله	-
۳۰	۶	۲۳۱	۱/۵	۱/۰	۲/۰	۱/۵	۱/۶	بله	-
۳۱	۴	۲۶۱	۱/۵	۱/۰	۲/۰	۱/۵	۱/۸	بله	بله
۳۲	بالک شیراز (شاهد متحمل)		۴/۰	۱/۰	۴/۰	۴/۰	۰/۱		
۳۳	شاهد حساس (رسول)		۳/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۱۰۰		
۳۴	شاهد مقاوم (دورتی)		۴/۰	۴/۰	۴/۰	۴/۰	۰/۰		

### تشکر و قدر دانی

ربیعی و مهندس سالاری خواه) و مدیریت بخش چغندر قند و تکنسین های بخش چغندر قند (آقایان جواد محزونی و حسین محمدی حزا) به خاطر زحمات بی دریغانه اشان تشکر و قدردانی می شود.

از مدیریت مؤسسه تحقیقات چغندر قند و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که امکانات اجرای پروژه را فراهم کردند و هم چنین از مدیریت و کارشناسان کارخانه قند جام (آقایان مهندس

### References:

### منابع مورد استفاده:

- توده فلاح، م. ارجمند، م. ن. و محمودی س. ب. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت آلودگی و پراکنش بیماری ریزومانیا چغندر قند در ایران. خلاصه مقالات چهاردهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان جلد دوم ص. ۷۲.
- ایزدپناه، ک. هاشمی، پ. کامران، ر. و معصومی، م. ۱۳۷۵. وجود گسترده بیماری ریشه ریشی چغندر قند (شبه ریزومانیا) در فارس. بیماری های گیاهی، جلد ۳۲. ص. ۲۰۰.
- جعفرپور، ب. و فلاحی رستگار، م. ۱۳۷۹. شیوع بیماری ریزومانیا در استان خراسان. خلاصه مقالات چهاردهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان. جلد دوم صفحه ۷۳.
- دارابی، س. ۱۳۷۷. تشخیص، خالص سازی و پراکندگی ویروس عامل ریشه گنایی چغندر قند در فارس و برخی استان های دیگر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ص. ۱۰۹.
- Amiri R, Moghaddam M, Mesbah M, Sadeghian SY, Izadpanah K. The inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus (BNYVV): In *B. vulgaris subsp. maritima*, accession WB42: Statistical comparisons with Holly-1-4. *Euphytica*. 2003; 132: 363-373.
- Asher MJC. Rhizomania. In: Cooke DA and Scott RK (Eds). *The Sugar Beet Crop. Science into Practice*. 1993; PP 311-346. Chapman & Hall, London.
- Asher MJC, Chwarszczynska DM, Leaman M. The evaluation of rhizomania resistant sugar beet for the UK. *Ann. Appl. Biol.* 2002; 141: 101-109.
- Asher MJC, Chwarszczynska DM, Leaman M. The evaluation of rhizomania resistant sugar beet for the UK. *Annals of Applied Biology*. 2003; 141: 101-109.

- Biancardi E, Lewellen RT, De Biaggi M, Erichsen AW, Stevanato P. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica*. 2002; 127: 383–397.
- Bosemark NO. Genetic poverty of the sugar beet in Europe. Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops. Wageningen, 1978. Pudoc, Wageningen. 1979.
- Bosemark NO. Genetics and breeding. In: Cooke DA and Scott RK (Eds). *The Sugar Beet Crop. Science into Practice*. 1993; PP 311-346. Chapman & Hall, London.
- Gidner S, Lennefors BL, Nilsson NO, Bensefelt J, Johansson E, Gyllenspetz U, Kraft T. QTL mapping of BNYVV *resistance* from the WB41 source in sugar beet. *Genome*. 2005; 48: 279–285.
- Grimmer MK, Kraft T, Francis SA, Asher MJC. QTL mapping of BNYVV resistance from the WB258 source in sugar beet. *Plant Breeding*. 2008.
- Graham RD, Mcgrann T, Grimmer MK, Mustasa-Gottgens ES, Stevens M. Plant diseases that changed the world. Progress towards the understanding and control of sugar beet, rhizomania disease. *Molecular Plant Pathology*. 2009; 10(1): 129–141.
- Lein JC, Asbach K, Tian Y, Schulte D, Li C, Koch G, Jung C, Cai D. Resistance gene analogues are clustered on chromosome 3 of sugar beet and cosegregate with QTL for rhizomania resistance. 2007 *Genome* 50: 61—71.
- Lewellen, RT. Performance of near-isolines of sugarbeet with resistance to rhizomania from different sources. Proceedings of the 58<sup>th</sup> Congress of the IIRB. 1995; PP. 83–92. Institut International de Recherches Betteravieres, Brussels.
- Lewellen RT, Skoyen IO, Erichsen AW. Breeding sugar beet for resistance to rhizomania: evaluation of host–plant reactions and selections for and inheritance of resistance. In: Proceedings of the 50<sup>th</sup> Winter Congress of the IIRB, 1987. International Institute for Beet Research, Brussels. 1987; pp 139–156.
- Nielsen SL, Nicolaisen M, Scheel C, Dinesen IG. First record of beet necrotic yellow vein virus in Denmark. *Plant Disease*. 2001; 85: 559.

- Panella L, Lewellen RT. Broadening the genetic base of sugar beet: Introgression from wild relatives. *Euphytica*. 2007; 154: 382–400.
- Panella L, Lewellen RT, Linda E. Breeding for multiple disease resistance in sugar beet: Registration of FC220 and FC221. *Journal of Plant Registrations*. 2008; 2: 146-155.
- Pferdmenges F, Korf H, Varrelmann M. Breaking of Beet necrotic yellow vein virus resistance in sugar beet is independent of virus and vector inoculum densities. *European Journal of Plant Pathology*. 2008; Doi: 10.1007/s10658-008-9408-9.
- Rush CM. Ecology and epidemiology of Benyviruses and plasmodiphorid vectors. *Annual Review of Phytopathology*. 2003;41: 567–592.
- Rush CM, Heidel G. Furovirus diseases of sugar beets in the United States. *Plant Dis*. 1995; 79: 868-875.
- Rush CM, Liu HY, Lewellen RT, Acosta-Leal R. The continuing saga of rhizomania of sugar beets in the United States. *Plant Dis*. 2006; 90: 4–15.
- Sadeghian SY, Becker H, Johansson E. Inheritance of bolting in three sugar beet crosses after different period of verbalization. *Plant reeding*. 1993; 110: 328-333.
- Scholten OE, Jansen RC, Keizer LCP, De Bock TSM, Lange W. Major genes for resistance to Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in *Beta vulgaris*. *Euphytica*. 1996; 91: 331–339.
- Scholten OE, Lange W. Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: A review. *Euphytica*. 2000; 112: 219–231.
- Steddom K, Heidel G, Jones D, Rush C M. Remote detection of rhizomania in sugar beets. *Phytopathology*. 2003; 93:720-726.
- Tamada T. Beet necrotic yellow vein virus. *CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses*. 1975; No. 144.
- Tuitert G. Assessment of the inoculum potential of *Polymyxa betae* and beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in soil using the most probable number method Netherlands, *Journal of Plant Pathology*. 1990; 96: 331–341b.