



ارتباط بین یک نشان گر مولکولی ناجفت با شدت آلودگی به ریزومانیا در مزرعه و غلظت ویروس در ریشه چغندر قند

پیمان نوروزی^۱، مزده کاکوئی نژاد^۲، سید باقر محمودی^۳ و سعید دارابی^۴

۱- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، (نویسنده مسئول: norouzi@sbsi.ir)

۲ و ۳- پژوهشگر و دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۴- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۲

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، تعیین رابطه بین یک نشان گر مولکولی ناجفت با مقاومت به ریزومانیا در شرایط مزرعه آلوده و نیز با غلظت ویروس در ریشه چغندر قند (مقادیر جذب الایزا) بوده است. برای این کار ژنوتیپ‌های مورد نظر در منطقه آلوده شیراز در قالب طرح بلوک کامل تصادفی کشت شدند. در اواخر فصل ریشه‌ها برداشت شده و نمره آلودگی ریشه برای هر یک از کرت‌ها و نیز برای سه بوته در هر کرت از ۱۶ ژنوتیپ منتخب مشخص شد. هم‌چنین از گیاهان منتخب نمونه‌برداری برگ و ریشه صورت گرفت. سپس در آزمایشگاه از ریشه گیاهان عصاره‌گیری و آزمون الایزا و از برگ گیاهان، استخراج DNA و آزمون مولکولی نشان گر انجام گرفت. در آزمون مولکولی، آغازگرهای مربوط به یک نشان گر ناجفت روی DNA تک بوته‌ها با روش RAPD-PCR آزمون و حضور و عدم حضور نشان گر در تک بوته‌ها مشخص شد. سپس تجزیه واریانس و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و نیز تجزیه خوشه‌ای آن‌ها برای صفات مقاومت مزرعه‌ای و عدد جذب الایزا انجام شد. ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر جذب الایزا و بر اساس شدت آلودگی ریشه در مزرعه به چهار گروه مقاوم، نسبتاً مقاوم، نسبتاً حساس و کاملاً حساس دسته‌بندی شدند. در مرحله بعد ارتباط بین نتایج نشان گر، نتایج الایزا و شدت آلودگی ریشه در مزرعه به صورت مقایسه جفتی بررسی شد. نتایج نشان داد که در توده‌های اصلاحی منتخب میانگین توافق نشان گر با الایزا ۸۵ درصد، نشان گر با مقاومت مزرعه‌ای ۸۶ درصد و الایزا با مقاومت مزرعه‌ای ۸۰ درصد می‌باشد. در مجموع داده‌های نشان گر مولکولی، الایزا و مزرعه یک‌دیگر را تأیید نمودند.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، مقاومت، RAPD، ریزومانیا، نشان گر ناجفت

مقدمه

چغندر قند یکی از دو محصول مهم تأمین‌کننده قند در جهان می‌باشد. سطح کشت جهانی آن بالغ بر ۹ میلیون هکتار است. در حال حاضر بیش از ۳۴ میلیون تن از تولید شکر جهانی (۲۹ درصد) را به خود اختصاص داده است (۸). میزان تولید شکر چغندر قند در داخل کشور حدود ششصد هزار تن در سال زراعی قبل بوده است (۳).

مهم‌ترین بیماری که زراعت چغندر قند را تهدید می‌کند ریزومانیا^۱ است زراعت این گیاه را مختل نموده است. این بیماری می‌تواند حتی تا صد درصد محصول را از بین ببرد. بیماری ریزومانیا اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۵ از سوی ایزدپناه و همکاران از فارس گزارش شد (۹). متعاقب آن بیماری از اکثر مناطق چغندرکاری کشور گزارش شد (۲۳). ویروس عامل ریزومانیا یا BNYVV^۲ (۲۲) از طریق شبه‌قارچی به نام پلی‌میکسابتا^۳ منتقل می‌شود (۱۰). تنها راه حفاظت محصول چغندر قند در مزرعه‌ی آلوده به BNYVV، کشت ارقام مقاوم است. عمدتاً دو ژن مقاومت به ریزومانیا در چغندر قند شناسایی شده‌اند که از منابع

مختلف منشأ گرفته‌اند و به صورت RZ_1 و RZ_2 نام‌گذاری شده‌اند (۲۰).

با توجه به این که روش‌های ارزیابی کلاسیک گزینش مقاومت به بیماری از نوع فنوتیپی بوده و وابسته به شرایط محیطی و یکنواختی عامل آلوده‌کننده هستند و در فصل خاصی از سال انجام می‌گیرند و نیز بعضی گیاهان از عامل آلوده‌کننده به نحوی می‌گریزند و به ظاهر مقاوم تلقی می‌شوند، از این‌رو با استفاده از روش‌های مولکولی (روش تکمیلی و یا جایگزین) می‌توان گیاهان دارای ژن مقاومت را در سطح ژنوتیپی شناسایی نمود. بنابراین نشان‌گرهای مولکولی DNA می‌توانند ابزاری مفید برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم باشند و باعث صرفه‌جویی در زمان ارزیابی و افزایش دقت انتخاب گردند (۱۳).

لین و همکاران (۱۱) با استفاده از چهار آنالوگ ژن مقاومت از چغندر قند به نام‌های $cZR-1$ ، $cZR-9$ ، $cZR-7$ و $cZR-3$ دریافتند که این آنالوگ‌ها روی کروموزوم شماره ۳ قرار داشته و همراه با جایگاه ژن کمی بزرگ اثر مقاومت به ریزومانیا تفکیک می‌شوند. امیری و همکاران (۲) با استفاده از تکنیک RAPD در

1- Rhizomania

2- Beet Necrotic Yellow Vein Virus

3- Polymyxabetaeakeskin

تصادفی از هر کرت انتخاب و نمره آلودگی به تک ریشه‌ها نیز داده شد و از آن‌ها نمونه برگ و ریشه تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. فهرست ژنوتیپ‌های منتخب نمونه‌برداری شده برای ارزیابی‌های مولکولی و الیزا به شرح جدول ۱ می‌باشد.

آزمون الیزا (ELISA)

اندازه‌گیری غلظت ویروس در ریشه‌چه گیاهان با استفاده از آزمون الیزا به روش ساندویچ دو طرفه آنتی‌بادی (DAS-ELISA) مطابق روش معمول انجام شد (۶،۱). سپس میانگین جذب نمونه‌های سالم در هر پلیت الیزا ($\bar{X}$) و انحراف معیار (Sd) مقادیر جذب الیزای نمونه‌های سالم از میانگین آنها محاسبه شد. با محاسبه $2\bar{X}$ و $\bar{X} + 3Sd$ دو آستانه برای ارزیابی مقاومت نمونه‌ها به دست آمد. نمونه‌های با OD (مقدار جذب الیزا) بالای $2\bar{X}$ آلوده و حساس و با OD پایین‌تر از $\bar{X} + 3Sd$ مقاوم و غیرآلوده و بین این دو آستانه، نمونه‌ها آلوده و حد واسط در نظر گرفته شدند.

استخراج DNA

استخراج DNA با روش تغییر یافته دلاپورتا و همکاران (۷) انجام شد.

آزمون مولکولی PCR - RAPD

واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز برای انجام RAPD در حجم نهایی ۲۵ میکرولیتر برای هر واکنش انجام گرفت. حجم مورد نیاز DNA در یک واکنش، ۱/۵ میکرولیتر با غلظت ۲۵ ng/μl، ۲/۵ میکرولیتر 10xbuffer، ۲ میکرولیتر dNTP ۲/۵ میلی‌مولار، ۱/۸ میکرولیتر MgCl₂ با غلظت ۲۵ میلی‌مولار، ۱ میکرولیتر آغازگر با غلظت ۳۰ ng/μl، ۰/۲ میکرولیتر (یک واحد) آنزیم SmarTaq پلی‌مراز بود. واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز در دستگاه ترموسایکلر با مراحل زیر شامل: ۵ دقیقه واسرشت‌سازی اولیه در ۹۴ درجه سانتی‌گراد، ۴۰ چرخه شامل واسرشته‌سازی به مدت ۴۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد، اتصال آغازگر به مدت ۴۰ ثانیه در دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد، توسعه آغازگر به مدت ۸۰ ثانیه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و یک مرحله ۱۰ دقیقه‌ای توسعه نهایی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد برای تکمیل طول قطعات تکثیر شده در واکنش صورت گرفت. سپس الکتروفورز محصولات واکنش RAPD در ژل آگارز ۱/۲ درصد با ولتاژ ۱۰۰، رنگ‌آمیزی ژل در اتیدیوم بروماید و عکس‌برداری در دستگاه مستند ساز ژل انجام گرفت. در نهایت، الگوی نواریابی ژنوتیپ‌ها روی ژل مشخص شد.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس داده‌های مقادیر جذب الیزا و نمرات آلودگی ریشه در مزرعه برای ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute Inc.)

جمعیت F₂ حاصل از تلاقی رگه‌های نر عقیم ۲۶۱ و چغندر یک ساله با منابع مقاومت Holly و WB42 موفق شدند یک نشان گر ناجفت با پیوستگی شدید (با فاصله ۳/۶ سانتی‌مورگان) برای مکان ژنی Rz2 حاصل از منبع WB42 و یک نشان گر جفت با پیوستگی کم برای مکان ژنی Rz1 حاصل از منبع Holly به دست آورند. نوروزی و فقهی (۱۴) با استفاده از تکنیک RAPD موفق به شناسایی نشان‌گرهای R1 و R2 به ترتیب در فواصل ۲/۳۲ و ۸/۳ سانتی‌مورگان از ژن Rz1 در فاز ناجفت و نشان‌گرهای C1 و C4 به ترتیب در فواصل ۲۷/۵ و ۲۱/۴ سانتی‌مورگان از ژن Rz1 در فاز جفت شدند. نوروزی و همکاران (۱۵) از یک نشان گر ناجفت برای بررسی اثر دز ژن مقاومت به ریزومانیا استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که ژنوتیپ‌های هموزیگوت غالب نسبت به هتروزیگوت‌ها مقاومت بیشتری نشان می‌دهند.

هدف از این تحقیق بررسی ارتباط بین نشان گر مولکولی ناجفت مذکور با نتایج الیزا و میزان مقاومت به ریزومانیا در شرایط مزرعه‌ای در چغندر قند با هدف استفاده از غربال مولکولی برای ارزیابی مقاومت به ریزومانیا در رگه‌ها و توده‌ای اصلاحی چغندر قند می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

ژنوتیپ‌های چغندر قند شامل ۱۶ فامیل اصلاحی S₁ از منشأ مقاومت به ریزومانیا Holly دارای ژن Rz1 به همراه یک رقم تجاری حساس (جلگه) و مقاوم (طوس) بودند که در ایستگاه تحقیقاتی زرگان فارس، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار تک خطی به منظور بررسی مقاومت به ریزومانیا در اوایل اردیبهشت کشت شده بودند. در اواسط مرداد میزان رشد بوته‌ها برای هر ژنوتیپ بر اساس وضعیت ظاهری اندام‌هوایی از یک (کمترین رشد) تا پنج (بیشترین رشد) امتیازدهی شد. در زمان برداشت آزمایش در آبان ماه، شدت آلودگی ریشه به بیماری ریزومانیا بر اساس وضعیت ظاهری علائم روی ریشه، میزان ریشه ریشی و رنگ دستجات آوندی طبق روش وایزler و همکاران (۲۴) و لوترباخ و همکاران (۱۲) در مقیاس ۱ تا ۹ نمره دهی انجام شد. در این مقیاس نمره ۱ به گیاهان با ریشه‌های سالم (فاقد ریشه ریشی و بدون تغییر رنگ آوندی) و نمره ۹ به ریشه‌های با ریشه ریشی فراوان و نکروز آوندی و پوسیده داده شد. ریشه‌ای با نمرات آلودگی ۳-۱ به عنوان مقاوم، ۳-۵ به عنوان نسبتاً مقاوم، ۵-۷ نسبتاً حساس و ۷-۹ به عنوان کاملاً حساس در نظر گرفته شدند. به هر کرت (یک خط سه متری) یک شدت آلودگی منتسب شد و سپس سه ریشه به‌طور

ژنوتیپ‌ها بر اساس دو صفت میانگین داده‌های الایزا و نمره آلودگی ریشه در مزرعه انجام گرفت.

نتایج و بحث نتایج آزمایش مزرعه‌ای

وضعیت آلودگی در مزرعه بسیار مشهود بود زیرا شاهد حساس تحت تأثیر کامل بیماری قرار گرفته بود و شدت آلودگی آن ۶/۲۹ برآورد شد و شدت آلودگی شاهد مقاوم ۲/۷۵ بود (جدول ۱).

Cary, NC) و مقایسه میانگین داده‌ها با روش آزمون دانکن صورت گرفت. برای تعیین درصد توافق بین نتایج نشان‌گر مولکولی با نتایج الایزا و مقاومت مزرعه‌ای و نیز توافق الایزا با مقاومت مزرعه‌ای در هر ژنوتیپ از حاصل تقسیم تعداد گیاهان دارای توافق به کل نمونه‌های آزمون شده استفاده شد. برای ارتباط بین نمره رشد اندام هوایی در میان فصل با نمره آلودگی ریشه در پایان فصل از هم‌بستگی ساده پیرسون استفاده شد. هم‌چنین تجزیه خوشه‌ای برای دسته‌بندی

جدول ۱- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات شدت آلودگی ریشه در مزرعه و مقادیر جذب الایزا با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن

ژنوتیپ	میانگین مقادیر جذب الایزا	میانگین شدت آلودگی ریشه در مزرعه	فوتیپ
S ₁ -۸۸۰۲۷	۰/۱۲۶ ^{bcd}	۴/۲۵ ^{cd}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۰۳۲	۰/۰۸۰ ^a	۳/۱۶ ^{efg}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۰۳۴	۰/۲۰۵ ^{abcd}	۶/۰۰ ^b	نسبتاً حساس
S ₁ -۸۸۱۱۹	۰/۱۳۰ ^{bcd}	۲/۴۷ ^g	مقاوم
S ₁ -۸۸۱۲۰	۰/۱۷۶ ^{dcd}	۴/۷۵ ^c	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۲۵	۰/۱۲۳ ^{bcd}	۳/۵۴ ^{defg}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۲۷	۰/۳۷۹ ^{ab}	۳/۴۵ ^{defg}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۳۶	۰/۱۱۴ ^{cd}	۳/۲۹ ^{efg}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۶۱	۰/۳۷۸ ^{ab}	۴/۴۱ ^{cd}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۶۲	۰/۲۴۶ ^{abcd}	۴/۱۶ ^{cd}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۷۳	۰/۴۴۱ ^a	۶/۵۴ ^b	نسبتاً حساس
S ₁ -۸۸۱۷۸	۰/۱۷۹ ^{bcd}	۴/۵۰ ^{cd}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۱۹۶	۰/۲۱۷ ^{abcd}	۴/۷۵ ^c	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۲۲۹	۰/۱۳۹ ^{dcd}	۳/۱۳ ^{fg}	نسبتاً مقاوم
S ₁ -۸۸۲۳۹	۰/۱۱۹ ^{bcd}	۲/۵۰ ^g	مقاوم
S ₁ -۸۸۲۶۴	۰/۳۵۸ ^{abc}	۷/۶۶ ^a	کاملاً حساس
شاهد مقاوم (طوس)	۰/۱۴۹ ^{dcd}	۲/۷۵ ^g	مقاوم
شاهد حساس (جلگه)	۰/۳۷۹	۶/۲۹	کاملاً حساس

*: اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
**: شاهد حساس فقط جهت صحت شرایط آلودگی آزمایش بوده و در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته نشده است.

فصل در مزرعه استفاده نمود. البته با توجه به جدول یک در برخی ژنوتیپ‌ها مانند S₁-88034 علی‌رغم نمره رشد زیاد ولی مقاومت کمی داشته است و در نتیجه، همیشه نمی‌توان گفت رشد بهتر و سبز بودن گیاهان چغندر در مزرعه آلوده نشانه مقاومت آنها به ریزومانیا است ولی عکس این مسئله صادق است، یعنی گیاهان کم رشد و زرد رنگ به احتمال زیاد دارای ریشه کوچک و آلوده به ریزومانیا می‌باشند. سلطانی و همکاران (۲۱) رابطه منفی قوی بین شدت آلودگی به ریزومانیا همراه با زردی برگ‌ها در اواسط دوره رشد و عملکرد ریشه را گزارش نمودند. تعداد زیادی از لاین‌ها شدت آلودگی بین ۳-۵ داشتند. می‌توان چنین استنتاج نمود که این لاین‌ها (اولین نسل فامیل تمام خوهری از توده‌های مورد نظر) با توجه به فراوانی ژن RZ₁ در آنها آلودگی‌های متوسط داشتند. وجود ژنوتیپ‌های RZrZ، RZRz و rZRz در آنها باعث شده است چنین فنوتیپی را بروز دهند (۲۴).

بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به خاک‌زاد بودن عامل بیماری، آلودگی مزرعه از یک‌نواختی نسبی برخوردار بوده و غربال ژنوتیپ‌ها در شرایط آلوده صورت گرفت و نتایج آزمایش قابل اطمینان است. ژنوتیپ‌های آزمایشی بر اساس شدت آلودگی ریشه در مزرعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند (جدول ۱). به استناد نتایج مزرعه‌ای، لاین‌های ۸۸۱۱۹ و ۸۸۲۳۹ به همراه شاهد مقاوم در یک گروه قرار گرفته و شدت آلودگی کمتر از ۳ (در مقیاس ۱-۹) داشتند. ژنوتیپ S₁-88264 هم بالاترین شدت آلودگی را به‌خود اختصاص داد. این نتایج با نتایج وضعیت ظاهری آنها در اواسط دوره رشد (جدول ۲) هم‌خوانی داشت. به‌طوری‌که هم‌بستگی منفی معنی‌داری (حدود ۸۰ درصد) بین نمره رشد میان فصل اندام هوایی چغندر قند در مزرعه آلوده با شدت آلودگی ریشه در اواخر فصل وجود داشت که نشان می‌دهد از این معیار نیز می‌توان برای غربال اولیه لاین‌ها بدون نگه‌داری آنها تا آخر

بررسی آزمون الایزا

وضعیت مقاومت ژنوتیپها بر اساس مقادیر جذب الایزا و دو حد آستانه در جدول یک آمده است. ژنوتیپهای آزمایشی بر اساس مقادیر جذب الایزا با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند (جدول ۱). بر این اساس، ژنوتیپ S1-88032 با میزان

جذب ۰/۰۸ کمترین میزان آلودگی در آزمون الایزا را نشان داد که نشان گر غلظت کم ویروس در این ژنوتیپ می‌باشد. ژنوتیپهای S1-88119، S1-88239، S1-88032 و S1-88136 نیز به ترتیب با ۲/۴۷، ۲/۵، ۳/۱۲۵، ۳/۱۶ و ۳/۲۹ کمترین میانگین شدت آلودگی در مزرعه را نشان دادند.

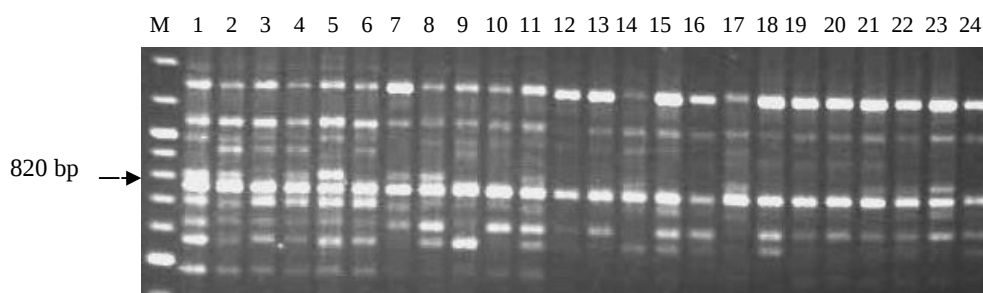
جدول ۲- رابطه بین نمره رشد اندام هوایی در میان فصل با شدت آلودگی ریشه در آخر فصل

ردیف	شماره ژنوتیپ	نمره رشد در مرداد ماه	شدت آلودگی ریشه در آبان ماه
۱	S ₁ -۸۸۰۲۷	۵/۰۰	۴/۲۵
۲	S ₁ -۸۸۰۳۲	۴/۲۵	۳/۱۶
۳	S ₁ -۸۸۰۳۴	۴/۲۵	۶/۰۰
۴	S ₁ -۸۸۱۱۹	۵/۰۰	۲/۴۷
۵	S ₁ -۸۸۱۲۰	۴/۵۰	۴/۷۵
۶	S ₁ -۸۸۱۲۵	۴/۵۰	۳/۵۴
۷	S ₁ -۸۸۱۲۷	۴/۶۷	۳/۴۵
۸	S ₁ -۸۸۱۳۶	۴/۵۰	۳/۲۹
۹	S ₁ -۸۸۱۶۱	۴/۶۷	۴/۴۱
۱۰	S ₁ -۸۸۱۶۲	۴/۳۳	۴/۱۶
۱۱	S ₁ -۸۸۱۷۳	۲/۶۷	۶/۵۴
۱۲	S ₁ -۸۸۱۷۸	۳/۲۵	۴/۵۰
۱۳	S ₁ -۸۸۱۹۶	۳/۲۵	۴/۷۵
۱۴	S ₁ -۸۸۲۲۹	۴/۶۷	۳/۱۳
۱۵	S ₁ -۸۸۲۳۹	۴/۳۳	۲/۵۰
۱۶	S ₁ -۸۸۲۶۴	۱/۶۷	۷/۶۶
۱۷	شاهد حساس (جلگه)	۲/۰۰	۶/۳۹
۱۸	شاهد مقاوم (طوس)	۴/۶۷	۲/۷۵
همبستگی ساده پیرسون			-۰/۸۱

بررسی حضور نشان گر مولکولی ناجفت در ژنوتیپها

آزمون مولکولی RAPD با نشان گر ناجفت (شکل ۱) در تک بوته‌های هر یک از ژنوتیپهای منتخب برداشت شده از مزرعه آلوده بر طبق جدول یک نشان داد که این نشان گر در اکثر ژنوتیپها دارای چندشکلی مورد انتظار بوده و درصد حضور و توافق آن با نتایج الایزای مربوط به ریشه گیاهان مزرعه‌ای (جدول ۳) و با نتایج نمره مقاومت مزرعه‌ای (جدول ۳) در توده‌های مختلف متغیر می‌باشد. هم‌چنین درصد توافق بین نتایج الایزا با نتایج مقاومت مزرعه‌ای نیز در جدول ۳ محاسبه شده است. نوحی و همکاران (۱۶) با استفاده از داده‌های یک

نشان گر ناجفت و مقادیر جذب الایزا در یک توده F2 توانستند ژنوتیپهای هموزیگوت غالب را از هتروزیگوت تفکیک نمایند و میانگین جذب الایزای مشابه‌ای برای این دو ژنوتیپ به دست آوردند. ایشان نتیجه گرفتند که در ژن RZ_1 تأثیری در میزان مقاومت به ریزومانیا ندارد. با این حال به نظر می‌رسد به علت آن که در تحقیق ایشان تعداد افراد هموزیگوت غالب بر خلاف انتظار حدود دو برابر افراد هتروزیگوت بود (انتظار می‌رفت در یک جامعه F2 تعداد افراد هموزیگوت غالب نصف افراد هتروزیگوت باشد) شاید نتیجه‌گیری ایشان ناشی از این مسئله بوده باشد.



شکل ۱- الگوی الکتروفورزی مربوط به نشان گر ناجفت در ۲۴ تک بوته از یکی از ژنوتیپها.

M: نشان گر تعیین اندازه DNA (Lambda DNA /EcoRI+HindIII Marker).

نتایج تحقیقات گذشته وجود یک ژن بزرگ اثر برای ایجاد مقاومت به ریزومانی را تأیید کرده است (۱۸، ۱۷، ۱۶، ۵، ۴، ۱). امیری و همکاران (۲) با استفاده از نشان گر RAPD اقدام به شناسایی نشان گرهای مولکولی پیوسته با ژن (های) مقاومت به ریزومانی نمودند. آن‌ها برای منبع مقاومت Holly یک نشان گر جفت با پیوستگی کم و برای منبع مقاومت WB42 یک نشان گر ناجفت با پیوستگی شدید شناسایی کردند که فاصله آن از مکان ژنی Rz2 در منبع مقاومت WB42 حدود ۳/۶ سانتی‌مورگان به دست آمد. نشان‌گری که در تحقیق

حاضر برای آزمون ژنوتیپ‌ها به کار رفت از نوع ناجفت بود و آلل ژن حساس به ریزومانی را شناسایی می‌کرد. به‌طوری‌که حضور باند نشان گر نشانه حساس و یا هتروزیگوت بودن بوته و عدم حضور باند مربوط به نشان گر نشان‌دهنده وضعیت هموزیگوت غالب مقاوم در آن بوته بوده است. نوروزی و همکاران (۱۵) در تحقیقات خود نشان دادند که دو نشان گر مولکولی که با ژن Rz1 پیوستگی دارند در بیش از ۸۰ درصد بوته‌های ارقام تجاری مقاوم دیده می‌شوند.

جدول ۳- میانگین شدت آلودگی به ریزومانی و درصد توافق آن با نتایج حاصل از الایزا و نشان گر مولکولی ناجفت

ردیف	درصد توافق الایزا با مقاومت مزرعه‌ای	درصد توافق نشان گر با مقاومت مزرعه‌ای	درصد توافق نشان گر با الایزا	درصد مقاومت بر اساس الایزا	میانگین شدت آلودگی به ریزومانی	ژنوتیپ
۱	۸۰	۷۹	۸۴	۱۷	۶/۲۹	شاهد حساس (جلگه)
۲	۶۳	۹۴	۶۲	۶۶	۲/۷۵	شاهد مقاوم (طوس)
۳	۶۷	۷۸	۸۹	۷۸	۴/۲۵	S ₁ -۸۸۰۲۷
۴	۹۲	۹۲	۱۰۰	۱۰۰	۳/۱۶	S ₁ -۸۸۰۳۲
۵	۵۵	۵۰	۷۳	۴۵	۶/۰۰	S ₁ -۸۸۰۳۴
۶	۸۲	۱۰۰	۸۸	۸۳	۲/۴۷	S ₁ -۸۸۱۱۹
۷	۵۰	۸۳	۹۲	۸۳	۴/۷۵	S ₁ -۸۸۱۲۰
۸	۹۰	۸۲	۹۱	۷۳	۳/۵۴	S ₁ -۸۸۱۲۵
۹	۸۹	۱۰۰	۸۹	۷۸	۳/۴۵	S ₁ -۸۸۱۲۷
۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۲	۳/۲۹	S ₁ -۸۸۱۳۶
۱۱	۸۳	۹۲	۹۲	۴۲	۴/۴۱	S ₁ -۸۸۱۶۱
۱۲	۸۹	۸۳	۸۳	۴۲	۴/۱۶	S ₁ -۸۸۱۶۲
۱۳	۱۰۰	۷۳	۷۰	۱۰	۶/۵۴	S ₁ -۸۸۱۷۳
۱۴	۷۸	۹۱	۹۱	۶۶	۴/۵۰	S ₁ -۸۸۱۷۸
۱۵	۷۱	۷۳	۷۳	۳۶	۴/۷۵	S ₁ -۸۸۱۹۶
۱۶	۸۰	۱۰۰	۹۲	۸۳	۳/۱۲	S ₁ -۸۸۲۲۹
۱۷	۸۶	۱۰۰	۸۶	۸۶	۲/۵۰	S ₁ -۸۸۲۳۹
۱۸	۷۹	۸۳	۸۳	۱۴	۷/۶۶	S ₁ -۸۸۲۶۴
	۸۰	۸۶	۸۵	میانگین کل ژنوتیپ‌ها		

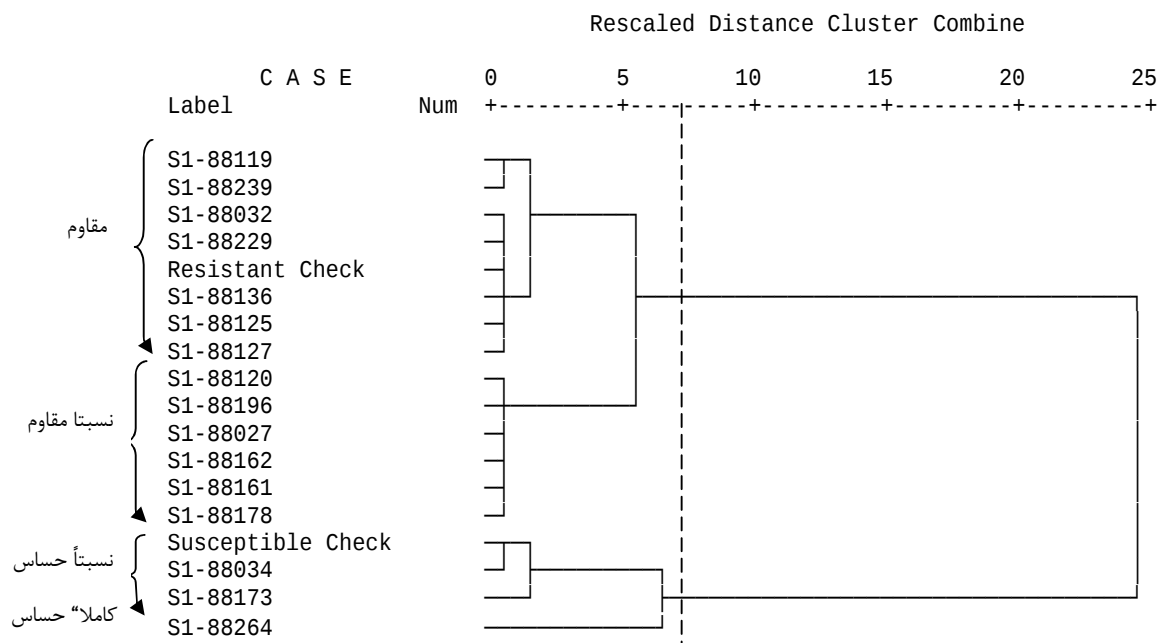
*: از میانگین وزنی نمرات آلودگی تک بوته‌های مربوط به هر ژنوتیپ، شدت آلودگی برای هر ژنوتیپ به دست آمده است.

** درصد بوته‌هایی که مقدار جذب الایزای آنها کمتر از دو برابر میانگین جذب نمونه‌های سالم است به عنوان درصد بوته‌های مقاوم بر اساس الایزا در نظر گرفته شده‌اند.

در بین ۱۶ ژنوتیپ S1 از نظر درصد توافق مقادیر جذب الایزا با نتایج نشان گر مولکولی، ژنوتیپ S1-88032 با ۱۰۰ درصد بیشترین توافق و ژنوتیپ‌های S1-88196 و S1-88034 با ۷۳ درصد کمترین توافق را دارند. در بین ۱۶ ژنوتیپ S1 از نظر درصد توافق شدت آلودگی ریشه در مزرعه (مقاومت مزرعه‌ای) با نتایج نشان گر مولکولی، ژنوتیپ‌های S1-88119، S1-88127، S1-88136، S1-88229، S1-88239، S1-88032 بیشترین توافق و ژنوتیپ S1-88034 کمترین توافق را دارند. در بین ۱۶ ژنوتیپ S1 از نظر درصد توافق بین مقادیر جذب الایزا و شدت آلودگی ریشه در مزرعه (مقاومت مزرعه‌ای)، ژنوتیپ‌های S1-88173 و

S1-88136 با ۱۰۰ درصد بیشترین توافق و ژنوتیپ S1-88120 با ۵۰ درصد کمترین توافق را دارند. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و بالایی بین نتایج نشان گر ناجفت مذکور با مقاومت و حساسیت بوته‌ها در مزرعه آلوده و داده‌های حاصل از الایزا می‌تواند وجود داشته باشد. هم‌چنین نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس دو صفت مقاومت مزرعه‌ای و داده‌های الایزا نشان داد که ژنوتیپ‌ها در چهار گروه مقاوم، نسبتاً مقاوم، نسبتاً حساس و کاملاً حساس گروه‌بندی می‌شوند (نمودار ۱). ژنوتیپ‌های S1-88119، S1-88032، S1-88229، S1-88136، S1-88125 و S1-88127 در گروه مقاوم قرار گرفتند.

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



نمودار ۱- دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو صفت مقاومت مزرعه ای و داده‌های الایزا با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای.

مورد ارزیابی قرار گرفت. ارتباط بین نتایج نشان‌گر، نتایج الایزا و نمره آلودگی ریشه در مزرعه به صورت دو به دو بررسی شد. نتایج نشان داد که در میان ژنوتیپ‌ها میزان توافق نشان‌گر با الایزا بین ۶۲ تا ۱۰۰ درصد، نشان‌گر با مقاومت مزرعه‌ای بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد و الایزا با مقاومت مزرعه‌ای نیز بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر بوده است. در مجموع ژنوتیپ‌های مورد بررسی، میانگین توافق نشان‌گر با الایزا ۸۵ درصد، نشان‌گر با مقاومت مزرعه‌ای ۸۶ درصد و الایزا با مقاومت مزرعه‌ای ۸۰ درصد به‌دست آمد و داده‌های مولکولی، الایزا و مزرعه یکدیگر را تأیید نمودند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیریت محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد که امکانات اجرای این پژوهش را فراهم نموده‌اند کمال قدردانی و تشکر به عمل می‌آید.

استفاده از ارقام مقاوم در کنترل هر بیماری یکی از ساده‌ترین و در عین حال مطمئن‌ترین روش مبارزه است. برای شناسایی گیاهان مقاوم به ریزومانیا در چغندرقد روش‌های فنوتیپی در مزرعه و روش‌های سرولوژیکی مانند الایزا و نیز روش‌های ژنوتیپی با استفاده از نشان‌گرهای مولکولی وجود دارد. با توجه به این که روش‌های ارزیابی کلاسیک گزینش مقاومت به بیماری از نوع فنوتیپی بوده و وابسته به شرایط محیطی و یکنواختی عامل آلوده‌کننده هستند و در فصل خاصی از سال انجام می‌گیرند و نیز برخی از گیاهان از عامل آلوده‌کننده به نحوی می‌گریزند و به ظاهر مقاوم تلقی می‌شوند، از این‌رو با استفاده از روش‌های مولکولی، که روش تکمیلی و یا جایگزین محسوب می‌شوند، می‌توان گیاهان دربردارنده ژن مقاومت را در سطح ژنوتیپی شناسایی نمود. در این تحقیق نشان‌گر ناجفت به‌دست آمده (۱۵)، روی تعدادی از توده‌های اصلاحی و ارقام تجارتي مقاوم و حساس به ریزومانیا از منشاء Holly که در مزرعه آلوده به ریزومانیا کشت شده بودند

منابع

1. Amiri, R., M. Moghaddam, M. Mesbah, S.Y. Sadeghian, M.R. Ghannadha and K. Izadpanah. 2003. 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*, 132: 363-373 (In Persian).
2. Amiri, R., M. Mesbah, M.R. Moghaddam, S.A. Bihamta, A. Mohammadi and P. Norouzi. 2009. A new RAPD marker for beet necrotic yellow vein virus resistance gene in *Beta vulgaris*. *Biologia Plantarum*, 53: 112-119 (In Persian).
3. Anonymous. 2013. Utilization Statistics of sugar factories of Iran. http://www.sbsi.ir/sugar_facts (In Persian).
4. Barzen, E., W. Mechelke, E. Ritter, J.F. Seitzer and F. Salamini. 1992. RFLP markers for sugar beet breeding: chromosomal linkage maps and location of major genes for rhizomania resistance, monogerm and hypocotyl colour. *Plant Journal*, 2: 601-611.
5. Barzen, E., R. Stahl, E. Fuchs, D.C. Borchardt and F. Salamini. 1997. Development of coupling-repulsion-phase SCAR markers diagnostic for the sugar beet *Rr1* allele conferring resistance to rhizomania. *Molecular Breeding*, 3: 231-238.
6. Clark, M.F. and A.N. Adams. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, 34: 475-483.
7. Dellaporta, S.L., J. Wood and J.B. Hicks. 1983. A plant DNA miniprep preparation version II. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1: 19-21.
8. Draycott, A.P. 2006. *Sugar Beet* (World Agriculture Series). Wiley-Blackwell. London. 496 pp.
9. Izadpanah, K., P. Hashemi, R. Kamran, M. Pakniat, A. Sahanpour and M. Masoomi. 1996. Occurrence of beard-root disease (like rhizomania) in Fars province. *Plant Pathology Journal*, 23: 200-206 (In Persian).
10. Keskin, B. 1964. *Polymyxa betae* n. sp., ein Parasit in den Wurzeln von *Beta vulgaris* Tournefort, besonders während der Jugendentwicklung der Zuckerrübe. *Archives of Microbiology*, 49: 348-374.
11. Lein, J.C., K. Asbach, Y. Tian, D. Schulte, C. Li, G. Koch, C. Jung and D. Cai. 2007. Resistance gene analogues are clustered on chromosome 3 of sugar beet and cosegregate with QTL for rhizomania resistance. *Genome*, 50: 61-71.
12. Luterbacher, M.C., M.J.C. Asher, W. Beyer, G. Mandolino, O.E. Scholten, L. Frese, E. Biancardi, P. Stevanato, W. Mechelke and O. Slyvchenko. 2005. Sources of resistance to diseases of sugar beet in related *Beta* germplasm: II. Soil-borne diseases. *Euphytica*, 141: 49-63.
13. Norouzi, P. 2007. Screening of plants resistant to beet cyst nematode using molecular marker. Proceeding of second national molecular and cellular biology congress of Iran. International Science and High Technology Center. Kerman, 1: 516-518 (In Persian).
14. Norouzi, P. and S.M.A. Feghhi. 2009. Identification of some RAPD molecular markers linked to rhizomania resistance gene in sugar beet. Proceeding of 6th National Biotechnology Congress of Iran, 112 pp (In Persian).
15. Norouzi, P., D. Rahmani, S. Oroojalian, S.B. Mahmoudi, M. Aghaiezhadeh, M. Kakueinezhad, M.R. Orazizadeh, S. Vahedi and M.R. Fathi. 2013. Confirmation of repulsion molecular markers linked to rhizomania resistance gene (*Rz1*) and evaluation of gene dose effect in sugar beet genotypes. *Sugar Beet Journal*, In press (In Persian).
16. Nouhi, A.A., R. Amiri, A. HaghNazari, J. Saba and M. Mesbah. 2009. Use of molecular marker for assay gene dosage resistant gene to rhizomania disease (*Rz1*) in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Asian Journal of Biotechnology*, 1: 37-41.
17. Scholten, O. E., R.C. Jansen, L.C. Paul Keizer, T.S. M. De Bock and W. Lang. 1996. Major genes for resistance to beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in *Beta vulgaris*. *Euphytica*, 91: 331-339.
18. Scholten, O.E., R.M. Klein-Lankhorst, D.G. Esselink, T.S.M. De Boek and W. Lange. 1997. Identification and mapping of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers linked to resistance against beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in *Beta* accessions. *Theoretical and Applied Genetics*, 94: 123-130.
19. Scholten, O.E., T.S.M. De Bock, R.M. Klein-Lankhorst and W. Lange. 1999. Inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus in *Beta vulgaris*, conferred by a second gene for resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, 99: 740-746.
20. Scholten, O.E. and W. Lange. 2000. Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: A review. *Euphytica*, 112: 219-231.
21. Soltani idliki, J., M. Ahmadi, H.A. Shahbazi and S.B. Mahmoudi. 2010. Comparison of applied evaluation methods for sugar beet varieties resistant to rhizomania in field trails. Proceeding of 19th Iranian Plant Protection Congress, 31 July-3 August. 698 pp (In Persian).
22. Tamada, T. 1975. Beet Necrotic Yellow Vein Virus. C.M.I./A.A.B. Descriptions of plant viruses, 144-256 pp.
23. Toodehfallah, M., N. Arjomand and B. Mahmoudi. 2000. Investigation of infestation and dispersion of rhizomania disease of sugar beet in Iran. Proceeding of 14th plant protection congress of Iran. Esfahan Technical Univ. Esfahan, 72 pp (In Persian).
24. Wisler, G.C., R.T. Lewellen, J.L. Sears, H.Y. Liu and J.E. Duffus. 1999. Specificity of TAS-ELISA for beet necrotic yellow vein virus and its application for determining rhizomania resistance in field grown sugar beets. *Plant Disease*, 83: 864-870.

Relationship among Repulsion Molecular Marker, Disease Index of *Rhizomania* in Field and Virus Concentration in Sugar Beet Root

Peyman Norouzi¹, Mojdeh Kakuei Nezhad², Seyyed Bagher Mahmoudi³ and Saeed Darabi⁴

1- Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author: norouzi@sbsi.ir)

2 and 3- Instructor and Associate Professor respectively, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4- Instructor of Fars Research Center for Agriculture and Natural Resources

Received: March 11, 2014

Accepted: May 12, 2014

Abstract

The aim of the present study was to determine the relationship between a repulsion molecular marker with resistance to rhizomania in infested field condition and virus concentration in sugar beet root (ELISA absorbance values). For this purpose, the genotypes were planted in infested area of Shiraz in the randomized block design with four replications. At the end of the season, the roots were harvested and root disease scores were assigned for each plot and also for three single roots per plot for 16 selected genotypes. Also, leaf and root samples were taken from the plants and then in laboratory, root samples were extracted and tested by ELISA method and DNA extraction was done on leaf samples for molecular analysis. In next step, primer related to a repulsion marker was tested on single plants DNAs by RAPD-PCR method and scored according to presence and absence of marker band. Then, analysis of variance, genotypes grouping and cluster analysis were done for field resistance and ELISA data. The genotypes were classified into some groups based on ELISA absorbance values and root severity index in the field and also based on cluster analysis were classified into four groups: resistant, semi resistant, semi susceptible and very susceptible. Then, the relationship between the results of the marker, ELISA and severity of root infection in the field were investigated as pairwise comparison. The results showed that agreements between the marker and ELISA, the marker and field resistance and ELISA and field resistance were 85, 86 and 80 percent respectively. In totally, molecular marker, ELISA and field data confirmed each other.

Keywords: RAPD, Repulsion Marker, Resistance, Rhizomania, Sugar Beet