Archive of SID.ir

مقالهٔ تحلیلی

کاربرد ترکیبات القا کننده‌ی مقاومت در مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی

مریم غایب زمهریر

دانشیار، بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهان، موسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: مریم غایب زمهریر، ایمیل: Zamharir2005@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷ ۹(۱) ۷۱–۷۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

چکیده

مقاومت القایی یکی از انواع سیستم‌های دفاعی در گیاهان است که توسط عوامل زیستی و غیر زیستی فعال می‌شود و به گیاهان اجازه می‌دهد تا در برابر حملهٔ پاتوژن یا انگل مقاومت کنند. القا کننده‌های مقاومت معمولاً ترکیباتی هستند که می‌توانند واکنش مقاومتی گیاه را فعال کنند. این مولکول‌ها، که به آن‌ها الیسیتور نیز گفته می‌شود، می‌توانند طبیعت غیر زنده یا زنده داشته باشند و گیاه را به چالش بکشند و منجر به واکنش شوند که اغلب با تولید ترکیبات ضد میکروبی و یا ایجاد مکانیسم‌های دفاعی گیاه همراه است. القای مقاومت در گیاه شدیداً تحت‌تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه نور و درجه حرارت در طول شبانه روز و وضعیت رشد است. به طورکلی القای مقاومت در گیاهان با استفاده از محرک‌های زنده یا غیر زنده و یا نژادهای ناسازگار بیمارگر با گیاه، از جمله راهکارهای مورد توجه محققان در مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. مقاومت القایی در اغلب واریته‌های انگور آلوده به بیمارگرهای فایتوپلاسمایی روی پایه‌های مختلف مشاهده شده است. این روش در حال حاضر، یکی از راهکارهای موثر در مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی و بیماری‌های ناشی از باکتری‌های سخت رشد آوندی است.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های گیاهی، فایتوپلاسما، مقاومت القایی، مقاومت اکتسابی

مقدمه

گیاهان همواره در تعامل با بسیاری از عوامل زنده و غیر زنده از جمله بیمارگرها هستند. گیاهان با سنتز و ترشح مواد فنلی داخل و خارج سلول، سنتز فیتوالکسین‌ها، پروتئین‌های مرتبط با بیماریزایی یا (HPRG)، سنتز گلیکوپروتئین‌های غنی از اسید آمینه مانند هیدروکسی پرولین (HGRG)، هیدروکسی گلیس و ایجاد سدهای دفاعی ساختمانی و بیوشیمیایی در مقابل عوامل بیمارگر مختلف مقاومت می‌کنند (Somssich & Hahlbrock 1998).

مقاومت القایی که به آن مقاومت اکتسابی موضعی (LAR) و مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR) نیز می‌گویند اولین بار در سال ۱۹۰۱ توسط ری و بواری شناخته شد (Schneider *et al.*, 1996; Schweizer *et al.*, 1997). القای مقاومت بیشتر به مفهوم مقاوم شدن گیاهانی است که در حالت عادی به بیماری حساس بوده‌اند، بدون اینکه ساختار ژنتیکی این گیاهان از طریق اصلاح نژاد یا مهندسی ژنتیک دچار تغییر شود. اساس این روش مربوط به بیان ژن‌هایی است که ایجاد مقاومت کرده ولی به طور معمول بیان نمی‌شود، مگر اینکه یک تیمار القاءکنندهٔ مقاومت آن‌ها را فعال کند (Schweizer *et al.*, 1997). بنابراین در مقاومت القایی یک محرک طبیعی یا شیمیایی واکنش‌های دفاعی گیاه در برابر بیمارگر را از نظر زمانی یا مقدار چند برابر افزایش می‌دهد (Heil & Bostock, 2002). یکی از

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

خصوصیات مقاومت القایی، عمومی بودن آن است و تقریباً هم معنی با مقاومت اکتسابی به کار می‌رود (Silverman *et al.*, 1998). با توجه به این تعریف، مقاومت القایی می‌تواند سیستمیک یا موضعی باشد (Heil & Bostock, 2002). انواع مقاومت‌های القایی بیان‌شده در متن، پدیده‌های جدا از هم نیستند بلکه با بررسی‌های صورت گرفته، مکانیزم‌های مشترکی میان آن‌ها مشاهده شده است (Delaney *et al.*, 1994). در حال‌حاضر این روش یک استراتژی کارآمد برای مدیریت بسیاری از بیماری‌های گیاهی است.

بیماری‌های فایتوپلاسمایی و راهکارهای مدیریت آن‌ها

فایتوپلاسماها از عوامل مهم بیمارگر اجباری در گیاهان هستند که تنها در بافت زندهٔ میزبان‌های گیاهی و جانوری خود رشد می‌نمایند و بیش از ۷۰۰ نوع بیماری را در ۳۰۰ گونه از گیاهان ایجاد می‌کنند (Firrao *et al.*, 2006). این پروکاریوت‌های بیمارگر گیاهان، برخلاف باکتری‌ها، بدون دیوارهٔ سلولی هستند (Firrao *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 1998). فایتوپلاسماها با بروز علایم اختصاصی (مانند برگ‌سانی، گل‌سبز، افزولش و جاروی جادوگر یا جاروک)، نیمه‌اختصاصی (مانند کوتولگی و ابلقی) و غیراختصاصی (نظیر زردی، زوال) باعث اخلال در رشدونمو گیاهان آلوده می‌شوند. عامل بیماری‌های مهمی از جمله جاروک لیموترش، جاروک بادام، جاروک یونجه، زردی و زوال انگور، گل‌سبز (فیلودی) کنجد، جوانه‌بزرگی گوجه‌فرنگی، زردی هلو، زردآلو و خرما، بیماری‌های فایتوپلاسمایی پسته و چند بیماری دیگر که از کشورمان گزارش شده است، همه فایتوپلاسمایی است (Ghayeb Zamharir & Alizadeh, 2019).

تنها راه مبارزه با فایتوپلاسماها مدیریت آن‌ها با استفاده از راهبردهای مدیریت تلفیقی است. بنابراین در یک مدیریت جامع، روش موثرتر برای کنترل بیماری‌های فایتوپلاسمایی استفاده از ارقام مقاوم است. محور کنترل و مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی براساس برنامه‌های استفاده از پایه‌های سالم، حذف منابع آلوده فایتوپلاسما و کنترل ناقلین است (Ghayeb Zamharir & Alizadeh, 2019). راهبردهای مدیریت تلفیقی با تهیه نهال سالم از نهالستان‌های عاری از آلودگی به‌منظور پیش‌گیری از گسترش آلودگی به درختان مناطق غیرآلوده امکانپذیر است. تمرکز بر روی کاهش مایه تلقیح اولیه با حذف درختان و یا شاخه‌های آلوده، کنترل ناقلین با استفاده از روش‌های مختلف و نگه‌داری جمعیت ناقل در پائین‌ترین سطح ممکن از دیگر روش‌های مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی است. تکثیر بذری گیاهان و یا کشت گیاهان عاری از پاتوژن، حذف علف‌های هرز یک‌ساله و دوساله، ریشه‌کنی و حذف گیاهان علایم‌دار نیز باعث کاهش جمعیت فایتوپلاسماها در میزبان اصلی می‌شوند. رعایت تناوب و اجتناب از کشت گیاهان حساس پس از حذف گیاهان آلوده، کنترل زنجره‌های ناقل در محصولات و علف‌های هرز در اول هر فصل زراعی، استفاده از ارقام مقاوم درصورت در دسترس بودن و مقاومت القایی با ترکیبات القا کنندهٔ مقاومت و حذف گیاهان آلوده یا حذف قسمت‌های آلوده از روش‌های موثر در مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی است (Beard, 2001). در میان این روش‌ها، تنها استفاده از ترکیبات القا کنندهٔ مقاومت، راهکار درمانی است و بقیه روش‌ها بر مبنای پیشگیری می‌باشد.

مقاومت القایی در مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی

مقاومت القایی یک استراتژی کارآمد برای کنترل بیماری‌های فیتوپلاسمایی است که با تیمار گیاه با القا کننده‌های مقاومت انجام می‌شود. رایج‌ترین محرک‌های مورد استفاده برای کنترل بیماری‌های فایتوپلاسمایی عبارتند از: بنزوتیادیازول (BTH)، فوزتیل-آلومینیوم، پروهگزادیون کلسیم ، ایندول-۳-بوتیریک اسید (IBA)، ایندول-۳-استیک اسید (IAA)، کیتوزان، سالیسیلیک اسید (SA)، مخلوط گلوتاتیون و الیگوساکارین‌ها (GOs). یکی از اشکال تجاری فوزتیل آلومینیوم، پریویکور انرژی است (Fosetyl-Al ٪53 Propamocarb +31٪) است که یک مولکول سنتز شدهٔ جدید با عملکرد محافظتی است. استفاده

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

از آن آسان است (استفاده از قطره، خیس کردن، اسپری) و اثر محرک روی رشد ریشه را نشان می‌دهد. علاوه بر این، تقویت‌کنندهٔ رشد گیاه است. بیشتر مطالعات مقاومت القایی در بیماری‌های فایتوپلاسمایی روی میزبان‌های آزمایشی آلوده به فایتوپلاسما انجام شده است، به‌عنوان مثال *Arabidopsis thaliana* آلوده به فایتوپلاسمای بیماری X *Catharanthus* (Bressan and Purcell, 2005)، *roseus* تلقیح شده با فایتوپلاسماهای زردی گل داودی (CY) یا زردی نارون (EY) (Prati *et al.*, 2004؛ Chiesa *et al.* 2007)، یا با زردی مینا (aster yellows, AY)، (Leljak- Levanic *et al.*, 2010) را می‌توان نام برد.

از سالسیلیک اسید در محصولات زراعی مانند گوجه فرنگی آلوده به فایتوپلاسمای سیب‌زمینی (Wu *et al.*, 2012) و جاروک لیموترش استفاده شده است (Ghyeb Zamharir *et al.*, 2020) و منجر به بهبودی علایم و جلوگیری از گسترش بیماری شده است. مطالعه بر روی گیاهان چوبی آلوده به فایتوپلاسماها دشوارتر است. اولین شواهد از کاربرد القاءکننده مقاومت در انگور واریته‌های Chardonnay و Vermentino آلوده به فایتوپلاسمای چوب سیاه انگور (bois noir" (BN)") بدست آمد که با دو ترکیب تجاری فوزتیل آلومینیوم Phosetyl-Al و الیگوساکارین‌ها (GOs) سمپاشی شد (Garau *et al.* 2008). استفاده از اسیدهای هیومیک و فولویک و عصارهٔ جلبک در القای مقاومت انگور به بیماری چوب سیاه انگور موثر نبود (Mazio *et al.*, 2008). اثر پنج ترکیب القاکنندهٔ مقاومت کیتوزان، فوزتیل آلومینیوم، بنزوتیادیازول BTH و دو فرمولاسیون الیگوساکارین به‌صورت هفتگی در یک تاکستان روی رقم Chardonnay که به‌طور طبیعی آلوده به فایتوپلاسمای چوب‌سیاه انگور شده بودند، نشان داد که دو فرمولاسیون الیگوساکارین باعث کاهش قابل توجه گیاهان علایم‌دار و ایجاد مقاومت القایی در این رقم انگور شدند (Romanazzi *et al.*, 2009a).

مقاومت القایی در اغلب واریته‌های انگور بر روی پایه‌های مختلف مشاهده می‌شود. علایم بیماری فایتوپلاسمایی ممکن است یک یا دو سال وجود داشته باشد و بعد از آن ناگهان محو شود (Osler *et al.*, 2003). میلیون‌ها گیاه انگور در ایتالیا در طی ۴-۱ سال بعد از بروز علایم چوب‌سیاه از آلودگی فایتوپلاسمایی بهبودی یافتند و علایم بیماری از بین رفت و تنها ۰/۱ درصد از گیاهان بعد از ۱۰ سال علایم بیماری را نشان دادند. در حال حاضر تحقیقات روی بهبودی القایی در گیاهان درحال انجام می‌باشد. گیاهانی که دچار تنش شده‌اند، با هرس شدید، بیخ‌بر کردن درختان علایم دار می‌توانند سال بعد اندام‌های رویشی‌ای تولید کنند که فاقد علایم بیماری هستند (Romanazzi & Murolo, 2008). به‌علاوه روش‌های زراعی، استفاده از مواد شیمیایی مختلف شناخته شده باعث بهبودی گیاه از پاتوژن‌های مختلف می‌شود. استفاده از اکسین ایندول۳ استیک‌اسید (IAA) و ایندول۳ بوتیریک اسید (IBA) روی گیاهان پریوش آلوده به فایتوپلاسما، منجر به القای بهبودی گیاه می‌شود. اگرچه علایم بیماری از بین می‌رود ولی هنوز فایتوپلاسما در ساقه‌ها قابل ردیابی می‌باشد. بررسی‌هایی روی استفاده از کیتوزان، فوزتیل آلومینیوم و گلوتاتیون و الیگوساکارید با نام تجاری کندال (Kendal) و والاگرو (Valagro) و اولیویس (Olivis) (ساخت ایتالیا) روی انگور در مزرعه نشان داد که همه این ترکیبات تعداد درختان بهبود یافته را در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهند و بهترین نتایج با استفاده از اولیویس، کندال و بایون به دست می‌آید (Romanazzi *et al.*, 2009a).

نتایج بررسی دیگر نشان داد استفاده از فوزتیل آلومینیوم چهار در هزار به محض مشاهده علایم زردی ناشی از بیماری‌های فایتوپلاسمایی به‌صورت پراکنده در بهار، تاثیر خوبی در بهبودی علایم عارضه زردی فایتوپلاسمایی انگور در باغ دارد (Ghayeb Zamharir & Taheri, 2019). در این مطالعه از دو ترکیب جدید هایمکسازول و فوزتیل آلومینیوم با فورمولاسیون پریویکور انرژی (بایر، آلمان) با یک‌بار مصرف در سال استفاده شد، که نتیجه بسیار جالب بود. استفاده از این دو ترکیب نه تنها باعث بهبود علائم فایتوپلاسمایی گیاهان انگور در همان سال شد، بلکه مانع بروز علایم در سال بعد از مصرف نیز شد (Ghayeb

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Zamharir & Taheri, 2019). فوزتیل آلومینیوم دارای توزیع صعودی و نزولی کامل و به‌صورت سیستمیک در گیاهان است و سیستم دفاعی گیاهان را تحریک می‌کند. در گیاهان تیمارشده با فوزتیل آلومینیوم و هایمکسازول سیستم ریشه در مقایسه با گیاهان تیمار نشده به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (شکل ۱) (Ghayeb Zamharir & Taheri, 2019). در بسیاری از بیماری‌های فایتوپلاسمایی درختان میوه، آلودگی فایتوپلاسمایی باعث کاهش حجم سیستم ریشه می‌شود. از سوی دیگر، ایران یک کشور خشک است و اگر گیاه آلوده به فیتوپلاسما همزمان با قارچ‌های انگور آلوده شود، با تیمار با فوزتیل آلومینیوم می‌توان مدیریت تلفیقی را برای کنترل هردو بیماری اجرا کرد (شکل ۲) (Ghayeb Zamharir, 2018).

نتایج بررسی گلخانه‌ای دیگر، روی نهال‌های لیموترش آلوده به فایتوپلاسمای جاروک لیموترش که با القاکننده‌های مختلف مقاومت (جدول ۱) (Ghayeb Zamharir *et al.*, 2018) هر شش ماه یک بار تا دو سال تیمار شده بودند، نشان داد ترکیب پریویکور انرژی، نوردوکس و هایمکسازول قادر به توقف علایم بیماری و کاهش شدت بیماری به میزان ۱۷-۴۰ درصد هستند (Ghayeb Zamharir *et al.*, 2018). سایر ترکیبات شامل اسید سالسیلیک، نوردوکس، هایمکاسازول، پریویکور انرژی و استارنر، به جز نانوسیلور و اسید آسکوربیک در شرایط گلخانه‌ای توانستند به طور موقت علایم زردی، رنگ پریدگی و ریزبرگی ناشی از آلودگی به فایتوپلاسما را برطرف کنند. تیمارهای برتر شامل پریویکور انرژی، نوردوکس و هایمکسازول برای بررسی‌های باغی در استان هرمزگان مورد استفاده قرار گرفتند. به این منظور تعداد ۲۰ درخت آلوده با علایم شدید جارویی شدن با محلول دو در هزار این ترکیبات در دو نوبت به فاصله شش ماه محلول پاشی شد. سطح و میزان شاخه‌های جارویی در همهٔ تیمارهای باغی پس از گذشت ۱۲ ماه تغییری نکرد، ولی اندازه و وزن میوه به شکل قابل ملاحظه‌ای در درختان تیمار شده با پریویکور انرژی افزایش یافت (جدول ۲) (Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020). تاثیر مشابهی با مصرف هایمکسازول روی درختان انگور آلوده به بیماری زردی و زوال فایتوپلاسمایی انگور مشاهده شد (شکل ۳) (Ghayeb Zamharir & Taheri, 2019). همچنین، تاثیر این ترکیبات از نظر کاربرد در خاک و اسپری روی برگ‌ها با یکدیگر مقایسه شدند و نتایج نشان داد نوع کاربرد ترکیب تاثیری روی نتایج مشاهده شده ندارد (Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020).

ریکاوری یا بهبودی

ریکاوری یا بهبودی، فرضیهٔ محوشدن علایم گیاهان بیمار است. این پدیده ممکن است باعث حذف پاتوژن از میزبان شود. این پدیده در مورد فایتوپلاسماهای آلوده‌کنندهٔ سیب و انگور گزارش شده است (Romanazzi *et al.* 2009 a, b; Wu *et al.*, 2012). بهبودی درختان سیب آلوده به فایتوپلاسمای افزولش سیب، Apple proliferation (APP) نیز هنوز خوب شناخته نشده است، اما به نظر می‌رسد با ژنوتیپ پاتوژن، میزبان و شرایط محیطی در ارتباط باشد (Musetti *et al.*, 2004). در درختان سیب، بهبودی از فایتوپلاسمای پرولیفریشن (APP) با ناپدیدی فایتوپلاسماها از قسمت‌های سایه‌انداز (هوایی) درختان مرتبط است، اما در ریشه‌ها همچنان باقی است. با این‌حال احتمال آلودگی مجدد قسمت‌های هوایی این درختان به فایتوپلاسمای افزولش سیب چهار برابر کمتر از درختانی است که قبلا آلوده نشده‌اند. این قضیه نشان می‌دهد که مقاومت القایی در این درختان اتفاق افتاده است (Musetti *et al.*, 2004). در طول آلودگی و حین تعامل پاتوژن و میزبان پراکسید هیدروژن H_2O_2 در سلولهای میزبان تولید و جمع می‌شود. پراکسیدهیدروژن در پلاسمالمای بافت آبکش برگ درختان سیب بهبود یافته وجود دارد، ولی در برگ درختان سالم یا درختان آلوده وجود ندارد. در همهٔ ارقام فعالیت پراکسیدازی برابر یا بیشتر از نمونه‌های سالم بود (Musetti *et al.*, 2004). این جمله تکراری است در پاراگراف آخر همین قسمت (ریکاوری یا بهبودی) نیز عینا تکرار شده است، لطفا یا از اینجا و یا از پاراگراف آخر حذف شود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تولید H_2O_2 و سایر مولکول‌های با عمل اکسیداتیو مانند سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل در گیاهان پاسخی به حمله پاتوژن است. این ترکیبات به‌طور مستقیم خاصیت ضدمیکروبی دارند و به‌طور غیرمستقیم سایر فعالیت‌های دفاعی را نیز انجام داده یا روی برخی فعالیت‌ها از جمله تولید لیگنین، پراکسیدکردن چربی، سنتز فایتوآلکسین و واکنش فوق‌حساسیت اثر می‌گذارند. به‌نظر می‌رسد چند سیستم متابولیکی شامل پراکسیدازها، لیپواکسیژنازها، کاتالازها و چرخه‌ی آسکوربات-گلوتاتیون در کاتالیز ROS دخیل هستند. این سیستم‌های غیرطبیعی به‌طورکلی تشکیل شده‌اند از :

۱) آسکوربات که می‌تواند در اثر اکسید شدن به رادیکال منو-دی‌هیدروآسکوربات و دی‌هیدروآسکوربات تبدیل شود.

۲) کاهش گلوتاتیون (GSH)، گاماگلوتامیل‌سیستئینیل گلایسین که می‌توانند اکسید شده باشند و به دی سولفیدگلوتاتیون (GSSG) تبدیل شوند (Musetti *et al.*, 2004).

هم‌چنین گیاهان آنزیم‌هایی دارند که مسئول یافتن اکسیدانت‌ها مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیدازهای غیراختصاصی، پراکسیدازگائوکل و پراکسیدازهای اختصاصی (پراکسیدازآسکوربات) هستند. اگر ROS با این آنزیم‌ها و ترکیبات دفاعی دیگر سم‌زدایی نشود، باعث پراکسیدکردن چربی غشاء شده و مالوندی آلدهاید (MDA) تولید می‌گردد (Musetti *et al.*, 2004, Ghayeb Zamharir *et al.*, 2011 & 2014). از طرف دیگر گلوتاتیون در برگ‌های سالم بیشتراز برگ درختان بیمار و بهبود یافته است. این داده‌ها نشان می‌دهد که بعضی از ترکیباتی که در سیستم یابنده اکسیدانت‌ها در سلول نقش دارند، در درختان بهبودیافته زیاد فعال نیستند، در نتیجه باعث افزایش بیش‌از حد تولید H_2O_2 و احتمالا پراکسیدشدن لیپید غشاء پاتوژن (فایتوپلاسما) می‌شوند (Musetti *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

گیاهان دارای سازوکارهای دفاعی متعددی هستند، که می‌توان آن‌ها را با ریزجانداران یا مواد شیمیایی تحریک و فعال کرد. پنج نوع مقاومت القایی در گیاهان عبارتند از: مقاومت اکتسابی موضعی، مقاومت اکتسابی سیستمیک، تنظیم سیستمیک خاموشی ژن‌ها، مقاومت سیستمیک القا شده و واکنش سیستمیک در برابر زخم. مقاومت اکتسابی سیستمیک مهمترین نوع مقاومت القایی است، که حفاظت مداوم و طولانی‌مدت علیه آلودگی در برابر دامنهٔ وسیعی از بیمارگرها را در گیاهان موجب می‌شود. تشکیل پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی، تغییر دیوارهٔ سلولی با رسوب و اتصال پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، گلیکوپروتئین‌ها، فنل‌ها، تولید فیتوآلکسین‌ها و لیگنینی شدن مراحل بروز این نوع مقاومت در گیاهان هستند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهند استفاده از بعضی ترکیبات در بیماری‌های فایتوپلاسمایی با القای مقاومت باعث بهبود علایم می‌شوند از این روش در سال‌های اخیر برای مدیریت بیماری‌های فایتوپلاسمایی مهم مانند زردی و زوال انگور، افژولش سیب و نیز جاروک لیموترش استفاده شده است. لذا مقاومت القایی می‌تواند به عنوان یک روش افزایش‌دهنده مکانیسم‌های دفاعی طبیعی گیاه در مقابل انواع پاتوژن‌ها، به خصوص فایتوپلاسماها که پاتوژن محدود به آوند آبکش هستند و هیچ ترکیب شیمیایی موثری برای حذف آنها از درختان بیمار تا کنون معرفی نشده است، مطرح گردند. این نوع مقاومت توسط طیفی از فاکتورها فعال می‌شود که تعدادی از ترکیبات شیمیایی در مورد بیماری‌های فایتوپلاسمایی معرفی شده است ولی بحث ترکیبات القاکننده‌ی مقاومت نیاز به مطالعات بیشتر به منظور معرفی ترکیبات جدیدتر و ارزان‌تر دارد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱– ترکیبات مختلف القا کنندهٔ مقاومت برای مدیریت بیماری جاروک لیموترش

Table 1. Resistance inducer compounds for management of Mexican lime witches broom disease

Compounds	Comersial Name	Producing Company	Usage dose	Application in green hose condition	Application in garden condition	Application Method	Source
Ascorbic acid (AA)	-	Merc, Germany	300 µM	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Ascorbic acid (AA)	-	Merc, Germany	600 µM	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Ascorbic acid (AA) (300 µM) plus $MgCl_2$ (200 µM)	-	Merc, Germany		✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Salicylic acid (SA)	-	Merc, Germany	150 µM	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Salicylic acid (SA)	-	Merc, Germany	300 µM	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Salicylic acid (SA) (300 µM) plus $MgCl_2$ (200 µM)	-	Merc, Germany		✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Phosetyl-Al 80% WP	Aliette	Khazar Sam, Iran	$2/_{000}$	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Nano silver	-	EC, Iran	10 µM	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Oxalinic acid (20%)WP	STARNER	Somitomo, Japan	3g/L	✓	•	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
31% Phosetyl-Al plus 53% propamocarb	Privicore Energy^{TM}	Byer, Germany	17.5 µM	✓	✓	Leaf/ soil spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Hymexazol 70%	Tachigaren	Samigro, Japan	30 µM	✓	✓	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020
Copper	NORDOX	Masacobe, Spain	30 µM	✓	✓	Leaf spray	Ghayeb Zamharir *et al.*, 2020

Means this component was applicate in green house (garden) condition or not (•).

جدول ۲– کیفیت میوهٔ لیموترش مکزیکی برداشت شده با القاکننده‌های مقاومت مختلف تیمار شده با پریویکور انرژی (31% Phosetyl-Al plus 53% propamocarb) در شرایط باغ

Table 2. Quality of Mexican lime fruit harvested from Mexican limes treated with Privicore Energy^{TM} (31% Phosetyl-Al plus 53% propamocarb) and Hymexazole in garden condition

Treatment	control	31% Phosetyl-Al plus 53% propamocarb	Hymexazol
Weight (100 fruit)	1800.5_b	2300.1_a	1668.5_b

The results of comparing the means were divided into two groups a and b.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شکل ۱) رشد ریشه در گیاه انگور آلوده به فایتوپلاسمای زردی انگور و تیمار شده با هایمکسازول (چپ) و اختلاف آن در مقایسه با رشد ریشه با درخت انگور شاهد تیمار نشده (راست) در شرایط گلخانه (Ghayeb Zamharir and Tahei, 2019)

Figure 1: Root growth in treated grapevine infected with grape yellows phytoplasma with Hymexazol (Left) and (Ghayeb Zamharir and Tahei, 2019) its difference compared with control grape (Right) in greenhouse condition

شکل ۲) تیمار انگور آلوده به فایتوپلاسمای زردی انگور تیمار شده با فوزتیل آلومینیوم (پریویکور انرژی) (چپ) در مقایسه با درختان آلوده تیمار نشده (راست) (Ghayeb Zamharir and Tahei, 2019)

Figure 2: Treated grapevine with Fosetyl Al. (Privicore Energy) (Left) and untreated phytoplasma infected grapevine (Right) (Ghayeb Zamharir and Tahei, 2019)

شکل ۳) افزایش اندازهٔ حبه و میوه در انگورهای تیمار شده با هایمکسازول (راست) در مقایسه با خوشهٔ انگور تیمار نشده (چپ) (Ghayeb Zamharir & Tahei, 2019)

Figure 3: Increasing fruits size in treated grapevines with Hymexazol (right) compared with untreated grapevine (Ghayeb Zamharir & Tahei, 2019)

References

Beard, F.R., Deer, H.M., Thompson, S., Karren, J.B., Alston, D.G., Roe, A.H. & Dewey, S.A. 2001. Agricultural Plant Pest Management, Study Guide for Pesticide Application and Safety, Category 1a, Utah Department of Agriculture and Food.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Bressan, A. & Purcell, A.H. 2005. Effect of benzothiadiazole on transmission of X-disease phytoplasma by the vector Colladonus montanus to Arabidopsis thaliana, a new experimental host plant. Plant Disease, 89: 1121-1124.

Chiesa, S., Prati, S., Assante, G., Maffi, D. & Bianco, P.A. 2007. Activity of synthetic and natural compounds for phytoplasma control. Bulletin of Insectology, 60: 313-314.

Delaney, T.P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney T., Gut-Rella, M., Kessmann, H., Ward, E. & Rylas, J. 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. Science, 266: 1247–1249.

Firrao, G., Garcia-Chapa, M. & Marzach, C. 2007. Phytoplasmas: Genetics, Diagnosis and Relationships with the Plant and Insect Host. Frontiers in Bioscience, 12(6): 1353-1357.

Garau, R., Prota, V.A., Sechi, S. & Moro, G. 2008. Biostimulants distribution to plants affected by 'bois noir': results regarding recovery. Petria, 18: 366-368.

Ghayeb Zamharir, M. & Taheri, M. 2019. Effect of new resistance inducers on grapevine phytoplasma disease. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 52: 17-18, 1207-1214.

Ghayeb Zamharir, M., Askari Seyahooei, M. & Azimi, H. 2018. Study of potential resistance inducers to control of witches' broom disease of lime. Proceeding of the Agricon. 15 novomber 2018, Shahid Beheshti University.

Ghayeb Zamharir, M., Askari Seyahooei, M. & Pirseyedi, M. 2020. "Witches' broom" disease of lime suppressed by some resistance inducers. Indian Phytopathology, 73: 517–525.

Ghayeb Zamharir, M., 2018. Grapevine yellows and decline syndrome (Technical instructions). IRIPP Pres. No. 99655.

Ghayeb Zamharir, M. & Alizadeh, A. 2019. Phytoplasmas. IRIPP Pres.

Hammerschmidt, R., Métraux, J.P. & van Loon, L.C. 2000. Inducing resistance: A summary of papers presented at the First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases, Corfu. Europeain Journal of Plant Pathology, 107: 1-6, 2001.

Heil, M. & Bostock, R.M. 2002. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences. Annals Botany, 89(5): 503-512.

Lee, I.M., Davis, R.E. & Gundersen-Rindal, D.E. 2000. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. Annu. Rev. Microbiol. 54 (7): 221-255.

Leljak-Levanic´, D., Jesic´, M., Cesar, V., Ludwig-Müller, J., Lepeduš, H., Mladinic´, M., Katic´, M. & C´urkovic´ Perica, M. 2010. Biochemical and epigenetic changes in phytoplasmarecovered periwinkle after indole-3-butyric acid treatment. Journal of Applied Microbiology, 109: 2069- 2078.

Mazio, P., Montermini, A. & Brignoli, P. 2008. Preliminary trials to test the effectiveness of biological promoters for the control of grapevine yellows symptoms. Giornate Fitopatologiche, 2: 593-600.

Musetti, R., Sanità di Toppi, L., Ermacora, A. & Faval, A. 2004. Recovery in apple trees infected with the apple proliferation phytoplasma: An ultrastructural and biochemical study. Phytopathology, 94: 203-208.

Prati, S., Maffi, D., Longoni, C., Chiesa, S., Bianco, P.A. & Quaroni, S. 2004. Preliminary study on the effects of two SAR inducers and prohexadione calcium on the development of phytoplasmas in vinca. Journal of Plant Pathology, 87: 303.

Romanazzi, G., D'Ascenzo, D. & Murolo, S. 2009b. Field treatment with resistance inducers for the control of grapevine bois noir. Journal of Plant Pathology, 91: 677- 682.

Romanazzi, G., Musetti, R., Marzachì, C. & Casati, P. 2009a. Induction of resistance in the control of phytoplasma diseases. Petria, 19: 113-129.

Romanazzi, G. & Murolo, S. 2008. Partial Uprooting and Pulling to Induce Recovery in Bois noir-Infected Grapevines. Journal of phytopathology, 156 (11-12): 747-750.

Schneider, M., Schweizer, P., Meuwly, P. & Métraux, J.P. 1996. Systemic acquired resistance in plants. In: Jeon KW, ed. International review of cytology, vol. 168 San Diego: Academic Press, 303–340.

Schweizer, P., Buchala, A., Silverman, P., Seskar, M., Raskin, I. & Métraux, J-P.1997. Jasmonate-inducible genes are activated in rice by pathogen attack without a concomitant increase in endogenous jasmonic acid levels. Plant Physiology, 114: 79–88.

Silverman, P., Seskar, M., Kanter, D., Schweizer, P. & Métraux, J. 1995. Salicylic acid in rice. Plant Physiology 108: 633–639.

Somssich, I.E. & Hahlbrock, K. 1998. Pathogen defence in plants – a paradigm of biological complexity. Trends in Plant Science 3: 86–90.

Wu, W., Ding, Y., Wei, W., Davis, R.E., Lee, I-M., Hammond, R.W. & Zhao, Y. 2012. Salicylic acid-mediated elicitation of tomato defence against infection by potato purple top phytoplasma. Annals of Applied Biology, 161: 36-45.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Application of resistance-inducing compounds in the management of phytoplasma diseases

Maryam Ghayeb Zamharir

Associate Professor, Plant Disease Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.
Corresponding author: Maryam Ghayeb Zamharir, email: Zamharir2005@yahoo.com

Received: Oct., 09, 2021 9(1) 71–79 Accepted: May., 30, 2022

Abstract

Induced resistance is a type of defense system in plants that is activated by a biotic agent and allows plants to resist pathogens or parasites. Strong inducers are usually quite effective and can trigger a plant resistance reaction. These molecules, also called elicitors, can be inanimate or biotic in nature, challenging the plant and reacting to it, which must be done by producing antimicrobial compounds and / or creating mechanisms is related to plant defense. Induction of resistance in plants is strongly influenced by environmental conditions, especially light and temperature during the day and growing conditions. In general, induction of resistance in plants by using live or non-live stimuli or the use of plant cultivars incompatible with the patient, are among the strategies considered by researchers in the management of diseases and plant diseases. Induced resistance to change of grape varieties infected with phytoplasma disease has been observed on different cases. This method is one of the treatment strategies in the management of phytoplasma diseases and diseases caused by hard vascular bacteria.

Keywords: Induced resistance, Plant pathology, Phytoplasmic diseases, plant resistance,

Archive of SID.ir