

برهم کنش

میان عوامل مهارزیستی

علیرضا عزمی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه تهران

Alirezaazmi@ut.ac.ir

دریافت: ۲۷ دی ۱۴۰۴ ■ بازنگری: ۶ بهمن ۱۴۰۴ ■ پذیرش: ۱۰ بهمن ۱۴۰۴ ■ انتشار آنلاین: ۲۷ اردیبهشت ۱۴۰۵

<https://doi.org/10.22059/giahpzshsj.2026.414630.1057>



چکیده

مهارزیستی به عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت یکپارچه (تلفیقی) آفات (IPM)، در دهه های اخیر مورد توجه ویژه پژوهشگران و متخصصان گیاه پزشکی قرار گرفته است. با افزایش تولید و تجاری سازی عوامل مهارزیستی، موضوع «برهم کنش میان عوامل مختلف مهارزیستی» اهمیت بیشتری پیدا کرده است؛ زیرا موفقیت یا ناکامی بسیاری از برنامه های میدانی به کیفیت و نوع این برهم کنش ها وابسته است. این برهم کنش ها می توانند به صورت هم افزایی، تضعیف اثر یک عامل بر دیگری یا بی تفاوتی بروز کنند. مهم ترین گروه های درگیر در چنین تعاملاتی شامل پارازیتوئیدها، شکارگرها، قارچها، باکتریها، ویروسها و نماتودهای بیمارگر حشرات هستند. این مقاله مروری با هدف بررسی انواع برهم کنش مثبت و منفی میان عوامل مهارزیستی، مکانیسم های زیربنایی این تعاملات، عوامل محیطی مؤثر بر آنها و پیامدهای کاربردی شان در مدیریت آفات تدوین شده است. جمع بندی این بررسی نشان می دهد که شناخت دقیق سازوکارهای تعامل و در نظر گرفتن آنها در طراحی برنامه های مهارزیستی، می تواند به افزایش کارایی و پایداری روش های مدیریت تلفیقی آفات منجر شود.

واژه های کلیدی: مهارزیستی، برهم کنش عوامل زیستی، مدیریت تلفیقی



مقدمه

زیستی با هم تعامل مثبت داشته باشند و هر دو با استفاده از میزبان مشترک رشد خود را تکمیل کنند) و... رخ دهد و بر کارایی نهایی مهار آفات اثر بگذارد (Hajek and Eilenberg, ۲۰۱۸). بررسی‌ها نشان می‌دهند که ترکیب عوامل مهار زیستی میکرو (مانند باکتری) و ماکرو (مانند پارازیتوئیدها)، در مهار بسیاری از آفات مؤثر و سازگار بوده است؛ در بیش از ۸۰ درصد ترکیب‌های مورد مطالعه، هم‌زیستی سازگار گزارش شده است (Koller and etal, ۲۰۲۳). با این حال، نتیجه نهایی ترکیب عوامل زیستی غالباً به ویژگی‌های گونه‌ها، دز و زمان رهاسازی و شرایط محیطی بستگی دارد (Půža and Tarasco, 2023)؛ بنابراین، مرور شواهد موجود درباره برهم‌کنش میان عوامل مهار زیستی به منظور درک بهتر مزایا، محدودیت‌ها و شرایط بهینه رهاسازی ترکیبی ضروری است. هدف این مقاله مروری، گردآوری یافته‌های اخیر و ارائه چارچوب مفهومی برای استفاده بهینه از ترکیب عوامل زیستی در مدیریت تلفیقی آفات است.

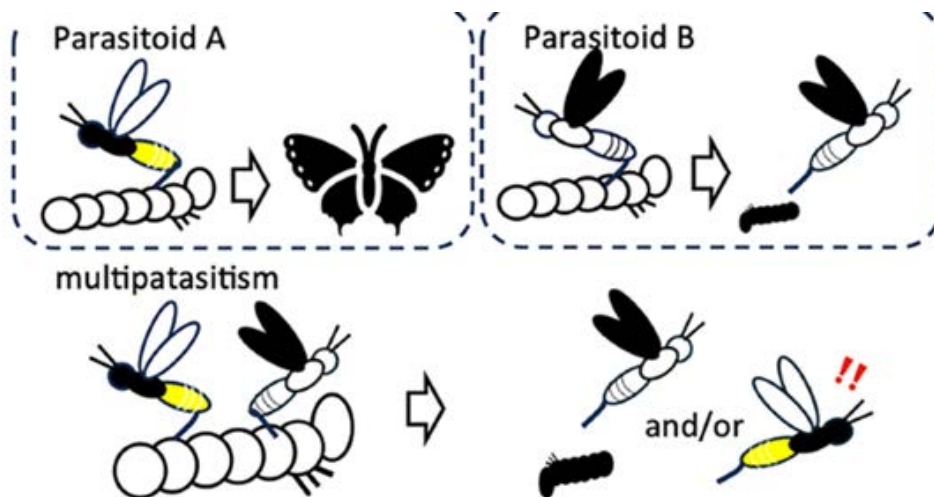
برهم‌کنش پارازیتوئید با پارازیتوئید

وقتی دو یا چندگونه پارازیتوئید روی یک میزبان مشترک فعالیت می‌کنند، تعامل میان آن‌ها از رقابت تا هم‌زیستی تأثیری مهم بر کارایی مهار زیستی می‌گذارد. این تعاملات می‌تواند در مرحله تخم‌ریزی (تداخل در انتخاب میزبان)، مرحله لارو (رقابت بین لاروها داخل یا خارج میزبان)، یا حتی در رفتار

مهار زیستی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی مدیریت تلفیقی آفات، به دلیل کارایی پایدار و سازگاری بیشتر با محیط زیست، در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده قرار گرفته است (Chandler et al, ۲۰۲۲). با افزایش کاربرد عوامل مهار زیستی شامل پارازیتوئیدها، شکارگرها و عوامل میکروبی مانند قارچ‌ها، نماتودها و باکتری‌های بیماری‌زا، موضوع «برهم‌کنش میان این عوامل» به یکی از مباحث کلیدی در بهبود کارایی برنامه‌های IPM تبدیل شده است (Půža and Tarasco, 2023). برهم‌کنش بین عوامل مهار زیستی به تأثیرات متقابل مثبت، منفی یا خنثی میان دشمنان طبیعی (پارازیتوئیدها، شکارگرها و بیمارگرها) گفته می‌شود که می‌تواند به صورت هم‌افزایی (زمانی که دو عامل اثر همدیگر را تشدید می‌کنند مانند تعامل بین ویروس‌های هم‌زیست دستگاه تولیدمثلی زنبورها *Ichneumonidae*)، رقابت (زمانی که دو عامل مهار زیستی برای رسیدن به یک میزبان تلاش می‌کنند که در نهایت به یک نتیجه منفی در بحث مهار زیستی می‌انجامد)، هایپرپارازیتیسیم (زمانی که دو پارازیتوئید از دو گونه متفاوت یک میزبان را پارازیته می‌کنند که نتیجه آن معمولاً پیروزی یک پارازیتوئید و شکست پارازیتوئید دیگر است)، تداخل (زمانی که ورود یک عامل مهار زیستی باعث توقف یا کندی رشد عامل مهار زیستی دیگری شود)، هم‌زیستی (زمانی که دو عامل مهار

جستجوی میزبان و انتخاب آن باشد (Harvey et al., 2013). در برخی موارد، رهاسازی همزمان دو گونه باعث کاهش بازده هر دو گونه می‌شود؛ برای مثال، در مطالعه‌ای روی دو پارازیتوئید تخم‌سن *Megacopta cribraria*، رهاسازی همزمان زنبور *Paratelenomus saccharalis* و زنبور *Ooencyrtus nezarae* باعث کاهش زادآوری *P. saccharalis* شد، چون *O. nezarae* برنده رقابت و غالب بود (Warsi et al., 2023). از سوی

اختلاف در توانایی تولیدمثلی و تعداد دسته تخم میزبان باعث شد هر دو گونه با همزیستی نسبی در همان میزبان مشترک دوام بیاورند (Cusumano et al., 2022)؛ بنابراین، نتیجه این برهم‌کنش‌ها از رقابت شدید و کاهش کارایی تا همزیستی و افزایش پایداری جمعیت پارازیتوئیدها به خصوصیات زیستی گونه‌ها، تراکم میزبان، زمان و ترتیب رهاسازی و شرایط محیطی وابسته است. این



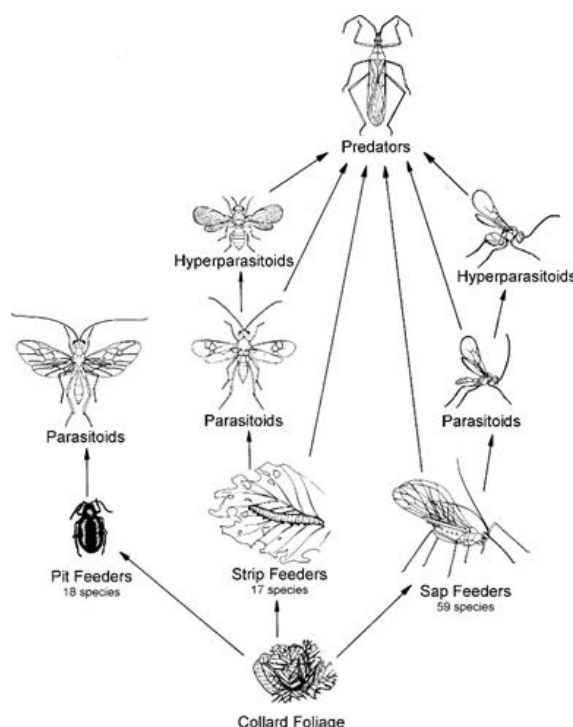
شکل ۱: برهم‌کنش بین دوزنبور پارازیتوئید روی یک میزبان (Kuramitsu et al., 2025)

دیگر، بعضی تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیب چندگونه پارازیتوئید می‌تواند به علت تفکیک منابع یا اختلاف در خصوصیات تولیدمثلی گونه‌ها (مانند تعداد تخم، سرعت تخم‌ریزی، انتخاب میزبان و...) باعث همزیستی شود. برای نمونه، در مطالعه‌ای بر روی دو گونه پارازیتوئید تخم، *O. Trissolcus basalis* و *telenomicida* علیه سن سبز پنبه *Nezara viridula*

پیچیدگی نشان می‌دهد وقتی چندگونه پارازیتوئید با هم استفاده می‌شوند، باید سازوکارهای تعامل بین آن‌ها به دقت بررسی و برنامه‌ریزی شود تا مهار زیستی مؤثر و پایدار حاصل شود.

برهم‌کنش پارازیتوئید با شکارگر

همان‌طور که در بخش برهم‌کنش پارازیتوئید با



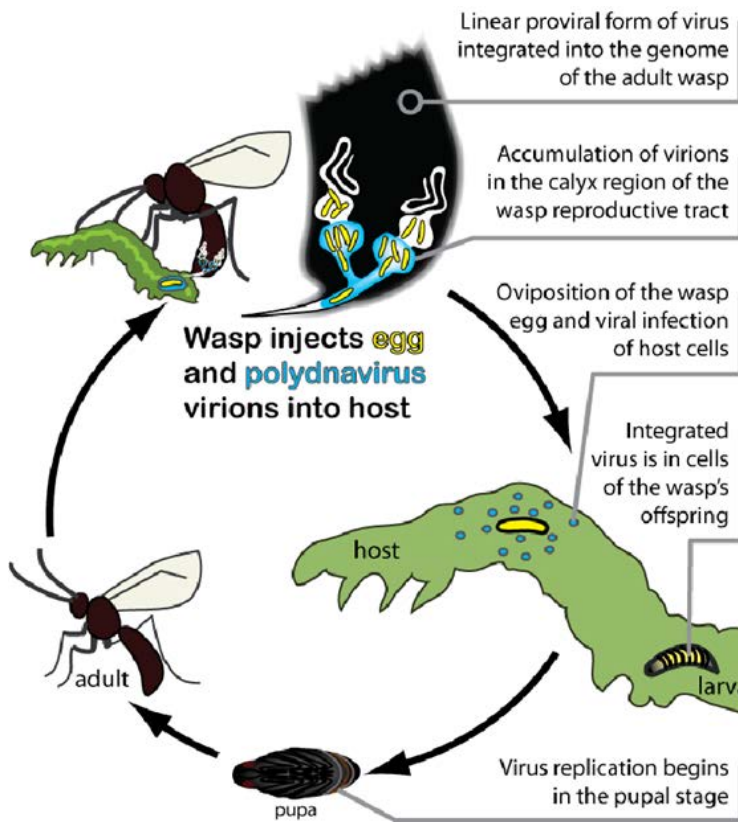
شکل ۲: برهم کنش بین شکارگر با سطوح مختلف پارازیتوئیدی
(2018, Hajek and Eilenberg)

شود (Půža and Tarasco, ۲۰۲۳). مطالعات نشان داده‌اند که تعامل بین پارازیتوئیدها و بیماری‌گرهای میکروبی می‌تواند سازگار یا ناسازگار باشد. به‌عنوان مثال، برخی گونه‌های قارچ‌های بیماری‌گر حشرات آفت مانند *Beauveria bassiana* ممکن است میزبان پارازیتوئیدها را آلوده کرده و نرخ پارازیتیسیم را کاهش دهند، در حالی که گونه‌های دیگر قارچ‌ها اثر منفی کمی بر پارازیتوئیدها دارند و هم‌افزایی رخ می‌دهد (Chaudhary, ۲۰۲۴). همچنین، بررسی‌ها نشان داده‌اند که انتخاب ترکیب مناسب پارازیتوئید و بیماری‌گر می‌تواند منجر به مهار مؤثرتر آفات شود. برای مثال، در مطالعه‌ای، هم‌زمانی رهاسازی پارازیتوئید

پارازیتوئید اشاره شد، تعامل میان دشمنان طبیعی پیچیده است و می‌تواند شامل رقابت، همزیستی یا کاهش اثرگذاری یکی از گونه‌ها باشد، در ادامه وقتی پارازیتوئیدها با شکارگرها استفاده می‌شوند، این پیچیدگی افزایش می‌یابد. در چنین سیستم‌هایی، شکارگرها ممکن است علاوه بر آفت، میزبان پارازیتوئید یا حتی خود پارازیتوئید را شکار کنند که در این صورت می‌توانند کارایی مهارزیستی را کاهش دهد (Xue et al., ۲۰۲۵). با این حال، گاهی استفاده از این دشمنان منجر به هم‌افزایی می‌شود؛ به این معنا که تفاوت در رفتار، زمان فعالیت و منابع مورد استفاده سبب می‌شود هر دو گونه بتوانند با کمترین تداخل به مهار آفت کمک کنند (Cicero et al., ۲۰۲۴). نتیجه این برهم‌کنش‌ها به شرایط محیطی، تراکم میزبان، نوع گونه‌ها و ترتیب رهاسازی وابسته است و نشان می‌دهد که هر برنامه مهارزیستی تلفیقی باید پیش از اجرا به دقت آزمایش شود تا هم بیشینه بهره‌وری حاصل شود و هم اثرات منفی تعامل‌ها کاهش یابد.

:: برهم‌کنش پارازیتوئید با بیماری‌گرها

وقتی پارازیتوئیدها با بیماری‌گرها ترکیب می‌شوند، این پیچیدگی بیشتر می‌شود. بیماری‌گرها، شامل قارچ‌ها، نماتدها، باکتری‌ها یا ویروس‌های بیماری‌گر حشرات آفت، می‌توانند جمعیت آفات را کاهش دهند، اما حضور آن‌ها ممکن است پارازیتوئیدها را نیز تحت تأثیر قرار دهد و باعث کاهش کارایی مهارزیستی



شکل ۳: برهم کنش بین زنبور پارازیتوئید و ویروس Polidnavirus (2012, Burke and Strand)

B. *Trichogramma sp* و قارچ *bassiana* روی تخم‌های کرم گلوگاه *Ectomyelois ceratoniae* انار باعث کاهش جمعیت آفت شد، در حالی که اثرات منفی بر خود پارازیتوئید محدود بود (Jiang et al., ۲۰۲۳)؛ بنابراین، تعامل پارازیتوئید با بیمارگر وابسته به نوع آفت، ویژگی‌های زیستی و رفتاری پارازیتوئید و نوع بیمارگر است و هر طرح مهار تلفیقی باید با آزمایش‌های میدانی و آزمایشگاهی دقیق بررسی شود تا اثرات مثبت بیش‌تر و اثرات منفی کم‌تر شود.

برهم‌کنش شکارگر با شکارگر

داده‌اند که حضور چندگونه شکارگر ممکن است منجر به شکار درون گروهی شود، یعنی یک شکارگر ممکن است شکارگر دیگر را مصرف کند یا بقای آن را تهدید کند. به‌عنوان مثال، کفش‌دوزک *Harmonia axyridis* به‌عنوان شکارگر غالب می‌تواند شکارگرهای کوچک‌تر مانند *Coccinella septempunctata* یا *Adalia bipunctata* را تحت تأثیر قرار دهد و نرخ جمعیت آن‌ها را کاهش دهد (Snyder and Ives, ۲۰۰۳). با این حال، در شرایطی که گونه‌های شکارگر رفتارها و زمان فعالیت متفاوت داشته باشند، امکان هم‌افزایی وجود دارد و مهار آفت مؤثرتر می‌شود، زیرا

در سیستم‌های مهار زیستی، گونه‌های مختلف شکارگر که بر یک آفت تأثیر دارند، می‌توانند با هم تعامل کنند و این تعامل‌ها تعیین‌کننده موفقیت کنترل هستند. یکی از مهم‌ترین این تعامل‌ها رقابت مستقیم یا غیرمستقیم بین شکارگرها است. رقابت مستقیم شامل مبارزه یا جلوگیری از دسترسی دیگر شکارگرها به منابع غذایی است و رقابت غیرمستقیم ممکن است از طریق کاهش منابع (مثلاً کاهش جمعیت آفت) یا انتشار علامت‌های شیمیایی صورت گیرد (Rosenheim et al., ۱۹۹۵). مطالعات نشان

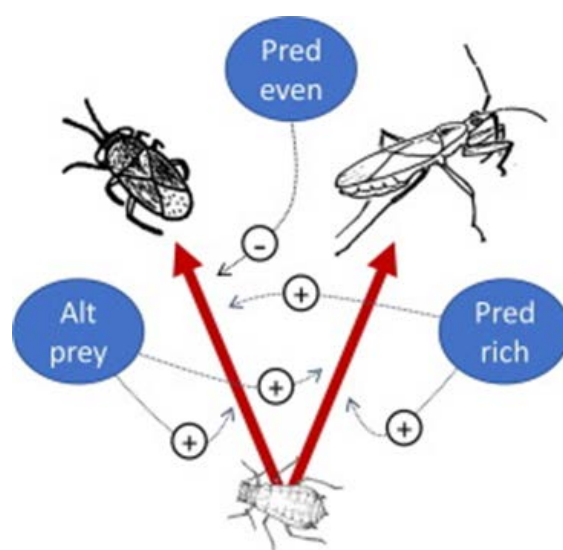


عامل جمعیت آفت را کاهش می‌دهند، در حالی که در حالت ناسازگار، برخی گونه‌های بیمارگر مانند *B. bassiana* ممکن است شکارگرها را آلوده کرده و نرخ شکار را کاهش دهند (Chaudhary, 2024). برای مثال، مطالعه‌ای نشان داد که رهاسازی هم‌زمان شکارگر *H. axyridis* و قارچ *B. bassiana* بر جمعیت شته‌ها، مهار مؤثری ایجاد کرد بدون اینکه نرخ بقای شکارگر به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (Xue et al., 2025). این مثال نشان می‌دهد که انتخاب گونه مناسب و زمان بندی رهاسازی برای دستیابی به هم‌افزایی میان شکارگر و بیمارگر ضروری است.

برهم‌کنش بیمارگر با بیمارگر

وقتی چندین عامل بیماری‌زا هم‌زمان بر یک آفت اعمال می‌شوند، تعامل بین آن‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر موفقیت کنترل داشته باشد. این تعامل‌ها می‌توانند سازگار، ناسازگار یا خنثی باشند. در حالت سازگار، دو یا چند بیمارگر جمعیت آفت را مؤثرتر کاهش می‌دهند، در حالی که در حالت مخالف، حضور یک بیمارگر ممکن است اثر بیمارگر دیگر را کاهش دهد (Chaudhary, 2024). به‌عنوان مثال، ترکیب نماتدهای بیمارگر حشرات و قارچ‌های بیمارگر حشرات می‌تواند اثر هم‌افزایی داشته باشد، زیرا هرگونه قسمت متفاوتی از آفت را هدف قرار می‌دهد یا در زمان‌های مختلف فعال هستند و جمعیت آفت را سریع‌تر کاهش می‌دهد

هرگونه بخش متفاوتی از جمعیت آفت را هدف قرار می‌دهد و رقابت مستقیم کاهش می‌یابد (Finke and Denno, 2002)؛ بنابراین، موفقیت مهارزیستی تلفیقی شکارگرها نیازمند شناخت دقیق از رفتار، الگوهای تغذیه و سازگاری گونه‌هاست تا اثرات منفی تعامل‌ها کاهش و بهره‌وری کنترل افزایش یابد.



شکل ۴: برهم‌کنش بین دو شکارگر برای تصاحب شکار

(Krey et al., 2021)

برهم‌کنش شکارگر با بیمارگرها

بیمارگرها که همان قارچ‌ها، نماتدها، باکتری‌ها و ویروس‌های آفت‌کش هستند، می‌توانند جمعیت آفات را کاهش دهند، اما حضور آن‌ها ممکن است بر عملکرد شکارگرها تأثیر بگذارد و باعث کاهش کارایی مهارزیستی شود (Půža and Tarasco, 2023). مطالعات نشان داده‌اند که تعامل شکارگر با بیمارگر می‌تواند سازگار یا ناسازگار باشد. در حالت سازگار، بیمارگرها اثر منفی کمی بر شکارگرها دارند و هر دو

۲۰۲۳, Puža): با این حال، برخی ترکیب‌ها

ممکن است رقابتی باشند؛ مثلاً انتشار هم‌زمان قارچ *B. bassiana* و نماتد *Steinernema* در برخی میزبان‌ها باعث کاهش نرخ عفونت هر یک از عوامل شد، زیرا یکی از بیمارگرها میزبان مورد نیاز دیگری را آلوده یا از دسترس خارج می‌کند (Chaudhary, ۲۰۲۴). برای موفقیت این مورد، انتخاب گونه‌های بیمارگر سازگار، زمان بندی رهاسازی و شرایط محیطی اهمیت دارند.

برهم‌کنش پارازیتوئید، شکارگر و بیمارگرها با**همدیگر**

هنگامی که پارازیتوئیدها، شکارگرها و بیمارگرها هم‌زمان بر یک جمعیت آفت اعمال می‌شوند، سیستم به شدت پیچیده می‌شود و تعامل‌های چندگانه بین دشمنان طبیعی نقش مهمی در موفقیت کنترل دارد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که زمان بندی رهاسازی و انتخاب گونه‌های دشمن طبیعی سازگار کلید موفقیت کنترل تلفیقی است. برای مثال، در مطالعه‌ای استفاده هم‌زمان از شکارگر *H. axyridis*، پارازیتوئید *Pyemotes zhonghuajia* و قارچ *B. bassiana* منجر به کاهش جمعیت شته‌ها شد بدون اینکه بقای دشمنان طبیعی به طور قابل توجهی کاهش یابد (Xue et al, ۲۰۲۵).

:: نتیجه‌گیری

تعاملات میان دشمنان طبیعی شامل پارازیتوئیدها، شکارگرها و بیمارگرها نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت مهار زیستی آفات دارند. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که این تعامل‌ها می‌توانند سازگار، رقابتی یا خنثی باشند و اثرگذاری آن‌ها بر جمعیت آفات به ویژگی‌های گونه‌ها، تراکم جمعیت، زمان بندی رهاسازی و شرایط محیطی بستگی دارد. هم‌افزایی میان دشمنان طبیعی، زمانی رخ می‌دهد که گونه‌ها از منابع متفاوت استفاده کنند یا زمان فعالیت آن‌ها متفاوت باشد که منجر به کنترل مؤثرتر و کاهش جمعیت آفات می‌شود. از سوی دیگر، رقابت، شکار درون‌گروهی یا اثرات مخرب بیمارگرها بر شکارگرها و پارازیتوئیدها می‌تواند بهره‌وری کنترل را کاهش دهد؛ بنابراین، طراحی برنامه‌های مهار زیستی تلفیقی نیازمند شناخت دقیق رفتار، سازگاری گونه‌ها و ارزیابی اثرات متقابل آن‌ها است. مطالعات آزمایشگاهی و میدانی می‌توانند به شناسایی ترکیب‌های مؤثر و زمان بندی مناسب رهاسازی کمک کنند تا بیشینه مهار آفت با حداقل اثرات منفی بر دشمنان طبیعی حاصل شود. با درک دقیق این برهم‌کنش‌ها و اعمال استراتژی‌های مدیریت تلفیقی، می‌توان مهار پایدار و مؤثری بر جمعیت آفات کشاورزی برقرار کرد و وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش داد.



منابع

- Burke, G. & Strand, M. (۲۰۱۲). Polydnviruses of Parasitic Wasps : Domestication of Viruses to Act as Gene Delivery Vectors. *Insects*, ۱۱۹-۹۱ :۳.
- Chaudhary, R. (۲۰۲۴). Interactions among microbial biocontrol agents : A mechanistic review. *Biological Control*, ۱۰۵۱۵۰ :۱۹۲.
- Chandler, D., Grant, W. P., Greaves, J., & Prince, G. (۲۰۲۲). Biological control in plant protection : An overview of recent advances. *Pest Management Science*, ۱۵۱۵-۱۵۰۱ : (۴)۷۸.
- Cusumano, A., Peri, E., Al nç, T., & Colazza, S. (۲۰۲۲). Contrasting reproductive traits of competing parasitoids facilitate coexistence on a shared host pest in a biological control perspective. *Pest Management Science*, ۳۳۸۳-۳۳۷۶ : (۸)۷۸.
- Cicero, L., Chavarin Gomez, L. E., Pérez Ascencio, D., Barreto Barriga, O., Guevara, R., Desneux, N., & Ramirez Romero, R. (۲۰۲۴). Influence of alternative prey on the functional response of a predator in two contexts : With and without intraguild predation. *Insects*, ۳۱۵ : (۵) ۱۵.
- Finke, D. L., & Denno, R. F. (۲۰۰۲). Intraguild predation strong, omnivory weak : A meta-analysis of predation among arthropod predators. *Ecology*, ۷۵۲-۷۴۵ : (۳)۸۳.
- Hajek, A. E. & Eilenberg J. (۲۰۱۸). Ecological Basis for Use of Predators, Parasitoids, and Pathogens to Control Pests. In : *Natural Enemies : An Introduction to Biological Control*, ۱۳۶-۱۰۹.
- Harvey, J. A., Poelman, E. H., & Tanaka, T. (۲۰۱۳). Intrinsic inter and intraspecific competition in parasitoid wasps. *Annual Review of Entomology*, ۳۵۱-۳۳۳ : ۵۸.
- Jiang, H., Zhang, Y., & Wang, X. (۲۰۲۳). Entomopathogens and parasitoids allied in biocontrol : A systematic review. *Biocontrol Science and Technology*, ۸۰۲-۷۸۵ : (۷)۳۳.
- Kuramitsu, K., Kainoh, Y & Konno, K. (۲۰۲۵). Multiparasitism enables a specialist endoparasitoid to complete parasitism in an unsuitable host caterpillar. *Scientific Reports*, ۱۵ : ۸۳۶۱.
- Koller, J., Sutter, L., Gonthier, J., Collatz, J. & Norgrove, L. (۲۰۲۳). Entomopathogens and Parasitoids Allied in Biocontrol : A Systematic Review. *Pathogens*, ۹۵۷ : (۷) ۱۲.
- Krey, K., Smith, O., Chapman, E., Crossley, M., Crowder, D., Fu, Z., Harwood, J., Jensen, A., Lynch, C., Snyder, G. & Snyder, W. ۲۰۲۱. Prey and predator biodiversity mediate aphid consumption by generalists. *Biological Control*, ۱۰۴۶۵ : ۱۶۰.

Půža, V. (۲۰۲۳). Interactions between entomopathogenic nematodes and fungi : Compatibility and antagonism. *Journal of Invertebrate Pathology*, ۱۰۷۰۲۴ : ۱۹۶.

Půža, V., & Tarasco, E. (۲۰۲۳). Interactions between Entomopathogenic Fungi and Entomopathogenic Nematodes. *Microorganisms*, ۱۶۳ : (۱) ۱۱.

Rosenheim, J. A., Wilhoit, L. R., & Armer, C. A. (۱۹۹۵). Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population. *Ecology*, ۱۶۱۱-۱۵۹۶ : (۴) ۷۶.

Snyder, W. E., & Ives, A. R. (۲۰۰۳). Interactions between specialist and generalist predators : Parasitoid-mediated competition and predation. *Ecology*, ۲۶۱۷-۲۶۰۶ : (۱۰) ۸۴.

Warsi, S., Chicas Mosier, A. M., Balusu, R. R., Jacobson, A. L., & Fadamiro, H. Y. (۲۰۲۳). Direct and indirect competitive interactions between *Ooencyrtus nezarae* and *Paratelenomus saccharalis* parasitizing *Megacopta cribraria* egg patches. *Insects*, ۳۵ : (۱) ۱۴.

Xue, C., Li, X., Qin, H X., Zhang, L., Yang, M F., Wu, C X., & Liu, J F. (۲۰۲۵). Predator-parasitoid interaction between *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) and *Pyemotes zhonghuajia* (Prostigmata : Pyemotidae) in aphid control. *Journal of Economic Entomology*, ۵۱۳-۵۰۵ : (۲) ۱۱۸.



Interactions Among Biological control agents

Abstract

Biological control, as one of the key components of Integrated Pest Management (IPM), has received special attention from researchers and plant protection specialists in recent decades. With the increasing production and commercialization of biological control agents, the issue of interactions among different biological control agents has gained greater importance, because the success or failure of many field programs depends on the quality and nature of these interactions. These interactions can occur as synergism, antagonism (where one agent weakens the effect of another), or neutrality. The most important groups involved in such interactions include parasitoids, predators, fungi, bacteria, viruses, and entomopathogenic nematodes. This review article aims to investigate the types of positive and negative interactions among biological control agents, the underlying mechanisms of these interactions, the environmental factors affecting them, and their practical implications in pest management. The conclusion of this review indicates that a precise understanding of interaction mechanisms and their consideration in the design of biological control programs can lead to increased efficiency and sustainability of integrated pest management methods.

Keywords:

Biological control; Interaction of biological agents; Integrated Pest Management (IPM)