



مروری بر روش های شناسایی فناوریانه و مدیریت تلفیقی پایدار آفات نخلستان ها (زنجرک خرما)

نویسنده اول^{*}: پدram طلایی، نویسنده دوم^آ: محسن رحیمی

۱- دانشجوی کارشناسی میکروبیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان. P.talaei84@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی میکروبیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان.

Mohsen3131qwer@gmail.com

چکیده:

زنجرک خرما از آفات کلیدی خرما در ایران می باشد. با تضعیف درختان خرما و کاهش تولید میوه، کشاورزی را در خاورمیانه تهدید می کند. شناسایی با استفاده از روش های فناوریانه مبتنی بر مکان یابی دقیق و مقابله با لاروهای حشره موجب جلوگیری از گسترش آلودگی می شود. با این حال، استفاده بیش از حد کودها و سموم شیمیایی علاوه بر مقاومت و تولید مثل بیشتر باعث کاهش کیفیت میوه خرما می شود. کودهای زیستی مبتنی قارچ های آنتوموپاتوزن و مهندسی ژنتیک (CRISPR) راهکارهای نوینی را ارزیابی می کند که باعث جلوگیری همزمان مقامت و اوج شیوع آفت می شود. همچنین کنترل زیستی این آفت در مقیاس عظیم نیازمند یافتن محل دقیق پوره حشره است که باعث مدیریت هدفمند و پایدار برای نخلستان ها می شود

کلمات کلیدی: زنجرک خرما، امنیت غذایی، نخل ها، آفات نخل، پایش، تصویر برداری حرارتی، روش های تشخیص، مهندسی ژنتیک، اینترنت اشیاء، حسگرها، حشره کش زیستی

۱. مقدمه

حشره زنجرک خرما با نام علمی (*Ommatissus lybicus*) یکی از آفات مکنده اصلی درخت نخل خرما می باشد. پوره ها و حشره های بالغ این حشره، شیره برگ ها و ساقه های میوه درخت خرما را می مکند. زنجرک خرما به دلیل ویژگی های زیستی خاص خود توانایی زندگی در محیط های گرم و خشک نخلستان ها را دارا می باشد. این آفت دارای پتانسیل بسیاری در ایجاد ویرانی و خسارت سنگین در نخلستان ها را دارد، از این رو تهدید مهمی برای کشور های تولید کننده خرما می باشد و با توجه به گسترش و مقاومت سریع آن تاثیر مستقیمی بر اقتصاد و معیشت مردم است. به همین شناسایی و کنترل آفت زنجرک خرما حیاتی می باشد.

شناخت آفت زنجرک خرما:



شناخت و مورفولوژی آفت زنجبرک خرما از اهمیت زیادی برخوردار می باشد تا در زمان درست بتوان آنها را از بین برد، حشرات بالغ مایل به زرد و ماده معمولاً بلندتر از نر می باشد که هیچ لکه سیاهی در پشت نر و ماده دیده نمی شود، با این حال یک لکه نارنجی در سطح پستی شکم نر وجود دارد و در انتهای شکم ماده در زمان تخم گذاری خط قهوه ای تیره مشاهده می شود همچنین تخم های آفت به شکل مستطیل و در ابعاد ۰/۵ تا ۰/۸ میلی متر مشاهده می شود. [۱]

- نخل خرما دومین محصول باغبانی مهم ایران پس از پسته است. این محصول عمدتاً در کمربند جنوبی کشور کشت می شود. حجم مشتریان در صنعت خرما شامل کشاورزان، تولید کنندگان خرما، شرکت های کشاورزی است. ایران در بحث صادرات خرما و فرآورده های آن می تواند دارای یک گردش مالی ۱/۵ میلیارد دلاری باشد. ظرفیت تولید خرما در ایران حدود ۲ میلیون تن در سال تخمین زده می شود که جزء بزرگ ترین تولید کنندگان در جهان است بر اساس گزارشات فائو (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد)، بیش از ۷ میلیون هکتار زمین در سطح جهانی تحت کشت نخل خرما قرار دارد که عمدتاً در کشورهای عربی مانند عربستان سعودی، امارات متحده عربی، مصر و ایران متمرکز است. تقاضا برای محصولات ارگانیک روبه افزایش است و کشورهای مختلفی تمایل زیادی به استفاده از روش های پایدار دارند. [۲]

چرخه زندگی و رفتار:

شامل مراحل تخم گذاری، لاروی و بالغ می باشد. در ابتدا لاروها پس از خروج از تخم حشره روی برگ های درخت نخل شروع به تغذیه می کند و از شیر گیاهی استفاده شده باعث ترشح عسلک روی برگ می شود، از این رو منبع مناسبی برای جذب و رشد قارچ های بیماری زا می باشد. در ادامه فرآیند رشد حشره در جدول (۱) خلاصه شده است. از نظر زیستگاه، آفت در بخش های سایه دار و سبز درخت نسبت به بخش های خشک یا پوشیده از غبار را ترجیح می دهد. همچنین اغلب آلودگی های شدید در باغ های نزدیک به رودخانه ها، باغ های با تراکم انبوه و باغ هایی با کشت مخلوط که همراه آبیاری زیاد و غرقابی می باشد زندگی می کنند. [۳]

جدول ۱: مراحل رشد آفت زنجبرک خرما از پوره تا حشره بالغ				
سن حشره	رنگ بدن و طول	حلقه (ناحیه شکمی) و رنگ	رنگ چشم ها	پوره
سن یک	سفید - طول ۱-۲۵ میلی متر	۳ لکه خاکستری روشن	قرمز	
سن دو	سفید - طول ۲-۲۵ میلی متر	نوار خاکستری در طول بدن	قرمز	
سن سه	- طول ۲-۲/۵ میلی متر	به شکل زائده حلقه اول و دوم	-	

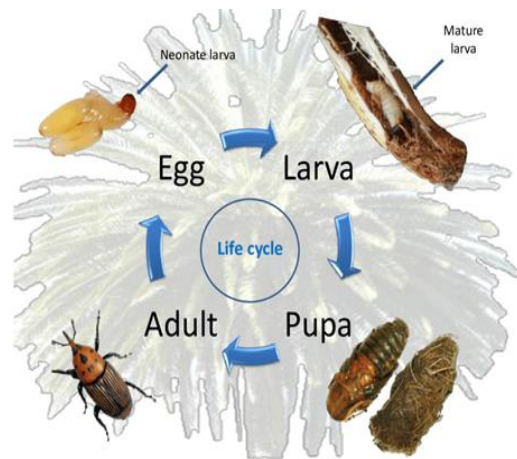


-	بال های کاملاً واضح حلقه های ۱، ۲، ۳ را می پوشاند	طول ۳-۳/۵ میلی متر	سن چهار	
-	بال ها تا حلقه ی سوم کشیده شده و بخشی از حلقه ۴، رنگ زرد روشن، در انتهای شکم پورها است	۳-۴ میلی متر	سن پنج	

شکل ۲- شکل قطعات دهانی آفت (قطعات دهانی از یک خرطوم کوچک تشکیل شده که به وسیله آن شیره نباتی را می مکد)



شکل ۱- مراحل مختلف زیستی آفت زنجبرک خرما



خسارات آفت زنجبرک خرما: خسارات به دو نوع تقسیم می شود.

خسارات مستقیم: در این نوع خسارات لاروهای حشره و حشرات بالغ با تغذیه از شیره گیاهی، منجر به زردی و خشک شدن برگ ها می شود و در نهایت با ضعف درختان باعث ریزش میوه ها می شود. [۴]

خسارات غیر مستقیم: پوره و حشره بالغ با استفاده از ترشح عسلک بر روی برگ درختان به عنوان منبع غذایی خوبی برای فراهم کردن شرایط رشد قارچ های ساپروفیت عمل می کنند و باعث ایجاد آلودگی میوه ها و کاهش کیفیت و بازاریابی محصول می شود. [۴]

عوامل موثر در طغیان آفت زنجبرک خرما:

- نور: آفت زنجبرک خرما نور گریز می باشد. پوره های این آفت اکثراً در سطح زیرین برگ زندگی می کنند و زنجبرک های ماده برای تخم گذاری در زیر برگ های همیشه سبز و شاداب که در معرض نور خورشید نمی باشند انتخاب می کنند.

[۵]



- تراکم نخلستان ها: در نخلستان های متراکم به دلیل رقابت برای جذب نور خورشید، برگ ها بزرگ تر و بافت آن ها لطیف تر می باشد و ویژگی مهمی برای تغذیه و تخم گذاری زنجبرک خرما می باشد.
- سن و ارتفاع نخل ها: نور خورشید در باغ هایی که دارای نخل های مسن و بلند (بیش از ۱۲ متر) و نخل های کوتاه (کم تر از ۵ متر) می باشند بهتر نفوذ می کنند، اما در باغ هایی که دارای تاج بسته می باشند به دلیل عدم جریان هوا و رطوبت بالا، خسارات آفت بیشتر می باشد.
- کشت مخلوط: کشت مخلوط نخل ها با مرکبات، مانند یونجه و انار که در برخی مناطق مرسوم می باشد به دلیل نیاز های آبی متفاوت و افزایش دور آبیاری می تواند منجر به افزایش رطوبت و در نتیجه مساعد شدن شرایط برای افزایش جمعیت آفت می شود.

تغییرات آفت در طول زمان:

- گسترش جغرافیایی: با تغییرات اقلیمی و شیوه های کشاورزی، آفت توانسته به مناطق جدیدی گسترش یابد و به دلیل تغییرات دما و رطوبت می باشد.
- مقاومت به سموم: با استفاده مکرر از سموم شیمیایی برای کنترل آفت، ممکن است باعث ایجاد مقاومت هایی شود که کنترل آن را دشوار می کند.
- تاثیرات بر اکوسیستم: افزایش جمعیت این آفت می تواند تاثیرات منفی بر اکوسیستم نخلستان ها داشته باشد مانند کاهش تولید خرما و آسیب به سلامت درختان. [۶]

راهکارهای فناورانه در شناسایی زودهنگام و کنترل پایدار آفت زنجبرک خرما:

مدیریت رطوبت و کنترل زراعی در نخلستان ها:

ایران با بیش از ۴۰۰ رقم نخل خرما، بیشترین تنوع خرما را در جهان دارد. رطوبت بالا و تراکم بیش از حد درختان نخل، شرایط مساعدی را برای تکثیر زنجبرک خرما ایجاد می کند. مدیریت مناسب آبیاری، هرس به موقع درختان و رعایت فاصله مناسب بین درختان می تواند راهکار مناسبی برای جمعیت آفت باشد و به طور غیر مستقیم در کنترل آفت موثر باشد. گاهی اوقات می توان با انتخاب محل مناسب برای رشد نخل و فعالیت دشمنان طبیعی، خسارت آفت را کاهش داد و با توجه به شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و شرایط خاک باعث شده که گیاهان استرس کمی را متحمل شوند و مقابله بهتری با آفات داشته باشند. [۷، ۸]

روش سنتی بازرسی بصری:

به عنوان معمول ترین روش برای تشخیص آلودگی در نخل ها در نظر گرفته می شود. علائم بصری حضور زنجبرک خرما به مرحله آلودگی بستگی دارد. به عنوان مثال، تراوش مایع قهوه ای غلیظ، تونل هایی در پایه ها و روی تنه دمبرگ برگ ایجاد می کند، همچنین حضور فضولات شامل بافت گیاهی جویده شده است که بوی تخمیر دارد، پيله های اطراف درخت، بقایای لارو و شفیره های آنها و در مرحله شدیدتر آلودگی، شکستن تنه یا سرشاخه ها می باشد. بازرسی بصری درختان نخل دشوار می باشد و در نتیجه تشخیص زودهنگام آلودگی برای متخصصان وقت گیر، پرهزینه و دقیق نمی باشد. [۹]

تکنیک های بیوآکوستیک:



فناوری شامل استفاده از ضبط های صوتی برای شناسایی و تشخیص فعالیت های لاروهای حشره در تنه درخت خرما می باشد و با نام (*Rhynchophorus ferrugineus* Oliv) می باشد و در این استراتژی با استفاده جمع آوری صدای جویدن لاروها درون نخل به عنوان یک نشانگر زودهنگام آلودگی عمل کند. با استفاده از میکروفون های حساس و نرم افزارهای تحلیل صدا، می تواند به شناسایی صداهای تولید شده و تمایز آنها محل درخت های آلوده را شناسایی کند و از شیوع آفت جلوگیری کند. [۱۰].

تشخیص آکوستیک: تشخیص صوتی نخل ها با آلودگی به لاروها/حشره بالغ زنجبر خرما بر اساس صداهای متمایز مشاهده از نخل های آلوده به آفت استدلال شد. صداهای جویدن از فعالیت های آفت سرچشمه می گیرند. وقتی آفات زیادی در بافت نخل ساکن می شوند، صداهایی که ایجاد می شوند را می توان با متخصص هوشمند و آموزش دیده تشخیص داد. دقت این روش نسبت به روش های حسگری پایین تر می باشد زیرا در مراحل اولیه آلودگی صداهای فعالیت آفات برای تشخیص بسیار کم می باشد. [۱۰، ۱۱]

مدیریت تلفیقی آفات (IPM):

روشی برای کنترل آفات می باشد که در آن از استراتژی های مختلف کنترل برای تولید حداکثر محصولات سالم و حداقل استفاده از سموم شیمیایی استفاده می شود. توجه به ترویج و آموزش کشاورزی برای کاهش خطر سموم شیمیایی در این روش ضروری می باشد. و با اقداماتی همچون آموزش کشاورزان بر اساس سن، تحصیلات، تعداد رقم های کاشته و نوع آبیاری بهترین راهکار را ارائه می دهند و موجب افزایش آگاهی کشاورزان و باغداران می شود. [۱۲، ۱۳]

افزایش کنترل بیولوژیکی:

افزایش با رها سازی تلقیح شده کفشدوزک شکارگر (*stethorus gilvifrons mulsant*) انجام شد. این کفشدوزک مهم ترین و فعال ترین کفشدوزک های شکارگر در نخلستان های ایران می باشد. ارزیابی های انجام شده در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه ای نشان می دهند که عملکرد بسیار بالایی برای کنترل بیولوژیکی مانند کنه خرما و سایر آفات را دارا می باشد. [۱۳]

تشخیص شیمیایی:

معمولاً بر اساس نخل های آلوده به آفت زنجبر خرما، علائمی از مواد فرار مشخصه را تولید می کنند. این علائم ناشی از فضولات آفت می باشد، مایع قهوه ای غلیظی که از بافت گیاه جویده شده با بوی تخمیر شده در نخل آلوده تراوش می شود. با این حال هیچ یک از علائم خاص منتشر شده توسط نخل های زخمی قابل شناسایی نمی باشد. تکنیک تشخیص شیمیایی معمولاً با استفاده از سگ های آموزش دیده و بوکش آزمایش می شود. این سگ ها می توانند مواد گیاهی آلوده را تشخیص دهند. [۱۴] در گذشته از انواع مختلفی از سگ ها برای بو کشیدن استفاده شده است. چنین سگ هایی معمولاً به دلیل سهولت در جابجایی، عملکرد و تعامل خوب با محیط اطراف، برای این نوع کارها ترجیح داده می شود. در مورد آفت زنجبر خرما و آفات نخل، عملی بودن این رویکرد در تحقیقات مشابه ارزیابی شده است. [۱۵]

اینترنت اشیاء به همراه هوش مصنوعی برای تشخیص زودهنگام:

با استفاده از قرارگیری حسگرهای متصل به اینترنت اشیاء در درخت نخل می باشد و به تصمیم گیری برای تضمین کیفیت بالاتر محصولات و جلوگیری از آفات، بیماری ها و سایر تهدیدات احتمالی کمک می کند. آفت زنجبر خرما خسارات



زیادی به درختان نخل وارد می کند و می تواند مناطق وسیعی از درختان نخل را ویران کند. چالش برانگیزترین مشکل زمانی است که اثر آن تا زمانی که نخل به حالت آلودگی پیشرفته نرسد، توسط انسان قابل مشاهده نمی باشد. به همین دلیل، نیاز مبرمی به استفاده از فناوری پیشرفته برای تشخیص زودهنگام و جلوگیری از انتشار آلودگی وجود دارد. مزایای آن امکان نظارت از راه دور با استفاده حسگرهای کشاورزی، تشخیص زودهنگام، تحلیل داده ها و تعیین اثر انگشت آلودگی می باشد. اگرچه تشخیص آلودگی زنجیر خرما در درخت نخل کار چندان آسانی نمی باشد اما گام اساسی در کنترل این آفت کشنده می باشد. [۱۶]. توسعه اینترنت اشیا با الگوریتم های مختلف هوش مصنوعی توانایی بسیاری را بخش های مختلف کشاورزی دارد، به طوریکه در هر لحظه بخش های مختلف نخلستان را با دقت و سرعت در نظر بگیرد، و تحت مدل های پیشرفته یادگیری عمیق (DL) توانایی رویکردی جامع برای مدیریت پایدار آفات باشد و با کمترین خطا بهترین نتایج را برای مقابله به موقع ارائه دهد، برای مثال مانند ردیاب آفت زنجیر خرما که از یک حسگر صوتی برای تشخیص آفت بر اساس عادت تولید صدای آفت استفاده کرده و با بهره گیری از حسگرهای آپتوالکترونیک برای نظارت لارو/حشره نیز استفاده می شود و باعث مکان یابی دقیق درخت آلوده می شود. [۱۷-۱۹]

فرمون های جنسی حشرات (طعمه های مصنوعی برای نظارت و به دام انداختن انبوه):

فرمون های حشرات نوعی مواد جاذب مرتبط شامل صدها ماده شیمیایی است، فرمون ها به عنوان ابزارهای نظارتی در سراسر جهان استفاده می شود و کاربردهای کنترل مبتنی بر فرمون مناطق وسیعی را پوشش می دهند. این مواد شیمیایی اصلاح شده رفتار، ابزارهای زیبایی برای کنترل حشرات می باشند. بوم شناسی شیمیایی، دانش مربوط به فرمون های غیر رسمی و مختص گونه ها و سایر مواد شیمیایی نشانه دار به گونه های مفید آسیب نمی زنند، تولید می کنند. بنابراین استراتژی های مدیریت کارآمد و پایدار حشرات را تشکیل می دهد. امکان سنجی آنها مانند مختص یک گونه، فعال بودن در مقدار کم و سمی نبودن برای سایر حشرات مضر نمی باشند. [۲۰]

نقش تصویر برداری حرارتی در تشخیص درختان نخل آلوده:

تصویر برداری حرارتی نقش کلیدی در بسیاری از زمینه های کشاورزی مانند نظارت بر نهالستان ها، تشخیص تنش شوری خاک، برنامه ریزی آبیاری، تخمین عملکرد و تشخیص بیماری های گیاهی ایفا می کند. تشخیص زودهنگام آلودگی در شاخه های فرعی و درختان منتقل شده برای کنترل و محدود کردن گسترش آفت زنجیر خرما از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. تکنیک این روش با استفاده از تصویربرداری حرارتی بر اساس تغییرات فیزیولوژیکی در نخل های آلوده که با بررسی طیف حرارتی تابشی ساطع شده از سایبان درخت و تشخیص صوتی لاروهای زنجیر خرما را که هنگام جویدن و حرکت در نخل های آلوده تولید می شوند، شناسایی می کند. [۱۰، ۲۱]

سنجش از دور حرارتی:

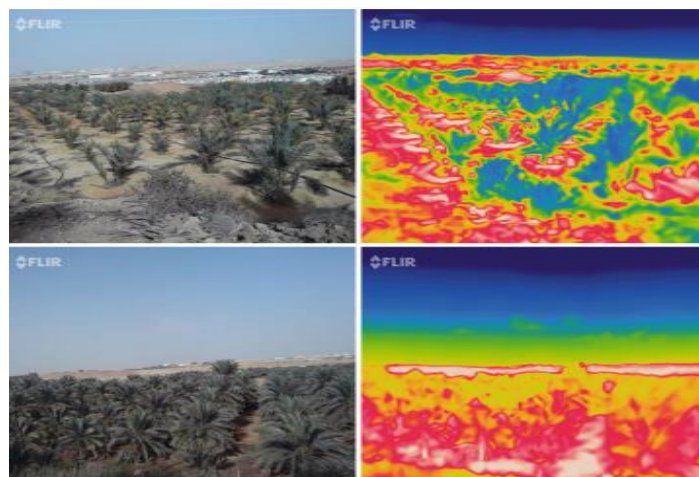
سنجش از دور حرارتی نوعی از سنجش از دور می باشد که با داده های به دست آمده در ناحیه مادون قرمز حرارتی طیف الکترو مغناطیسی سروکار دارد و از تکنیک های مناسب برای جمع آوری، پردازش و تفسیر استفاده می کند [۲۲]. سنجش از دور حرارتی، تشعشعات ساطع شده از سطح جسم هدف را اندازه گیری می کند [۲۳]. در سنجش از دور حرارتی، الگوهای تابش اشیا به تصاویر قابل مشاهده ای به نام تصاویر حرارتی یا ترموگرام تبدیل می شود. حسگرهای حرارتی قابل حمل همراه با سیستم های نوری می توانند ترموگرام هایی را که قابلیت نصب روی یا ماهواره یا هواپیما دارند متصل می شوند. این فناوری به دلیل کاهش هزینه تجهیزات و ساده سازی روش کار، در تشخیص آفات محبوبیت زیادی پیدا کرده است. در اینجا بسته به نوع تحریک نمونه به دو دسته اصلی تقسیم می شود:



ترموگرافی غیر فعال: در آن از تابش مادون قرمز غیر برانگیخته (انتشار طبیعی) برای آزمایش کیفیت نمونه و تشخیص هرگونه نقص در ساختار آن استفاده می شود. در ترموگرافی غیر فعال، از اختلاف دما بین یک نقص و محیط اطراف آن برای تشخیص آن استفاده می شود.

ترموگرافی فعال: در آن از یک منبع خارجی برای تحریک نمونه آزمایش استفاده می شود و در نتیجه تغییر دما بین نواحی و غیر معیوب در نمونه آزمایش ایجاد می شود. تحریک را می توان از طریق گرمایش نوری، الکترومغناطیسی، مکانیکی، ترموالاستیک و گرمایش یا سرمایش مبتنی بر همرفت انجام داد. هر یک از این تکنیک ها به زیر گروه های بیشتری تقسیم می شوند. [۱۰]

تشخیص کف دست آلوده درختان نخل با حرارت: تصویر برداری حرارتی یک تکنیک سنجش از دور می باشد که در حال حاضر در مورد نخل های خرما اعمال می شود. [۲۴، ۲۵]. در مورد آفت زنجبرک خرما، به نظر می رسد که وقتی درخت آلوده می شود، تخمیر در داخل تنه رخ می دهد. این می تواند منجر به افزایش دمای درخت می شود و همچنین رفتار در داخل تنه باعث ایجاد اختلال می شود و تنش آبی منجر به افزایش دمای درخت می شود. این فناوری پتانسیل به دست آوردن موقعیت مکانی در مورد دمای سطح را فراهم کرده و در نتیجه نقشه برداری از ناهمواری دمای سایبان را در مناطق وسیع تسهیل می کند. [۱۰]



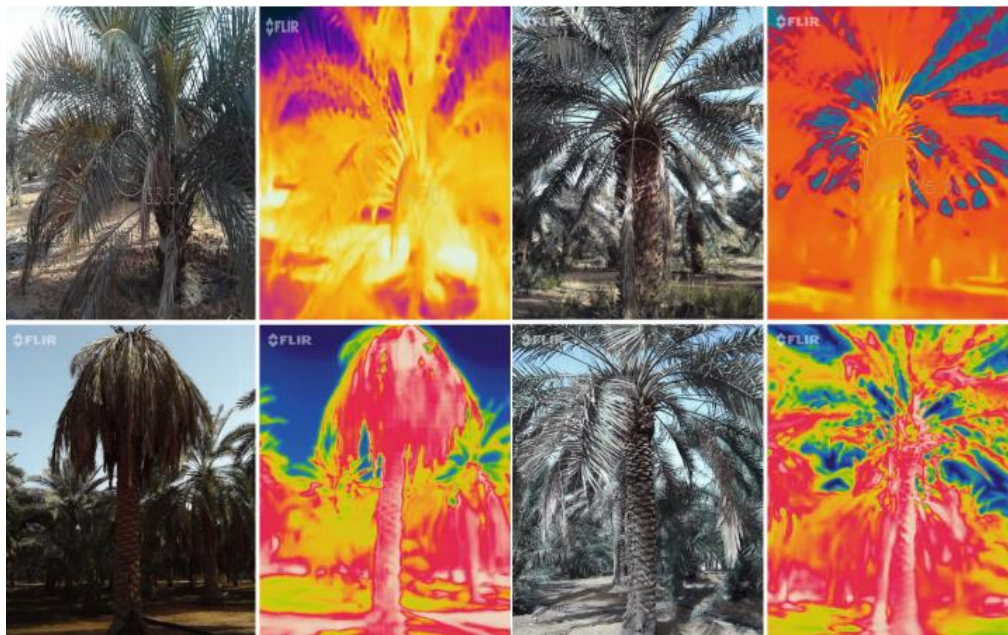
تصاویر حرارتی (راست) و تصویر RGB (چپ) از درختان نخل خرما

جمع بندی: مزایا و معایب روش های مختلف تشخیص که در بالا مورد بحث قرار گرفتند، بر اساس پارامتر های مختلف در جدول زیر خلاصه شده اند. با این حال، هنوز تلاش های زیادی برای بهبود حساسیت و اثربخشی روش های موجود مورد نیاز است. هیچ روش واحدی مقرون به صرفه و به اندازه کافی حساس نمی باشد. تشخیص از راه دور با استفاده از نشانه های بویایی و بصری برای بازرسی مناطق وسیع امیدوار کننده است، اما هنوز امکان پذیر نمی باشد. در حال حاضر، برای تولید راه حل های بهینه، به ادغام فناوری ها و روش ها نیاز است.

در مراحل بعدی که آلودگی بالاتر می باشد و با آسیب لارو حشره همبستگی دارد. به نظر می رسد زمان روز برای دقت تشخیص مهم می باشد. بیشترین تفاوت بین درختان آلوده و غیر آلوده بین ساعت ۱۱ تا ۱۴ می باشد. دقت تشخیص حرارتی با نتایج به دست آمده از طریق وسایل صوتی یا استفاده از سگ ها کمتر می باشد. با توجه به سطح آسیب نخل های آلوده در آزمایش های کنترل شده، تنها در صورتی موثر می باشد که باعث ایجاد تنش آبی قابل توجهی شود که توسط تصاویر حرارتی قابل تشخیص باشد. در مزارع تجاری، درختان آلوده قبل از مشاهده علائم بصری، توسط تصاویر حرارتی زمینی و



هوایی با دقت و قابلیت اطمینان بالا شناسایی شدند. برای غربالگری در مقیاس بزرگ، تصویر برداری حرارتی هوایی نسبت به سایر روش های تشخیصی که برای آلودگی به آفت زنجبر خرما توسعه داده شده اند، مانند سگ ها و آکوستیک، مزیت دارد زیرا دومی نیاز به غربالگری هر درخت دارد. شناسایی و نقشه برداری از درختان نخل مشکوک به آلودگی در مزارع تجاری از طریق تصویر برداری حرارتی یک کار پیچیده می باشد. زیرا هنگام پوشش یک منطقه بزرگ، وضعیت آب درختان شاخسی از آلودگی به زنجبر خرما نمی باشد و می تواند به دلیل تفاوت در آبیاری، سن، قرار گرفتن در معرض آفتاب یا بیماری ها بسیار متغیر باشد. این عوامل ممکن اس باعث تشخیص نادرست آلودگی درختان به آفت زنجبر خرما باشد. [۱۰] از سوی دیگر، تصویر برداری حرارتی برای غربالگری نخل ها در مقیاس بزرگ به منظور تشخیص طیف وسیعی از ناهنجاری ها استفاده می شود که این روش را مقرون به صرفه تر می کند. اگر تشخیص حرارتی امکان شناسایی درختان خاص به عنوان کاندیداهای مشکوک و به دنبال آن بررسی های خاص با استفاده از سایر ابزارهای تشخیص را فراهم می کند، مشکل اختصاصی بودن می تواند حل شود. علاوه بر این، دقت و قابلیت اطمینان تشخیص حرارتی وابسته به آستانه شاخص تنش آبی محصول است. بنابراین، لازم است الگوریتمی برای انتخاب تطبیقی آستانه شاخص تنش آبی محصول برای تشخیص بهینه درختان آلوده به آفت زنجبر خرما توسعه داده شود. [۱۰]



تشخیص درختان آلوده به آفت زنجبر خرما (سمت راست) و تصاویر RGB (سمت چپ)

راهکار های کنترل زیستی پایدار آفت زنجبر خرما:

دشمن های زیستی آفت: دشمن زیستی که وجود دارد و آفت زنجبر خرما تا به حال نمی تواند در برابر آن مقاومت کند، قارچ ها دشمن زیستی حشرات می باشند و حدود ۳۰۰ میلیون سال حشره زنجبر خرما بیمار کرده و کاربرد بسیاری در مدیریت تلفیقی آفات را دارا می باشد. [۲۶]. استفاده از تخم پارازیتوئید و کفشدوزک های شکارگر از مهم ترین دشمنان طبیعی آفت می باشد و برای طبیعت و اکوسیستم منطقه نخلستان ها مضر نمی باشد. [۲۷]. استفاده از راه حل های پیشگیرانه مانند هرس کردن، فاصله کشت مناسب و تراکم درخت ها و موقعیت مکانی آنها، استفاده از دشمنان طبیعی و شکارگر آنها می باشد. برخی از این روش ها شامل موارد زیر می باشد:



کاربرد و توانایی قارچ ها و باکتری ها در مدیریت آفات: روش علاوه بر اثر و شدت کنترل آفت، دوستدار محیط زیست نیز می باشد و تغییر مهمی در اکوسیستم ایجاد نمی کند و مضر نمی باشد. همچنین بر کیفیت و کمیت میوه خرما نیز تاثیر مثبت گذاشته و از مرگ درخت خرما جلوگیری می کند. [۲۸]

کنترل بیولوژیکی موثر در آفت زنجبر خرما: جزء نوآورانه ترین روش های مقابله زیستی با آفت می باشد که برای درخت نیز حمایتی می باشد و از طریق رها سازی میکروارگانیسم ها برای کنترل آفت درخت خرما استفاده می شود. همچنین بهره وری و تولید خرما را افزایش می دهد. [۲۹]

ترکیب قارچ ها و باکتری ها: اثر هر دوی آنها سینرژیست (همزیست) دیگر می باشد و حدت و قدرت کشندگی بیشتر در مدت زمان نسبتاً کوتاهی دارد و همین امر باعث ایجاد بیماری در آفت می شود، آفت نیز بدون هیچ مقاومتی در مدت زمانی بسیار کوتاه تر نسبت به روش های شیمیایی از بین می روند. [۳۰]

- کنترل زیستی با توجه اینکه کشاورزان هنوز به استفاده روش های شیمیایی مختلف روی آورده اند اما تاثیرات کافی و کشندگی لازم را ندارند. از این رو با استفاده از ترکیب سویه های مختلف این روش کمک زیادی در افزایش اثر بخشی کنترل و پیشگیری آفت دارد. همچنین استفاده از نوع های مختلف پاتوژن های طبیعی با تنوع گسترده می تواند از مقاوم شدن آفات جلوگیری کند.

تاثیر کائولن ها و روغن های معدنی: استفاده از آفت کش های کم خطر به عنوان جایگزین آفت کش های متداول (مانند دیازینون) بوده و در کاهش جمعیت و خسارات آفت زنجبر خرما موثر است (حتی در مرگ و میر تخم زنجبر خرما و پوره موثر است). در مطالعه ای آزمایش های انتخابی نشان داده است، برای استقرار و تخم ریزی زنجبر خرما بین برگچه های شاهد و تیمار شده با کائولین استفاده شد، در نتیجه میزبان با گذر زمان بیشتر شد و حشرات ماده تخم بیشتری در برگچه های شاهد گذاشتند؛ در آزمایش های غیر انتخابی، زنجبر خرما در هر دو تیمار شاهد و تیمار کائولین به یک اندازه تخم ریزی کرده اند و با توجه به اینکه کمبود مواد الزم از لحاظ قیمت و توانایی محدود برای پخش سموم در مناطق وسیع الطیف مشکل می باشد. [۳۱]

استفاده از قارچ (*Beauveria bassiana*) به عنوان عامل کنترل زیستی (در مناطق وسیع الطیف):

پرکاربرد ترین عامل کنترل زیستی در برابر بسیاری از آفت ها می باشد، قارچ های آسکومیستال قادر هستند به تولید ساختار های عفونت که تشکیل شده از پروتئین ها، آنزیم ها، اسیدهای آلی و متابولیت های ثانویه فعال زیستی هستند که در حشره پاتوژن می باشد و کشندگی و حدت برای مقاصد تجاری است که با استفاده از طعمه، کپسولسیون و امولسیون و همچنین دارای استراتژی تجاری سازی و بازاریابی جایگزین محصولات دیگر است. این محصول که با عوامل کنترلی مانند گونه های قارچی، پایدار و دوستدار محیط زیست می باشد و اثر بخشی آن در برابر آفات مختلف ثابت شده است، همچنین یکی از عواملی است که بیشترین تاثیر بر آفت زنجبر خرما دارد، قارچ *B. Bassiana* است که بیشترین استفاده را دارد. [۳۲]

نانو آفت کش ها (حامل های چسبنده) مبتنی بر روغن گیاهی:

نانو آفت کش ها با حفظ کارایی بال در طولانی مدت، رویکرد ساده تر و کارآمدی را برای مقابله با آفات است؛ امولسیون های مبتنی بر روغن گیاهی چسبنده به عنوان نانو حامل برای نانو آفت کش باعث شده با خاصیت چسبندگی بال به آفت چسبیده و امکان تاثیر گذاری بیشتری برای مدیریت آفت زنجبر خرما و از بین بردن آنها را داشته باشد. نانو آفت کش ها ساختاری متشکل از حامل ها و مواد فعال بارگذاری شده پتانسیل بسیاری برای کاهش تلفات ناشی از حملات



گسترده این آفات به نخلستان ها است و برای بهبود کارایی آفت کش ها است، آفت کش به سطح گیاه و حفظ استحکام محیطی در شرایط سخت مانند اشعه ماوراء (UV) یا باران از اهمیت حیاتی برخوردار می باشد. دارای حامل های مختلف از جمله پلیمرها می باشد، ممکن است در برخی سمیت بالقوه افزایش پیدا کرده باشد و عملکرد محصول، باعث به خطر افتادن حفاظت محیط زیست شود و در موارد معدود سلامت انسان و حیوانات آن منطقه و اکوسیستم را به خطر بیندازد. مزیت این روش چسبندگی بالایی روی گیاهان دارد و به راحتی نیز شسته نمی شود، ولی میتواند به صورت اختصاصی برای آفات مورد استفاده قرار بگیرند. [۳۳]

استفاده تلفیقی از میکروارگانیسم ها و قارچ های بیماری زای حشرات:

به عنوان روش کنترل بیولوژیکی آفات شناخته می شود. مانند قارچ های بیماری زای حشرات مانند (*Beauveria bassiana*) یا استفاده از باکتری هایی مانند (*Bacillus thuringiensis* (BT) است که بسیار کارآمد تر، ارزان تر نسبت به سایر سموم های شیمیایی و دشمنان طبیعی است. [۳۴، ۳۵]. استفاده از قارچ های بیماری زای حشرات و باکتری ها دو حالت دارد، بصورت تک به تک استفاده شوند یا به صورت تلفیقی از هر دو استفاده شوند. البته که میتوان آن ها را با روش های شیمیایی هم تلفیق کرد که کارایی بالایی هم دارد، اما ادغام عوامل شیمیایی با عوامل بیولوژیکی و میکروبی چالش هایی مانند پیچیدگی و هزینه و سازگاری با محیط را به همراه خود دارد. [۳۶]

البته که برخی قارچ ها میتوانند برای گیاهان مضر باشند، در این میان پیدا کردن قارچی است که برای خود گیاه هم مضر نباشد بسیار حائز اهمیت است. نتایج یک مطالعه نشان داده است که *B. bassiana* درون نخل زنده مانده و بافت زنده نخل را بدون آسیب قابل توجه حفظ کرده اند. آنها میتوانند رشد نخل را تقویت کنند. [۳۷]. مزیت این روش کاهش استفاده از حشره کش های مصنوعی، که باعث کاهش خطر برای اکوسیستم میشود و قابلیت انتخاب آفات برای تولید سم اختصاصی، بهبود ایمنی غذایی، برای سایر موجودات زنده بی خطر هستند. [۳۸، ۳۶]

کنترل بیولوژیکی (بهره گیری از قارچ های اندوفیت موجود در گیاه):

از جمله قارچ های *B. bassiana* که به عنوان اندوفیت بی عالمت هستند و قارچ های دیگر مانند *Metarhizium anisopliae* و *Lecanicillium lecanii* که در بافت های گیاهی به صورت اندوفیتی کلونیزه می کنند. از جمله ویژگی های خاص این قارچ ها تعامل با سایر میکروارگانیسم ها می باشد که به عنوان عوامل کنترل زیستی، سطح مایکوتوکسین های تولید شده در گیاهان که باعث کاهش آفات شده و ماهیت فرمولاسیون نیز اجازه میدهد تا حداقل قسمتی از گیاه را مستعمره کند و بدون ایجاد علائم فرعی (مانند تاخیر در رشد، تغییر رنگ، ضایعات و غیره)؛ کلونیزاسیون گیاهان توسط اندوفیت قارچ های بیماری زا نفوذ و رشد کنیدی ها، لوله های جوانه ای را تشکیل می دهد. و به تدریج دراز می شود و هیف هایی را ایجاد می کند که وارد گیاه می شود و به طور مستقیم با کمک آنزیم ها و فشار مکانیکی از طریق دیواره های سلولی اپیدرمی در مورد حشرات، و تشکیل عفونت و چسبندگی و جوانه زنی کنیدی ها و تمایز در آپیرسوریوم ها می شود. [۳۹]. این روش مورد تاکید کشور های دیگر مانند کشورهای اروپایی برای جایگزینی آن برای آفت کش های شیمیایی است و راه حل موثری نیز می باشد. [۴۰]

قارچ *B. bassiana* علاوه بر خاصیت آفت کشی بالایی که دارا می باشد میتواند با روشی بهینه در سیستم دفاعی درخت نخل خرما نفوذ کرده و آن را تقویت کند و همچنین سیستم ایمنی ذاتی گیاه را تحریک می کند که باعث مقاومت بهتر در برابر بیماری ها و آفات می شود، همچنین باعث بهتر شدن متابولیسم در انرژی که قارچ های اندوفیت می باشد باعث افزایش پروتئین های مرتبط با فتوسنتز و متابولیسم انرژی در بافت های گیاه می شود و رشد گیاه را نیز بهتر و سریع تر از حالت عادی می کند. استفاده از رشد اندوفیتیک خود در بافت گیاهی به رشد درخت خرما کمک کرده و یا حالتی پرایمینگ



را در گیاه به وجود می آورد که با سرعت بیشتری با مهاجمان مقابله کند و عدم ایجاد آسیب به گیاه در بافت های زنده درخت خرما از مزایای مهم این محصول قارچی می باشد. [۴۱]

سورفکتانت ها:

خواص هیدروفیلیک- لیپوفوبیک سورفکتانت ها انتقال مواد را از مایع اسپری آبی (محیط آبی) به لایه محافظ (محیط چربی) که بدن حشرات و سطوح قسمت های هوایی گیاهان را می پوشاند، را تسهیل می کند. سورفکتانت ها دارای توانایی شگفت انگیزی در کاهش کشش سطحی محلولی هستند که در آن حضور دارند. با افزایش غلظت سورفکتانت ها، کشش سطحی محلول کاهش می یابد تا به غلظت میسل بحرانی برسد. [۴۰]

سورفکتانت های غیر یونی و آنیونی نیز با کاهش کشش سطحی و بهبود نفوذپذیری آب در غشای سلولی، می توانند سرعت جوانه زنی را افزایش دهند. همچنین می توانند به عنوان حامل های موثری برای مواد مغذی و سموم عمل کنند، که به کنترل بیولوژیکی قارچ ها کمک می کند. در نتیجه سورفکتانت ها می توانند به بهبود عملکرد و کارایی در فرآیند های بیولوژیکی کمک کنند. [۴۲]

کربوکسی متیل سلولز (CMC):

یک ماده اقتصادی است که در یک مطالعه ای بیان شد که در بین افزودنی ها این ماده بهترین کارایی را در بین آنها دارد و میتواند اثر بخشی قارچ را روی آفات افزایش دهد. یافته های این مطالعه نتیجه گیری کردند که می تواند در فرمولاسیون های قارچ *B. bassiana* با بالاترین اسپور استفاده شود. [۴۳]

هومیک اسید (Humic acid):

اسید هومیک به عنوان به عنوان یک بیوسورفکتانت زیست سازگار، دوستدار محیط زیست و مقرون به صرفه شناخته شده است. علاوه بر این، شناخته شده است که از تابش ماوراء بنفش (UV) محافظت کند. بخاطر اینکه اشعه UV می تواند عمر قارچ را کوتاه تر می کند و با افزودن این ادجوانت می تواند عمر را افزایش داد. [۴۰، ۴۴، ۴۵]

روغن های طبیعی و/یا معدنی:

در مطالعه ای اثر روغن کلزا و قارچ *B. bassiana* و هر کدام روی سوسک های گرده (*Brassicoglyphes spp*) بررسی شدند و درصد های مرگ و میر آفت در مقایسه با بازه زمانی که بطور همزمان از این دو استفاده شده ناچیز بود. [۴۶]

هنگامی که قارچ با افزودنی ها ترکیب می شود، نرخ مرگ و میر افزایش می یافت. بنابراین، ترکیب قارچ با افزودنی ها به طور ملموسی موثرتر از استفاده خود قارچ است و نشان دهنده افزایش قابل توجهی در کارایی آنها می باشد. این ادجوانت ها پایه هایی بر اساس روغن های معدنی و روغن سویا می باشند. [۴۷]

در مطالعه ای نشان داده است که ترکیب و استفاده همزمان این دو ماده قابلیت ترکیب و استفاده همزمان را دارند. به طوری که استفاده از مخزن سمپاش، منجر به مرگ ۹۵/۵٪ در لاروهای سن دوم در شرایط گلخانه ای شد. [۴۸]

نقش روغن های معدنی در اختلال تخم ریزی زنجیر خرما: در مطالعه ای دیگر تاثیر کائولن به همراه روغن های معدنی نشان داده است که استفاده همزمان از این دو تاثیرات آماری مشابه دیازینون (آفت کش متداول مورد استفاده در کشاورزی) روی زنجیر خرما دارند. استفاده از روغن های معدنی می تواند فرآیند تخم گذاری زنجیر خرما را تا حدودی مختل کند. [۳۱]

مهندسی ژنتیک (CRISPR) و کاربرد آن در افزایش کارایی قارچ *B. bassiana*:

در آفت زنجیر خرما یک نوع باکتری وجود دارد که همزیست اجباری است به نام *Arsenophonus* زندگی می کند که ویتامین های مورد نیاز زنجیر خرما را تهیه می کند، همچنین این باکتری که درون سلولی می باشد و نمیتوان آن



را با روش هایی مانند فاژ تراپی از بین برد؛ در مطالعه ای با استفاده از تتراسایکلین ها با غلظت ۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر به زنجبرک خرما در طی ۴۸ ساعت خورنده شد و نتایج نشان داده است که با آنتی بیوتیک توانست باکتری را از بین ببرد و پس از آن ۱۰۰٪ حشره زنجبرک ها را از بین برده است. [۴۹]. ترکیب فناوری های مهندسی ژنتیک و این تکنیک های از این قبیل مشابه عالوه بر کاهش وابستگی های سموم شیمیایی و اثرات جانبی و مضرات آنها بسیار مفید است، زیرا این روش با انجام درست در تولید آن میتوان کاهش قابل توجه در هزینه ها انجام دهد و با صرف حداقل ۵۵۰ الی ۷۵۰ دلار بتوان این روش را انجام داد که در مقابل فروش محصول میوه خرما و صادرات سموم نیز قابل قیاس نیست و به راحتی مبالغ را با سود ۷۳٪ به دست آورد و همچنین در بحث اجرایی هم با در اختیار داشتن آزمایشگاه مجهز و تجهیزات الزم به راحتی قابل اجرا شدن می باشد. [۵۰، ۵۱]

روش های گوناگونی برای بهبود عملکرد قارچ از طریق مهندسی ژنتیک وجود دارد که شامل:

- افزایش تولید متابولیت های ثانویه
 - بهبود چسبندگی اسپورها به بدن حشرات
 - افزایش مقاومت به تنش های محیطی (مثل مقاومت بیشتر به اشعه UV) [۵۲]
- برای مثال در مطالعه ای نشان داده است با ویرایش ژنی توسط سیستم ویرایش ژن با واسطه CRISPR/Cas9 می توان قارچ هایی با عملکرد بهتر برای اثر و حدت بیشتر بر روی زنجبرک خرما تولید کنند.

در مورد تهیه فرمولاسیون موثر هم همین عامل مورد اثر می باشد. بیشتر ادجوانت هایی که ذکر شده به صورت تکی با قارچ آزمایش شده اند و به صورت ترکیبی مورد آزمایش قرار نگرفته اند. نمی توان اظهار نظر کرد که کدام فرمولاسیون بهترین گزینه برای شرایط آب و هوایی مورد مطالعه پروژه می باشد و هر کدام ادجوانت ها با هم بهترین اثر سینرژیستی ممکن را می توانند نشان دهند.

- پس ما در ادامه دو بخش را توضیح می دهیم: تولید و بسته بندی

تولید قارچ *Beauveria bassiana*:

تولید عمده این قارچ به دو روش اصلی انجام می شود: تخمیر جامد و تخمیر مایع. هر کدام نیز کاربرد بخصوص خود را دارند. تخمیر جامد معمولا از مواد اولیه نشاسته دار استفاده می شود، بسیار کم هزینه تر است و به ویژه در تولید کینیدی های هوایی موثر می باشد و در تولید مقادیر زیاد مورد استفاده قرار می گیرد و می تواند به راحتی مقیاس پذیر باشد. از سوی دیگر، تخمیر مایع امکان تولید بلاستوسپورها را نیز فراهم می کند، که سرعت رشد بالاتری دارند و در شرایط کنترل شده تغذیه ای و محیطی به طور بهینه تولید می شود. این روش به خصوص برای تولید اسپور ها در مقادیر بسیار بالا و با کیفیت مطلوب مناسب باشند، اما نیازمند شرایط خاصی از جمله کنترل دما و اکسیژن باشند. به طور کلی، انتخاب روش مناسب برای تولید بستگی به اهداف خاص تولید، هزینه ها، و نوع آفتی که قرار است مورد کنترل قرار بگیرند را دارا می باشد. بنابراین، در تولید عمده *B. bassiana* انتخاب مناسب روش تخمیر نیز می تواند تاثیر چشمگیری بر هزینه ها و کارایی را داشته باشد. [۵۳]. با توجه به توضیحات ذکر شده به دلیل اثر فرمولاسیون پذیری داشتن و اثر گذاری بهتر شکل تخمیر مایع؛ ما این روش را انتخاب می کنیم. همچنین از قبل یک مثال از این مورد را در بخش قبل اشاره کردیم. در این بخش یک نمونه دیگر از تخمیر را بررسی می کنیم و در آخر آنها را با هم مقایسه می کنیم تا با جوانب مختلف تخمیر قارچ در شرایط مایع بهتر آشنا شویم.



میر قارچ *B. bassiana* در شرایط مایع:

آماده سازی:

محیط کشت: انتخاب محیط کشت مناسب (مثال حاوی گلوکز با غلظت بال) و استریل کردن آن.
تهیه و تلقیح: تهیه اسپورهای قارچ از کشت های قبلی و تنظیم غلظت مناسب حدود ($10^7 \times 5$ کنیدی در میلی لیتر)
تلقیح و انکوباسیون:

تلقیح مناسب کشت: اضافه کردن اسپور های آماده شده به محیط کشت استریل.

انکوباسیون در بیوراکتور: انتقال محیط کشت تلقیح شده به بیوراکتور و تنظیم شرایط محیطی بهینه

دما: ۲۵ درجه سانتی گراد

PH: 5/2

هوادهی: تنظیم نرخ هوادهی برای تامین اکسیژن مورد نیاز قارچ

هم زدن: ایجاد همگن شدن محیط کشت و تامین اکسیژن و فراهم کردن شرایط هوازی به وسیله همزن

فشار اسمزی: تنظیم فشار اسمزی محیط کشت با افزودن گلوکز (حدود ۱۰٪) برای افزایش تولید و مقاومت اسپورها

برداشت و جداسازی:

جداسازی بیومس: جداکردن بیومس حاوی اسپور از محیط کشت با استفاده از روش هایی مانند سانتریفیوژ با فیلتراسیون

شستشو: شستشوی بیومس برای حذف بقایای محیط کشت باقی مانده

خشک کردن: خشک کردن بیومس برای افزایش ماندگاری اسپورها و تسهیل در حمل و نقل

فرمولاسیون:

مخلوط کردن با حامل: مخلوط کردن اسپورهای خشک شده با حامل مناسب (مانند خاک دیاتومه) برای افزایش پایداری

و تسهیل در کاربرد.

غلظت اسپور: غلظت اولیه اسپور ($10^7 \times 5$ کنیدی در میلی لیتر) برای شروع فرآیند تخمیر بسیار مهم است.

دما و PH: دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و (PH: 5.2) به عنوان شرایط بهینه برای رشد و تولید اسپور قارچ است.

غلظت گلوکز: غلظت بالای گلوکز (بالای ۱۰٪) به افزایش تولید بلاستوسپور و مقاومت آنها نیز کمک می کند.

تراکم بلاستوسپور: تراکم نهایی بلاستوسپور می تواند به $10^9 \times 3$ بلاستوسپور در میلی لیتر شد.

زنده مانی اسپور ها: بیش از ۶۰٪ از بلاستوسپور ها پس از خشک شدن زنده می ماند.

مزایای تولید بلاستوسپور در مقایسه با کنیدی های هوایی:

سرعت تولید بالا: تولید سریع تر بلاستوسپور در مقایسه با کنیدی های هوایی

تراکم بالا: امکان تولید تراکم بالای بلاستوسپور در واحد حجم محیط کشت

مقاومت به خشک شدن: مقاومت بیشتر بلاستوسپور ها به خشک شدن نسبت به کنیدی های هوایی

یکنواختی محصول: تولید محصول با کیفیت و یکنواخت تر

کاربرد های بلاستوسپور:

کنترل بیولوژیک آفات: استفاده به عنوان آفت کش زیستی برای کنترل آفات مختلف مانند سفید بالک، شته و پسیل

تولید محصولات زیستی: استفاده در تولید سایر محصولات زیستی مانند آنزیم ها و پروتئین ها. [۵۳]

بسته بندی: بسته بندی قارچ های آفت کش تخمیر شده در شرایط مایع نیازمند رعایت چند نکته ی کلیدی برای حفظ اثر

بخشی و پایداری محصول است. در ادامه به خلاصه ای از روش های مناسب بسته بندی این محصولات می پردازیم.



ظروف پلاستیکی: پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE): مقاوم در برابر شیمیایی ها و شرایط محیطی، مناسب برای نگهداری طولانی مدت. همچنین بطری های شیشه ای مانند شیشه سبز یا قهوه ای به دلیل محافظت بهتر در برابر نور، مناسب برای محصولات حساس به نور. اما در تانکر ها و درام های بزرگ برای استفاده در مقیاس های بزرگ به کار می رود. ولی به دلیل اینکه فراورده زیستی می باشد باید با احتیاط بیشتری از این مورد استفاده شود. [۵۴]

لحاظ کردن استاندارد های مهم و اساسی در راه حل های پیشنهادی: تطابق با استاندارد های بروز و استناد به آنها به شرح زیر است:

- **The Role of Entomopathogenic Fungi in Agriculture و Microbial Biopesticides:**
می توانند شرایطی را برای استفاده از قارچ برای ما مشخص کنند زیرا این قارچ سویه های مختلفی دارد شاید برخی از سویه ها مطابق استاندارد های روز نباشند.
- **Biological and Biotechnological Control of Insect Pests و Microbial Biotechnology in Horticulture, Vol. 3:**
می توانند نشان دهنده محدودیاتی در دست ورزی های مهندسی ژنتیک در قارچ هدف باشند.
- **ISO 257:2018:**
می تواند در زمینه ادجوانت هایی که پایه شیمیایی دارند به کار بیاید
- **ISO 1750:2018:**
میتوان تاثیرات ادجوانت ها را روی خود گیاه با آن مورد ارزیابی قرار داد
- **INSO 17137 - INSO17487 - INSO 17141- INSO 17133:**
بررسی شرایط دمایی و pH مربوط به محصول تحمل شرایط دمایی و لتجام تست های آن

نتیجه گیری:

با توجه به اهمیت موضوع کشاورزی و ایمنی غذایی، شناخت و جلوگیری از شیوع آلودگی آفت زنجیر خرما بسیار حیاتی است. از این رو روش های شناسایی فناوریانه به اهمیت سلامت نخل ها می پردازد که نقش مهمی در جلوگیری از نفوذ لاروها/حشره زنجیر خرما به سایر مناطق است و کنترل لاروها در درختان آلوده با ارائه روش های گفته شده می تواند استرس درخت نخل را کمتر کرده و توانایی مقابله بیشتری با آفت داشته باشد. همچنین استفاده قارچ های آنتوموپاتوژن بهترین گزینه برای از بین بردن آفت می باشد زیرا تقریباً تمام کارایی های مربوط به زیر مسائلی است که گفته شده را دارا می باشد. البته همین مورد در مورد باکتری های پاتوژن حشرات نیز صدق می کند. تکنیک های مهندسی ژنتیک و استفاده از روش های تلفیقی کنترل آفات می توانند کارایی قارچ را بیشتر کند. قارچ *B. bassiana* عمدتاً از طریق تولید مواد سمی و اختلال مکانیکی در یکپارچگی ساختاری حشره از طریق رشد هیف های آن، آفت زنجیر خرما را می کشد. قارچ از طریق تماس با حشره آلوده به طوری که میلیون ها هاگ عفونی جدید که از محیط آزاد شده است به بدن حشره چسبیده و به درون آن نفوذ می کنند. این روش عفونت زایی قارچ اجازه می دهد تا به طور موثری جمعیت آفات را کاهش داده و کنترل کند، با وجود اینکه سرعت کشتن آن نسبت به حشره کش های متداول کند تر می باشد. [۵۵] و از مزایای آن تقویت دفاعی گیاه، بهبود متابولیسم انرژی، امکان رشد بهتر گیاه و عدم ایجاد آسیب به گیاه می باشد.



منابع:

1. Al-Kindi, K.M., et al., *Geospatial and Statistical Techniques for Modelling Ommatissus lybicus (Hemiptera: Tropiduchidae) Habitat and Population Densities*. Modelling of Dubas Bug (Ommatissus lybicus) Habitat and Population Density in Oman Based on Association with Environmental, Climatological and Human Practices Factors, 2019: p. 57.
2. Rafiee, H., et al., *Investigating and determining the export pattern of Iranian dates by separated types of the product*. 2022.
3. Hussain, A., *Biology and Control of the Dubas Bug, Ommatissus lybicus (Hom: Tropiduchidae) infesting Date palm in Iraq*. Common welth Agriculture Bureaux, 1963: p. 737-745.
4. Al Shidi, R.H., et al., *Ommatissus lybicus Infestation in Relation to Spatial Characteristics of Date Palm Plantations in Oman*. Agriculture, 2019. 9(3): p. 50.
5. مراد, ب., et al., بررسی فون بندپایان زیان آور و مفید گونه های صنوبر در استان های تهران و البرز. طبیعت ایران, ۲۰۲۲. ۷: p. 63-78.
6. Dembilio, Ó. and J.A. Jaques, *Biology and management of red palm weevil*, in *Sustainable pest management in date palm: current status and emerging challenges*. 2015, Springer. p. 13-36.
7. Latifian, M., A.A. Rahnama, and H. Sharifnezhad, *Effects of planting pattern on major date palm pests and diseases injury severity*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 2012. 4(19): p. 1443-1451.
8. Dowson, V., *Date production and protection*. 1982.
9. Faleiro, J., *A review of the issues and management of the red palm weevil Rhynchophorus ferrugineus (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years*. International journal of tropical Insect Science, 2006. 26(3): p. 135-154.
10. Ahmed, A., A. Ibrahim, and S. Hussein, *Detection of palm tree pests using thermal imaging: A review*. Machine Learning Paradigms: Theory and Application, 2018: p. 253-270.
11. Scheffrahn, R.H., et al., *Evaluation of a novel, hand-held, acoustic emissions detector to monitor termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae) in wood*. Journal of Economic Entomology, 1993. 86(6): p. 1720-1729.
12. Alotaibi, B.A., et al., *Adoption of integrated pest management for red palm weevil control among farmers in Saudi Arabia*. Horticulturae, 2022. 8(11): p. 1005.
13. Abrol, D.P., *Integrated pest management: current concepts and ecological perspective*. 2013.
14. Schlyter, F. *Detection dogs recognize pheromone from spruce bark beetle and follow it source*. in *ESA 60th Annual Meeting Knoxville*. 2012.
15. Nakash, J., Y. Osem, and M. Kehat, *A suggestion to use dogs for detecting red palm weevil (Rhynchophorus ferrugineus) infestation in date palms in Israel*. Phytoparasitica, 2000. 28(2): p. 153-155.
16. Koubaa, A., et al., *Smart Palm: An IoT framework for red palm weevil early detection*. Agronomy, 2020. 10(7): p. 987.
17. Kapetas, D., et al., *AI-Driven Insect Detection, Real-Time Monitoring, and Population Forecasting in Greenhouses*. AgriEngineering, 2025. 7(2): p. 29.
18. Azfar, S., et al., *An IoT-Based system for efficient detection of cotton pest*. Applied Sciences, 2023. 13(5): p. 2921.
19. Kiobia, D.O., et al., *A review of successes and impeding challenges of IoT-based insect pest detection systems for estimating agroecosystem health and productivity of cotton*. Sensors, 2023. 23(8): p. 4127.
20. Cardé, R.T. and K.F. Haynes, *Structure of the pheromone communication*. Advances in insect chemical ecology, 2004. 283.
21. Vadivambal, R. and D.S. Jayas, *Applications of thermal imaging in agriculture and food industry—a review*. Food and bioprocess technology, 2011. 4(2): p. 186-199.
22. Prakash, A., *Thermal remote sensing: concepts, issues and applications*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000. 33(B1; PART 1): p. 239-243.
23. Jr, S. and K. Lulla, *Remote sensing: principles and interpretation*. 1987.
24. Cohen, Y., et al., *Use of aerial thermal imaging to estimate water status of palm trees*. Precision Agriculture, 2012. 13(1): p. 123-140.



9th National Conference on

Innovation in Agriculture, Animal Sciences and Veterinary Medicine

نهمین کنفرانس ملی
نوآوری در کشاورزی،
علوم دامی و دامپزشکی

25. Soroker, V., et al., *Early detection and monitoring of red palm weevil: approaches and challenges*. 2013.
26. Al-Dosary, N.M.N., S. Al-Dobai, and J.R. Faleiro, *Review on the management of red palm weevil Rhynchophorus ferrugineus Olivier in date palm Phoenix dactylifera L*. Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA), 2016. **28**(1).
27. Flint, M.L. and S.H. Dreistadt, *Natural enemies handbook: the illustrated guide to biological pest control*. Vol. 3386. 1998: Univ of California Press.
28. Lafta, A.M., *The Role of Endophytic Fungi in Pest Management: A New Frontier in Biocontrol*. Academia Open, 2025. **10**(1): p. 10.21070/acopen. 10.2025. 11434-10.21070/acopen. 10.2025. 11434.
29. Murphy, S. and B. Briscoe, *The red palm weevil as an alien invasive: biology and the prospects for biological control as a component of IPM*. 1999.
30. Khan, R.R., I.U. Haq, and S.A. Naqvi, *Pest and disease management in date palm*. Date Palm, 2023: p. 297-338.
31. Mahmoudi, M., et al., *Efficacy of biorational insecticides against Dubas bug, Ommatissus lybicus (Hem.: Tropicuchidae) in a date palm orchard and evaluation of kaolin and mineral oil in the laboratory*. Journal of Entomological Society of Iran, 2014. **33**(4): p. 1-10.
32. García-Estrada, C., E. Cat, and I. Santamarta, *Beauveria bassiana as Biocontrol Agent: Formulation and Commercialization for Pest Management*. 2016. p. 81-96.
33. Fang, X., et al., *Plant-oil based polymeric emulsions as adhesive nanocarriers for enhancing the efficacy of nanopesticides*. Industrial Crops and Products, 2023. **192**.
34. Arsov, A., et al., *Multiple cry Genes in Bacillus thuringiensis Strain BTG Suggest a Broad-Spectrum Insecticidal Activity*. Int J Mol Sci, 2023. **24**(13).
35. Vaghasiya, P., K. Patel, and A. Nair, *Effect of different Fungicides on Growth of Beauveria Bassiana*. International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR), 2021. **7**(10).
36. Sharma, A., et al., *Insecticidal potential of Bacillus thuringiensis, Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae individually and their synergistic effect with barazide against Spodoptera litura*. Heliyon, 2024. **10**(17): p. e37175.
37. Gomez-Vidal, S., et al., *Proteomic analysis of date palm (Phoenix dactylifera L.) responses to endophytic colonization by entomopathogenic fungi*. Electrophoresis, 2009. **30**(17): p. 2996-3005.
38. Maqsood, S., et al., *Synergistic interaction of Beauveria bassiana and Bacillus thuringiensis for the control of Spodoptera litura (F.)*. Institute of Agricultural Sciences, University of the Punjab, Lahore, Pakistan, 2018.
39. Vidal, S. and L.R. Jaber, *Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control*. Current Science, 2015. **109**(1): p. 46-54.
40. Holka, M. and J. Kowalska, *The Potential of Adjuvants Used with Microbiological Control of Insect Pests with Emphasis on Organic Farming*. Agriculture, 2023. **13**(9).
41. Fowler, S.V., P. Syrett, and R.L. Hill, *Success and safety in the biological control of environmental weeds in New Zealand*. Austral Ecology, 2000. **25**(5): p. 553-562.
42. Luz, C. and I. Batagin, *Potential of oil-based formulations of Beauveria bassiana to control Triatoma infestans*. Mycopathologia, 2005. **160**(1): p. 51-62.
43. Swathi, P., P.N. Ganga Visalakshy, and S.B. Das, *In vitro evaluation for compatibility of additives with Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin*. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2018. **28**(1): p. 13.
44. Kaiser, D., et al., *Efficiency of natural substances to protect Beauveria bassiana conidia from UV radiation*. Pest Manag Sci, 2019. **75**(2): p. 556-563.
45. Muela, A., et al., *Humic materials offer photoprotective effect to Escherichia coli exposed to damaging luminous radiation*. Microbial Ecology, 2000. **40**(4): p. 336-344.
46. Kaiser, D., et al., *Co-formulation of Beauveria bassiana with natural substances to control pollen beetles – Synergy between fungal spores and colza oil*. Biological Control, 2020. **140**.
47. Loeblein, J.S., et al., *Association of adjuvants and Beauveria bassiana fungus to control of Paraguay tea ampul*. Ciência Rural, 2022. **52**(12).

48. Cuthbertson, A.G. and D.A. Collins, *Tri-Tek (Petroleum Horticultural Oil) and Beauveria bassiana: Use in Eradication Strategies for Bemisia tabaci Mediterranean Species in UK Glasshouses*. Insects, 2015. **6**(1): p. 133-40.
49. Sattar, M.N., et al., *CRISPR/Cas9: a practical approach in date palm genome editing*. Frontiers in Plant Science, 2017. **8**: p. 1469.
50. Abdel-Banat, B.M. and H.A. El-Shafie, *Genomics approaches for insect control and insecticide resistance development in date palm*, in *The Date Palm Genome, Vol. 2: Omics and Molecular Breeding*. 2021, Springer. p. 215-248.
51. Pandey, N., et al., *Advancements in Date Palm Genomics and Biotechnology Genomic Resources to the Precision Agriculture: A Comprehensive Review*. 2024, Preprints.
52. Shang, Y., et al., *Improving UV resistance and virulence of Beauveria bassiana by genetic engineering with an exogenous tyrosinase gene*. J Invertebr Pathol, 2012. **109**(1): p. 105-9.
53. Mascarin, G.M. and S.T. Jaronski, *The production and uses of Beauveria bassiana as a microbial insecticide*. World J Microbiol Biotechnol, 2016. **32**(11): p. 177.
54. Kumar, D., et al., *Commercialization and market perspectives of biofertilizers through advanced approaches*, in *Metabolomics, Proteomics and Gene Editing Approaches in Biofertilizer Industry: Volume II*. 2024, Springer. p. 339-357.
55. Zamani, M., M.P. Prabhakaran, and S. Ramakrishna, *Advances in drug delivery via electrospun and electrosprayed nanomaterials*. International journal of nanomedicine, 2013: p. 2997-3017.