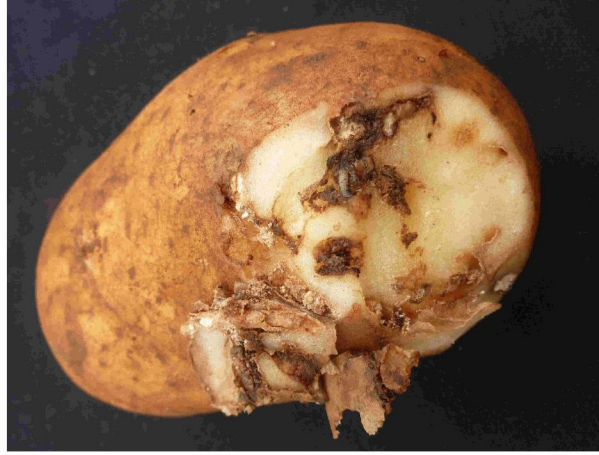




مدیریت تلفیقی آفت بید سیب زمینی

Phthorimaea operculella

چشم انداز مدیریت زیست-مدار و میکروبی آفت

راحله شهبازی^۱ مسعود نادرپور^۲ فرشید حسینی^۲

۱- محقق ۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

از مهمترین آفات در مناطق تولید سیب زمینی در جهان محسوب می‌شود. در حال حاضر بید سیب زمینی به عنوان آفتی با گسترش جهانی برای محصولات تیره بادمجانیان^۱ مطرح بوده و مهمترین آفت خسارت زای سیب زمینی در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان به شمار می‌رود

در ایران، بید سیب زمینی برای اولین بار توسط حبیبی در مهرماه سال ۱۳۶۴ در کرج گزارش شد. هم زمان با آن در چند استان جنوبی کشور نیز آلودگی به این آفت مشاهده و گزارشاتی از آلودگی بخش‌های وسیعی از مناطق تولید سیب‌زمینی کشور از جمله فارس، خوزستان، کرمان، اصفهان، همدان به این آفت ثبت شد. در حال حاضر بید سیب زمینی در اکثر نقاط ایران یک آفت اقتصادی بالقوه محسوب می‌شود

میزان خسارت بید سیب زمینی معمولاً حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد محصول در مزرعه و انبار گزارش شده است. در صورتی که برداشت سیب زمینی در زمان اوج فعالیت آفت انجام و شرایط انبارداری برای فعالیت آفت مناسب باشد، میزان خسارت تا ۱۰۰ درصد محصول نیز امکان پذیر است. خسارت اقتصادی سالانه در انبارها در دنیا حدود ۴۰۰ میلیون دلار برآورد شده است. غده‌ها که منبع غذایی لاروها هستند، بویژه غده‌های نزدیک سطح خاک، خسارت سنگین متحمل می‌شوند. خسارت در نتیجه ایجاد دالان‌های تغذیه لارو منجر به پوسیدگی در اثر هجوم عوامل قارچی و باکتریایی می‌گردند. بیشترین خسارت آفت پس از سرزنی بوته‌ها و خالی شدن مزرعه از اندام‌های هوایی گیاه در حدود ۲-۴ هفته قبل از برداشت روی غده‌ها اتفاق می‌افتد. پس از خشک شدن اندام‌های گیاهی، شب‌پره و لارو به اجبار به داخل خاک نفوذ می‌کند و در نتیجه خطر آلودگی غده‌ها افزایش می‌یابد. هر چند در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری خسارت قابل توجهی در مزرعه و روی برگ‌های گیاه میزبان ایجاد می‌کند و تولید از نظر کمی و کیفی به شدت کاهش می‌یابد. خسارت بید روی اندام‌های هوایی سیب زمینی در نواحی سردسیری از جمله اردبیل به علت سردی آب و هوا اقتصادی نیست. آلودگی مزارع با حمله و تخم‌ریزی حشرات بالغ آغاز می‌شود. در فصل بهار و تابستان، لاروها از قسمت داخلی ساقه، برگ‌ها و دمبرگ‌های سیب زمینی تغذیه کرده و سبب خشک شدن برگ و ساقه می‌گردند. در اواخر تابستان و اوایل پاییز، لارو بعد از ورود به غده با تغذیه از محتویات غده، دالان‌هایی ایجاد می‌کند که از فضولات لاروی انباشته می‌باشد. غده‌هایی که از خاک بیرون مانده اند، محل مناسبی برای تخم‌ریزی آفت می‌باشد. دوره تکامل لارو در دمای صفر درجه سلسیوس ۲ تا ۴ ماه و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (بهترین شرایط

شب‌پره بید با نام علمی *Phthorimaea operculella* (Zeller)، آفت بالقوه اقتصادی در انبارها و مزارع تولید سیب زمینی در کشور محسوب می‌شود. خسارت سنگین در انبار با ورود غده‌های آلوده از مزرعه به انبار نامناسب و در نتیجه کاهش کمیت و کیفیت محصول، پوسیدگی‌های قارچی، باکتریایی و عدم جوانه زنی بذر سیب زمینی محتمل است. مدیریت این آفت تنها با تکیه بر روش‌های شیمیایی موفقیت‌آمیز نبوده و تلفیقی از روش‌های کنترل شامل دیده‌بانی و پیش‌آگاهی، اقدامات زراعی، تله‌گذاری و مدیریت پس از برداشت برای کاهش خسارت اقتصادی پیشنهاد می‌شود. با توجه به ماهیت پنهان زندگی حشره در غده‌های سیب زمینی، صرفاً تکیه بر کنترل شیمیایی چالش برانگیز بوده و کاربرد غیراصولی و بیش از حد آفت‌کش‌ها هزینه‌ای بجز اثرات مخرب زیست محیطی و بروز مقاومت در پی نخواهد داشت. در حال حاضر پیشرفت در زمینه تحقیق و توسعه آفت‌کش‌های زیستی و بیولوژیک با هدف اثربخشی پایدار، حفظ سلامت جامعه، محیط زیست و کندی بروز مقاومت در آفات مورد توجه است. سهم ایران در مصرف آفت‌کش‌های زیستی رو به افزایش بوده و ترکیبات گیاهی، سویه‌ها و نژادهای ارزشمند از میکروارگانیسم‌های مفید تاکنون معرفی شده است. شناسایی و جداسازی جدایه‌ها و سویه‌های برتر بومی، بستر تولید ارزان قیمت و مقرون به صرفه، غلبه بر مشکلات تولید انبوه و فن فرمولاسیون مناسب عامل میکروبی، از موانع توسعه این دسته از ارگانیسم‌های مفید و کارا می‌باشد. با پیشرفت‌های زیست فناوری و تغییر نگرش جامعه به سلامت غذا و جامعه، علی‌رغم پیچیدگی‌های تولید و ثبت آفت‌کش‌های زیستی، پتانسیل رشد و توسعه این دسته از محصولات دوست‌دار محیط زیست در کشاورزی مدرن فراهم است

بیان مساله

بید سیب زمینی در سال ۱۸۷۳ برای اولین بار با نام علمی *Gelechia operculella* معرفی شد و نام جنس آفت در سال ۱۹۶۴ به *Phthorimaea* تغییر یافت. اگر چه دو گونه کرم غده سیب زمینی با نام علمی *Tecia solanivora* (Povolny) از آمریکای مرکزی و جنوبی و *Symmetris chemaplaesiosema* (Turner) از آمریکای جنوبی، استرالیا و فیلیپین گزارش شدند ولی گونه *Phthorimaea operculella* (Zeller) به دلیل اهمیت اقتصادی و پراکنش جهانی مورد توجه قرار گرفت. سرزمین اولیه این آفت آمریکای جنوبی بوده ولی بدلیل ارتباط نزدیک با میزبان خود، سازگاری بالا به تغییرات روزانه و فصلی، قدرت تولیدمثلی بالا و خسارت اقتصادی، در حال حاضر یکی

تکمیل زندگی آفت) ۶ روز است

در انبارهای نامناسب، بید سیب زمینی قادر است در فصل تابستان در مدت ۳۰ روز و در زمستان در مدت ۵۰ تا ۶۰ روز کل غده های سیب زمینی را نابود کند. آستانه دمایی فعالیت حشره کامل ۱۴/۴-۱۵/۵ درجه سانتیگراد است و در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد قادر به پرواز نیست، بنابراین اگر دمای هوا در انبار کمتر از این حد باشد فعالیت آن متوقف می شود. آلودگی از مزرعه آغاز و با انتقال غده های آلوده به انبار، بقیه مراحل رشدی آفت به انبار منتقل می گردد. این آفت قادر به تولید ۱۱-۹ نسل در سال می باشد. یافته ها نشان می دهد که حشرات بالغ قادر به پرواز تا فاصله ۱۰ کیلومتر به مدت ۵ ساعت بدون توقف هستند. اوج جمعیت آفت در طول فصل رشد در مزرعه هم زمان با شروع رشد سریع، ذخیره سازی نشاسته و حجیم شدن غده ها، افزایش ترک و شکاف در سطح پشته ها همراه است که راه نفوذ و دسترسی شب پره ها به غده های تازه تشکیل شده را راحت تر کرده و در نتیجه باعث افزایش آلودگی می شود

راهکارهای مدیریت تلفیقی بید سیب زمینی

با توجه به اهمیت آفت بید سیب زمینی، تاکنون تحقیقات گسترده ای در نقاط مختلف دنیا به منظور مدیریت خسارت آفت صورت گرفته و از جمع بندی نتایج این تحقیقات می توان نتیجه گرفت که به دلیل مخفی بودن قسمتی از سیکل زندگی حشره (در داخل غده و خاک)، کنترل آفت صرفا با تکیه بر روش های شیمیایی موفقیت آمیز نیست. جمعیت آفت در مناطق و مزارع مختلف متغیر بوده، بنابراین پیشنهاد می گردد که اقدامات مدیریتی بر اساس اطلاعات هر منطقه باشد. برنامه ریزی جهت اجرای مدیریت تلفیقی شامل استفاده از روش های شیمیایی در کنار مدیریت زراعی و بکارگیری توأم تله های فرمونی در کنترل آفت مؤثر می باشد. مجموعه راهکارهای مدیریت تلفیقی بید سیب زمینی در مزرعه و انبار در کنترل آفت مهم است چرا که با در نظر گرفتن کلیه اقدامات زراعی چنانچه غده های سیب زمینی در انبارهای نامناسب در مناطق آلوده نگهداری گردد، راهکارهای مزرعه ای عملا نتیجه ای در بر نخواهد داشت

پایش مزرعه و تله گذاری (فرمونی یا نوری)

کشاورز برای داشتن یک کنترل موفق و مؤثر می بایست از ابتدای فصل، جمعیت آفت را بررسی کند. در صورتی که جمعیت به اوج پرواز برسد، نسبت به سمپاشی یا سایر اقدامات کنترلی اقدام نماید. مانیتورینگ یا دیده بانی شب پره های بید با به کارگیری فرمون های آفت و نصب تله های مخصوص (به عنوان مثال تله دلتا) برای جذب و شکار حشرات کامل و شناسایی کانون و زمان اوج فعالیت آفت

قابل انجام است. مشاهده بید در چند روز متوالی در تله ها، نشان دهنده فعال بودن آفت در مزرعه است

بیشترین خسارت اقتصادی زمانی رخ می دهد که غده های سیب زمینی آلوده شوند، ولی خسارت به بخش های سبز گیاه هم منجر به کاهش شدید محصول می شود. در صورت موجود بودن برگ های سبز گیاه سیب زمینی، لارو تغذیه از برگ را به غده ترجیح می دهد، بنابراین تله گذاری با فرمون همراه با بازرسی مزرعه جهت اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب در مزرعه ضروری است. برای بازرسی، حداقل ۱۰ گیاه در هر مزرعه یا در یک مساحت دایره ای شکل در نظر گرفته می شود. فرمون منتشر شده از تله منجر به شکار شب پره های نر می شود. آستر رویی تله ها بایستی هفته ای یکبار و ماده جلب کننده حشره هر ۴ هفته یکبار تعویض گردد. گیاهان بایستی برای حضور یا عدم حضور خسارت بید بررسی شوند. تقریبا ۵۵ درصد از فعالیت این آفت در یک سوم بالایی گیاه متمرکز است. تونل های ایجاد شده روی برگ به راحتی قابل تشخیص نیست و بررسی ها باید به دقت انجام شود. برای ردیابی شب پره ها، با توجه به مساحت باید حداقل یک تله در هر مزرعه بعد از تشکیل شاخ و برگ سیب زمینی به کار گرفته شود. داده های تله های فرمونی، بالاترین تعداد شب پره ها را در اوایل بهار و در اواخر تابستان نشان می دهد. آستانه خسارت بید در هر منطقه متفاوت است. بنابراین توصیه های کنترلی آفت بر اساس اطلاعات خاص منطقه معلوم می گردد. به عنوان مثال در کالیفرنیا میزان خسارت آفت بالا و آستانه خسارت بید سیب زمینی، ۱۵ تا ۲۰ شب پره در هر تله در هر شب می باشد، و برنامه کنترل آفت یک ماه قبل از برداشت توصیه می شود

اشباع فرمونی مزرعه منجر به شکار جمعی شب پره های نر، کاهش درصد باروری تخم ها و در نتیجه کاهش جمعیت در نسل های بعدی می شود. تحقیقات نشان داده است در روش اختلال در جفت گیری^۲، بکارگیری تعداد زیاد تله های فرمونی (۸۴ تله در هر هکتار با فاصله ۵-۱۰ متر تله گذاری) باعث برهم زدن و مختل شدن جفت گیری پروانه های بید و در نتیجه کاهش تراکم جمعیت آفت می شود. در روش شکار انبوه، بیشترین شکار بیدهای نر در تراکم ۴۰-۲۰ تله در هر هکتار و حاوی ۰/۲ میلی گرم فرمون جنسی در هر تله و نصب در ارتفاع ۴۰ سانتی متر از سطح مزرعه انجام شد. تفاوت معنی داری در تعداد حشرات شکار شده در دو تیمار مشاهده نگردید. شکار شب پره ها در اوایل مرداد ماه با تعداد کم شروع و با افزایش تدریجی شکار شب پره ها از اواخر شهریور تا اواخر مهرماه مواجه هستیم. روند رو به کاهش جمعیت آفت نیز از اواخر مهرماه شروع و در اواخر آبان ماه به کمترین میزان خود می رسد

اقدامات زراعی

اقدامات زراعی مناسب در مزرعه در کنترل آفت بید موثر است. چندین روش زراعی موثر در کاهش بید سیب زمینی گزارش شده که در ادامه به بررسی روش ها و نحوه صحیح عملیات زراعی خواهیم پرداخت

- عمق کاشت:

کاشت غده‌های بذری در عمق مناسب حدود ۱۵-۱۲ سانتی متری توصیه می گردد. با توجه به بافت و شرایط رطوبتی خاک و تاریخ کاشت انجام گیرد. عمیق کاشتن غده منجر به تشکیل غده های جدید در عمق های پایین تر خاک شده و از دسترسی آفت برای تخم ریزی کاسته می شود. کاشت سیب زمینی در عمق کم (کمتر از ۱۵ سانتی متر) منجر به سبز شدن غده (مناسب برای تخم ریزی) و قرار گرفتن در سطح خاک و افزایش آلودگی می گردد. عمق کاشت بایستی طوری تنظیم گردد که غده ها کاملا با خاک پوشیده شوند. لازم است حداقل پنج سانتی متر خاک روی سطح غده ها وجود داشته باشد. لاروها پس از حذف شاخ و برگ گیاه، تنها قادر به آلودگی غده هایی هستند که بدون پوشش خاک و یا در سطح یک تا سه سانتی متری خاک قرار گرفته اند

- زمان خاک دهی:

خاک دهی پای بوته ها همزمان و بعد از خروج ساقه از خاک صورت گیرد. پوشاندن پشته ها با خاک (۲/۵ سانتی متر خاک روی غده ها) در طول فصل و خاک دهی بلافاصله بعد از سرزنی در کاهش خسارت آفت موثر است

خاک دهی پای بوته ها در دو نوبت انجام گیرد؛ یکی هم زمان و بعد از خروج ساقه از خاک و مرحله دوم قبل از ایجاد پوشش کامل اندام هوایی سیب زمینی در مزرعه با استفاده از دستگاه روتوشیپر یا کولتیواتور فاروئر^۳ در کاهش آلودگی موثر است

- عملیات خاک ورزی:

با استفاده از عملیات مناسب خاک ورزی قبل از کاشت غده ها، از ایجاد کلوخ و ترک روی پشته ها جلوگیری می شود. همچنین با انتخاب عمق شخم مناسب، تعداد بیشتری از لاروها و شفیره ها در خاک و بقایای گیاهی آلوده منهدم می شوند

- آبیاری:

زمان و دور آبیاری گیاه بایستی به منظور جلوگیری از ترک خوردن پشته ها تنظیم گردد. نوع بافت خاک و سیستم آبیاری مزرعه از اهمیت زیادی برخوردار هستند. آبیاری منظم مزرعه، استفاده از سیستم آبیاری بارانی و حفظ رطوبت خاک بخصوص در اواخر دوره رشد (زمان سرزنی) جهت جلوگیری از ایجاد سله و ترک خوردگی سطح پشته ها

و کاهش نفوذ لارو و شب پره ها به داخل خاک در کنترل آفت موثر است. شب پره های ماده، خاک خشک را برای تخم ریزی ترجیح می دهند و بقاء لارو در خاک کم رطوبت افزایش می یابد

در مزارعی که مجهز به سامانه آبیاری بارانی یا قطره ای می باشند، بعد از حذف اندام های هوایی، حدود یک ساعت انجام آبیاری سبک باعث کاهش موقت ترک های سطح پشته ها تا زمان برداشت و در نتیجه کاهش نفوذ و دسترسی آفت به غده ها و تخم گذاری روی آن ها می شود. تحقیقات نشان داده است که آبیاری بارانی با دبی ۰/۱ اینچ از زمان سرزنی تا برداشت محصول، خسارت بید را کاهش می دهد

بقایای گیاهی

حفظ بقایای گیاهی کشت قبلی زمانی که سیب زمینی در تناوب با غلات قرار دارد و مخلوط کردن این بقایا در عملیات خاک ورزی و بستر سازی موثر است. این عملیات تا حدودی منجر به کاهش و بهبود ترک خاک پشته ها می گردد

حذف بوته های خودرو زارعت سال قبل در مزارع آیش و علف های هرز میزبان آفت در اطراف مزرعه تا جایی که امکان پذیر است. از بین بردن بقایای سیب زمینی پس از برداشت و بلافاصله شخم به عمق ۳۰ سانتی متر انجام شود

در مطالعه ای اثر پوشش گیاهی خودرو در مزرعه، در کاهش خسارت روی غده های تازه تشکیل شده مورد بررسی قرار گرفته است. حفظ و تقویت علف های خودرو داخل مزرعه در انتهای فصل و بعد از خشک شدن اندام های هوایی سیب زمینی بدون هیچ گونه نیاز به عملیات کشت و تنها با ادامه فرایند آبیاری مزرعه یکی از روش های کم هزینه برای جلوگیری از خسارت بید روی غده های داخل خاک است

در انتهای فصل همزمان با حجیم شدن غده ها، ایجاد یک مانع فیزیکی برای جلوگیری از نفوذ حشرات ماده و لاروها به غده های داخل خاک در کاهش خسارت نقش مهمی دارد. برای این منظور اثر کشت گیاهان پوششی (ماشک و خلر) با هدف بهبود ساختار و فیزیک خاک، تقویت مواد آلی خاک به عنوان کود سبز، افزایش نفوذپذیری و حفظ رطوبت و اثر این پارامترها در جلوگیری از آلودگی غده ها مورد بررسی قرار گرفته است. کاشت گیاهان پوششی غیرمیزبان در انتهای فصل با آزادسازی متابولیت های فرار گیاهی در میزبان یابی بید اختلال ایجاد کرده و از طرفی با توجه به سریع بودن رشد، این دسته از گیاهان به سرعت با اندام های هوایی گیاهان سیب زمینی که سرزنی و یا خشک شده اند، جایگزین می شوند. پوشش مزرعه با چنین گیاهانی، غده ها را از دسترس شب پره های ماده و ورود لاروها

نمایی از سیکل زندگی و آثار خسارت آفت بید سیب زمینی



ارزیابی شده اند که شامل: فسفات ها، کاربامات ها و پیرتروئیدها می باشند. ارزیابی حشره کش ها با فرمولاسیون پودری برای کنترل آفت در انبار، مشخص نموده است که هیچ سمی آفت را داخل غده از بین نمی برد و این سموم تنها از آلودگی مجدد غده جلوگیری می کنند. در مراحل ابتدایی تشکیل غده، بکارگیری سموم روی شاخ و برگ گیاه، به خصوص قاعده ساقه، گیاه را از حمله آفت محافظت می کند. به هر حال در زمان طغیان آفت، سموم قادر به حفاظت غده از آلودگی به آفت نیستند. در صورت آلودگی شدید برگ های سیب زمینی به بید و در هنگام فعالیت مینوزی آفت استفاده از سموم فسفره نفوذی مثل آوانت، دیازینون و سایر سموم مشابه با نظر کارشناسان مربوطه توصیه می شود

کاربرد حشره کش ها موقع سرزنی و بعد از سرزنی گیاه، خسارت بید روی غده را کاهش می دهد. با توجه به اینکه شب پره ها در ساعات پایانی روز فعال هستند و در طول روز روی سطح زمین یا برگ ها پنهان می شوند، بنابراین کاربرد حشره کش ها بایستی مطابق با اوج فعالیت شب پره باشد. بررسی تاثیر سه حشره کش اس-فن-والریت، متامیدفوس و متومیل روی آفت در سه فاصله زمانی قبل از سرزنی گیاه نشان داد که هر سه حشره کش خسارت غده را کاهش داده

به خاک دور می کند. گزارشات نشان می دهد که بیشترین خسارت بید در مزرعه در انتهای فصل و در فاصله یک ماه مانده به برداشت غده ها از زمان سرزنی است. استفاده از گیاهان پوششی در سیستم کشاورزی بسیاری از کشورهای پیشرفته برای حفاظت خاک و محیط زیست کاربرد دارد

بعد از خشکاندن اندام های هوایی گیاه سیب زمینی با استفاده از علف کش یا سرزنی بوته ها، غده ها به سرعت برداشت و به انبار انتقال یابد. با توجه به اینکه حشرات ماده در هنگام غروب فعال شده و بیشتر تخم ها در همان زمان گذاشته می شود، بنابراین غده های برداشت شده نباید در طول شب در معرض تخم ریزی حشرات ماده قرار گیرند و اگر نمی توان آنها را به سرعت انبار نمود باید روی آنها پوشانده شود

کنترل شیمیایی در مزرعه

کنترل شیمیایی بید سیب زمینی در مزارع چالش برانگیز و مشکل است. ایجاد دالان توسط لارو در شاخ و برگ و غده، تاثیر سموم را کاهش می دهد. بدلیل استفاده مکرر کشاورزان از حشره کش های دامنه وسیع، این محصول رتبه بالای مصرف سموم در سطح جهانی را دارد. برای کنترل شیمیایی این آفت در مزرعه و انبار، بسیاری از سموم

ولی تفاوت معنی داری بین ۴ هفته قبل از سرزنی و یک هفته قبل از سرزنی مشاهده نشد. به علاوه، ضد عفونی کردن غده ها پیش از کاشت با یک حشره کش تماسی-نفوذی مانند دیازینون یا دورسبان، درصد زیادی از لاروها را از بین می برد.

اقدامات انبارداری

- غده های سیب زمینی بایستی در انبارهایی مناسب با دیوارهای کاملاً سالم و بدون درز و شکاف، دارای تأسیسات مناسب شامل سیستم تهویه و خنک کننده، پنجره های دارای توری ضد حشره جهت جلوگیری از نفوذ شب پره ها نگهداری شوند

- دیوارها، سقف و کف انبار قبل از انتقال غده ها باید با حشره کش مناسب تیمار شوند، به ویژه اگر در سال قبل، این آفت در انبار مشاهده شده باشد

- محصول باید قبل از انبار کردن دقیقاً بررسی و تمامی غده های آلوده به بید سیب زمینی، و سایر بیماری ها و خاک همراه آنها جدا و سپس به انبار و کیسه های تمیز و سالم منتقل شود.

- نصب تله های فرمونی جهت جمع آوری شب پره های نر که احتمالاً به داخل انبار نفوذ می کنند، لازم است. معمولاً برای هر ۱۰ مترمربع فضای داخلی انبار یک تله در ارتفاع ۵۰ سانتی متر بالاتر از سطح محصول انبار شده نصب می شود

- دمای بین ۱۰-۷ درجه سلسیوس، دمای مناسب برای انبارمانی غده های سیب زمینی است. پایین نگه داشتن دمای انبار زیر ۱۰ درجه سلسیوس در طول مدت انبارداری موجب توقف مراحل مختلف رشدی آفت می شود. این دما برای سیب زمینی خوراکی و صنعتی حدود ۸-۱۰ درجه و برای سیب زمینی بذری حدود ۴-۵ درجه سلسیوس می باشد

- کاربرد حشره کش هایی با خاصیت تدخینی مانند کلرپیریفوس (دورسبان، Dursban®) و پیریمیفوس متیل (اکتلیک، Actellic®) در فضای انبار برای از بین بردن فرم های مختلف آفت به ویژه حشرات بالغ و فعال در مناطق شدیداً آلوده موثر است. تمام قسمت های انبار (دیوار، کف و سقف) کاملاً تمیز و با فرمالین ضد عفونی شوند. با استفاده از مخلوط دو حشره کش با خاصیت تدخینی، پیریمیفوس متیل امولسیون ۵۰EC درصد و کلرپیریفوس امولسیون ۴۰/۸ EC درصد، فضای انبار جهت از بین بردن فرم های مختلف آفت محلول پاشی شود

- سمپاشی انبار خالی با حشره کش های دلتامترین (دسیس، Decis®) ۲/۵ درصد، آلفا سایپرمتترین (روبی، RUBI®) ۱۰ درصد و یا آبامکتین (ورتمیک، Vertimec®) ۱/۸ درصد توصیه شده است

- غده هایی که به منظور مصرف بذری ذخیره می شوند را می توان

با حشره کش های ارگانو فسفات یا پیرتروئیدها تیمار نمود. به عنوان مثال، برای سیب زمینی بذری، گردپاشی با سایپرمتترین (ریپکورد، Ribcord®) به میزان ۵۰۰ گرم در تن توصیه شده است

- پوشاندن قسمتی از کیسه های بذری انبار شده با لایه ای از کلش و استفاده از نور ضعیف در انبار نگهداری غده های بذری نیز باعث کاهش فعالیت تخم ریزی حشرات بالغ می شود

- پوشاندن کیسه ها با لایه ای از برگ های خشک شده گیاهان دورکننده^۴ مثل اکالیپتوس، شاهپسند و پونه صحرایی برای کنترل آفت در انبار موثر هستند. به عنوان نمونه، استفاده از پودر پیرترومبا منشا گرفته از گل داوودی^۵ برای حفاظت از غده های سیب زمینی در انبار به میزان سه کیلوگرم در تن توصیه شده است

کاهش ریسک خطر آفت با مدل سازی فنولوژی

پیش بینی فصلی و منطقه ای آفت بید سیب زمینی با مدل های فنولوژیکی آب و هوایی یکی از فاکتورهای مهم در کنترل پراکنش گونه های آفت است. مدل های فنولوژی وابسته به دما برای درک دینامیک جمعیت آفت و افزایش کارایی راهبردهای مدیریت تلفیقی آفات^۶ از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. امروزه ترکیب این مدل ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی^۷ و میانگین داده های آب و هوایی برای ترسیم پیش بینی قابلیت رشد جمعیت آفت در زمان واقعی^۸ به عنوان ابزاری برای ارزیابی ریسک آفت در نواحی مختلف اگرواکولوژیکی و به منظور استفاده در استراتژی های مدیریتی به کار گرفته می شوند

در این سیستم پیش بینی فصلی- منطقه ای و مدل فنولوژیکی وابسته به دما، شانس بقای جمعیت آفت در طول سال، متوسط تعداد نسل و شاخص فعالیت با وارد کردن دماهای ماکزیمم و مینیمم روزانه در فضای یک کیلومتر مربع در سرتاسر دنیا محاسبه می گردد. شبیه سازی بر مبنای دامنه دماهای نقطه ای از داده های ایستگاه های هواشناسی، برای محاسبه ریسک توزیع آفت در نواحی خاص انجام می شود. در فازهای بعدی، پارامترهای جدول زندگی آفت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت، میانگین طول نسل، نرخ خالص تولیدمثل، بقای مراحل نابالغ و غیره محاسبه و در طول زمان رصد می شود. این شبیه سازی برای رسیدن به یک مقیاس زمانی روزانه است. این اطلاعات خلاصه ای از فنولوژی جمعیت آفت و رشد و نمو در یک دامنه زمانی تعریف شده از جمله دوره زمانی کاشت و برداشت را در اختیار کشاورز برای تخمین پتانسیل استقرار آفت و مدیریت آفت، قرار می دهد. اتصال مدل های فنولوژی حشره آفت با سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان پیش بینی پتانسیل رشد جمعیت آفت در نواحی کاشت سیب زمینی در سرتاسر جهان را فراهم می کند



کنترل زیست مدار^۹

اخیرا تحقیقات علمی گسترده ای در مورد تاثیرات بیولوژیک اسانس های گیاهی و اجزای آنها علیه آفات و کاربرد آنها به عنوان حشره کش های تدخینی جایگزین، صورت گرفته است. ماهیت فرار ترکیبات گیاهی و خاصیت حشره کشی آنها دو ویژگی مهم در افزایش اقبال به اسانس های گیاهی به عنوان فومیگانت های سمی علیه آفات هستند. تجزیه پذیری زیستی^{۱۰}، ایمن بودن برای موجودات غیرهدف، عدم باقیمانده در محصول نهایی و بالاخره نرخ پایین بروز مقاومت در نژادهای مختلف آفات از مزایای فرآورده های گیاهی است. گزارشات علمی از سمیت تنفسی، دورکنندگی و بازدارندگی تخم ریزی این ترکیبات در آفات انباری حکایت دارد. به عنوان مثال پتانسیل بالای

سه ترکیب طبیعی اسانس و پودر گیاه آویشن شیرازی^{۱۱}، مورد^{۱۲} و گلپر^{۱۳} در کاهش معنی دار میزان تخم ریزی آفت به اثبات رسیده است. روغن های طبیعی گیاه نعنا^{۱۴} و کافور^{۱۵} روی لارو و حشره کامل بید سیب زمینی خاصیت دورکنندگی دارند. پوشاندن غده های سیب زمینی با برگ و گل های خشک گیاهان *Minthostachys spicata* و *Minthostachys glabrescens* از تیره نعنائیان مانع از تخم گذاری حشرات ماده روی غده سیب زمینی می شود. همچنین اسانس های گیاهی اکالیپتوس^{۱۶}، گشنیز^{۱۷} و ریحان^{۱۸} اثر بازدارندگی بر فعالیت تخم ریزی بید سیب زمینی داشته و غده ها به مدت دو هفته در طول انبارداری محافظت شدند. اثرات تدخینی عصاره گیاه علف داسی و کرفس علیه لاروهای سن اول بید سیب زمینی اثبات

شده است. در مطالعه ای حساسیت حشرات کامل بید به اثر تدخینی اسانس گیاه مورد و نوعی آپیشن^{۱۹} گزارش شده است. اکثر گیاهان تیره چتریان حاوی ترکیبات تاثیرگذار بر رفتار و زیست شناسی حشرات بوده و خواص دورکنندگی، ضدتغذیه ای و کشندگی آنها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و تایید شده است. ترکیبات گیاهی طبیعی اثرات مضر آفتکش های شیمیایی را نداشته و از پتانسیل کافی به منظور راهکاری نسبتاً امن در برنامه ریزی های کنترل و مدیریت تلفیقی آفت برخوردار هستند. توسعه راهبردهای جدید برای بهینه سازی فرمولاسیون مناسب این دسته از ترکیبات طبیعی و تعیین اثربخشی آنها در کنترل آفت در ابعاد کوچک (انبارهای سنتی) و وسیع (انبارهای تجاری) نیاز به تحقیقات منسجم، جامع و کاربردی دارد

کنترل میکروبی

علیرغم اینکه توسعه آفتکش های میکروبی با پیچیدگی های خاصی همراه است، ولی چنین آفتکش هایی یکی از اجزای اساسی کنترل تلفیقی آفات و بیماری ها در کشاورزی پایدار مطرح می باشند. با وجود اثرات انکارناپذیر افزایش تولیدات کشاورزی بواسطه انقلاب سبز و انتخاب گونه های گیاهی پربازده و نیز استفاده از کودها، سموم شیمیایی و سایر روش های مدرن در بهبود اقتصاد صنعت کشاورزی، اثرات مخرب استفاده از آفتکش های شیمیایی بر اکوسیستم و سلامت انسان بر کسی پوشیده نیست. برای کاهش استفاده از سموم، چاره ای جز خروج از چرخه مصرف ترکیبات شیمیایی با جایگزینی فرآورده های سالم متصور نیست. آفت کش های میکروبی به عنوان یک راهکار موثر و در عین حال بی خطر با به کارگیری توان طبیعی میکروارگانیسم ها در کنترل آفات می تواند در حفظ سلامت جامعه و امنیت غذایی راهگشا باشند. با وجود سهم پایین آفتکش های بیولوژیک (حدود ۵ درصد) در مدیریت آفات، بیمارگرها و علف های هرز، پیش بینی شده است تا سال ۲۰۵۰ تعداد این دسته از فرآورده ها از آفت کش های سنتتیک پیشی گیرد.

پاتوژن های اختصاصی حشرات که به طور طبیعی در بین جمعیت ها حضور دارند، یکی از ابزارهای مفید در کنترل جمعیت حشرات در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات محسوب می شوند. رهاسازی اشیاعی آنها در قالب آفتکش های بیولوژیک، کارایی مضاعفی در مدیریت آفات و کاهش مصرف سموم شیمیایی در کشاورزی پایدار و به خصوص در نظام کشاورزی ارگانیک دارد. بیشترین تحقیقات کاربردی در زمینه کنترل بیولوژیک بید سیب زمینی به استفاده از فرآورده های گرانولوویروس و باکتری *Bacillus thuringiensis* اختصاص داشته است

گرانولوویروس کرم غده سیب زمینی *Phthorimaea operculella*

granulovirus (PhopGV) به عنوان عامل موثری در کنترل بیولوژیک آفت در مزرعه و انبار شناخته شده است. به دلیل کارایی مضاعف این پاتوژن اختصاصی آفت در تلفیق با سایر عوامل کنترل بیولوژیک و یا فرآورده های گیاهی کنترل کننده آفات، تلاش های زیادی برای توسعه عوامل میکروبی موثر در کنترل بید سیب زمینی توسط صنایع بزرگ انجام شده است. تحقیقات متعدد نشان می دهند که پارت های سیب زمینی تیمار شده با گرانولوویروس PhopGV به خصوص در انبارهای کنترل نشده از لحاظ دمایی به طور قابل قبولی با این ویروس حفاظت شده اند. آزمایشات زیست سنجی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نشان داده است که سوسپانسیون PhopGV در آب و یا مخلوط با حامل ها (تالک، شن، خاک دیاتومه و خاک رس کائولین) در کنترل لاروهای لارو سن یک (نئونات) در غده های سیب زمینی در انبار موثر است. با توجه به پایدار بودن ویروس در شرایط انبارداری (به دلیل عدم وجود نور ماورای بنفش)، حفاظت از غده ها در انبار به مدت چندین ماه امکان پذیر است. در ایران اولین حشره کش گرانولوویروس PhopGV برای کنترل بید سیب زمینی در انبار در سال ۱۳۸۱ به صورت فرمولاسیون پودر به ثبت رسیده و تولید آزمایشگاهی و ارزیابی های مزرعه ای و انباری ویروس، مورد مطالعه قرار گرفته است؛ در استان فارس ارزیابی مزرعه ای گرانولوویروس بید در مقایسه با سایر حشره کش ها با نتایج مثبت همراه بوده است. همچنین فرمولاسیون میکروکپسول PhopGV با هدف محافظت از ماده ژنتیکی ویروس در برابر اشعه ماورای بنفش مورد بررسی قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی از کارایی موثر ویروس مشاهده گردید امروزه یکی از موفق ترین حشره کش های زیستی با استفاده از باکتری *Bacillus thuringiensis* (Bt) تولید و فرموله می شود. این حشره کش زیستی برای تولید انبوه نیاز به نور نداشته و باکتری براحتی در محیط های کشت ساده قادر به رشد است. سوبه هایی از باکتری که سم دلتا اندوتوکسین را تولید می کنند، به عنوان آفت کش بیولوژیک تجاری فرموله می شوند. باکتری به طور طبیعی با تولید کریستال های پروتئینی و از طریق زوال سلول های اپی تللیال معده میانی باعث ایجاد بیماری در حشرات می گردد. آفتکش های میکروبی زیادی از باکتری *Bt* علیه طیف وسیعی از آفات از جمله سخت بال پوشان، دوبالان و بال پولکداران به صورت تجاری تولید شده اند. فرمولاسیون های مرسوم *Bt* شامل پودر و تابل، مایع، گرد و طعمه مسموم با نام های Acrobe®, Bactospeine®, Certan®, Thuricide® و Dipel®، Javelin®, Leptox®, Novabac و وارد بازار شده اند. همانند ویروس های بیمارگر حشرات، حشره کش بر پایه *Bt* باید توسط لارو آفت بلعیده شود و بنابراین، روی حشره

کامل تاثیر ندارند. به گونه حشره و سن آن، و مقدار *Bt* بلعیده شده، مرگ حشره طی چند ساعت تا هفته زمان می برد. در بین استرین های مختلف باکتری *Bt*، استرین (*Btk*) *Kurstaki* به طور متداول و موثر برای کنترل بال پولکداران استفاده می شود. اختصاصی بودن دامنه میزبانی باکتری *Bt* باعث شده که برای استفاده در کنترل بید سیب زمینی بسیار مورد توجه قرار بگیرد. در همین راستا چندین استرین باکتری از خاک، آب و غده های آلوده به بید سیب زمینی جداسازی شده اند. بررسی ها نشان داده که این جدایه هادر مقایسه با استرین استاندارد تجاری شده باکتری، سمیت و زهرآگینی بالاتری داشته که به نوبه خود، بیانگر ضرورت استفاده از استرین های بومی برای توسعه و معرفی آفت کش بیولوژیک است. حداقل دو پروتئین کریستالی *Cry1A(b)* و *Cry1B* باکتری *Bt* علیه بید سیب زمینی قدرت کشندگی دارند. در شرایط آزمایشگاهی، بید سیب زمینی به درجات متفاوتی از زیرگونه های مختلف *Bt* از جمله *kurstaki*, *thuringiensis*, *tolworthi*, *galleriae*, *kenyae* و *aizawai* حساس است، اگرچه دوز غلظت کشنده (LC_{50}) در سنین بالای لاروی افزایش می یابد. در مطالعه ای بقای آفت از مرحله تخم تا ظهور حشره بالغ در تیمار غده های سیب زمینی با 200 mg/kg باکتری *Btk* (*Thuricide*®) ۰/۴ درصد در مقایسه با تیمار $PoGV$ ($34/7-0/8$) درصد بسته به دوز) و شاهد ($32/5$ درصد) برآورد شده است. در هندوستان، ۶۰ روز پس از کشت سیب زمینی کاربرد ۲-۵ کیلوگرم در هکتار باکتری *Btk* (*Thuricide*®) در مدت زمان ۱۵ روز همانند سمپاشی سطح خاک با سموم پاراتیون و کارباریل در کنترل آفت بید موثر بوده است، بطوریکه عملکرد محصول ($10/7-9/3$ تن در هکتار) در مقایسه با مزرعه شاهد ($6/7$ تن در هکتار) افزایش چشمگیری داشته است. در بسیاری از کشورها، باکتری *Bt* و سایر روش های غیرشیمیایی برای مدیریت آفات پس از برداشت، در انبارها بخصوص انبارهای سنتی و غیر استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عنوان مثال در یمن، پوشش دهی غده ها با باکتری *Bt* مخلوط با ماسه ریز، قبل از تخم ریزی حشرات ماده در کنترل آفت بسیار موثر و کارا بوده است و همچنین ۹۶ درصد لاروهایی که از قبل داخل غده ها بودند را کنترل نمود. در مصر، تیمار غده ها با فرآورده *Bt* (*Dipel*®) با غلظت ۰/۳ درصد در انبار بسیار موثر گزارش شده است به طوریکه در مدت ۶۰ روز پس از استفاده، آلودگی غده ها در مقایسه با شاهد (آلودگی ۱۰۰ درصد) کاملاً حذف گردید. در تونس، تلفیق کنترل زراعی آفت (برداشت زودهنگام) و استفاده از باکتری *Bt* در شروع انبارداری غده ها، باعث شده تا نیاز به سمپاشی غده ها برای حفاظت از بید سیب زمینی مرتفع گردد. تیمار غده ها قبل از انبارداری با *Btk* (*Thuricide*®) ۲

گرم در لیتر در تونس، منجر به ۷۹ درصد مرگ و میر لارو تا چهار ماه پس از انبارداری شد، در صورتیکه در برگ های سمپاشی شده با باکتری در گلخانه مرگ و میر لارو ۵۰ درصد مشاهده شد. افزایش اثر *Bt* در فرمولاسیون ترکیبی با عصاره های گیاهی دارای خاصیت حشره کشی نیز در تحقیقات مختلفی گزارش شده است. به عنوان مثال عصاره گیاهان *Atropa belladonna*, *Hyoscyamus niger* و *Solanum nigrum* در ترکیب با باکتری *Bt*، مقادیر LC_{50} را از 82 g/ml به ترتیب به ۴۳، ۳۱ و 40 g/ml کاهش داده است. در جدیدترین مطالعات انجام شده در زمینه انتقال ژن پروتئین کشنده باکتری (*Cry*) *Bt* به لاین هایی از گیاه سیب زمینی، اثرات حفاظتی گیاه تراریخته در برابر خسارت آفت بید سیب زمینی محرز شده است. به هرحال با وجود تاثیر بالا و کارایی قابل قبول محصولات تراریخته، پذیرش عمومی چنین محصولاتی تعیین کننده گسترش و توسعه سیب زمینی و سایر محصولات تراریخته است

چالش ها و فرصت های توسعه و کاربرد حشره کش های میکروبی

توسعه استفاده از آفتکش های میکروبی بدلیل کاهش تاثیر سموم شیمیایی با در کنترل آفت بید سیب زمینی با توجه به ماهیت پنهان زندگی آفت، بروز تدریجی مقاومت به آفتکش های شیمیایی و نیز ملاحظات زیست محیطی، امری اجتناب ناپذیر و عقلانی است. مزیت استفاده از عوامل میکروبی دامنه اثر اختصاصی و محدود به آفت میزبان، سلامت موجودات غیرهدف، ایمن بودن برای کشاورزان، سازگاری با سایر روش های کنترلی (کنترل تلفیقی)، کندی بروز مقاومت در میزبان، حجم کم مصرف، حفاظت از تنوع زیستی و بالاخره کاهش بقایای سمی در محصولات کشاورزی و محیط زیست است. هر چند که شانس موفقیت آفتکش های میکروبی در بازار با چالش هایی از جمله هزینه بالا و عدم کارایی مورد انتظار و متناقض مواجه بوده است ولی امروزه با پیشرفت های علمی، فنی و نگرش عموم جامعه به محیط زیست و تغذیه سالم، آینده روشنی برای تحقیق، سرمایه گذاری، توسعه و استفاده از ظرفیت و توان میکروارگانیسم های طبیعی به عنوان آفتکش بیولوژیک متصور است. کلید رشد و توسعه یک حشره کش زیستی کارا و موثر، انتخاب نژاد یا استرین زهرآگین است. استرین های بومی بر اساس قابلیت سازش پذیری و کارایی در یک اکوسیستم انتخاب می شوند. جداسازی، شناسایی ویژگی های بیولوژیکی، ژنتیکی و بیوشیمیایی جدایه ها برای انتخاب نژادهایی با زهرآگینی و کارایی بالاتر، پایداری ژنتیکی و از همه مهمتر تکثیر و تولید راحت و مقرون به صرفه این عوامل در تحقیقات جدید بسیار مورد توجه است. اگر چه موانع متعددی از جمله سرعت عمل پایین

عوامل میکروبی در مقایسه با ترکیبات شیمیایی و یا موانع تولید، کاربرد آنها را محدود می کند، اما روند رو به رشد فرمولاسیون و ثبت آفت کش های زیستی، زمینه ساز تحقیقات برای رفع موانع در دو دهه گذشته بوده است. چندین سوپیه و استرین موثر از میکروارگانیسم های بیمارگر حشرات شناسایی و مطالعه شده اند ولی با توجه به نبود فن فرمولاسیون مناسب، هنوز به مرحله تجاری سازی نرسیده اند.

مقرون به صرفه بودن فرایند تولید از جمله فاکتورهای تولید انبوه عوامل میکروبی است. به عنوان مثال در مورد آفت کش های ویروسی، با وجود ردیابی، جداسازی و تعیین ویژگی جدایه های بومی کارا و زهرآگین در شرایط کنترل شده، بستر تکثیر انبوه و تولید صنعتی ارزان و مقرون به صرفه، بهینه سازی شرایط تولید و فرمولاسیون مناسب، از موانع مهم توسعه و ارائه یک فرآورده تجاری ویروسی در کشور است. هرچند که با توجه به ماهیت ویروس، بسیاری از کشورهای صادر کننده فرآورده های تجاری آفت کش های ویروسی، آنها را در لارو زنده میزبان تکثیر می کنند، ولی با پیشرفت در زمینه تکنولوژی استقرار لاین های سلولی و توسعه محیط های کشت، امید است مسیر تولید این عوامل ویروسی ارزشمند در راستای کنترل در مزارع ارگانیک و تولید محصول سالم و حفظ محیط زیست هموار گردد. فرایند تولید، تجاری سازی و فرموله کردن آفت کش های زیستی، فرایندی زمان بر، هزینه بر و با موانعی از جمله محیط مناسب برای تکثیر انبوه عامل بیولوژیک، مواد افزودنی قابل قبول و ایمن، حفظ و پایداری کارایی آفت کش، توزیع و انبارمانی آن در راستای حفظ عامل بیولوژیک رو به رو است. از طرفی نوع فرمولاسیون مورد استفاده در طبیعت، تا حدود زیادی تعیین کننده کارایی، ماندگاری و شانس موفقیت آفت کش میکروبی است. بهینه سازی فرمولاسیون این دسته از عوامل میکروبی مخصوصا پیچیدگی های چرخه زیستی هر ارگانیسم از مرحله انتخاب تا رهاسازی در طبیعت، نیازمند همکاری محققین در علوم مختلف است. با وجود محدود بودن بازار آفت کشهای میکروبی، هزینه تحقیق و توسعه این دسته از مواد بیولوژیک بالاست و در بسیاری موارد فرایند فرموله شدن در انحصار حوزه فعالیت برخی شرکت ها باقی مانده و برای حفظ حقوق مادی و معنوی شرکت های تولید کننده، اطلاعات بروز و قابل استفاده ای در اختیار نیست. اگر چه اطلاعات علمی منتشر شده از فرمولاسیون آفت کش های میکروبی بسیار اندک است، ولی فناوری های جدید ارائه شده برای افزایش اثربخشی و دوام میکروارگانیسم ها، راهکارهای جدیدی در اختیار محققین قرار می دهند. با وجود تمام محدودیت های عنوان شده، توسعه آفت کش های زیستی در جهان در حال گسترش بوده و هنوز سهم آنها در بازار به پتانسیل واقعی نرسیده است. شفاف سازی، ترویج

و آگاهی از اهمیت و مزیت کاربرد آفت کش های زیستی در مدیریت تلفیقی آفات و کشاورزی پایدار، گامی موثر در پذیرش این ترکیبات مفید در کشاورزی خواهد بود

پی نوشت

- 1-Solanacea
- 2-Mating disruption
- 3-Rotoshapper or Cultivator furrowe
- 4-Repellant
- 5-Chrysanthemum cinerariaefolium
- 6-Integrated Pest Management (IPM)
- 7-Geographic Information System (GI)
- 8-Real-time
- 9-Bio-rational control
- 10-Biodegradable
- 11-Zataria multiflora
- 12-Myrtus communis
- 13-Heracleum persicum
- 14-Mentha spp.
- 15-Cinnamomum camphora
- 16-Eucalyptus globulus
- 17-Coriandrum sativum
- 18-Ocimum basilicum
- 19-Falcaria vulgaris
- 20-Apium graveolens
- 21-Thymus syriacus
- 22-Microbial control
- 23-Granulovirus
- 24-Neonate
- 25-Lethal concentration
- 26-Parathion
- 27-Carbaryl

منابع

- زمانی، ر،، گلی زاده، ع،، فتاحی، ع.ا،، ناصری، ب،، و حسن پناه، د. ۱۴۰۱. اثر گیاهان پوششی در کاهش خسارت بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* روی غده های سیب زمینی در اواخر فصل رویشی در مزرعه. مجله تحقیقات آفات گیاهی. ۱۳(۲)، ۴۵-۵۶.
- دزبانیان، ا،، و جلالی، ا. ۱۳۹۸. مدیریت کنترل تلفیقی بید (کرم غده) سیب زمینی. نشر آموزش کشاورزی. چاپ اول. ۱۶ صفحه
- Balasubramani, K., and Prabakar, K. 2006. Advances in Seed Science and Technology: Vol 1: Recent Trends in Seed Technology and management. Chapter of Insect Pests of Seed in Storage and their Mangment P: 737-743.

Management for the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller – a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany, 15-30.

-Sporleder, M., and Kroschel, J. The potato tuber moth granulovirus (PoGV): use, limitations and possibilities for field applications. In: Kroschel J and L Lacey (eds.). 2006. Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller – a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany, 49-71.

-University-California. 2006. Integrated Pest Management for potatoes in the western United States. State wide integrated pest management program, Ag. and Nat. Resour. Pub. 3316, Western Regional Publication, 11: 167.

-Adhikari, A., Shrestha, A., K., Timsina, S., and Adhikari, A. 2022. Efficacy of biopesticides in management of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in potato under storage. Journal of agriculture and food science. 100411.

-Eppo list A2. 1979. *Phthorimaea operculella* (Zeller), Lepidoptera : Gelechiidae. Data Sheets on Quarantine Organisms.

-Rondon, S., L., and Herve, M., R. 2017. Effect of planting depth and irrigation regimes on potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) damage under central pivot irrigation in the lower Columbia Basin. Journal of Economic Entomology. 2483-2489.

-Lacey, L., A., and Arthurs, S., P. An overview of microbial control of the potato tuber moth. In: Kroschel J and L Lacey (eds.) 2006. Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller – a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany, 33-48.

-Rondon, S. I. 2007. Assessment and options for potato tuberworm management. RESEARCH/EXTENSION ANNUAL REPORT. Extension Entomologist Specialist, Oregon State University (OSU), Hermiston Agricultural Research and Education Center (HAREC), Crop and Soil Science.

-Rondon, S., Sandra J. DeBano, S., J., Clough, G., H., Hamm, P., B., and Jensen, A. Occurrence of the potato tuber moth, in the Columbia Basin of Oregon and Washington. In: Kroschel J and L Lacey (eds.). 2006. Integrated Pest Management for the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller – a Potato Pest of Global Importance. Tropical Agriculture 20, Advances in Crop Research 10. Margraf Publishers, Weikersheim, Germany, 9-13.

-Rondon, S. I. 2010. The potato tuberworm: A literature Review of Its Biology, Ecology. And Control. American Journal Potato Research 87: 149-166.

-Sporleder, M., Simon, R., Juarez, H., and Jürgen, K. Regional and seasonal forecasting of the potato tuber moth using a temperature-driven phenology model linked with geographic information systems. In: Kroschel J and L Lacey (eds.) 2006. Integrated Pest