مجله ایمنی زیستی
دوره ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸
ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

انتخاب و رهاسازی دشمنان طبیعی آفات در جنگل‌ها؛ مخاطرات تا کنترل موفق

سمیرا فراهانی*[۱]، علیرضا رجبی‌مظهر[۲]

۱- عضو هیات علمی و استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- عضو هیات علمی بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

s.farahani@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۷، تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۹
صفحه ۳۶-۲۵

چکیده

جنگل‌ها از سرمایه‌های ملی هر کشور محسوب می‌شوند و هر نوع دخالت انسانی موجب شیوع و طغیان آفات خواهد شد. مدیریت آفات جنگل‌ها با سایر اکوسیستم‌ها به‌دلیل پیچیدگی و ثبات جنگل‌ها، متفاوت است. رهاسازی و استقرار دشمنان طبیعی یک فرآیند برگشت‌ناپذیر است. دشمنان طبیعی که اختصاصی عمل می‌کنند برای رهاسازی در برنامه‌های کنترل زیستی (بیولوژیکی) مناسب هستند زیرا دامنه محدودی برای تغذیه دارند و اثرات مخربی روی موجودات غیرهدف ندارند. بنابراین باید با بهترین انتخاب، خطر تأثیر آن بر موجودات غیرهدف را به حداقل رساند. همچنین با توجه به شکنندگی اکوسیستم‌های جنگل، لازم است نسبت به شناخت، ارزیابی و حمایت و حفاظت از دشمنان طبیعی اقدام شود.

واژه‌های کلیدی: دشمنان طبیعی، آفات، رهاسازی، اکوسیستم جنگل، کنترل زیستی.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

مقدمه

در کنترل زیستی (بیولوژیکی)، از دشمنان طبیعی به روش‌های مختلفی برای کاهش تراکم جمعیت آفات استفاده می‌شود. در بیشتر تعاریف هدف کنترل زیستی، کاهش جمعیت آفت و نگه‌داشتن جمعیت در تراکم پایین و در حالت بهینه، پایین‌تر از آستانه اقتصادی است (۱).

آستانه خسارت در جنگل‌ها بسیار پایین‌تر از آستانه خسارت در کشاورزی است و این امر باعث می‌شود در جنگل‌ها کنترل زیستی سهم مهمی در مدیریت تلفیقی آفات داشته باشد. کنترل زیستی دارای دو راهکار (استراتژی) است: یکی افزایش و رهاسازی و حمایت از دشمنان طبیعی موجود در منطقه و دیگری کنترل زیستی کلاسیک. این تقسیم‌بندی با توجه به منشاء و محل اصلی زندگی دشمنان طبیعی و روشی که از آنها استفاده می‌شود، صورت گرفته است. در روش افزایش و رهاسازی و حفاظت از دشمنان طبیعی، عوامل کنترل زیستی به گونه‌ای مدیریت و دستکاری می‌شوند که کارایی آنها در محیط افزایش یابد. در حالی‌که در کنترل زیستی کلاسیک، دشمنان طبیعی غیربومی برای مبارزه با آفات وارداتی، وارد و مستقر می‌شوند. این آفات وارداتی به‌طور معمول به‌صورت اتفاقی به یک منطقه جدید وارد شده‌اند (۲).

برهمکنش دشمنان طبیعی با جمعیت شکار و میزبان متفاوت است. در بین موجودات زنده، مهره‌داران شکارگران مؤثری هستند. به‌عنوان مثال پستانداران کوچک مراحل زمستانگذران حشرات آفت را شکار می‌کنند و پرندگان هم از مراحل لاروی آفات برگ‌خوار تغذیه می‌کنند و می‌توانند مرگ و میر چشمگیری را به‌خصوص زمانی که تراکم جمعیت آفت پایین است ایجاد کنند (۳).

این شکارگران گزینه‌های مناسبی برای استفاده در کنترل زیستی کلاسیک نیستند؛ حتی دستکاری جمعیت آنها برای افزایش و رهاسازی و یا حفاظت در مناطق بومی خودشان هم کار بسیار دشواری است. بسیاری از حشرات آفت (از جمله حشراتی از راسته سوسک‌ها، بالتوری‌ها، سنجاقک‌ها) نیز برای این کار نامناسب هستند زیرا از دامنه وسیعی از شکارها

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

تغذیه می‌کنند و تأثیر زیانباری بر موجودات غیرهدف می‌گذراند. به عبارت بهتر، باید از شکارگرانی که شکار اختصاصی دارند برای رهاسازی استفاده کرد. برای مثال استفاده از زنبورها و دوبالان (مگس‌ها) که دامنه میزبانی آنها محدود به آفت هدف یا نزدیک به آفت هدف است و کمترین خطر را برای حشرات غیرهدف در محیط‌های جدید به همراه دارند (۴، ۵).

میکروارگانیسم‌ها می‌توانند بیماری‌های واگیرداری را در حشرات ایجاد کنند که در هنگام طغیان جمعیت آفت، باعث کاهش جمعیت آنها می‌شوند. ولی به‌طور کلی استفاده از بیمارگرها در کنترل زیستی مناسب نیست، زیرا به‌طور معمول دامنه وسیعی دارند و اغلب تنها زمانی که جمعیت به حالت طغیانی رسیده باشد، کارایی موفقی دارند. از طرفی با وجود اینکه بیماری‌ها عامل مهمی در مرگ و میر حشرات آفت هستند، اما حضور آنها در زمان طغیان آفات غیرقابل پیش‌بینی است و به‌طور معمول مدتی طول می‌کشد که جمعیت خود را افزایش دهند و مرگ و میر بالایی را ایجاد کنند. بنابراین ممکن است زمانی جمعیت آفات را پایین آورند که درختان مقداری آسیب دیده‌اند. در مکان‌هایی که دشمنان طبیعی وجود ندارند، یا کارایی کمی دارند یا پس از انجام کنترل زیستی کلاسیک در درازمدت هنوز آفات کنترل نشده‌اند از روش ازدیاد و حفاظت دشمنان طبیعی استفاده می‌شود. دو روش اصلی برای ازدیاد وجود دارد: الف) انتقال بومی (local) و رهاسازی تلقیحی تعداد کمی از افراد ب) رهاسازی اشباعی تعداد بیشتری از افراد در میان جمعیت حشرات آفت. انتقال بومی به این صورت است که تعداد اندکی از افراد گونه یک دشمن طبیعی جمع‌آوری و در مکان جدیدی رهاسازی می‌شوند. رهاسازی به‌طور معمول در اول فصل انجام می‌شود و انتظار می‌رود که نتاج دشمن طبیعی رهاسازی شده تأثیر اصلی را بر جمعیت آفت بگذارد. روش‌های اشباعی برخلاف انتقال تلقیحی به‌منظور کاهش سریع جمعیت استفاده می‌شوند و از پایداری برخوردار نیستند. استفاده از حشره‌کش میکروبی (Bt) (*Bacillus*

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

thuringiensis) از پاره‌ای جهات مشابه رهاسازی تلقیحی دشمنان طبیعی است (۵).

مثال‌های متعددی از انتقال دشمنان طبیعی بومی برای کنترل آفات جنگل وجود دارد، اما ارزیابی میزان کنترل دشوار است. از جمله مزایای دشمنان طبیعی مؤثر، توانایی واکنش به تراکم شکار و تغذیه از غذاهای جایگزین زمانی‌که شکار آنها اندک است (۶).

قارچ‌ها به شکل موفق برای کنترل آفات گیاهان زراعی استفاده می‌شوند. اما، رشد وابسته به دما و نیاز به رطوبت برای جوانه‌زنی اسپورها کارایی آنها را در جنگل محدود می‌کند. استفاده از قارچ *Entomophaga maimaiga* برای کنترل آفت ابریشم‌باف‌ناجور *Lymantria dispar* در آمریکا و اروپا نمونه‌ای از کاربرد قارچ های بیمارگر در کنترل آفات است که بسیاری از نقاط قوت و ضعف این روش کنترل زیستی در کنترل آفات درختان جنگلی را روشن می‌کند (۷، ۸).

لارو پروانه ابریشم‌باف‌ناجور یکی از برگ‌خوارهای درختان جنگلی است که به‌دلیل داشتن پوشش مویی برای انسان آلرژی‌زا است. گونه قارچی *E. maimaiga* به‌صورت طبیعی روی ابریشم‌باف ناجور در ژاپن وجود دارد. این قارچ در دهه ۱۸۶۰ از ژاپن به آمریکای شمالی وارد شد. سنین پایین با اسپورهای زمستان‌گذران قارچ موجود در لاشه‌ها آلوده شده و در خاک باقی می‌مانند. لاروهای جوان آلوده‌شده تعداد زیادی کنیدی تولید می‌کنند که سبب انتشار آلودگی در جمعیت آفت می‌شود. قارچ *E. maimaiga* در موطن خود به‌صورت اختصاصی ابریشم باف ناجور را آلوده می کند. لاروهای آلوده دارای رفتار تجمعی بوده و لاروهای سنین بالا تمایل به پنهان شدن در لایه‌های بالایی خاک و شکاف تنه درختان دارند. برای جلوگیری از خسارت این آفت به درختان بلوط در بعضی ایالات آمریکا، قارچ با انتقال مقدار کمی خاک جمع‌آوری‌شده از اطراف درختان مناطق تحت تأثیر اپیزوتیک طبیعی قارچ به جمعیت *L. dispar* وارد شد. البته میزان بیماری‌زایی در مناطق مختلف وابسته به وقوع باران بود. در حقیقت برای اسپوزایی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

و جوانه‌زنی اسپور قارچ *E. maimaiga* به رطوبت بالایی نیاز است و گسترش بیماری در جمعیت لارو آفت اغلب در شرایط رطوبت بالا رخ می‌دهد (۹).

روش تلقیحی برای آن دسته از عوامل کنترل زیستی که تکثیر و تولید انبوه آنها مشکل است، روش مناسبی به شمار می‌رود. کاربرد روش اشباعی بیشتر از روش تلقیحی، برای افزایش دشمنان طبیعی پیچیدگی دارد و هزینه بیشتری هم تحمیل می‌شود. در روش اشباعی از آن دسته از دشمنان طبیعی‌استفاده می‌شود که بتوان آنها را به‌صورت انبوه تکثیر کرد. همچنین پایش جمعیت آفت هم بسیار اهمیت دارد تا بهترین زمان رهاسازی مشخص شود. در استرالیا به‌منظور کنترل آفت جنگلی زنبور چوبخوار اروپایی *Sirex noctilio* نماتودها را تکثیر و به درختان تزریق کردند تا در مناطقی که این زنبور طغیان کرده است به سرعت گسترده و جمعیت آن را کنترل کند (۱۰).

همچنین از تکثیر و رهاسازی اشباعی زنبورهای پارازیتویید تخم *Trichogramma* spp. در جنگل‌ها استفاده شده است (۱۱، ۱۲).

رهاسازی باید با زمان تخم‌ریزی آفت هماهنگ باشد. به کمک تله‌های فرمونی و شکار حشرات نر در تله‌ها و مدل‌های فنولوژی، زمان تخمگذاری آفت رامی‌توان تعیین کرد. از آنجایی‌که زنبورهای تریکوگراما تخصص میزبانی چندانی ندارند، زمان‌بندی دقیق رهاسازی برای کاهش خطر حمله به گونه‌های غیرهدف از اهمیت فراوانی برخوردار است. همچنین نرخ رهاسازی پارازیتویید تأثیر زیادی بر درصد پارازیتیسم دارد و ممکن است برای به دست آوردن نتیجه مطلوب به بیش از یکبار رهاسازی نیاز باشد (۵، ۱۲). حفاظت از دشمنان طبیعی از گذشته توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. مدیریت بیش از حد اکوسیتم، تخریب مکرر محیط و استفاده از حشره‌کش‌ها می‌تواند کارایی دشمنان طبیعی را کاهش دهد (۱۳).

جنگل‌ها به‌طور معمول کمتر سمپاشی می‌شوند و مدیریت جنگل‌ها برای دشمنان طبیعی کمتر زیان‌آور است. هر چند بعضی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

فعالیت‌هایی که در زمینه جنگل‌داری انجام می‌شود، می‌تواند مضر باشد مانند تک‌کشتی‌ها، که منابع غذایی غیرشکار مثل شهد یا گرده را از دسترس خارج می‌کند. فراهم آوردن منابع کربوهیدرات به‌صورت مصنوعی می‌تواند طول عمر و باروری پارازیتویید را افزایش دهد (۱۴).

استفاده از حشره‌کش‌ها در جنگل‌ها به ندرت اتفاق می‌افتد (ممکن است در جنگل‌های دست کاشت و نیمه طبیعی استفاده شود). یک روش مهم حفاظت از دشمنان طبیعی در جنگل‌هایی که سمپاشی می‌شوند این است که زمانی برای سمپاشی انتخاب شود که کمترین تماس سم با دشمنان طبیعی اتفاق بیافتد (۱۵) یا بهتر است از آفت‌کشی استفاده شود که به‌صورت انتخابی عمل کرده و روی دشمنان طبیعی تاثیر نداشته باشند. یکی دیگر از راهکارهای حفاظت دشمنان طبیعی، استفاده از بیمارگر Bt به جای حشره‌کش‌های شیمیایی است به این‌صورت که لاروهای پارازیته‌شده به‌دلیل تغذیه کمتر نسبت به لاروهای پارازیته‌نشده، دوز کمتری از بیمارگر را دریافت می‌کنند و کمتر مورد تهدید قرار می‌گیرند (۱۶).

انتخاب عامل کنترل زیستی مناسب

در خصوص انتخاب عوامل کنترل زیستی دو رویکرد وجود دارد: رویکرد جزئی‌نگر و رویکرد کلی‌نگر. در رویکرد جزئی‌نگر مدل‌های شکار و شکارگر بررسی می‌شوند و این مدل‌ها بیانگر توانایی دشمنان طبیعی برای واکنش به تغییرات فراوانی میزبان و نگهداری آن در سطوح پایین و ثابت است و خصوصیات مهم شکارگر شامل جستجوی مؤثر، تجمع در مناطقی که تراکم بالاست و زادآوری بررسی می‌شود. در رویکرد کلی‌نگر برای انتخاب عامل زیستی مناسب، انتخاب عامل کنترل زیستی و رابطه آن با سایر دشمنان طبیعی در منطقه هدف و گروهی که قرار است همزمان رهاسازی شوند (رهاسازی چند عامل کنترل زیستی باهم) مهم است. در رهاسازی چندگانه کاهش رقابت بین گونه‌ها اهمیت زیادی دارد (۵، ۱۷).

قرنطینه و پرورش

دشمنان طبیعی کاندیدشده از منطقه غیربومی به‌منظور حذف موجودات

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

ناخواسته بایستی قرنطینه شوند. هدف از قرنطینه جلوگیری از رهاسازی غیرعمدی موجودات خارجی به منطقه هدف است. به‌منظور رهاسازی دشمنان طبیعی بایستی پرورش داده شوند تا به میزان کافی دشمن طبیعی برای رهاسازی در اختیار باشد و همچنین بیماری‌زاها و هایپرپارازیت‌ها حذف شوند. همچنین باید پیش از رهاسازی از هماهنگی جمعیت دشمن طبیعی با جمعیت میزبان در منطقه هدف مطمئن شد. یکی از نکاتی که باید در انتخاب دشمنان طبیعی به آن توجه داشت سهولت پرورش است. نکته دیگر این است که وقتی پرورش دشمن طبیعی را شروع می‌کنیم، باید جمعیت مؤسس به قدر کافی زیاد و سالم و دارای تنوع ژنتیکی مطلوب و در عین‌حال عاری از بیماری‌ها و سایر آلودگی‌ها باشد. ارزیابی منظم کیفیت دشمنان طبیعی در طی تمام مراحل پرورش ضروری است.

رهاسازی

باید توجه داشت که جهت افزایش تنوع ژنتیکی، رهاسازی سویه‌های مختلف دشمن طبیعی که از جمعیت‌های جغرافیایی مختلف جمع‌آوری شده‌اند احتمال موفقیت را افزایش نمی‌دهد (۱۸). زیرا چنین جمعیت‌هایی ممکن است از نظر ترجیح میزبانی یا دامنه میزبانی، فیزیولوژی، سیکل زندگی و رفتار با هم متفاوت باشند. تعداد دشمنان طبیعی رهاسازی شده، مرحله رهاسازی دشمنان طبیعی و محافظت از محل‌های رهاسازی شده از عوامل مهم در استقرار موفق دشمنان طبیعی محسوب می‌شود.

ارزیابی و پایش

ارزیابی دشمنان طبیعی در منطقه هدف کار دشواری است. بهترین روش برای تشخیص زودهنگام تأثیرات زیان‌آور دشمنان طبیعی در منطقه، ارزیابی موجودات غیرهدف پس از رهاسازی است.

خطرات

رهاسازی و استقرار دشمنان طبیعی غیربومی یک فرآیند برگشت‌ناپذیر است. بنابراین باید با بهترین انتخاب، خطر تأثیر آن بر موجودات غیرهدف را به حداقل رساند. اگرچه کنترل زیستی ایمنی بالایی نسبت به سایر روش‌ها دارد اما باید

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

خطرات احتمالی آن و بی‌خطربودن آنها برای محیط جدید بررسی شود. خطر اصلی کنترل زیستی این است که دشمن طبیعی ممکن است به موجودات غیرهدف حمله کنند. به‌طور مثال، ممکن است دشمن طبیعی رهاسازی‌شده به میزبانی که تعداد آن در محیط بیشتر است یا به میزبان‌های جدید دیگر که در محیط وجود دارند و ارجحتر هستند، حمله کند. از این رو ارزیابی پتانسیل تغذیه، بقاء و تولیدمثل دشمن طبیعی رهاسازی‌شده روی آفت هدف اهمیت دارد. ولی اندازه‌گیری تأثیر دشمنان طبیعی رهاسازی‌شده روی موجودات غیرهدف دشوار است. یکی از مثال‌هایی که این موضوع را نشان می‌دهد، رهاسازی مگس پارازیتوئید *Compsilura concinnata* از خانواده Tachinidae است که در طی ۸۰ سال برای کنترل آفات پروانه‌ای مانند پروانه ابریشم‌باف ناجور *L. dispar* و پروانه دم قهوه‌ای *Euproctis chrysorrhoea* استفاده می‌شد و بعد از سال‌ها متوجه خسارت آن به کلونی‌های پرورش کرم ابریشم شدند (۱۹). این امر اجتناب‌ناپذیر بود که تعدادی از میزبان‌های غیرهدف پس از استقرار این پارازیتوئید مورد حمله قرار بگیرند زیرا این پارازیتوییید میزبان‌های زیادی دارد و اختصاصی عمل نمی‌کند. همچنین ابریشم‌باف ناجور تنها یک نسل در سال دارد، درحالی‌که مگس پارازیتوییید سه تا چهار نسل دارد و این بدیهی است که در نسل‌های غیرمتقارن با آفت هدف به موجودات غیرهدف حمله کند. خطر تأثیرات منفی رهاسازی دشمنان طبیعی روی موجودات غیرهدف را می‌توان با معرفی گونه‌هایی که دامنه میزبانی محدودتری دارند (اختصاصی عمل می‌کنند) و تغییری در ترجیح میزبانی آنها به وجود نمی‌آید به کمترین سطح ممکن کاهش داد.

گیاهان تراریخته و عوامل کنترل زیستی

از مهمترین اهداف استفاده از درختان تراریخته در جنگل‌کاری‌ها می‌توان به بهبود کیفیت چوب و افزایش تولید، افزایش مقاومت در برابر بیماری و حشرات و تحمل علف‌کش‌ها اشاره کرد (۲۰). اما نگرانی‌ها نسبت به تأثیر احتمالی محصولات تراریخته بر موجودات

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

غیرهدف از جمله عوامل کنترل زیستی وجود دارد. هرچند که تا به امروز هیچ تاثیر مستقیمی از گیاهان تراریخته بر فراوانی یا کارایی عوامل کنترل زیستی ثابت نشده است (۲۱) ولی برخی تأثیرات غیرمستقیم روی دشمنان طبیعی مانند مرگ و میر زودرس یا کیفیت پایین میزبان گزارش شده است (۲۲). از طرفی باید به این نکته توجه کرد که استفاده از محصولات تراریخته برای کنترل آفات حشرات یک روش زیست‌محیطی ایمن، موثر و سازگار با محیط زیست است که می‌تواند به خوبی در سیستم IPM مناسب باشد زیرا منجر به کاهش استفاده از حشره‌کش‌ها خواهد شد هرچند که گیاهان تراریخته در محصولات زراعی بیشتر از جنگل‌ها استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از درختان تراریخته به‌مخصوص Populus (صنوبر) و Eucalyptus (اکالیپتوس) در جنگل‌کاری‌ها افزایش داشته است ولی به‌دلیل اطلاعات محدود و همچنین عدم وجود سیستم معتبری برای ارزیابی خطرات احتمالی آن هنوز نمی‌توان با اطمینان نتیجه‌گیری کرد و مطالعات بیشتر پیرامون ظهور آفات ثانویه یا تأثیر روی دشمنان طبیعی آفات ضروری به نظر می‌رسد (۲۰).

نتیجه‌گیری

تخمین منافع اقتصادی کنترل زیستی مشکل است، زیرا باید تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم در نظر گرفته شوند و باید مدنظر قرار داد که بعضی موفقیت‌ها ممکن است موقتی باشند. همچنین ارزیابی منافع محیط زیستی (مانند عدم استفاده از حشره‌کش‌ها و یا بالارفتن کیفیت محیط زیست) به سختی قابل انجام است. جنگل‌ها از سرمایه‌های ملی هر کشور محسوب می‌شوند و هر نوع دخالت انسان موجب شیوع و طغیان آفات خواهد شد. لذا با توجه به شکنندگی اکوسیستم‌های جنگل، لازم است نسبت به شناخت دشمنان طبیعی بومی، ارزیابی و حمایت و حفاظت از آنها اقدام شود.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

References **فهرست منابع**

1. Kidd N.A.C. and Jervis M.A. (1997). The impact of parasitoids and predators on forest insect populations. In: Watt A.D., Stork N.E. and Hunter M.D. (eds). Forests and Insects. Chapman and Hall, London. pp. 49–68.

2. Sanda N.B. and Sunusi M. (2014). Fundamentals of biological control of pests. IJCBS Review Paper. 1 (6): 1-11.

3. Parry D., Spence J.R. and Volney W.J.A. (1997). Responses of natural enemies to experimentally increased forest tent caterpillar populations. Ecological Entomology. 22: 97–108.

4. Hawkins B.A., Mills N.J., Jervis M.A. and Price P.W. (1999). Is the biological control of insects a natural phenomenon? Oikos. 86, 493–506.

5. Wainhause D. (2005). Ecological methods in forest pest management. Oxford University Press. 249 P.

6. Way M.J. and Khoo K.C. (1992). Role of ants in pest management. Annual Review of Entomology. 37: 479–503.

7. Tobin P.C. and Hajek A.E. (2012). Release, establishment, and initial spread of the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* in island populations of *Lymantria dispar*. Biological Control. 63: 31–39.

8. Zúbrik M., Hajek A., Pilarska D., Špilda I., Georgiev G., Hrašovec B., Hirka A., Goertz D., Hoch G., Barta M., Saniga M., Kunca A., Nikolov C., Vakula J., Galko J., Pilarski P. and Csóka G. (2016). The potential for *Entomophaga maimaiga* to regulate gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) in Europe. Journal of Applied Entomology. 140 (8): 565–579.

9. Nielsen C., Milgroom M.G. and Hajek A.E. (2005). Genetic diversity in the gypsy moth fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* from founder populations in North America and source populations in Asia. Mycological Research. 109 (8): 941–950.

10. Bedding R.A. (2009). Controlling the pine-killing wood wasp, *Sirex noctilio*, with nematodes. Use of Microbes for Control and Eradication of Invasive Arthropods. 213-235.

11. Newton P.J. (1993). Increasing the use of Trichogrammatids in insect pest management: a case study from the forest of Canada. Pesticide Science. 37(4): 381–386.

12. Martel V., Johns R.C., Jochems-Tanguay L., Jean F., Maltais A., Trudeau S. and Boisclair J. (2021). The use of UAS to release the egg parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against an agricultural and a forest pest in Canada. Journal of Economic Entomology, in press.

13. Gurr G., Wratten S. and Barbosa P. (2000). Success in conservation biological control of arthropods. In: Gurr G. and Wratten S. (eds.). Biological control: Measures of success. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 105–132.

14. Thompson S.N. (1999). Nutrition and culture of entomophagous insects. Annual Review of Entomology. 44: 561–592.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

15. Nowak D.J., Civerolo K.L., Rao S.T., Sistla G., Luley C.J. and Crane D.E. (2000). A modeling study of the impact of urban trees on ozone. Atmospheric Environment. 34, 1610–1613.

16. Nealis V. and van Frankenhuyzen K. (1990). Interactions between *Bacillus thuringiensis* Berliner and *Apanteles fimiferanae* Vier. (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae). The Canadian Entomologist. 122: 585–594.

17. Waage J. (1995). Biological control: benefits and risks. Cambridge University Press, Cambridge. 93–100.

18. Clarke A.R. and Walter G.H. (1995). Strains and the classical biological control of insect pests. Canadian Journal of Zoology. 73: 1777–1790.

19. Boethner G.H., Elkinton J.S. and Boethner C.J. (2000). Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. Conservation Biology. 14: 1798–1806.

20. Valenzuela S., Balocchi C. and Rodriguez J. (2006). Transgenic trees and forestry biosafety. Electronic Journal of Biotechnology. 9 (3): 335–339.

21. Maria C.D., Raffaele S., Maria G.D.L., Luigi I., Maurilia M. and Raffaella S. (2012). Interactions between Bt-expressing Tomato and non-target insects: the aphid *Macrosiphum euphorbiae* and its natural enemies. Journal of Plant Interactions, 7: 71–77.

22. Steinbrecher I. (2004). Effects of *Bt* transgenes on herbivorous insect-parasitoid interactions. Georg-August-Universität Göttingen.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]

Selection and Release of Natural Enemies of Pests in Forests; Risks and Successful Control

Samira Farahani[1*], Alireza Rajabi Mazhar[2]

1- Assistant professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R.Iran.
2- Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.

s.farahani@rifr-ac.ir

Abstract

Forests are one of the national assets of every country and any human intervention will cause pest outbreaks. Forest pest management is different from other ecosystems because it is difficult to understand the relationship between complexity and forest ecosystem sustainability. Natural enemies that are more specific in their choice of host may be suitable for release in biocontrol programms because they feed on a limited range of hosts and so could not have destructive effects on non-target organisms. So, the suitable selection is necessary to decrease the risk of effects on non-target populations. Also, due to the fragility of forest ecosystems, it is necessary to identify, evaluate and protect native natural enemies.

Keywords: Natural Enemy, Pests, Release, Forest Ecosystem, Biocontrol.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1398.12.4.4.3]