

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

نشریه فنی

روش‌های پرورش کنه‌های فیتوزئید (Acari: Phytoseiidae)

نگارندگان:

سمانه یاری

مسعود اربابی

شماره ثبت

۶۶۸۶۱

۱۴۰۴

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

روش‌های پرورش کنه‌های فیتوزئید
(Acari: Phytoseiidae)

نگارندگان:
سمانه یاری
مسعود اربابی

مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

۱۴۰۴

مخاطبان نشریه فنی: کشاورزان پیشرو، مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی،
پژوهشی و اجرایی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی

موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، نشریه فنی

روش‌های پرورش کنه‌های فیتوزئید (Acari: Phytoseiidae)

نگارندگان: سمانه یاری، مسعود اربابی

ناشر: موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۴

شماره و تاریخ ثبت نشریه: شماره ۶۶۸۶۱ مورخ ۱۴۰۳/۱۲/۱

نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی:

تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱ - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی

فهرست مطالب

پیش گفتار.....	۱
مقدمه.....	۲
کنه‌های فیتوزئید شکارگر و اهمیت آن‌ها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک.....	۳
دسته‌بندی کنه‌های فیتوزئید از نظر سبک زندگی.....	۳
روش‌های پرورش کنه‌های فیتوزئید شکارگر.....	۶
روش اول- پرورش کنه‌های طعمه تترانیکید و شکارگرهای آن‌ها روی گیاهان در گلخانه.....	۶
روش دوم- پرورش کنه‌های تارتن روی گیاهان در گلخانه و پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی آن‌ها.....	۹
الف) پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی برگ‌های جدا شده آلوده به کنه طعمه.....	۹
ب) پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی یک مرحله زندگی طعمه.....	۱۱
روش سوم- پرورش کنه‌های شکارگر روی منابع غذایی آزمایشگاهی.....	۱۴
الف) کنه‌های طعمه آزمایشگاهی.....	۱۴
ب) سایر غذاهای آزمایشگاهی.....	۱۸
روش چهارم- پرورش کنه‌های شکارگر روی گرده‌های گیاهی.....	۲۴
روش پنجم- پرورش کنه‌های شکارگر روی غذاهای مصنوعی.....	۲۸
جمع‌بندی.....	۳۱
فهرست منابع.....	۳۲

پیش گفتار

استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی برای مدیریت آفات منجر به نابودی دشمنان طبیعی، مقاومت آفات به آفت‌کش‌ها و بقایای آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی شده است. کاهش تعداد محصولات تأیید شده و ایجاد مقاومت در برابر آفت‌کش‌ها تولیدکنندگان را بر استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک در مدیریت آفات ترغیب کرده است. علاوه بر آن، افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات سالم، بر استفاده تولیدکنندگان از آفت‌کش‌ها تأثیر گذاشته است و بسیاری از آن‌ها تمایل به اجرای مدیریت تلفیقی آفات پیدا کرده‌اند. کنترل بیولوژیک، یکی از مهم‌ترین بخش‌های برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات و مؤثرترین و شناخته‌شده‌ترین روش جایگزین به‌ویژه در بین تولیدکنندگان محصولات ارگانیک و تولیدکنندگانی است که نگران سلامتی محیط‌زیست هستند. در سراسر جهان، از کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae به منظور کنترل بیولوژیک آفات گیاهان گلخانه‌ای و مزارع استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در موفقیت یک برنامه کنترل بیولوژیک، پرورش اقتصادی و پایدار عامل کنترل بیولوژیک به‌منظور فراهم کردن جمعیت کافی و کارا از آن است.

مقدمه

مدت‌هاست که کنترل بیولوژیک به‌عنوان یک روش کارآمد و ایمن برای مدیریت آفات شناخته شده است و کنه‌های فیتوزئید شکارگر به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک به‌طور فزاینده‌ای در برنامه‌های کنترل آفات در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (van Lenteren, 2012). نرخ بالای شکارگری، تولیدمثل و سرعت رشد و نمو بالا، منجر به تبدیل آن‌ها به عوامل مهم کنترل بیولوژیک شده است (Hoy, 2011). کنترل بیولوژیک با استفاده از دشمنان طبیعی به‌عنوان یک استراتژی جایگزین برای سرکوب آفات هدف، علاوه بر مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی، اثرات مخرب زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها را نیز کاهش می‌دهد (San et al., 2020).

رهاسازی کنه‌های فیتوزئید در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM)^۱ نیاز به جمعیت کافی از کنه‌های شکارگر دارد، بنابراین، انتخاب روش‌های مناسب برای پرورش آن‌ها ضروری است. بدون یک سیستم پرورش مقرون به صرفه، کارآمد و قابل اعتماد، هرگز نمی‌توان عوامل کنترل بیولوژیک امیدوارکننده (کنه‌های شکارگر) را در برنامه‌های IPM مبتنی بر کنترل بیولوژیک به کار برد. در نشریه فنی حاضر کوشش شده است اطلاعاتی در مورد وضعیت فعلی روش‌های مختلف پرورش کنه‌های فیتوزئید شکارگر و جوانب مثبت و منفی مرتبط با آن‌ها برای آشنایی کشاورزان پیشرو، کارشناسان مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی، مروجین، بهره‌برداران و دانشجویان رشته کشاورزی فراهم آید.

^۱ Integrated Pest Management

کنه‌های فیتوزئید شکارگر و اهمیت آن‌ها به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک

کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae پس از راسته بال‌غشاییان (Hymenoptera)، دومین گروه بزرگ از عوامل کنترل بیولوژیک هستند که حدود ۳۰ گونه از آن‌ها به‌صورت تجاری در سراسر جهان تولید می‌شوند (van Lenteren, 2012؛ Knapp *et al.*, 2018). کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده از مهم‌ترین شکارگرهای کنه‌های گیاه‌خوار هستند که نقش عمده‌ای در کاهش جمعیت کنه‌های گیاه‌خوار و خسارت آن‌ها دارند (Helle and Sabelis, 1985؛ فرازمند، ۱۳۹۶). علاوه‌براین، آن‌ها می‌توانند از حشرات کوچک مانند تریپس‌ها و سفیدبالک‌ها نیز تغذیه کنند (McMurtry *et al.*, 2013). فیتوزئیدهای شکارگر چرخه زندگی کوتاهی دارند (معمولاً حدود یک هفته در دمای ۲۵ درجه سلسیوس) که به آن‌ها کمک می‌کند دشمنان طبیعی مؤثر آفات باشند (Hoy, 2011). کنه‌های شکارگر به این دلیل محبوب هستند که می‌توانند به‌راحتی پرورش یابند، با روش‌های مکانیکی رهاسازی شوند، ممکن است چندین گونه آفت را کنترل کنند، به‌طور فعال در فواصل زیاد پخش نمی‌شوند و نسبتاً کوچک هستند. دو ویژگی آخر به جلوگیری از اثرات منفی روی گونه‌های غیرهدف کمک می‌کند (Yazdanpanah and Fathipour, 2023).

دسته‌بندی کنه‌های فیتوزئید از نظر سبک زندگی

فیتوزئیدهای شکارگر از طیف متنوعی از منابع غذایی تغذیه می‌کنند. برخی از آن‌ها مانند *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot به‌طور اختصاصی از کنه‌های تارتن تغذیه می‌کنند (Helle and Sabelis, 1985). درحالی‌که برخی

دیگر، مانند *Euseius* sp.، ترجیح زیادی به استفاده از گرده‌های گیاهی دارند (Broufas and Koveos, 2000؛ Adar et al., 2014). بسیاری از فیتوزئیدها، مانند *Iphiseius degenerans* (Berlese) و *Euseius scutalis* (Athis-Henriot) برای جذب آب نیاز به تغذیه از مواد گیاهی دارند (Adar et al., 2012). درحالی‌که دیگر کنه‌های فیتوزئید در شرایطی که رطوبت نسبی محیط بالاتر از یک سطح آستانه مشخص باشد، با جذب آب محیط می‌توانند تعادل آب را در بدن خود حفظ کنند (Gaede, 1992). چنین محدودیت‌هایی امکان پرورش برخی گونه‌های فیتوزئید را محدود می‌سازد. درجات مختلفی از تخصص تغذیه و تولیدمثل در کنه‌های فیتوزئید روی کنه‌های تارتن وجود دارند که توسط (McMurtry and Croft, 1997) تحت عنوان سبک‌های مختلف زندگی فیتوزئیدها طبقه‌بندی شده‌اند. برای کنه‌های فیتوزئید بسته به عادت‌های تغذیه‌ای، چهار سطح تخصصی تغذیه روی تترانیکیدها^۱ در نظر گرفته شده است (McMurtry et al., 2013) (جدول ۱). بدیهی است، داشتن دانش و اطلاعات کافی در مورد نوع سبک زندگی کنه‌های شکارگر در ایجاد روش‌های پرورش بهینه امری ضروری است.

روش‌های پرورش کنه‌های فیتوزئید شکارگر

در این نشریه، روش‌های مختلف پرورش کنه‌های شکارگر فیتوزئید بر اساس تعداد سطوح تغذیه‌ای در سیستم پرورش و محیط پرورش به پنج روش تقسیم‌بندی شده است. علاوه‌بر آن، شرح مختصری در مورد مزایا و معایب هر روش ارائه شده است.

^۱Tetranychidae

جدول ۱- عادات های تغذیه ای کنه های فیتوزئید (بر گرفته از McMurtry et al., 2013)

نوع سبک زندگی	عادت تغذیه ای	مثال از گونه های کنه های شکارگر
نوع I	شکار گرهای اختصاصی خوار (a) کنه های شکارگر اختصاصی جنس <i>Tetranychus</i> (Tetranychidae) (b) کنه های شکارگر اختصاصی کنه های تار تن (Tetranychidae) (c) کنه های شکارگر اختصاصی کنه های تیدئید (Tydeoidea)	(a) <i>Phytoseiulus persimilis</i> , <i>Phytoseiulus macropilis</i> (b) <i>Typhlodromus</i> (<i>Anthoseius</i>) <i>bombusae</i> (c) <i>Typhlodromus eharai</i> , <i>Propriozeiopsis</i> sp.
نوع II	شکار گرهای انتخابی کنه های Tetranychidae	<i>Neoseiulus californicus</i> McGregor, <i>Neoseiulus longispinosus</i> , <i>Neoseiulus fallacis</i>
نوع III	شکار گرهای عمومی (a) شکار گرهای عمومی که روی برگ های گیاهان دارای کرک های اندک زندگی می کنند. (b) شکار گرهای عمومی که روی برگ های صاف و چرمی زندگی می کنند. (c) شکار گرهای عمومی که در فضا های محصور گیاهان دولپه ای زندگی می کنند. (d) شکار گرهای عمومی که در فضا های محصور گیاهان تک لپه ای زندگی می کنند. (e) شکار گرهای عمومی از خاک یا بستر	(a) <i>Kampimodromus aberrans</i> , <i>Galendromus occidentalis</i> , <i>Typhlodromus</i> (<i>Typhlodromus</i>) <i>pyri</i> , <i>Phytoseius finitimus</i> (b) <i>Amblyseius swirskii</i> , <i>Amblydromalus limonicus</i> , <i>Transeius montdorensis</i> , <i>Amblyseius andersoni</i> , (c) <i>Amblyseius herbicolus</i> , <i>Iphiseius degenerans</i> , (d) <i>Neoseiulus baraka</i> , <i>Neoseiulus paspalivorus</i> , (e) <i>Neoseiulus barkeri</i>
نوع IV	گرده خوارهای اختصاصی / شکار گرهای عمومی	<i>Euseius</i> sp., <i>E. gallicus</i> , <i>E. stipulatus</i> , <i>E. scutalis</i>

روش اول- پرورش کنه‌های طعمه تترانیکید و شکارگرهای آن‌ها روی گیاهان در گلخانه

قدیمی‌ترین و طبیعی‌ترین روش پرورش کنه‌های فیتوزئید یک سیستم سه سطحی شامل گیاه میزبان، کنه طعمه و کنه شکارگر بوده است. این روش (شکل ۱) معمولاً برای تولید شکارگرهای اختصاصی کنه‌های تارتن (شکارگرهای نوع I) مانند *Phytoseiulus* spp. استفاده می‌شود (McMurtry et al., 2013). به علت اختصاصی بودن تغذیه این شکارگرها روی کنه‌های تارتن، محدودیت‌هایی برای پرورش آن‌ها روی سایر طعمه‌های آزمایشگاهی و رژیم‌های غذایی مصنوعی وجود دارد (Hoy, 2009). علاوه بر آن، کنه‌های تارتن طعمه، تنها می‌توانند روی مواد گیاهی تولید شوند. بنابراین، به‌منظور پرورش این کنه‌های شکارگر نیاز به سه سطح تغذیه‌ای در سیستم پرورشی است که لازمه آن مدیریت زمان، فضا و نیروی کارگری بالا است (Fournier et al., 1985). در این روش پرورش تمام مراحل در محیط گلخانه انجام می‌شود و به سه مرحله جداگانه شامل: رشد بوته‌های لویا، پرورش کنه‌های تارتن، و در نهایت، پرورش کنه شکارگر تقسیم می‌شود (Scopes, 1968). گیاهان لویا (بیشتر *Phaseolus vulgaris* L.، گاهی اوقات *Vicia faba* L.) در گلخانه‌های تمیز و بدون آفت کاشته می‌شوند. پس از ظهور اولین برگ‌های واقعی، آن‌ها با کنه‌های تارتن آلوده می‌شوند. هنگامی که بوته‌های لویا به سطح مشخصی از آلودگی رسیدند، کنه‌های شکارگر روی آن‌ها رهاسازی می‌شوند. کنه‌های شکارگر تا حدی که تقریباً تمام کنه‌های تارتن طعمه مصرف شوند، افزایش جمعیت پیدا می‌کنند. سپس، کنه‌های شکارگر را می‌توان با برداشت برگ‌های همراه با کنه‌های شکارگر جمع‌آوری کرد (Morrison and King, 1977) یا اجازه داد شکارگرها از گیاهان مهاجرت کنند. در حالت اول،

سازند. در نهایت، وجود آفات و عوامل بیولوژیک ناخواسته در مواد نهایی بسیار نامطلوب هستند و می‌توانند محصول نهایی را برای فروش نامناسب کنند.



شکل ۱- گلخانه تولید *Phytoseiulus persimilis* روی بوته‌های لوبیای به‌شدت آلوده به *Tetranychus urticae* (برگرفته از Vangansbeke et al., 2023)

چرخه‌های کوتاه تولید بوته‌های لوبیا (Scriven and McMurtry, 1971)، بهداشت دقیق، روش‌های حذف آفات (تور ضد حشرات) و آلوده کردن بوته‌های لوبیا به کنه‌های تارتن و کنه‌های شکارگر از کلنی مادری خالص، به جلوگیری از آلودگی‌ها کمک می‌کنند. همچنین، قارچ‌های بیمارگر حشرات مانند بیمارگر اجباری *Neozygites* sp. (Neozygiteaceae)، ممکن است کنه‌های تارتن را آلوده کنند و منجر به نابودی جمعیت‌های پرورش یافته شوند (Delalibera et al., 2004؛ Duarte et al., 2009؛ Wekesa et al., 2007). تا به امروز، بیشتر شرکت‌های تولید کننده عوامل کنترل بیولوژیک هنوز از این روش پرورش برای گونه‌های *Phytoseiulus* استفاده می‌کنند، زیرا در این روش تعداد زیادی

شکارگر تولید می‌شود و روش‌های پرورشی جایگزین قابل اعتمادی نیز وجود ندارند. برخی از تولیدکنندگان عوامل کنترل بیولوژیک علاوه بر گونه‌های *Phytoseiulus*، شکارگران انتخابی نوع II مانند *Neoseiulus californicus* McGregor و *N. fallacis* (Garman) را نیز به این روش تولید می‌کنند.

روش دوم- پرورش کنه‌های تارتن روی گیاهان در گلخانه و پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی آن‌ها

الف) پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی برگ‌های جدا شده آلوده به کنه طعمه

روش بعدی که برخی از چالش‌های روش سنتی را ندارد توسط Fournier et al. (1985) پیشنهاد شده است. در این روش (شکل ۲) کنه‌های طعمه تترانیکید، همانند روش اول، روی گیاهان لوبیا تولید می‌شوند و کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورش روی برگ‌های لوبیا جدا شده که به شدت آلوده به کنه‌های تارتن هستند، پرورش می‌یابند. برای این منظور، برگ‌های به شدت آلوده به کنه‌های تارتن از گیاهان جمع‌آوری می‌شوند و در قفس‌های پرورشی (هر واحد پرورش شامل یک ظرف پلاستیکی شفاف به حجم ۸-۲ لیتر) دارای تهویه در اختیار کنه‌های شکارگر گذاشته می‌شوند. نسبت شکارگر به طعمه را می‌توان با مشاهده برگ‌ها و یا با قرار دادن یک لوله جمع‌آوری شفاف در بالای قفس پرورش بررسی کرد. هنگامی که تراکم طعمه در قفس‌های پرورش کاهش می‌یابد، کنه‌های شکارگر به دلیل رفتار زمین‌گرایی منفی، در لوله‌های جمع‌آوری شفاف در بالای قفس‌های پرورش جمع می‌شوند. در این مرحله، یک قفس جدید، حاوی برگ‌های جدید آلوده به کنه تارتن، در بالای قفسی که حاوی لوله جمع‌آوری بود قرار می‌گیرد. سپس، قدیمی‌ترین قفس‌ها را می‌توان برداشت زیرا

دیگر حاوی شکارگر یا طعمه نیستند. برای جمع‌آوری کنه‌ها از داخل لوله جمع‌آوری، می‌توان از یک آسپیراتور استفاده کرد. علاوه‌بر آن، به‌منظور تسهیل جمع‌آوری کنه‌های شکارگر، می‌توان به لوله‌های جمع‌آوری مقداری ماده حامل بی اثر مانند سبوس، پوشال برنج یا خرده‌های چوب و ... اضافه کرد، سپس با تکان دادن ملایم لوله‌ها و خروج ماده حامل کنه‌های شکارگر، به راحتی جدا می‌شوند (Fournier *et al.*, 1985). مزیت اصلی این روش پرورش نسبت به روش اول این است که تولید کنه‌های شکارگر در یک محیط کنترل شده انجام می‌شود و خطر آلودگی به سایر عوامل ناخواسته در کلنی‌های پرورشی نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۲- قفس‌های پرورشی تولید کنه شکارگر *Phytoseiulus persimilis* در روش پرورشی نوع دوم (برگرفته از Morales-Ramus and Rojas, 2014)

کنه‌های شکارگر فیتوزئید برای بهینه‌سازی تعادل آب و عملکرد رشد و تولیدمثل، به محیطی مرطوب نیاز دارند (Gaede, 1992). در این سیستم پرورشی، با تأمین رطوبت بالای مورد نیاز برای کنه‌های شکارگر، برگ‌های داخل قفس‌ها دچار پوسیدگی می‌شوند و کپک می‌زنند (Fournier et al., 1985). برای جلوگیری از این امر، بهتر است روش‌های پرورشی بدون برگ استفاده شوند و به تبع آن، روش‌هایی برای جداسازی کنه‌های تارتن از برگ‌ها گسترش یابند.

ب) پرورش کنه‌های شکارگر در قفس‌های پرورشی روی یک مرحله زندگی طعمه

به‌منظور حذف مواد گیاهی و جلوگیری از ایجاد کپک در قفس‌های پرورش، کنه‌های تارتن قبل از ارایه به شکارگرها از مواد گیاهی جدا می‌شوند (Fournier et al., 1985). این روش اولین بار توسط (McMurtry and Scriven 1966) گزارش شده است. در این روش ابتدا کنه‌های تارتن روی گیاه میزبان پرورش می‌یابند، سپس کنه‌های تارتن از گیاه میزبان جدا شده و در اختیار کنه‌های شکارگر روی یک بستر مصنوعی (کاغذ صافی، ورقه‌های باکلیت و غیره) قرار داده می‌شوند. در این روش مشکلات مربوط به حضور گیاهان در بستر پرورش کنه‌های شکارگر کاهش می‌یابد. (Scriven and McMurtry 1971) نیز از این روش پرورشی استفاده کردند. آن‌ها از گیاه لوبیای (*Phaseolus limensis* L.) کاشته شده در ورمیکولیت^۱ به جای خاک استفاده کردند. هر ۱۰۰ بوته لوبیای یک هفته‌ای با ۰/۲۴ گرم تخم *Tetranychus pacificus* McGregor آلوده می‌شدند. دو هفته بعد به اندازه پنج برابر وزن اولیه کنه‌های تارتن، امکان برداشت

^۱ vermiculite

آن‌ها وجود داشت. در این مرحله، کنه‌های تترانیکید توسط یک جداکننده (برگ‌شوی کنه) از برگ‌ها جدا می‌شدند. بدین صورت که برگ‌های آلوده به کنه، داخل ماشین شستشو که شامل یک جعبه چوبی چند لایه پوشیده شده با رزین به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر بود، قرار می‌گرفتند. سپس دستگاه شستشو با آب و محلول سفیدکننده (۵٪ NaClO) و کمی مایع شوینده پر می‌شد، و یک جریان آب اندک به ماشین شستشو اضافه می‌شد که سرریز آن کنه‌های تارتن را در جدا کننده کنه جمع می‌کرد. این جداکننده کنه امکان جداسازی ماده، نابالغ و نر و در نهایت تخم و لارو را نیز فراهم می‌کرد. در نهایت مراحل مختلف کنه تارتن جدا شده با آب شسته می‌شدند و سپس خشک و در سرما ذخیره می‌شدند. مشکل این روش از دست دادن تعداد زیادی کنه تارتن حین شستشو است. در گام بعدی روشی دیگری توسط Shih (2001) ارایه شد که در آن لوبیاها با استفاده از روش هیدروپونیک^۱ در یک سبد پلی‌اتیلن رشد داده می‌شدند. مزیت اصلی کشت لوبیا به صورت هیدروپونیک این است که گیاهان را می‌توان به صورت وارونه در ماشین کنه‌شوی یا آبشویی نگه‌داشت. در نهایت، کنه‌های تارتن با استفاده از یک تفنگ میکرو روی ورقه‌های باکلیت در اختیار کنه‌های شکارگر قرار می‌گرفتند. این روش برای تولید (*Neoseiulus longispinosus* (Womersley) که یک شکارگر انتخابی کنه‌های تارتن (نوع دوم) است نیز به کار رفته است (McMurtry et al., 2013).

روش دیگری توسط Scopes (1968) برای تولید انبوه *Phytoseiulus* sp. ارایه شده است که در آن برگ‌های بوته‌های لوبیای ۱۵ روزه که آلوده به ۲۰۰-۱۰۰ کنه تارتن بودند، قبل از تشکیل تارهای متراکم روی آن‌ها، جدا شده و کنه‌های

^۱ Hydroponic

تارتن با استفاده از الک و آب جدا می‌شدند. در نهایت، کنه‌های شسته شده روی کاغذ صافی خشک می‌شدند. چنین کاغذهای صافی را می‌توان تا یک ماه قبل از عرضه به کنه‌های شکارگر نگهداری کرد. به‌طور مشابه، Theaker and Tonks (1977) کنه‌های تارتن را ابتدا روی *P. vulgaris* کشت دادند و سپس آن‌ها را با استفاده از «دستگاه برس‌زن^۱» از برگ‌ها جدا کردند (شکل ۳).



شکل ۳- دستگاه برس‌زن برای زدودن کنه‌ها (برگرفته از Hoy, 2011)

روش سوم- پرورش کنه‌های شکارگر روی منابع غذایی آزمایشگاهی

الف) کنه‌های طعمه آزمایشگاهی

استفاده از کنه‌های طعمه آزمایشگاهی (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) جهشی بزرگ در بهینه‌سازی روش‌های پرورش کنه‌های شکارگر عمومی بود. در سال ۱۹۶۰،

^۱ mite-brushing machine

Burnett نشان داد که کنه‌های آستیگماتید (*Tyrophagus castellani* (Hirst) و *Acarus siro* L. برای پرورش کنه‌های شکارگر *Cheyletus eruditus* (Cheyletidae) (Schränk) و *Melichares dentriticus* (Berlese) (Blattisocidae) مناسب هستند. اولین گزارش در مورد استفاده از کنه‌های طعمه آستیگماتید برای تولید انبوه فیتوزئیدها توسط Schliesske (1981) منتشر شده است. پس از آن، مناسب بودن کنه آستیگماتید (*Acarus farris* (Oudemans) برای تولید تجاری کنه‌های شکارگر *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) و *Neoseiulus barkeri* (Hughes) (Ramakers and van Lieburg, 1982). با معرفی *Acarus farris* (Oudemans) به عنوان طعمه آزمایشگاهی که می‌تواند با تراکم بالا روی منابع غذایی ارزان قیمت مانند دانه‌های غلات استریل شده تولید شود، پیشرفت بزرگی در پرورش انبوه کنه‌های فیتوزئید حاصل شد. کنه گرد و غبار خانگی، *Dermatophagoides farinae* Hughes (Acari: Pyroglyphidae) نیز به عنوان منبع غذایی مناسبی برای *N. californicus* (Castagnoli et al., 1999). یافته‌های (Castagnoli et al., 1999) نشان داد که امکان تولید کنه‌های شکارگر انتخابی نوع II روی منابع غذایی غیر از کنه‌های تارتن تترانیکید (ارزان تر) نیز وجود دارد. کشف پتانسیل کنه میوه خشک *Carpoglyphus lactis* (L) به عنوان یک غذای جایگزین مناسب برای طیف وسیعی از فیتوزئیدها، پیشرفتی بزرگ در پرورش کنه‌های فیتوزئید بود (Bolckmans and van Houten, 2011). این کنه طعمه اساس موفقیت تولید تجاری *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot بوده است (Calvo et al., 2015). هر چند مشخص شده است که *C. lactis* برای پرورش انبوه *N. californicus* مناسب نیست. با این حال، کنه‌های طعمه *Lepidoglyphus*

Glycyphagus domesticus (de Geer) و *destructor* (Schränk) (Glycyphagidae)، به عنوان منابع غذایی بسیار مناسبی برای پرورش انبوه *N. californicus* معرفی شده‌اند (Bolckmans et al., 2006؛ Castagnoli et al., 2007). از آن زمان تاکنون، بسیاری از آستیگمات‌ها جمع‌آوری و از نظر مناسب بودن برای پرورش طیف وسیعی از فیتوزئیدها آزمایش شده‌اند. کنه‌های آستیگماتید دو مزیت در پرورش فیتوزئیدها دارند. علاوه بر این که منبع غذایی مناسبی برای شکارگرها هستند، بیشتر آن‌ها قارچ‌خوار نیز می‌باشند که با تغذیه مستقیم از میسلیم‌های قارچی و همچنین تولید ترکیبات ضدقارچ، نقش مهمی در کنترل رشد قارچ‌ها در محیط پرورش دارند (Kuwahara, 2004). یکی از مواد فراری که آستیگماتیدها تولید می‌کنند سیترال است که خواص ضد قارچی و ضد میکروبی دارد (OuYang et al., 1989؛ Matsumoto et al., 1979؛ Onawunmi, 2018). با این وجود، مواد فراری که توسط آستیگمات‌ها در هنگام حمله شکارگرها ایجاد می‌شوند، می‌توانند اثر دورکنندگی داشته باشند (Midthassel et al., 2014, 2015) و باعث رفتار عقب‌نشینی در کنه‌های شکارگر می‌شوند (Fidgett and Stinson, 2008). هنگامی که آستیگماتیدها در اثر یخ‌زدگی کشته شدند، چنین اثرات دفعی مشاهده نشد (Albuquerque and de Moraes, 2008؛ Vila and Griffiths, 2011). علاوه بر این، با استفاده از کنه‌های طعمه مرده یا بی‌حرکت، پرورش گونه‌های کنه‌های شکارگر فیتوزئید که به ازدحام بیش از حد جمعیت کنه‌های آستیگماتید حساس هستند (مانند *Amblyseius limonicus* (Garman & McGregor, 2011)) تسهیل شد (Vila and Griffiths, 2011؛ Tabic et al., 2017). (Bolckmans et al., 2019) و (Tabic et al., 2021) روشی

برای پرورش انبوه سویه‌های منتخب *Phytoseiulus* spp. روی کنه‌های طعمه مرده منتشر کرده‌اند که پرورش انبوه گلخان‌های فعلی آن‌ها را متحول می‌سازد. در سال‌های اخیر، سایر کنه‌های طعمه غیر آستیگماتید نیز به‌عنوان منبع غذایی برای تولید انبوه کنه‌های شکارگر پیشنهاد شده‌اند. نشان داده شده است که کنه تارسونمید *Tarsonemus fusarii* Cooreman منبع غذایی مناسبی برای *A. swirskii* و *N. californicus* است (Geeraerts, 1974; Vangansbeke et al., 2020, 2021). همچنین، گزارش شده است که کنه تارسونمید *Tarsonemus confusus* Ewing طعمه‌ای مناسب برای کنه‌های شکارگر *N. barkeri* (Li et al., 2018) و *A. swirskii* (Vangansbeke et al., 2020) است. مزیت اصلی استفاده از تارسونمیدها به‌عنوان طعمه‌های جایگزین این است که کنه‌های فیتوزئید از تمام مراحل این طعمه به‌راحتی استفاده می‌کنند (Li et al., 2018) و برخلاف کنه‌های طعمه آستیگماتید، هیچ گزارشی در مورد وجود دفاع شیمیایی برای آن‌ها ارایه نشده است (Vangansbeke et al., 2020).

بر اساس وضعیت فعلی، فرضیه‌ای که با اطمینان وجود دارد آن است که می‌توان گونه‌ای از کنه‌های طعمه مناسب را پیدا کرد و یا از طریق کشتن یا بی‌حرکت کردن و یا بهینه‌سازی، ارزش غذایی و مناسب بودن آن‌ها برای پرورش هر شکارگر بهبود بخشید.



شکل ۴- نمای نزدیک از بستر پرورشی کنه طعمه *Tyrophagus putrescentiae* حاوی گرانول‌های مخمر و پوشال برنج (اصلی)



شکل ۵- ظرف پرورش کنه *Tyrophagus putrescentiae* (اصلی)



شکل ۶- نمای نزدیک از بستر پرورشی کنه شکارگر فیتوزئید حاوی دانه‌های گندم، کنه طعمه *Carpoglyphus lactis* (پیکان خط‌چین بالایی)، کنه شکارگر نابالغ *Amblyseius swirskii* (پیکان توپر وسط) و یک تخم *A. swirskii* (پیکان توپر پایین) (برگرفته از Vangansbeke et al., 2023).

ب) سایر غذاهای آزمایشگاهی

غذاهای آزمایشگاهی را می‌توان به عنوان منابعی غذایی تعریف کرد که شکارگر معمولاً در زیستگاه طبیعی خود با آن‌ها برخورد یا به آن‌ها حمله نمی‌کند (De Clercq, 2005). برخی از این غذاها می‌توانند در پرورش کنه‌های شکارگر استفاده شوند. در جدول ۲، مروری بر غذاهای آزمایشگاهی مختلف که برای حفظ و تولید مثل فیتوزئیدها مناسب هستند، نشان داده شده‌اند.

جدول ۲- مثال‌هایی از مطالعات انجام شده در ارزیابی غذاهای آزمایشگاهی در پرورش کنه‌های شکارگر فیتوزئید (Vangansbeke et al., 2023)

غذای آزمایشگاهی	کنه شکارگر	نتایج	منبع
تخم‌های مگس <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders) (Dip.,: Tephritidae)	<i>Amblyseius largoensis</i> (Muma), <i>Neoseiulus barkeri</i> (Hughes), <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot), <i>Proprioseiopsis kadii</i> (El-Halawany and Abdel-Samad), <i>Cydnosus negevi</i> (Swirski and Amatai)	تخم‌های زنده <i>Bactrocera zonata</i> طعمه‌ای مناسب برای <i>A. C. negevi</i> نتوانستند روی این منبع غذایی رشد کنند.	Momen et al. (2016)
تخم‌های مگس <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann (Dip., Tephritida)	<i>Amblydromalus limonicus</i> (Garman and McGregor)	پارامترهای جدول زندگی <i>A. limonicus</i> روی تخم‌های منجمد <i>C. capitata</i> در مقایسه با سایر منابع غذایی مصنوعی و طبیعی پایین بوده است.	Vangansbeke et al. (2014)
تخم‌های شب‌پره <i>Cydia pomonella</i> (L.) (Lep., Tortricidae)	<i>A. swirskii</i>	کنه <i>A. swirskii</i> نابالغ به‌خوبی زنده ماند و توانست روی تخم‌های <i>C. pomonella</i> زنده رشد کند.	Goleva et al. (2015)
تخم‌های شب‌پره <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (Lep., Gelechiidae)	<i>A. swirskii</i> , <i>N. californicus</i> , <i>Typhlodromus balanites</i> El-Badry, <i>Paraseiulus talbii</i> (Athias-Henriot), <i>Typhlodromus transvaalensis</i> (Nesbitt)	تخم‌های زنده <i>P. operculella</i> از رشد و تولیدمثل <i>A. swirskii</i> و <i>N. californicus</i> حمایت کردند، اما از سایر فیتوزئیدهای آزمایش شده حمایت نکردند.	El-Sawi and Momen (2005)
تخم‌های شب‌پره <i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval) (Lep., Noctuidae)	<i>A. swirskii</i> , <i>N. californicus</i> , <i>Typhlodromus balanites</i> El-Badry, <i>Paraseiulus talbii</i> (Athias-Henriot), <i>Typhlodromus transvaalensis</i> (Nesbitt)	تخم‌های زنده <i>S. littoralis</i> از رشد و تولیدمثل <i>A. swirskii</i> و <i>N. californicus</i> حمایت کردند، اما از سایر فیتوزئیدهای آزمایش شده حمایت نکردند.	El-Sawi and Momen (2005)

Vantornhout et al. (2004)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> منبع غذایی مناسبی برای <i>I. degenerans</i> است.	<i>Iphiseius degenerans</i> (Berlese)	تخم‌های شب‌پره <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lep., Pyralidae)
Momen and El-Laithy (2007)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> از توسعه و تولیدمثل <i>N. barkeri</i> و <i>A. zaheri</i> حمایت کردند، اما <i>T. balanites</i> نتوانست روی این منبع غذایی رشد کند.	<i>Neoseiulus barkeri</i> (Hughes), <i>Typhlodromus balanites</i> El-Badry, <i>Amblyseius zaheri</i> Yousef & El-Borolossy	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Vangansbeke et al. (2014)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> روی دیسک برگ گیاه، امکان بقاء، رشد و تولیدمثل را برای <i>A. limonicus</i> فراهم کرد، درحالی‌که بقای نابالغین در قفس‌های مصنوعی کم بود.	<i>Amblydromalus limonicus</i> (Garman and McGregor)	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Nguyen et al. (2014)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> منبع غذایی مناسبی برای چندین نسل <i>A. swirskii</i> بودند.	<i>A. swirskii</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Liu and Zhang (2017)	اکثر مراحل نابالغ <i>A. limonicus</i> قادر به سوراخ کردن و تغذیه از تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> نبودند.	<i>A. limonicus</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Leman and Messelink (2015)	تخم‌های استریل شده <i>E. kuehniella</i> منجر به نرخ گذاری بالا برای <i>A. swirskii</i> شدند، اما برای <i>A. limonicus</i> غذای مناسبی نبودند.	<i>A. swirskii</i> , <i>A. limonicus</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Delisle et al. (2015)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> منبع غذایی خوبی برای <i>A. swirskii</i> و <i>N. cucumeris</i> بودند.	<i>A. swirskii</i> , <i>N. cucumeris</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Nemati et al. (2019)	تخم <i>E. kuehniella</i> تحت تابش اشعه ماوراء بنفش قرار گرفته، منبع غذایی خوبی برای <i>A. swirskii</i> بودند.	<i>A. swirskii</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)

Momen <i>et al.</i> (2020)	تخم‌های منجمد <i>E. kuehniella</i> در مقایسه با کنه طعمه کنه‌های قارچ‌خوار منبع غذای برتری بودند.	<i>N. barkeri</i>	تخم‌های شب‌پره <i>E. kuehniella</i> (Lep., Pyralidae)
Riahi <i>et al.</i> (2018)	سیست‌های بدون کپسول <i>A. franciscana</i> منبع غذایی خوبی برای <i>T. bagdasarjani</i> بودند.	<i>Typhlodromus bagdasarjani</i> Wainstein and Arutunjan	سیست‌های <i>Artemia franciscana</i> Kellogg (Anostraca, Artemiidae)
Vantornhout <i>et al.</i> (2004)	سیست‌های کپسوله شده <i>A. franciscana</i> اجازه رشد و نمو را ندادند، درحالی‌که سیست‌های کپسوله نشده منبع غذایی خوبی برای <i>I. degenerans</i> بودند.	<i>I. degenerans</i>	سیست‌های <i>A. franciscana</i> (Anostraca, Artemiidae)
Nguyen <i>et al.</i> (2013)	سیست‌های بدون کپسول <i>A. franciscana</i> منبع غذایی خوبی برای چندین نسل <i>A. swirskii</i> بودند.	<i>A. swirskii</i>	سیست‌های <i>A. franciscana</i> (Anostraca, Artemiidae)
Vangansbeke <i>et al.</i> (2014)	سیست‌های بدون کپسول <i>A. franciscana</i> منبع غذایی خوبی برای <i>A. limonicus</i> بودند.	<i>A. limonicus</i>	سیست‌های <i>A. franciscana</i> (Anostraca, Artemiidae)
Leman and Messelink (2015)	میزان تخم‌گذاری <i>A. swirskii</i> و <i>A. limonicus</i> روی سیست‌های بدون کپسول کمتر از رژیم‌های غذایی گرده بوده است.	<i>A. swirskii</i> <i>A. limonicus</i>	سیست‌های <i>A. franciscana</i> (Anostraca, Artemiidae)
Vangansbeke <i>et al.</i> (2016)	سیست‌های بدون کپسول و با کیفیت بالا <i>A. franciscana</i> منبع غذایی خوبی برای <i>A. swirskii</i> هستند، درحالی‌که عملکرد روی سیست‌های با کیفیت پایین‌تر کمتر بود.	<i>A. swirskii</i>	سیست‌های <i>A. franciscana</i> (Anostraca, Artemiidae)

تخم‌های شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep., Pyralidae) به‌عنوان یک غذای آزمایشگاهی برای پرورش چندین گونه کنه فیتوزئید مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج نشان داده‌اند که مراحل نابالغ کنه شکارگر *A. limonicus*، به‌علت سخت شدن کوریون پوسته تخم‌های شب‌پره آرد در شرایط رطوبت پایین ($RH < 50\%$)، قادر به سوراخ کردن آن نمی‌باشند (Liu and Zhang, 2017). درحالی‌که با افزایش رطوبت نسبی هوا ($RH > 90\%$) میزان بقای نابالغین *A. limonicus* روی تخم‌های *E. kuehniella* افزایش یافته است (Liu and Zhang, 2017).

در سراسر جهان از سیستم‌های میگوی آب شور، *Artemia franciscana* Kellogg برداشت شده از دریاچه‌های نمک، به‌عنوان غذا در آبی‌پروری استفاده می‌شود. سیستم‌ها زمانی ایجاد می‌شوند که شرایط محیطی برای تولید ناپلی‌های^۱ آزاد (نابالغین) مطلوب نباشد. در آن صورت، میگوهای آب شور سیستم‌های خفته با پوسته ضخیم تولید می‌کنند (van Stappen, 1996). سیستم‌های آرتمیا منبع غذایی مناسبی برای کنه‌های شکارگر فیتوزئید هستند (جدول ۲). با این حال، حذف کپسول پوششی سیستم‌های آرتمیا برای استفاده کنه‌های شکارگر از آن‌ها ضروری است (Sorgeloos et al., 1977). به‌منظور استفاده از سیستم‌های آرتمیا به‌عنوان غذای آزمایشگاهی کنه‌های شکارگر، سیستم‌ها باید فاقد کپسول و هیدراته شوند (Grosman et al., 2019). برای هیدراته کردن سیستم‌ها می‌توان آن‌ها را درون آب غوطه‌ور کرد (Leman and Messelink, 2015) یا در شرایط محیطی با رطوبت بالا ($RH > 90\%$) قرار داد (Vangansbeke et al., 2016). سیستم‌های آرتمیا، بسته به نوع و منشأ می‌توانند

^۱ nauplii

از نظر کیفیت غذایی به طور قابل توجهی متفاوت باشند (De Clercq *et al.*, 2005؛ Grosman *et al.*, 2019). سیست‌های بدون کپسول به صورت تجاری قابل دسترس هستند که به منظور استقرار گونه‌های سن شکارگر ماکرولفوس^۱ تجاری (Hemiptera: Miridae) به بازار عرضه می‌شوند (Brenard *et al.*, 2019). یکی از محدودیت‌های اصلی استفاده از غذاهای آزمایشگاهی که در بالا اشاره شده است، قیمت بالای تولید یا خرید آن‌ها در مقایسه با کنه‌های طعمه آستگماتید است.

روش چهارم- پرورش کنه‌های شکارگر روی گرده‌های گیاهی

دانه‌های گرده گیاهان، عناصر غذایی مهمی مانند پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه آزاد، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، ویتامین‌ها، فلاونوئیدها و مواد معدنی را برای بهبود رشد و تولیدمثل بندپایان فراهم می‌کنند (Manning, 2001؛ Rabie *et al.*, 1983؛ Pacini *et al.*, 2006). اندازه دانه گرده تأثیر مهمی بر کیفیت آن به عنوان منبع غذایی کنه‌ها ندارد. درحالی‌که، سایر ویژگی‌های دانه گرده، مانند ضخامت و ساختار خارجی و ترکیبات غذایی، ممکن است نقش مهم‌تری ایفا کند. تغذیه موفقیت‌آمیز کنه‌های فیتوزئید از گرده گیاهان به تطابق ریخت‌شناسی قسمت دهان با ریخت‌شناسی گرده و متابولیسم گوارشی بستگی دارد که نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد (Ranabhat *et al.*, 2014). با این حال، ارزش غذایی دانه گرده به عنوان منبع غذایی به گونه گیاه بستگی دارد (Schmidt and Buchmann, 1985؛ Atrouse *et al.*, 2004؛ Nicolson, 2011). برای پرورش گونه‌های مختلف

^۱Macrolophus

کنه‌های فیتوزئید در شرایط آزمایشگاهی، دانه‌های گرده از تیره‌های مختلف گیاهی مناسب بوده‌اند (Nguyen et al., 2013؛ Nemat and Riahi, 2020؛ Hadadi et al., 2021؛ Ansari-Shiri et al., 2022؛ Yazdanpanah et al., 2022). این مکمل‌های غذایی می‌توانند در گلخانه یا مزرعه از طریق گیاهان حامل نیز در اختیار کنه‌های فیتوزئید قرار گیرند (Al-Shammery, 2011). در گونه‌های مختلف جنس *Euseius* مانند *Euseius tularensis* Congdon، *Euseius* *membrasicus* (Dean) و *finlandicus* (Oudemans) زمانی که روی گرده‌های مشخصی پرورش یافتند، در مقایسه با زمانی که روی گونه‌ی شکارشان پرورش یافته بودند، مرگ و میر در مرحله‌ی نابالغ کمتر و ظرفیت تولیدمثلی بالاتر بود که نشان دهنده‌ی ارزش غذایی بالای گرده برای این کنه‌ها است (Tanigoshi et al., 1983).

این روش تولید برای کنه‌های شکارگری مناسب است که نمی‌توانند روی کنه‌های طعمه‌ی آزمایشگاهی یا کنه‌های تارتن پرورش یابند (کنه‌های شکارگر نوع چهارم) (McMurtry et al., 2013). گرده‌ی کرچک (*Ricinus communis* L.) تا حد زیادی برای پرورش کنه‌های فیتوزئید استفاده شده است. این گرده‌ی گیاهی به آسانی جمع‌آوری و فراوری می‌شود و گیاه کرچک نیز خود به فراوانی در چندین زیستگاه یافت می‌شود. علاوه بر این، می‌توان از گیاه کرچک به عنوان گیاه حامل در گلخانه‌ها نیز استفاده کرد (Yazdanpanah and Fathipour, 2023). گرده‌ی لویی (*Typha latifolia* L.) به عنوان یک منبع غذایی مناسب برای پرورش چندین گونه از کنه فیتوزئید مانند *Euseius finlandicus* (Oudemans)، *Anthoseius rhenanus* (Oudemans)، *A. swirskii* و *N. cucumeris* استفاده شده است (Britto et al., 2012؛ Renkema et al., 2017؛ Gravandian et al., 2012).

2022؛ Hadadi et al., 2022). بسیاری از کنه‌های فیتوزئید از جمله *A. swirskii* (Riahi et al., 2022) *Typhlodromus bagdasarjani* Wainstein & Artunjan (2016, 2017b)، *N. californicus* (Khanamani et al., 2017a)، *Euseius proprioseiopsis asetus*، *E. finlandicus*، *scutalis* (Athias-Henriot) (Chant) (Jaber Alatawi et al., 2019) و *N. cucumeris* (Yazdanpanah et al., 2022) به‌طور موفق روی گرده‌ خرما به‌عنوان یک منبع غذایی جایگزین تکثیر پیدا کرده‌اند. جمعیت کنه‌های شکارگر *A. swirskii*، *Amblyseius degenerans* (Berlese) و *N. cucumeris* می‌تواند در حضور مکمل‌های غذایی نظیر گرده‌ لویی، کرچک یا ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یابد (van Rijn et al., 2002)؛ González-Weintraub et al., 2009؛ Skirvin et al., 2006, 2007؛ Gerson and Weintraub, 2009؛ Fernández et al., 2010؛ Nomikou et al., 2010؛ (2012). دانه‌های گرده‌ بادام، خرما، کرچک و آفتابگردان منبع غذایی جایگزین امیدوارکننده‌ای برای پرورش انبوه کنه شکارگر *N. cucumeris* بوده‌اند (Yazdanpanah et al., 2021).

روش تولید کنه‌های شکارگر فیتوزئید روی گرده‌های گیاهی، یک روش کم‌هزینه و آسان است. گرده‌های گیاهی از گل آذین نر گیاهان مختلف (کرچک، گردو، توت، لویی، ذرت، کنجد و غیره) جمع‌آوری می‌شوند. سپس گرده‌های جمع‌آوری شده به مدت ۳۶-۴۸ ساعت روی کاغذهای A3 در شرایط آب و هوایی طبیعی (۲۵ درجهٔ سلسیوس) خشک می‌شوند. درنهایت، گرده‌های الک شده، داخل ظروف شیشه‌ای در بسته در دمای چهار درجهٔ سلسیوس برای مصرف روزانه کنه‌های شکارگر یا دمای ۲۰- درجه برای ذخیرهٔ طولانی مدت، نگهداری می‌شوند (Yari et al., 2025).

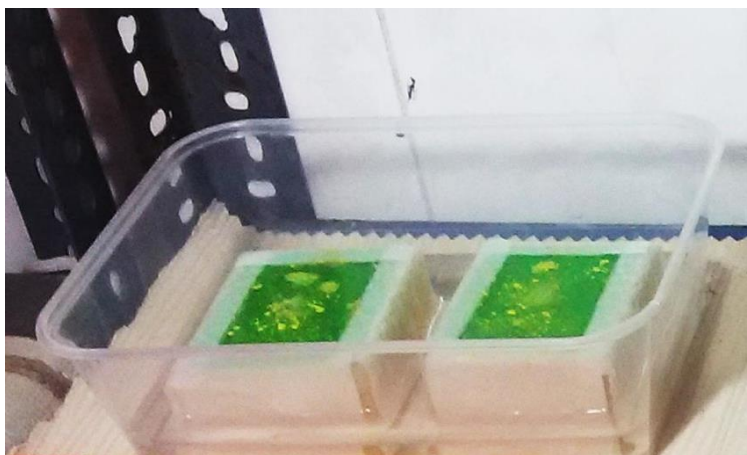
اکثر گرده‌های گیاهی در شرایط محیطی مورد نیاز برای پرورش کنه‌های شکارگر ($RH > 90\%$) دچار کپک‌زدگی می‌شوند (شکل ۷). استفاده از ترکیب کنه‌های آستیگماتید با گرده‌های گیاهی به عنوان رژیم غذایی آزمایشگاهی بهینه برای کنه‌های فیتوزئید می‌تواند پیشنهادی برای حل این مشکل باشد (Yari et al., 2024) (شکل ۸). همچنین، می‌توان هم زمان با گرده‌های گیاهی، از ترکیبات ضدقارچی غیرمضر برای فیتوزئیدها استفاده کرد که نیاز به مطالعات بیشتری دارد. برخی از کنه‌های شکارگر (مانند بسیاری از گونه‌های *Euseius* و *Iphiseius*) که روی گرده‌های گیاهی به تنهایی پرورش داده می‌شوند، قادر به رشد و بقا نیستند زیرا نمی‌توانند رطوبت بالای محیطی را جذب کنند. بنابراین، لازم است در بستر پرورشی آن‌ها گیاه یا قسمت‌هایی از گیاه قرار داده شود (Adar et al., 2012) و یا روی جزیره پرورش داده شوند (شکل ۹).



شکل ۷- گرده‌های کپک‌زده همراه با پوسته برنج در بستر پرورشی کنه‌های فیتوزئید (اصلی)



شکل ۸- شکل سمت راست: نمای دور بستر پرورش کنه‌های فیتوزئید روی رژیم غذایی مخلوط پوسته برنج، گرده گیاهی و کنه آستینگماتید داخل ظرف پتری؛ شکل سمت چپ: نمای نزدیک بستر پرورش کنه‌های فیتوزئید روی رژیم غذایی ذکر شده (اصلی)



شکل ۹- بستر پرورش کنه‌های فیتوزئید با تغذیه از گرده لویی روی طلق‌های پلاستیکی (اصلی)

روش پنجم- پرورش کنه‌های شکارگر روی غذاهای مصنوعی

پیچیدگی سیستم‌های پرورش کنه‌های شکارگر را می‌توان با کاهش سطوح تغذیه‌ای، مانند حذف گیاهانی که غذای طعمه را تشکیل می‌دهند و یا خود طعمه‌های آزمایشگاهی، به‌طور قابل توجهی کاهش داد (Morales-Ramos et

al., 2014). رژیم‌های غذایی مصنوعی (شکل ۱۰) به‌عنوان راه حل نهایی بهینه‌سازی تولید بندپایان مفید پیشنهاد شده‌اند (Riddick, 2009؛ Cohen, 2015). درحالی‌که رژیم‌های غذایی مصنوعی بسیاری برای حشرات شکارگر ساخته شده‌اند (Riddick, 2009؛ Cohen and Smith, 1998)، برای کنه‌های شکارگر رژیم‌های غذایی مصنوعی موفق کمی گزارش شده‌اند (Kennett and Hamai, 1980؛ Nguyen et al., 2013). یکی از اولین گزارش‌ها از رژیم غذایی مصنوعی فرموله‌شده برای فیتوزئیدها، مطالعه (McMurtry and Scriven, 1962) بوده است که در آن روشی برای بهبود پرورش کنه‌های شکارگر (*Euseius hibisci* Chant) و Garman and McGregor *Amblydromalus limonicus* ارایه شده است. محققان ابتدا از لایه‌ای از آب آگار ۲٪ همراه با کنه‌های طعمه تترانیکید استفاده کردند. در مرحله بعدی، به مواد مذکور، مخمر و عسل اضافه کردند که باعث افزایش قابل توجه تولیدمثل کنه شکارگر *E. hibisci* شد. Kennett and Hamai (1980) یک رژیم غذایی مصنوعی شامل عسل، تکه‌های مخمر، مخمر هیدرولیز شده، کازئین هیدرولیز شده و زرده تخم مرغ را برای پرورش چندین گونه کنه فیتوزئید مورد ارزیابی قرار دادند. اگرچه برخی از گونه‌ها مانند *Amblyseius largoensis* و *A. limonicus* زنده ماندند و تکثیر پیدا کردند، اما هیچ‌یک از گونه‌های آزمایش شده نتوانستند به خروجی تولیدمثلی که هنگام تغذیه با منبع غذایی طبیعی (کنه تارتن یا گرده) تولید می‌کردند، برسند. سایر مطالعات نیز بقای کمتر، دوره رشدی طولانی‌تر و تولید مثل کمتری را برای فیتوزئیدها با تغذیه از رژیم‌های غذایی مصنوعی در مقایسه با منابع غذایی طبیعی گزارش کرده‌اند (Abou-Awad et al., 1986؛ Itagaki and Koyama, 1987؛ Ochieng' et al., 1992؛ Shih et al., 1993). Ogawa and Osakabe (2008)، رژیم غذایی

مصنوعی شامل ترکیب عسل، ساکارز، تریپتون، عصاره مخمر و زرده تخم مرغ را برای پرورش *N. californicus* ارزیابی کردند. آن‌ها نشان دادند که نابالغین این کنه شکارگر قادرند روی رژیم غذایی مذکور ۱۰۰ درصد بقای خود را حفظ کنند، درحالی که بالغین قادر به تولید تخم نبودند. با افزودن ۲۰٪ مکمل همولنف از کرم ابریشم بلوط (*Antheraea pernyi* (Gue´rin-Me´neville به رژیم غذایی Ogawa and Osakabe (2008)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت *A. swirskii* به اندازه نرخ ذاتی افزایش جمعیت آن روی *C. lactis* افزایش یافت (Nguyen et al., 2013). این کشف، محققان بیشتری را برانگیخت تا مخلوط ترکیبات مختلف حیوانی را با رژیم‌های غذایی ساده‌تر آزمایش کنند. مشخص شده است که رژیم غذایی شامل مخلوط تخم شب‌پره بید آرد، سیست میگوی آب شور و همولنف لارو مگس سرباز سیاه، (*Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)، پتانسیل بالایی در تولیدمثل کنه‌های شکارگر دارد (Nguyen et al., 2014, 2015)؛ Riahi et al., 2017a). اما هنوز برای تولید رژیم‌های غذایی مصنوعی مناسب برای پرورش کنه‌های شکارگر فیتوزئید به مطالعات بیشتری نیاز است. رژیم‌های غذایی مصنوعی هنگام استفاده از پرورش‌هایی با شرایط رطوبتی بالا، مستعد آلودگی میکروبی هستند. افزودن آنتی‌بیوتیک‌ها یا ترکیبات ضد قارچ می‌تواند تا حدی از این امر جلوگیری کند، اما لازم است برای رد اثرات منفی طولانی مدت چنین ترکیباتی روی کنه‌های فیتوزئید تحقیقات بیشتری انجام شوند.



شکل ۱۰- تغذیه *Amblyseius swirskii* روی یک رژیم غذایی مصنوعی نیمه جامد (برگرفته از Vangansbeke et al., 2023).

جمع بندی

پرورش کنه‌های شکارگر در آزمایشگاه نسبتاً آسان است و برای این منظور تنها به یک تنظیم ساده شرایط محیطی و استفاده از یک منبع غذایی در دسترس (مانند گرده لویی) نیاز است. در حالی که، تولید انبوه کنه‌های شکارگر در سطح تجاری، کاری کاملاً متفاوت است. بدین منظور، پیشنهاد می‌شود که روش پرورش کنه‌های شکارگر (روش‌های پرورش نوع دوم تا چهارم) روی کنه‌های آستیگماتید با ترکیبی از کنه‌های آستیگماتید و گرده‌های گیاهی از سطح پرورش در آزمایشگاه به سطوح پرورش در مقیاس بزرگ‌تر ارتقاء یابد. همچنین لازم است مطالعات بیشتری در زمینه پرورش کنه‌های شکارگر اختصاصی‌خوار (نوع اول) در جهت حذف گیاهان مورد نیاز برای پرورش کنه‌های تارتن انجام شوند،

یا از سایر طعمه‌های جایگزین مناسب که امکان پرورش روی رژیم‌های غذایی ساده (بدون گیاه) را دارند استفاده شود. در نهایت، برای دستیابی به یک روش بهینه و مقرون به صرفه جهت پرورش کنه‌های شکارگر فیتوزئید، نیاز به انجام مطالعات بیشتر در زمینه کاهش سطوح غذایی در سیستم‌های پرورشی و ارتقاء رژیم‌های غذای مصنوعی است.

فهرست منابع

فرازمند، ف. (۱۳۹۶) گونه‌های مهم کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae در کشاورزی. نشریه فنی، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، شماره ثبت:

۵۱۹۴۵

- Abou-Awad, B. A., Reda, A. S. & Elsayi, S. A. (1992) Effects of artificial and natural diets on the development and reproduction of two phytoseiid mites *Amblyseius gossipi* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 13, 441–445.
<https://doi.org/10.1017/S1742758400013746>
- Adar, E., Inbar, M., Gal, S., Doron, N., Zhang, Z. Q. & Palevsky, E. (2012) Plant-feeding and non-plant feeding phytoseiids: differences in behavior and cheliceral morphology. *Experimental and Applied Acarology*, 58, 341–357.
<https://doi.org/10.1007/s10493-012-9589-y>
- Adar, E., Inbar, M., Gal, S., Gan-Mor, S. & Palevsky, E. (2014) Pollen on-twine for food provisioning and oviposition of predatory mites in protected crops. *BioControl*, 59, 307–317.
<https://doi.org/10.1007/s10526-014-9563-1>
- Albuquerque, F. A. D. & de Moraes, G. J. (2008) Perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology*, 37, 328–333.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2008000300013>
- Al-Shammery, K. A. (2011) Plant pollen as an alternative food source for rearing *Euseius scutalis* (Acari: Phytoseiidae) in Hail, Saudi Arabia. *Journal of Entomology*, 8 (4), 365–374.
<https://doi.org/10.3923/je.2011.365.374>
- Ansari-Shiri, H., Fathipour, Y., Hajiqaanbar, H., Riahi, E. & Riddick, E. W. (2022) Quality control of the predatory mite *Amblyseius swirskii* during long-term rearing on almond *Prunus amygdalus* pollen. *Arthropod-Plant Interactions*, 16 (6), 645–655.
<https://doi.org/10.1007/s11829-022-09929-6>
- Atrouse, O. M., Oran, S. A. & Al- Abbadi, S. Y. (2004) Chemical analysis and identification of pollen grains from different Jordanian

- honey samples. *International journal of food science & technology*, 39 (4), 413–417.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00798.x>
- Bolckmans, K. J. F. & van Houten, Y. M. (2011) *U.S. Patent No. 7,947,269*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Bolckmans, K., van Houten, Y., van Baal, E., Castagnoli, M., Nannelli, R. & Simoni, S. (2007) Mite composition comprising Glycyphagidae and phytoseiid mites, use thereof, method for rearing a phytoseiid predatory mite, rearing system for rearing said predatory mite and methods for biological control on a crop. WO2007 075081.
- Bolckmans, K. J. F., Van Houten, Y. M., Van Baal, A. E., Timmer, R., & Morel, D. M. (2017) *U.S. Patent No. 9,781,937*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Brenard, N., Sluydts, V., Christianen, E., Bosmans, L., De Bruyn, L., Moerkens, R. & Leirs, H. (2019) Biweekly supplementation with *Artemia* spp. cysts allows efficient population establishment by *Macrolophus pygmaeus* in sweet pepper. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167 (5), 406–414.
<https://doi.org/10.1111/eea.12776>
- Britto, E. P. J., Gago, E., & De Moraes, G. J. (2012) How promising is *Lasioseius floridensis* as a control agent of Polyphagotarsonemus latus? *Experimental and applied acarology*, 56, 221–231.
<https://doi.org/10.1007/s10493-012-9513-5>
- Broufas, G. D. & Koveos, D. S. (2000) Effect of different pollens on development, survivorship and reproduction of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae). *Environmental entomology*, 29 (4), 743–749.
<https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.743>
- Calvo, F. J., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H. & Belda, J. E. (2015) *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental and Applied Acarology*, 65 (4), 419–433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Castagnoli, M. A. R. I. S. A., Nannelli, R. O. B. E. R. T. O., Tarchi, F. R. A. N. C. A. & Simoni, S. A. U. R. O. (2006) Screening of astigmatid mites for mass-rearing *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae). *Redia*, 89, 55–58.
- Castagnoli, M., Simoni, S. & Biliotti, N. (1999) Mass-rearing of *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae) on two alternative food sources. pp. 425–431. In *Ecology and Evolution of the Acari: Proceedings of the 3rd Symposium of the European Association of*

- Acarologists 1–5 July 1996, Amsterdam, The Netherlands* Springer Netherlands.
- Cohen, A. C. (2015) Insect diets: science and technology. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 439.
- Cohen, A. C. & Smith, L. K. (1998) A New Concept in Artificial Diets for *Chrysoperla rufilabris*: The Efficacy of Solid Diets1. *Biological Control*, 13 (1), 49–54.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1978.tb01939.x>
- Delalibera Jr, I., Hajek, A. E. & Humber, R. A. (2004) *Neozygites tanajoae* sp. nov., a pathogen of the cassava green mite. *Mycologia*, 96 (5), 1002–1009.
- De Clercq, P., Arijs, Y., Van Meir, T., Van Stappen, G., Sorgeloos, P., Dewettinck, K., Rey, M., Grenier, S. & Febvay, G. (2005) Nutritional value of brine shrimp cysts as a factitious food for *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology*, 15 (5), 467–479.
<https://doi.org/10.1080/09583150500086706>
- Delisle, J. F., Brodeur, J. & Shipp, L. (2015) Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 65, 483–494.
<https://doi.org/10.1007/s10493-014-9862-3>
- Duarte, V. S., Silva, R. A., Wekesa, V. W., Rizzato, F. B., Dias, C. T. D. S. & Delalibera Jr, I. (2009) Impact of natural epizootics of the fungal pathogen *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) on population dynamics of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in tomato and nightshade. *Biological Control*, 51 (1), 81–90.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.020>
- El-Sawi, S. A. & Momen, F. M. (2005) Biology of some phytoseiid predators (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Phthorimaea operculella* and *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Gelechiidae and Noctuidae). *Acarologia*, 45 (1), 23–30.
- Fidgett, M. J. & Stinson, C. S. A. (2008) Method for rearing predatory mites. No. 2008015393A1. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Fournier, D., Millot, P., & Pralavorio, M. (1985). Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 38 (1), 97–100.
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03504.x>

- Gaede, K. (1992) On the water balance of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. and its ecological significance. *Experimental & applied acarology*, 15, 181–198.
- Geeraerts, J. (1974) Etude de l'attraction exercée par divers champignons sur *Tarsonemus fusarii* COOREMAN 1941. *Mycoses*, 17 (2), 27–32.
- Gerson, U. & Weintraub, P. G. (2012) Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. *Annual Review Of Entomology*, 57, 229–247.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100639>
- Goleva, I., Rubio Cadena, E. C., Ranabhat, N. B., Beckereit, C. & Zebitz, C. P. (2015) Dietary effects on body weight of predatory mites (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 66, 541–553.
<https://doi.org/10.1007/s10493-015-9920-5>
- Gravandian, M., Fathipour, Y., Hajiqanbar, H., Riahi, E. & Riddick, E. W. (2022) Long-term effects of cattail *Typha latifolia* pollen on development, reproduction, and predation capacity of *Neoseiulus cucumeris*, a predator of *Tetranychus urticae*. *BioControl*, 1–12.
<https://doi.org/10.1007/s10526-021-10116-4>
- Grosman, A., Steinberg, S., Salinger Bubnov, M., Sade, A., Dan, Y. & Gilboa, E. (2019) Maintaining populations of natural enemies on plants. No. 2019 162950. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- González-Fernández, J. J., Dela Pena, F., Hormaza, J. I., Boyero, J. R., Vela, J. M. & Wong Montserrat, M. (2009) Alternative food improves the combined effect of an omnivore and a predator on biological pest control. A case study in avocado orchards. *Bulletin of Entomological Research*, 99, 433–444.
- Hadadi, A., Fathipour, Y., Hajiqanbar, H. & Riahi, E. (2022) Long-term effects of cattail pollen on development, population growth potential, and predation capacity of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 32 (12), 1403–1416.
<https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2134555>
- Helle, W. & Sabelis, M. W. (1985) *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, World Crop Pests. (Vol. 1), Elsevier, Amsterdam-New Yor, 406 pp.
- Ho, C. C. & Chen, W. H. (1992) Control of phytoseiids in a spider mite mass-rearing system (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Experimental & applied acarology*, 13 (4), 287–293.

- Hoy, M. A. (2011) *Agricultural acarology: introduction to integrated mite management* (Vol. 7). CRC press. 430 pp.
<https://doi.org/10.1201/b10909>
- Hoy, M. A. (2009) A manual of acarology. *Florida Entomologist*, 92 (3), 526–526.
- Itagaki, N., Koyama, K. (1986) Rearing of the predacious mite *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski (Acarina: Phytoseiidae) on a synthetic diet. *Japanese Journal of Applied Entomology*. 30 (4), 298–300.
<https://doi.org/10.1303/jjaez.30.298>
- Jaber Alatawi, F., Mushtaq, H. M. S., Mirza, J. H. & Kamran, M. (2019) Predation efficiency and preference of lab-reared and field-collected populations of predatory mite *Cydnoseius negevi* (Acari: Phytoseiidae) on two mite pest species *Oligonychus afrasiaticus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Pest Management*, 65 (4), 363–369.
<https://doi.org/10.1080/09670874.2018.1529340>
- Janssen, A., Faraji, F., Van Der Hammen, T., Magalhães, S. & Sabelis, M. W. (2002) Interspecific infanticide deters predators. *Ecology Letters*, 5 (4), 490–494.
<https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00349.x>
- Kennett, C. E. & Hamai, J. (1980) Oviposition and development in predaceous mites fed with artificial and natural diets (Acari: Phytoseiidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28 (2), 116–122.
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1980.tb02996.x>
- Khanamani, M., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2017a) Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programmes. *Pest management science*, 73 (2), 452–461.
<https://doi.org/10.1002/ps.4305>
- Knapp, M., van Houten, Y., van Baal, E. & Groot, T. (2018) Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. *Acarologia*, 58, 72–82.
<https://doi.org/10.24349/acarologia/20184275>
- Kuwahara, Y., (2004). Chemical ecology of astigmatid mites. Pp: 76–109. *In Advances in Insect Chemical Ecology*. Cambridge University Press.

- Leman, A. & Messelink, G. J. (2015) Supplemental food that supports both predator and pest: a risk for biological control? *Experimental and Applied Acarology*, 65 (4), 511–524.
<https://doi.org/10.1007/s10493-014-9859-y>
- Li, L., Jiao, R., Yu, L., He, X. Z., He, L., Xu, C., Zhang, L. & Liu, J. (2018) Functional response and prey stage preference of *Neoseiulus barkeri* on *Trasonemus confusus*. *Systematic and Applied Acarology*, 23 (11), 2244–2258.
<https://doi.org/0.11158/saa.23.11.16>
- Liu, J. F. & Zhang, Z. Q. (2017) Development, survival and reproduction of a New Zealand strain of *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Typha orientalis* pollen, *Ephestia kuehniella* eggs, and an artificial diet. *International Journal of Acarology*, 43 (2), 153–159.
<https://doi.org/10.1080/01647954.2016.1273972>
- Manning, R. (2001) Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. *Bee world*, 82 (2), 60–75.
<https://doi.org/10.1080/0005772X.2001.11099504>
- Matsumoto, K., Wada, Y. & Okamoto, M. (1979) The alarm pheromone of grain mites and its antifungal effect. *Recent advances in acarology*, 1, 243–249.
<https://doi.org/10.7601/mez.29.255>
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J. & Sourassou, N. F. (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, 18 (4), 297–320.
<https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- McMurtry, J. A. & Croft, B. A. (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual review of entomology*, 42 (1), 291–321.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.291>
- McMurtry, J. A. & Scriven, G. T. (1962) The use of agar media in transporting and rearing Phytoseiid mites. *Journal of Economic Entomology*, 55 (3), 412–414.
<https://doi.org/10.1093/jee/55.3.412>
- McMurtry, J. A. & Scriven, G. T. (1966) Effects of artificial foods on reproduction and development of four species of phytoseiid mites. *Annals of the Entomological Society of America*, 59 (2), 267–269.
<https://doi.org/10.1093/aesa/59.2.267>

- Midthassel, A., Leather, S. R., Wright, D. J. & Baxter, I. H. (2014) The functional and numerical response of *Typhlodromips swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to the factitious prey *Suidasia medanensis* (Acari: Suidasidae) in the context of a breeding sachet. *Biocontrol Science and Technology*, 24 (3), 361–374.
<https://doi.org/10.1080/09583157.2013.863270>
- Midthassel, A., Leather, S., Wright, D. J., Baxter, I. H., Farman, D. I. & Cork, A. (2015) An astigmatid defence volatile against a phytoseiid mite. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 158 (1), 97–107.
<https://doi.org/10.1111/eea.12382>
- Momen, F. M. & El-Laithy, A. Y. (2007) Suitability of the flour moth *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) for three predatory phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in Egypt. *International Journal of Tropical Insect Science*, 27 (2), 102–107.
<https://doi.org/10.1017/S1742758407777160>
- Momen, F. M., Nasr, A. E. K., Metwally, A. E. M., Mahmoud, Y. A. & Saleh, K. M. (2016) Performance of five species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on *Bactrocera zonata* eggs (Diptera: Tephritidae) as a factitious food. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 51 (1), 123–132.
<https://doi.org/10.1556/038.51.2016.1.11>
- Momen, F. M., Hassan, M. F. & Lamloom, M. (2020) Evaluation of two factitious preys for rearing *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 46 (6), 387–393.
<https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1804998>
- Morales-Ramos, J., Rojas, M. & Cahn, D. (2012) *System and method for production of predatory mites*, U.S. Patent No. 8,327,797. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G. & Coudron, T. A. (2014) Artificial diet development for entomophagous arthropods. *Mass Production of Beneficial Organisms*. Elsevier, pp. 203–240.
- Morrison, R. K. & King, E. G. (1977) Mass production of natural enemies. *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies: Insect and Mite Control with Parasites and Predators*, 183–217.
- Nemati, A., Riahi, E., Moghadam, A. K., Gwiazdowicz, D. J., Bahari, M. R. & Amini, P. (2019) Comparison of different pollen grains and a factitious prey as food sources for *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 24 (10), 2427–2438.

- <https://doi.org/10.11158/saa.24.12.10>
- Nemati, A. & Riahi, E. (2020) Does feeding on pollen grains affect the performance of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) during subsequent generations? *Bulletin of entomological research*, 110 (4), 449–456.
- <https://doi.org/10.1017/S0007485319000804>
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D., Lü, X. & De Clercq, P. (2013) Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *BioControl*, 58, 369–377.
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D. & De Clercq, P. (2014) Artificial and factitious foods support the development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Experimental and applied acarology*, 62, 181–194. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9749-8>
- Nguyen, D. T., Bouguet, V., Spranghers, T., Vangansbeke, D. & De Clercq, P. (2015) Beneficial effect of supplementing an artificial diet for *Amblyseius swirskii* with *Hermetia illucens* haemolymph. *Journal of Applied Entomology*, 139 (5), 342–351.
- <https://doi.org/10.1111/jen.12188>
- Nicolson, S. W. (2011) Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, 46 (2), 197–204.
- <https://doi.org/10.3377/004.046.0201>
- Nomikou, M., Sabelis, M. W. & Janssen, A. (2010) Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. *Biocontrol*, 55, 253–260.
- <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9233-x>
- Ochieng', R. S., Oloo, G. W. & Amboga, E. O. (1987) An artificial diet for rearing the phytoseiid mite, *Amblyseius teke* Pritchard and Baker. *Experimental & applied acarology*, 3, 169–173.
- Ogawa, Y. & Osakabe, M. (2008) Development, long-term survival, and the maintenance of fertility in *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on an artificial diet. *Experimental and Applied Acarology*, 45, 123–136.
- <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9189-z>
- Onawunmi, G. O. (1989) Evaluation of the antimicrobial activity of citral. *Letters in applied microbiology*, 9 (3), 105–108.
- <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1989.tb00301.x>

- OuYang, Q., Tao, N. & Zhang, M. (2018) A damaged oxidative phosphorylation mechanism is involved in the antifungal activity of citral against *Penicillium digitatum*. *Frontiers in microbiology*, 9, 239. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00239>
- Pacini, E., Guarnieri, M. & Nepi, M. (2006) Pollen carbohydrates and water content during development, presentation, and dispersal: a short review. *Protoplasma*, 228, 73–77. <https://doi.org/10.1007/s00709-006-0169-z>
- Pels, B. & Sabelis, M. W. (1999) Local dynamics, overexploitation and predator dispersal in an acarine predator-prey system. *Oikos*, 573–583. <https://doi.org/10.2307/3546662>
- Rabie, A. L., Wells, J. D. & Dent, L. K. (1983) The nitrogen content of pollen protein. *Journal of apicultural research*, 22 (2), 119–123. <https://doi.org/10.1080/00218839.1983.11100572>
- Ramakers, P. M. J. & van Lieburg, M. (1982) Start of commercial production and introduction of *Amblyseius mckenziei* Sch. & Pr. (Acarina: Phytoseiidae) for the control of *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in glasshouses.
- Ranabhat, N. B., Goleva, I. & Zebitz, C. P. (2014) Life tables of *Neoseiulus cucumeris* exclusively fed with seven different pollens. *BioControl*, 59, 195–203. <https://doi.org/10.1007/s10526-013-9556-5>
- Renkema, J. M., LeFors, J. A. & Johnson, D. T. (2017) First report of broad mite (Acari: Tarsonemidae) on commercial strawberry in Florida. *Florida Entomologist*, 100 (4), 804–806. <https://doi.org/10.1093/amt/tsx113>
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2016) Pollen quality and predator viability: Life table of *Typhlodromus bagdasarjani* on seven different plant pollens and two-spotted spider mite. *Systematic and Applied Acarology*, 21, 1399–1412. <https://doi.org/10.11158/saa.21.10.10>
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2017a) Attempt to develop cost-effective rearing of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae): assessment of different artificial diets. *Journal of Economic Entomology*, 110 (4), 1525–1532. <https://doi.org/10.1093/jee/tox172>
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2017b) Linking life table and consumption rate of *Amblyseius swirskii* (Acari:

- Phytoseiidae) in presence and absence of different pollens. *Annals of the Entomological Society of America*, 110 (2), 244–253.
<https://doi.org/10.1093/aesa/saw091>
- Riahi, E., Fathipour, Y., Talebi, A. A. & Mehrabadi, M. (2018) Factitious prey and artificial diets: do they all have the potential to facilitate rearing of *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae)? *International Journal of Acarology*, 44 (2–3), 121–128.
<https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1452293>
- Riddick, E. W. (2009) Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: a mini-review. *BioControl*, 54 (3), 325–339.
<https://doi.org/10.1007/s10526-008-9171-z>
- San, P. P., Tuda, M., Nakahira, K. & Takagi, M. (2020) Optimal rearing medium for the population growth of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1–5.
<https://doi.org/10.1186/s41938-020-00332-y>
- Scopes, N. E. A. (1968) Mass-Rearing of *Phytoseiulus riegeli* Dosse for Use in Commercial Horticulture. *Plant Pathology*, 17 (3), 123–126.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1968.tb00434.x>
- Scriven, G. T. & McMurtry, J. A. (1971) Quantitative production and processing of tetranychid mites for large-scale testing or predator production. *Journal of Economic Entomology*, 64 (5), 1255–1257.
<https://doi.org/10.1093/jee/64.5.1255>
- Shih, C. I. T., Chang, H. Y., Hsu, P. H. & Hwang, Y. F. (1993) Responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) to natural food resources and two artificial diets. *Experimental & applied acarology*, 17, 503–519.
<https://doi.org/10.1007/BF00058894>
- Shih, C. I. T. (2001) Automatic mass-rearing of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & applied acarology*, 25, 425–440.
<https://doi.org/10.1023/A:1017978017990>
- Schlieske, J. (1981) On the technique for mass-rearing of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) under controlled conditions. *Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen*, 46, 511–517.
- Schmidt, J. P. & Buchmann, S. L. (1985) Pollen digestion and nitrogen utilization by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 82 (3), 499–503.

- [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(85\)90423-2](https://doi.org/10.1016/0300-9629(85)90423-2)
- Skirvin, D. J., Kravar-Garde, L., Reynolds, K., Jones, J. & De Courcy Williams, M. (2006) The influence of pollen on combining predators to control *Frankliniella occidentalis* in ornamental chrysanthemum crops. *Biocontrol Science and Technology*, 16, 99–105.
<https://doi.org/10.1080/09583150500258636>
- Skirvin, D. J., Kravar-Garde, L., Reynolds, K., Jones, J., Mead, A. & Fenlon, J. (2007) Supplemental food affects thrips predation and movement of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 97, 309–315.
<https://doi.org/10.1017/S0007485307005007>
- Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Laviña, E., Baeza-Mesa, M. & Persoone, G. (1977) Decapsulation of *Artemia* cysts: a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. *Aquaculture*, 12 (4), 311–315.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(77\)90209-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(77)90209-5)
- Tabic, A., Katz, T., Grosman, A. & Steinberg, S. (2019) Novel methods for rearing and controlled release of biological control agents. No. 2019 171374. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Tabic, A., Katz, T., Grosman, A. & Steinberg, S. (2021) Novel methods for rearing and controlled release of predatory mites. No. 2021 044404. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Tanigoshi, L. K., Nishio-Wong, J. Y. & Fargerlund, J. (1983) Greenhouse-and laboratory-rearing studies of *Euseius hibisci* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae), a natural enemy of the citrus thrips, *Scirtothrips citri* (Moulton) (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 12 (4), 1298–1302.
<https://doi.org/10.1093/ee/12.4.1298>
- Theaker, T. L. & Tonks, N. V. (1977) A method for rearing the predaceous mite, *Phytoseilus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 74, 8–9.
- Trichilo, P. J. & Leigh, T. F. (1986) Predation on spider mite eggs by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton agroecosystem. *Environmental Entomology*, 15 (4), 821–825.
<https://doi.org/10.1093/ee/15.4.821>

- van Baalen, M. & Sabelis, M. W. (1995) The milker-killer dilemma in spatially structured predator-prey interactions. *Oikos*, 391–400.
<https://doi.org/10.2307/3545984>
- Vangansbeke, D., Nguyen, D. T., Audenaert, J., Verhoeven, R., Deforce, K., Gobin, B., Tirry, L. & De Clercq, P. (2014) Diet-dependent cannibalism in the omnivorous phytoseiid mite *Amblydromalus limonicus*. *Biological control*, 74, 30–35.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.03.015>
- Vangansbeke, D., Nguyen, D. T., Audenaert, J., Gobin, B., Tirry, L. & De Clercq, P. (2016) Establishment of *Amblyseius swirskii* in greenhouse crops using food supplements. *Systematic and Applied Acarology*, 21 (9), 1174–1184. <https://doi.org/10.11158/saa.21.9.2>
- Vangansbeke, D., Duarte, M.V.A., Bolckmans, K., Guilbaud, M. H. L., Benavente, A. M., Pekas, A. & Wackers, F.L. (2020) Mite composition and method for growing mites. No. 2020 070334. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Vangansbeke, D., Duarte, M.V.A., Merckxa, J., Benavente, A., Magowski, W. L., França, S.C., Bolckmans, K. & Wäckers, F. (2021) Impact of a tarsonemid prey mite and its fungal diet on the reproductive performance of a predatory mite. *Experimental and Applied Acarology*, 83 (3), 313–323.
<https://doi.org/10.1101/2020.10.14.338889>
- Vangansbeke, D., Duarte, M. V., Pekas, A., Wäckers, F. & Bolckmans, K. (2023) Mass production of predatory mites: state of the art and future challenges. Pp: 195-232. In: *Mass production of beneficial organisms*, Academic Press, ISBN 9780128221068, 195–232.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822106-8.00006-3>.
- van Lenteren, J. C. (2012) The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57 (1), 1–20.
<https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- van Rijn, P. C., van Houten, Y. M. & Sabelis, M. W. (2002) How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. *Ecology*, 83, 2664–2679.
<https://doi.org/10.2307/3072005>
- van Stappen, G. (1996) Use of cysts. Pp: 107–136. In: *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Rome, Italy: FAO.

- Vantornhout, I., Minnaert, H., Tirry, L., & De Clercq, P. (2004) Effect of pollen, natural prey and factitious prey on the development of *Iphiseius degenerans*. *BioControl*, 49 (6), 627–644.
<https://doi.org/10.1007/s10526-004-5280-5>
- Vila, E. & Griffiths, D. (2011) Mite composition, method for rearing a phytoseiid predatory mite species, and use of the composition for controlling crop pests. EP 2380436.
- Walzer, A. & Schausberger, P. (2009) Non- consumptive effects of predatory mites on thrips and its host plant. *Oikos*, 118 (6), 934–940.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17299.x>
- Wekesa, V. W., Moraes, G. D., Knapp, M. & Delalibera Jr, I. (2007) Interactions of two natural enemies of *Tetranychus evansi*, the fungal pathogen *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) and the predatory mite, *Phytoseiulus longipes* (Acari: Phytoseiidae). *Biological Control*, 41 (3), 408–414.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.03.003>
- Weintraub, P., Kleitman, S., Mori, R., Gan-Mor, S., Ganot, L. & Palevsky, E. (2009) Novel application of pollen to augment the predator *Amblyseius swirskii* on greenhouse sweet pepper. *IOBC/WPRS Bulletin*, 50, 119–124.
- Yari, S., Farazmand, A., Zemek, R., and Arbabi, M. (2025) A practical mass-rearing system for phytoseiid mites: a case study with *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus californicus*, and *Neoseiulus barkeri*. *Persian Journal of Acarology*, (Accepted, Awaiting publication).
- Yazdanpanah, S., Fathipour, Y. & Riahi, E. (2021) Pollen grains are suitable alternative food for rearing the commercially used predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 26 (5), 1009–1020.
<https://doi.org/10.11158/saa.26.5.14>
- Yazdanpanah, S. & Fathipour, Y. (2023) Predators of Mite Pests. Pp: 245–283. In: *Insect Predators in Pest Management*. Boca Raton, USA: CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003370864-10>
- Yazdanpanah, S., Fathipour, Y., Riahi, E. & Zalucki, M. P. (2022) Cost-effective and efficient factitious prey for mass production of *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): assessing its quality compared with natural prey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32 (1), 16.
<https://doi.org/10.1186/s41938-022-00518-6>



Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection

Rearing methods of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae)

Samaneh Yari
Masoud Arbabi

Iranian Research Institute of Plant Protection

**Registration No.
66861**

2025