



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی
گروه آموزشی گیاه پزشکی

رساله برای دریافت درجه‌ی دکترای تخصصی (Ph.D)
در رشته‌ی حشره‌شناسی کشاورزی

عنوان:

**برخی برهم کنش‌های تغذیه‌ای سه سطحی بین سه گونه گیاه میزبان، سفیدبالک
کلخانه *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) و دو گونه از دشمنان طبیعی آن**

استاد راهنما:

دکتر مهدی حسن پور

اساتید مشاور:

دکتر علی گلی زاده

دکتر شهرام فرخی

پژوهشگر:

محمدرضا باقری

زمستان ۱۳۹۵

نام خانوادگی دانشجو: باقری	نام: محمدرضا
عنوان رساله: برخی برهم‌کنش‌های تغذیه‌ای سه سطحی بین سه گونه گیاه میزبان، سفیدبالک گلخانه، <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood) و دو گونه از دشمنان طبیعی آن	
استاد راهنما: دکتر مهدی حسن‌پور اساتید مشاور: دکتر علی گلی‌زاده و دکتر شهرام فرخی	
مقطع تحصیلی: دکترای تخصصی (Ph.D)	رشته: حشره‌شناسی کشاورزی
دانشگاه: محقق اردبیلی	دانشکده: کشاورزی و منابع طبیعی
تاریخ دفاع: یکشنبه ۱۳۹۵/۱۱/۱۰	تعداد صفحات: ۱۹۴ صفحه
<p>چکیده:</p> <p>در این پژوهش تأثیر سه گیاه گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان روی پارامترهای زیستی و رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، <i>Trialeurodes vaporariorum</i>، و دو دشمن طبیعی مهم آن، سن شکارگر <i>Nesidiocoris tenuis</i> و زنبور پارازیتوئید <i>Encarsia formosa</i>، و همچنین برهم‌کنش‌های سه جانبه بین آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که گیاهان میزبان روی پارامترهای رشد جمعیت آفت و دشمنان طبیعی آن تأثیر دارند، به طوری که بالاترین و پایین‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (<i>r</i>) سفیدبالک گلخانه به ترتیب در بادمجان (0.144 ± 0.005 بر روز) و گوجه‌فرنگی (0.118 ± 0.005 بر روز) به دست آمد. در مقابل، بالاترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (<i>r</i>) زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> (0.239 ± 0.004 بر روز) و سن شکارگر <i>N. tenuis</i> (0.117 ± 0.005 بر روز) در گوجه‌فرنگی ثبت شد. نرخ خالص شکارگری سن شکارگر از پوره‌های سن دوم سفیدبالک گلخانه برای سه میزبان گیاهی مذکور به ترتیب $1.803/59 \pm 135/9$، $1337/17 \pm 114/27$ و $1163/27 \pm 105/81$ پوره در طول عمر به دست آمد. نوع واکنش تابعی سن شکارگر و زنبور پارازیتوئید نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه روی هر سه گیاه میزبان از نوع دوم بود. در بررسی برهم‌کنش‌ها بین دو دشمن طبیعی مورد بررسی مشاهده شد که بین آنها پدیده‌ی شکارگری درون رسته‌ای تصادفی نامتقارن وجود دارد. در هر سه میزبان گیاهی حشره‌ی ماده‌ی شکارگر به یک نسبت از پوره‌های پارازیته نشده و پارازیته شده‌ی سفیدرنگ تغذیه کرد، اما به طور معنی‌داری پوره‌های پارازیته شده‌ی سیاه‌رنگ کمتری را شکار کرد. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که این دو دشمن طبیعی را بتوان در چارچوب یک برنامه‌ی مدیریت تلفیقی برای کنترل سفیدبالک گلخانه، به‌ویژه در گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار داد، اما استفاده‌ی توأم از آنها در کنترل آفت نیازمند تحقیقات بیشتر است.</p>	
<p>کلید واژه‌ها: جدول زندگی دوجنسی، شکارگری درون رسته‌ای، گیاهان میزبان، واکنش تابعی، <i>Encarsia formosa</i>، <i>Nesidiocoris tenuis</i>، <i>Trialeurodes vaporariorum</i></p>	

فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱- اهمیت و ضرورت پژوهش ۲

فصل دوم: مبانی نظری پژوهش

- ۱-۲- معرفی آفت و دشمنان طبیعی آن ۶
- ۱-۱-۲- سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) ۶
- ۱-۱-۱-۲- شکل شناسی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* ۷
- ۲-۱-۱-۲- اهمیت اقتصادی ۱۰
- ۳-۱-۱-۲- روابط سفیدبالکها با میزبان گیاهی ۱۱
- ۲-۱-۲- سن شکارگر *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) ۱۲
- ۳-۱-۲- زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan, 1924 ۱۷
- ۱-۳-۱-۲- شکل شناسی، زیست شناسی و رفتارشناسی زنبور *E. formosa* ۱۸
- ۲-۲- جدول زندگی ۲۱
- ۳-۲- جدول زندگی سن - مرحله‌ی دو جنسی ۲۲
- ۴-۲- واکنش تابعی ۲۳
- ۱-۴-۲- انواع واکنش تابعی ۲۴
- ۱-۱-۴-۲- واکنش تابعی نوع I ۲۴
- ۲-۱-۴-۲- واکنش تابعی نوع II ۲۵
- ۲-۱-۴-۲- واکنش تابعی نوع III ۲۵
- ۴-۱-۴-۲- واکنش تابعی نوع IV ۲۶
- ۵-۲- شکارگری درون رسته‌ای ۲۷
- ۱-۵-۲- شکارگری درون رسته‌ای میان دو گونه پارازیتوئید ۲۸
- ۲-۵-۲- شکارگری درون رسته‌ای میان دو گونه شکارگر ۲۹
- ۳-۵-۲- شکارگری درون رسته‌ای بین یک گونه پارازیتوئید و یک گونه شکارگر ۲۹
- ۶-۲- اثرات سه سطحی گیاه- گیاهخوار- دشمن طبیعی ۳۱

فصل سوم: مواد و روش پژوهش

- ۳-۱- شرایط انجام آزمایش ۳۴
- ۳-۲- پرورش گیاهان میزبان ۳۴
- ۳-۳- ایجاد کلنی و پرورش حشرات ۳۵
- ۳-۴- مطالعه‌ی پارامترهای زیستی و جدول زندگی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* ۳۷
- ۳-۴-۱- اندازه‌گیری میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های گیاهان میزبان ۳۹
- ۳-۴-۱-۱- اندازه‌گیری درصد ازت ۴۰
- ۳-۴-۱-۲- اندازه‌گیری درصد فسفر ۴۰
- ۳-۴-۱-۳- اندازه‌گیری درصد پتاسیم ۴۰
- ۳-۴-۲- تجزیه‌ی داده‌ها ۴۲
- ۳-۵- مطالعه‌ی پارامترهای زیستی، جدول زندگی و نرخ شکارگری سن شکارگر *N. tenuis* ۴۲
- ۳-۶- مطالعه‌ی پارامترهای زیستی و جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* ۴۵
- ۳-۷- تجزیه‌ی داده‌ها ۴۷
- ۳-۷-۱- تشکیل جدول زندگی ویژه‌ی سن ۴۸
- ۳-۷-۲- جدول تولیدمثل ۴۹
- ۳-۷-۳- نرخ‌های تولیدمثل روزانه ۵۰
- ۳-۷-۴- پارامترهای رشد جمعیت پایدار ۵۰
- ۳-۸- آزمایش‌های واکنش تابعی ۵۱
- ۳-۸-۱- واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* ۵۱
- ۳-۸-۲- واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* ۵۲
- ۳-۸-۳- تجزیه‌ی داده‌های واکنش تابعی ۵۳
- ۳-۹- شکارگری درون رسته‌ای ۵۵
- ۳-۹-۱- آزمایش‌های با حق انتخاب ۵۵
- ۳-۹-۲- آزمایش‌های بدون حق انتخاب ۵۷
- ۳-۹-۳- تجزیه‌ی داده‌ها ۵۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۶۱	۴-۱- پارامترهای زیستی، جدول زندگی و رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۶۱	۴-۱-۱- پارامترهای زیستی و جدول زندگی
۷۸	۴-۱-۲- پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۸۱	۴-۱-۳- میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های گیاهان میزبان
۸۲	۴-۲- پارامترهای زیستی، جدول زندگی، رشد جمعیت و ظرفیت شکارگری سن <i>N. tenuis</i>
۸۲	۴-۱-۲- پارامترهای زیستی و جدول زندگی
۹۴	۴-۲-۲- پارامترهای رشد جمعیت سن شکارگر <i>N. tenuis</i>
۹۶	۴-۳-۲- نرخ شکارگری <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۱۰۳	۴-۳- پارامترهای زیستی، جدول زندگی و رشد جمعیت زنبور <i>E. formosa</i> روی سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۱۰۳	۴-۱-۳- پارامترهای زیستی و جدول زندگی
۱۱۶	۴-۲-۳- پارامترهای رشد جمعیت زنبور <i>E. formosa</i>
۱۱۸	۴-۴- واکنش تابعی سن شکارگر <i>N. tenuis</i> نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۱۲۸	۴-۵- واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>
۱۳۶	۴-۶- شکارگری درون رسته‌ای.....
۱۳۶	۴-۶-۱- شکارگری درون رسته‌ای، بدون حق انتخاب
۱۳۸	۴-۶-۲- شکارگری درون رسته‌ای، با حق انتخاب
۱۴۹	۴-۷- رابطه‌ی گیاهان میزبان با سفیدبالک گلخانه و دشمنان طبیعی آن
۱۴۹	۴-۷-۱- رابطه‌ی گیاهان میزبان با سفیدبالک گلخانه
۱۵۵	۴-۷-۲- رابطه‌ی گیاهان میزبان با سن شکارگر
۱۵۸	۴-۷-۳- رابطه‌ی گیاهان میزبان با زنبور پارازیتوئید
۱۶۱	۴-۸- نتیجه‌گیری نهایی
۱۶۳	۴-۹- پیشنهادها
۱۶۴	فهرست منابع و مآخذ

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۴-۱- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای طول دوره‌ی (روز) نشوونمای مراحل مختلف زیستی سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۶۱
جدول ۴-۲- طول دوره‌ی (روز) نشوونمای مراحل مختلف زیستی سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۶۲
جدول ۴-۳- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای طول دوره‌ی زندگی و پارامترهای تولیدمثلی افراد بالغ سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۶۵
جدول ۴-۴- طول دوره‌ی زندگی و پارامترهای تولیدمثلی افراد بالغ سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۶۶
جدول ۴-۵- درصد مرگ و میر مرحله‌ای و نرخ زنده‌مانی مرحله‌ی پیش از بلوغ سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۷۰
جدول ۴-۶- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> بین سه میزبان گیاهی مختلف.....	۷۹
جدول ۴-۷- پارامترهای رشد جمعیت سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف..	۷۹
جدول ۴-۸- میانگین میزان ازت، فسفر و پتاسیم موجود در برگ‌های سه گیاه میزبان بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی.....	۸۱
جدول ۴-۹- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل مختلف زیستی سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۸۲
جدول ۴-۱۰- طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل مختلف زیستی سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۸۴
جدول ۴-۱۱- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای طول دوره‌ی زندگی و زادآوری افراد بالغ سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۸۵
جدول ۴-۱۲- طول دوره‌ی زندگی و زادآوری افراد بالغ سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۸۶
جدول ۴-۱۳- درصد مرگ و میر مرحله‌ای و نرخ زنده‌مانی پیش از بلوغ سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه گیاه میزبان مختلف.....	۸۸

جدول ۴-۱۴- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای پارامترهای رشد جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ۹۵

جدول ۴-۱۵- پارامترهای رشد جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ۹۵

جدول ۴-۱۶- میانگین تعداد پوره‌ی سفیدبالک *T. vaporariorum* شکار شده در مراحل مختلف زندگی سن *N. tenuis* روی سه میزبان گیاهی مختلف ۹۷

جدول ۴-۱۷- نرخ خالص مصرف ویژه‌ی مرحله، نرخ میانگین مصرف روزانه و ضریب وزنی مراحل مختلف زندگی سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف ۹۸

جدول ۴-۱۸- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای مراحل مختلف زیستی زنبور *E. formosa* روی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* بین سه میزبان گیاهی مختلف ۱۰۴

جدول ۴-۱۹- طول دوره‌ی نشوونمای مراحل مختلف زیستی زنبور *E. formosa* پارازیتوئید سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ۱۰۴

جدول ۴-۲۰- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای طول دوره‌های زندگی و زادآوری زنبور *E. formosa* روی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف ۱۰۵

جدول ۴-۲۱- میانگین طول دوره‌های زندگی و زادآوری زنبور *E. formosa* روی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه میزبان گیاهی مختلف ۱۰۶

جدول ۴-۲۲- درصد مرگ و میر مرحله‌ای و نرخ زنده‌مانی دوره‌ی پیش از بلوغ زنبور *E. formosa* روی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه گیاه میزبان مختلف ۱۰۹

جدول ۴-۲۳- مقادیر محاسبه شده‌ی محدوده‌ی اطمینان ۹۵٪ برای پارامترهای رشد جمعیت زنبور *E. formosa* پارازیتوئید سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ۱۱۶

جدول ۴-۲۴- پارامترهای رشد جمعیت زنبور *E. formosa* پارازیتوئید سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* روی سه گیاه میزبان مختلف ۱۱۷

جدول ۴-۲۵- رگرسیون لجستیک واکنش تابعی سن *N. tenuis* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف ۱۲۵

جدول ۴-۲۶- پارامترهای برآورد شده‌ی واکنش تابعی مراحل مختلف سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف ۱۲۶

جدول ۴-۲۷- میانگین تغذیه‌ی سن شکارگر *N. tenuis* در بالاترین تراکم پوره‌های *T. vaporariorum* در گیاهان میزبان مختلف ۱۲۶

جدول ۴-۲۸- رگرسیون لجستیک واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تراکم‌های مختلف پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف ۱۳۳

جدول ۴-۲۹- پارامترهای برآورد شده‌ی واکنش تابعی مراحل مختلف زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف..... ۱۳۴

جدول ۴-۳۰- میانگین پارازیتیسیم و پارازیتیسیم + میزبان‌خواری زنبور پارازیتوئید *E. formosa* در بالاترین تراکم پوره‌های *T. vaporariorum* در میزبان‌های گیاهی مختلف..... ۱۳۴

جدول ۴-۳۱- مقایسه میانگین درصد طعمه‌های خورده شده توسط سن شکارگر *N. tenuis* در سه نوع طعمه و سه گیاه میزبان..... ۱۳۸

جدول ۴-۳۲- مقایسه‌ی میانگین درصد زنده‌مانی افراد خورده نشده در سه نوع طعمه و سه گیاه میزبان..... ۱۳۸

جدول ۴-۳۳- مقایسه‌ی میانگین شاخص ترجیح (آلفای منلی) سن شکارگر *N. tenuis* برای سه ترکیب طعمه در سه میزبان گیاهی گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان در آزمایش‌های با حق انتخاب..... ۱۳۹

جدول ۴-۳۴- تجزیه واریانس برای فرض صفر مبنی بر عدم ترجیح بین طعمه‌های مختلف در سه میزبان گیاهی گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان..... ۱۴۰

فهرست نمودارها

شماره و عنوان نمودار	صفحه
نمودار ۴-۱- امید به زندگی ویژه سن- مرحله (e_{xj}) سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف.....	۷۴
نمودار ۴-۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله (s_{xj}) سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف.....	۷۵
نمودار ۴-۳- ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف... ۷۶	۷۶
نمودار ۴-۴- نرخ زنده‌مانی ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن- مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه سنی (m_x) و باروری ویژه سنی ($l_x m_x$) سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> در سه میزبان گیاهی مختلف.....	۷۷
نمودار ۴-۵- امید به زندگی ویژه سن- مرحله (e_{xj}) سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف.....	۹۰
نمودار ۴-۶- نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله (s_{xj}) سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف.....	۹۱
نمودار ۴-۷- ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) سن شکارگر <i>N. tenuis</i> در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی سه میزبان گیاهی مختلف.....	۹۲

نمودار ۴-۸- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، باروری ویژه‌ی سن- مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) و باروری ویژه‌ی سنی ($l_x m_x$) سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه میزان گیاهی مختلف..... ۹۳

نمودار ۴-۹- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (k_x) و نرخ خالص شکارگری ویژه‌ی سن ($l_x k_x$) سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی سه میزان گیاهی مختلف..... ۹۹

نمودار ۴-۱۰- نرخ شکارگری ویژه‌ی سن (c_{xj}) مراحل مختلف زندگی سن شکارگر *N. tenuis* در تغذیه از پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* روی سه میزان گیاهی مختلف..... ۱۰۰

نمودار ۴-۱۱- امید به زندگی ویژه سن- مرحله (e_{xj}) زنبور *E. formosa* روی سه میزان گیاهی مختلف..... ۱۱۲

نمودار ۴-۱۲- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن- مرحله (s_{xj}) زنبور *E. formosa* روی سه میزان گیاهی مختلف..... ۱۱۳

نمودار ۴-۱۳- ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) زنبور *E. formosa* روی سه میزان گیاهی مختلف..... ۱۱۴

نمودار ۴-۱۴- نرخ زنده‌مانی ویژه‌ی سن (l_x)، باروری ویژه‌ی سن- مرحله (f_{xj})، زادآوری ویژه‌ی سنی (m_x) و باروری ویژه‌ی سنی ($l_x m_x$) زنبور *E. formosa* در سه میزان گیاهی مختلف..... ۱۱۵

نمودار ۴-۱۵- واکنش تابعی حشرات بالغ نر، ماده‌ی باکره و ماده‌ی جفت‌گیری کرده‌ی سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی..... ۱۲۷

نمودار ۴-۱۶- واکنش تابعی زنبور *E. formosa* نسبت به تغییرات تراکم پوره‌های سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* در بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی..... ۱۳۵

نمودار ۴-۱۷- مقایسه میانگین درصد زنده‌مانی طعمه‌های مختلف در حضور و بدون حضور سن شکارگر *N. tenuis* در بادمجان..... ۱۴۵

نمودار ۴-۱۸- مقایسه میانگین درصد زنده‌مانی طعمه‌های مختلف در حضور و بدون حضور سن شکارگر *N. tenuis* در خیار..... ۱۴۵

نمودار ۴-۱۹- مقایسه میانگین درصد زنده‌مانی طعمه‌های مختلف در حضور و بدون حضور سن شکارگر *N. tenuis* در گوجه‌فرنگی..... ۱۴۵

نمودار ۴-۲۰- شاخص ترجیح سن شکارگر *N. tenuis* نسبت به طعمه‌های مختلف در آزمایش با حق انتخاب در سه گیاه بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی..... ۱۴۶

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۲ - دسته‌های تخم سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> در گوجه‌فرنگی و پوره‌های سنین اول و دوم در بادمجان	۹
شکل ۲-۲ - پوره‌ی سن سوم و چهارم سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> در بادمجان	۹
شکل ۳-۲ - شفیره، حشرات بالغ نر و ماده و پوسته‌های شفیرگی سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i>	۹
شکل ۴-۲ - تخم، خروج پوره‌ی سن اول، پوره‌ی سن اول و اوپرکولوم تخم <i>N. tenuis</i>	۱۴
شکل ۵-۲ - پوره‌های سن اول <i>N. tenuis</i> روی خیار و بادمجان	۱۵
شکل ۶-۲ - پوست‌اندازی، پوره‌ی سن پنجم و حشره‌ی بالغ <i>N. tenuis</i>	۱۶
شکل ۷-۲ - صدمه‌ی سن شکارگر <i>N. tenuis</i> به گیاهان میزبان. ایجاد حلقه در ساقه، علفی شدن بوته و خشک شدن برگ ناشی از تخم‌گذاری در گوجه‌فرنگی، ریزش گل در گوجه‌فرنگی ناشی از تغذیه‌ی حشره، پارگی برگ و کوتولگی بوته در خیار ناشی از تغذیه و تخم‌گذاری حشره	۱۶
شکل ۸-۲ - زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> و پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه <i>T. vaporariorum</i> پوره‌ی پارازیته شده‌ی سفیدبالک گلخانه و لارو سن سوم زنبور پارازیتوئید داخل بدن پوره‌ی سفیدبالک گلخانه	۲۰
شکل ۹-۲ - قطعات مکنونیوم و شفیره‌ی زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> در مرحله‌ی جایگزینی میستوم، شفیره‌ی زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> در مرحله‌ی مومیایی سیاه	۲۰
شکل ۱۰-۲ - منحنی‌های تعداد و درصد طعمه‌ی خورده شده در واکنش‌های تابعی نوع I، II و III	۲۵
شکل ۱۱-۲ - منحنی واکنش تابعی نوع IV	۲۶
شکل ۱-۳ - کلنی حشرات در اتاق حرارت ثابت	۳۴
شکل ۲-۳ - بوته‌های گیاهان خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان در گلدان‌های پلاستیکی در اتاقک رشد	۳۵
شکل ۳-۳ - کلنی سفیدبالک گلخانه، <i>T. vaporariorum</i> روی گیاهان گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان	۳۵
شکل ۴-۳ - پرورش سن شکارگر <i>N. tenuis</i> روی گیاه توتون	۳۶
شکل ۵-۳ - جمع‌آوری سن <i>N. tenuis</i> از طبیعت	۳۶
شکل ۶-۳ - کلنی زنبور پارازیتوئید <i>E. formosa</i> روی گیاه تنباکو (<i>N. tabacum</i>)	۳۷
شکل ۷-۳ - نگهداری بوته‌های گیاهان میزبان آلوده به پوره‌های سفیدبالک گلخانه در اتاقک رشد	۳۷
شکل ۸-۳ - بررسی جدول زندگی سفیدبالک گلخانه روی ساقه‌های بریده شده‌ی گیاهان میزبان در اتاقک رشد و پرورش بوته‌های خیار برای استفاده در مطالعات جدول زندگی	۳۸
شکل ۹-۳ - اندام جنسی حشره‌ی نر و ماده‌ی سفیدبالک گلخانه <i>T. vaporariorum</i>	۳۹
شکل ۱۰-۳ - دستگاه کج‌دال	۴۱
شکل ۱۱-۳ - دستگاه طیف‌سنج نوری	۴۱

- شکل ۳-۱۲- دستگاه نورسنج شعله‌ای ۴۱
- شکل ۳-۱۳- تخم سن *N. tenuis* در ساقه‌ی گیاه خیار و بادمجان ۴۲
- شکل ۳-۱۴- ظروف پرورش مراحل نابالغ سن *N. tenuis* در بررسی پارامترهای جدول زندگی ۴۳
- شکل ۳-۱۵- حشره‌ی ماده، حشره‌ی نر و جفت‌گیری سن *N. tenuis* ۴۳
- شکل ۳-۱۶- ظروف حاوی سن *N. tenuis* در بررسی پارامترهای زیستی و جدول زندگی شکارگر ۴۳
- شکل ۳-۱۷- کلنی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* روی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی ۴۶
- شکل ۳-۱۸- رهاسازی زنبور *E. formosa* روی پوره‌های سن سوم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در سه میزبان گیاهی بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی برای مطالعه‌ی جدول زندگی ۴۷
- شکل ۳-۱۹- ظروف پرورش حشرات نر و ماده‌ی سن شکارگر *N. tenuis* جهت استفاده در آزمایش واکنش تابعی ۵۲
- شکل ۳-۲۰- آزمایش واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به تغییرات تراکم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* ۵۳
- شکل ۳-۲۱- چینش انواع طعمه در آزمایش شکارگری درون رسته‌ای ۵۷
- شکل ۴-۱- شفییره‌ی زنبور *E. formosa* که مورد حمله‌ی سن شکارگر *N. tenuis* قرار گرفته است ۱۴۶
- شکل ۴-۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی از تریکوم‌ها در برگ گوجه‌فرنگی ۱۴۷
- شکل ۴-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از تریکوم‌ها در برگ خیار ۱۴۷
- شکل ۴-۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی از تریکوم‌ها در برگ بادمجان ۱۴۸
- شکل ۴-۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی از شفییره‌ی پارازیته شده‌ی سفیدبالک گلخانه ۱۴۸
- شکل ۴-۶- تریکوم‌های غیر غده‌ای نوع Vb و غده‌ای نوع VI در سطح زیرین برگ گوجه‌فرنگی ۱۶۰
- شکل ۴-۷- تریکوم غیر غده‌ای نوع III در گوجه‌فرنگی ۱۶۰

فصل اول:

کلیات پژوهش

۱-۱- اهمیت و ضرورت پژوهش:

به اعتقاد بسیاری از صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران، تولیدات گلخانه‌ای در عصر حاضر ضمن حفظ ماهیت کشاورزی، به صنعتی پویا و بالنده تبدیل شده است که دامنه‌ی علمی و پیچیدگی‌های فنی و تخصصی و ابعاد اقتصادی و مدیریتی آن روز به روز گسترده‌تر و وسعت و تنوع اطلاعات در این عرصه به سرعت تکمیل و فراگیر می‌شود. با توجه به این‌که تولیدات گلخانه‌ای اغلب مصرف تازه‌خوری دارند، یکی از مهمترین معضلات آنها مسئله‌ی آفات و بیماری‌های گیاهی است. در مجموع ۶۰۷ گونه عامل خسارت‌زا شامل انواع حشرات و کنه‌های آفت، قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها، نماتدها و علف‌های هرز و سایر جانوران زیان‌آور به محصولات کشاورزی خسارت می‌زنند که ۲۸٪ آنها (حدود ۱۷۰ گونه) سهم آفات است (بی‌نام ۱۳۹۴). از میان آنها حدود ۸۰ گونه عامل خسارت‌زا از گلخانه‌ها گزارش شده است و برای کنترل آنها ۶۴ نوع آفت‌کش به‌کار می‌رود (بنی‌عامری، ۱۳۸۹؛ فرخی، ۱۳۹۱).

گوجه‌فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mill.، خیار *Cucumis sativus* L.، و بادمجان *Solanum melongena* L. سه محصول عمده‌ی جالیزی جهان و ایران هستند که هم در فضای باز و هم به‌صورت گلخانه‌ای کشت می‌شوند. در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۳۱/۶ درصد از سطح برداشت کل سبزیجات ایران به گوجه‌فرنگی و ۳۱/۸ درصد از سطح برداشت گروه محصولات جالیزی به خیار اختصاص داشت. در سال زراعی مذکور سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای کشور بالغ بر ۹۷۰۰ هکتار بود که بیش از ۵۷۰۰ هکتار آن به خیار گلخانه‌ای اختصاص داشت. در آن سال میزان برداشت از محصولات گلخانه‌ای کشور بیش از ۱/۵ میلیون تن بود (بی‌نام، ۱۳۹۴).

گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولات غذایی و هشتمین محصول تولید شده در بین ۲۰ محصول برتر کشاورزی و دامی جهان است. ایرانیان با مصرف سرانه‌ی حدود ۵۰ کیلوگرم در سال از پرمصرف‌ترین ملل جهان در زمینه‌ی مصرف گوجه‌فرنگی هستند. در سال ۲۰۱۴ در جهان بیش از ۱۷۰ میلیون تن گوجه‌فرنگی تولید شد. در این سال ایران با تولید نزدیک به شش میلیون تن گوجه‌فرنگی پس از کشورهای چین، هند، آمریکا، ترکیه و

مصر در رتبه ششم جهان قرار داشت. در آن سال در جهان ۷۵ میلیون تن خیار تولید شد. کشور چین با تولید بیش از ۵۶ میلیون تن در رده‌ی نخست تولید این محصول قرار داشت و ایران با تولید بیش از ۱/۸ میلیون تن رتبه‌ی سوم تولید این محصول را در جهان به خود اختصاص داد. در سال مذکور سطح زیر کشت بادمجان در جهان ۱/۶ میلیون هکتار، با ۵۰ میلیون تن تولید بوده است. ایران با بیش از ۸۰۵ هزار تن تولید پس از چین، هند، مصر و ترکیه در رتبه‌ی پنجم جهان قرار داشت (<http://faostat3.fao.org>)^۱.

مهمترین آفات این سه محصول در گلخانه‌های کشور عبارتند از: عسلک پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius)، سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)، کنه‌ی تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch)، مگس‌های مینوز برگ (*Liriomyza* spp.)، تریپس‌توتون (*Thrips tabaci* Lindeman) و تریپس غربی گل (*Frankliniella occidentalis* Pergande)، انواع شته‌ها (*Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis fabae* Scopoli, *A. gossypii* Glover, *Macrosiphum* spp. مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* Meyrick) و شپشک‌ها (*Planococcus* sp. and *Pseudococcus* sp.). در حال حاضر روش متداول برای کنترل حشرات آفات، استفاده از حشره‌کش‌ها است. استفاده‌ی بی‌رویه از حشره‌کش‌های شیمیایی عوارض جانبی متعددی دارد که یکی از آن‌ها ایجاد مسومیت‌های مزمن به خاطر آلودگی‌های شدید غذایی می‌باشد (ماتسومورا^۲، ۲۰۱۲). یکی از روش‌های جایگزین یا مکمل برای کنترل شیمیایی که می‌تواند در قالب برنامه‌های IPM همراه با سایر روش‌های کنترل آفات بکار رود، کنترل بیولوژیک است.

علیرغم گسترش کشت گلخانه‌ای در کشور در دهه‌های اخیر، کنترل بیولوژیک تنها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، به طوری که نخستین تلاش‌ها در این زمینه با استفاده از بعضی از عوامل بیولوژیک بومی نظیر بالتوری سبز، در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ در سطح محدود آغاز شد. در سال‌های بعد با استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک وارداتی، این تلاش‌ها گسترش یافت و از دو هکتار در سال ۱۳۸۷ به حدود ۱۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۱ افزایش یافت. در همین سال، با توجه به نتایج حاصل از کنترل بیولوژیک در گلخانه‌های کشور ۱۱ عامل کنترل بیولوژیک ماکرو و میکرو در کشور به ثبت رسید و اجازه‌ی بهره‌برداری تجاری از آنها صادر شد که مهمترین آنها

^۱ . بنابر گزارش FAO میزان تولید گوجه‌فرنگی، خیار و بادمجان در ایران در سال ۲۰۱۴ به ترتیب ۵۹۷۳۲۷۵، ۱۸۰۴۱۸۴ و ۸۰۵۲۹۸ تن بود.
^۲ . Matsumura

شامل زنبورهای پارازیتوئید *Eretmocerus eremicus* Rose and و *Encarsia formosa* Gahan و سن‌های شکارگر *Zolnerowich Nesidiocoris tenuis* و *Macrolophus caliginosus* Wagner و قارچ بیماری‌زای *Lecanicillium muscarium* (Petch) است.

با توجه به اینکه برنامه‌های کنترل بیولوژیک در گلخانه‌ها معمولاً با استفاده از دو یا چند عامل بیولوژیک صورت می‌گیرد و با توجه به اینکه کارایی این عوامل در محصولات مختلف یکسان نیست (باقری و همکاران ۱۳۸۹)، پیشرفت چنین برنامه‌هایی نیازمند درک واکنش‌های متقابل بین عوامل بیولوژیک رهاسازی شده و گیاهان میزبان می‌باشد. عدم شناخت کافی از چنین فرآیندهایی ممکن است به شکست برنامه‌های کنترل بیولوژیک منجر شود. به همین دلیل در تحقیق حاضر برخی برهم‌کنش‌های تغذیه‌ای سه سطحی بین سه گونه گیاه میزبان، خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان، سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* و دو گونه از دشمنان طبیعی مهم آن (سن شکارگر *N. tenuis* و زنبور پارازیتوئید *E. formosa*) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات حاصل از این بررسی می‌تواند برخی از روابط موجود بین آفت و دشمنان طبیعی آن را روی سه محصول مهم گلخانه‌ای مذکور روشن کرده و به تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت بر اساس کنترل بیولوژیک در گلخانه‌های تجاری کمک کند.

مهم‌ترین اهداف این تحقیق عبارتند از:

- ۱- مطالعه‌ی زیست‌شناسی و جدول زندگی زادآوری آفت و دشمنان طبیعی آن روی سه گیاه میزبان مورد مطالعه؛
- ۲- بررسی واکنش تابعی سن شکارگر *N. tenuis* و زنبور پارازیتوئید *E. formosa* نسبت به سفیدبالک گلخانه در گیاهان میزبان مورد مطالعه؛
- ۳- بررسی وجود شکارگری درون رسته‌ای بین سن شکارگر *N. tenuis* و زنبور پارازیتوئید *E. formosa* روی گیاهان میزبان مورد مطالعه؛
- ۴- بررسی عوامل فیزیکی و بیوشیمیایی گیاهان مورد مطالعه روی پارامترهای مختلف مورد مطالعه‌ی آفت و دشمنان طبیعی آن.

فصل دوم:

مبانی نظری پژوهش

۲-۱- معرفی آفت و دشمنان طبیعی آن

۲-۱-۱- سفیدبالک گلخانه، *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856)

سفیدبالک‌ها در راسته‌ی Hemiptera، زیر راسته‌ی Sternorrhyncha، بالاخانواده‌ی Aleyrodoidea و خانواده‌ی Aleyrodidae طبقه‌بندی می‌شوند. کلمه‌ی Aleyrod در زبان لاتین به معنای آرد می‌باشد که در حقیقت به پوشش پودری سفیدرنگ بدن سفیدبالک‌ها اشاره می‌کند. از سفیدبالک‌ها اغلب به عنوان آفت اولیه و مهم مناطق استوایی و گرمسیری یاد می‌شود. این خانواده دارای بیش از ۱۲۰۰ گونه سفیدبالک از ۱۲۶ جنس است که بیشتر آنها در مناطق گرمسیری وجود دارند، به طوری که تعداد گونه‌های گزارش شده از این مناطق ۷۲۴ و از مناطق معتدله ۴۲۰ گونه است (موند و هالسی^۳، ۱۹۷۸). در ایران نیز سفیدبالک‌ها در گلخانه‌ها و مناطق با تابستان‌های گرم فعال هستند. از مهمترین گونه‌های سفیدبالک‌های ایران می‌توان به سه گونه‌ی زیر اشاره کرد:

۱ - *B. tabaci* یا عسلک پنبه؛

۲ - *B. argentifolii* یا سفیدبالک برگ نقره‌ای؛

۳ - *T. vaporariorum* یا سفیدبالک گلخانه.

سفیدبالک‌ها دارای شش مرحله‌ی رشدی هستند که شامل تخم، مرحله‌ی خزنده (پوره‌ی سن اول)، دو سن پورگی ساکن، شفیره (سن چهارم پورگی) و حشره‌ی بالغ می‌باشد. در منابع مختلف از هر دو نام پوره و لارو برای نشان دادن مراحل نابالغ سفیدبالک‌ها استفاده شده است. سفیدبالک گلخانه آفت خطرناک محصولات گلخانه‌ای است که برای کنترل آن سالیانه مقادیر متنابهی آفت‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا سال ۲۰۱۵ تعداد ۱۱۱ گزارش از مقاوم شدن آن به ۲۲ نوع ترکیب حشره‌کش در محصولات مهمی مانند خیار، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی و گیاهان زینتی ثبت شده است (<http://pesticideresistance.com>) که آخرین آنها ترکیبات نئونیکوتینوئیدی (ایمیداکلوپرید و استامی‌پرید)، تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات (بوپروفزین و اسپیرومزیفن) و

³ . Mound and Halsey

بی‌متروزی‌ن می‌باشد (گورمن^۴ و همکاران، ۲۰۰۲؛ بی و توسکانو^۵، ۲۰۰۷؛ کاراتولوس^۶ و همکاران، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲؛ اوکارنکو^۷ و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۱-۱-۱- شکل‌شناسی سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum*

تخم: به طول ۲۴۹ و پهنای ۹۰ میکرون است. رنگ آن ابتدا شیری است که پس از مدتی به ارغوانی یا قهوه‌ای مایل به سیاه تغییر می‌کند (فرخی، ۱۳۷۵) (شکل ۱-۲ راست). شکل تخم بیضوی کشیده یا قله‌ای است که در قسمت انتهایی دارای یک ساقه است. حشره‌ی ماده به‌وسیله این ساقه تخم را به میزبان گیاهی می‌چسباند. ساقه‌ی تخم به‌عنوان مجرای انتقال رطوبت عمل کرده و از خشک شدن تخم جلوگیری می‌کند. تخم‌ها در سطح زیرین جوانترین برگ‌ها در گیاهان فاقد تریکوم در یک طرح نیم‌دایره گذاشته می‌شوند که نتیجه‌ی تخم‌گذاری و تغذیه‌ی همزمان است، یعنی حشره حول محور استایلت خود چرخیده و تخم‌گذاری می‌کند، در حالی که در گیاهان دارای تریکوم، تخم‌گذاری از یک طرح معین پیروی نمی‌کند (کاپینرا^۸، ۲۰۰۸).

پوره‌ی خزنده (اولین سن پورگی): حدود ۲۸۵ میکرون طول دارند و اغلب پس از ظهور در چند میلی‌متری تخم ساکن می‌شوند (شکل ۱-۲ چپ). این پوره دارای پاهای چهار بندی و شاخک ۲-۳ بندی است. بدن آن شفاف و رنگ آن زرد تا سبز روشن و دارای چشم‌های قرمز است. معمولاً پس از استقرار پوره‌ی خزنده و شروع تغذیه، مقدار کمی موم پودری سفید رنگ تولید می‌شود. پوره‌های سن اول دارای پاهای فعال هستند و بعد از خروج از تخم در فاصله‌ی چند میلی‌متری، یک رگبرگ کوچک پیدا کرده و حداکثر تا چند ساعت بعد از خروج ساکن شده و از آوند آبکش تغذیه می‌کنند. این پوره‌ها ممکن است فقط در اثنای پوست‌اندازی تحرک کمی داشته باشند ولی تا زمان بلوغ هیچ‌گونه تحرکی ندارند (فرخی، ۱۳۷۵).

سنین دوم و سوم پورگی: این دو سن پورگی از نظر شکل ظاهری و رنگ عمومی شبیه یکدیگرند، اما اندازه‌ی بدن آنها با یکدیگر تفاوت دارد. تعداد بندهای پا و شاخک در این مراحل کاهش یافته و حشرات غیرفعال

4 . Gorman

5 . Bi and Toscano

6 . Karatolos

7 . Ovčarenko

8 . Capinera

می‌شوند. طول بدن پوره‌ی سن دوم ۳۶۳ میکرون و سن سوم ۴۹۸ میکرون است. بدن پوره‌ها کاملاً شفاف است، به‌طوری‌که در این سنین میستوم‌ها^۹ به‌خوبی از بیرون دیده می‌شوند (فرخی، ۱۳۷۵) (شکل ۲-۲ راست).

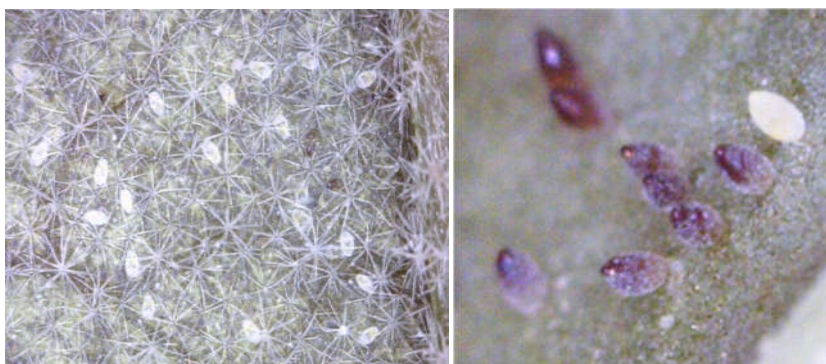
پوره‌ی سن چهارم: معمولاً به عنوان شفیره نیز شناخته می‌شود. طول بدن آن در این مرحله بین ۶۰۰ تا ۷۶۰ میکرون است. شکل عمومی بدن بیضی یا بیضی کشیده است و پهن‌ترین ناحیه‌ی بدن بلافاصله بعد از شیار عرضی پوست‌اندازی قرار دارد. شفیره‌ها بلافاصله بعد از پوست‌اندازی آخرین پوره از نظر شکلی مسطح هستند. با ادامه‌ی رشد، به‌ویژه با رشد سفیدبالک بالغ در داخل آن، سطح پشتی شفیره محدب یا برجسته و پوشیده از ضمام مومی خارمانند می‌شود (شکل ۲-۲ چپ). این خارها بعد از پوست‌اندازی پوره‌ی سن سوم شروع به رشد می‌کنند. در این هنگام دو لکه‌ی زرد نیز در قسمت میانی شکم و یک جفت موی نسبتاً بلند در انتهای بدن دیده می‌شود (شکل ۲-۳ راست). شکل شفیره کلید مهمی برای شناسایی گونه‌ی سفیدبالک است (خرازی پاکدل، ۱۳۶۲؛ فرخی، ۱۳۷۵؛ جرلینگ^{۱۰}، ۱۹۹۰) نیکولز و تاوبر^{۱۱} (۱۹۷۷) بیان داشتند که سن چهارم سفیدبالک گلخانه دارای سه شکل مرفولوژیکی متمایز می‌باشد. مرحله‌ی ابتدایی سن چهارم مسطح و شفاف است. حشره در این مرحله تغذیه می‌کند، بنابراین شفیره نیست. در مرحله‌ی بعدی حشره بزرگتر شده و سفید کدر است و دارای ضمام مومی خارمانند پشتی و جانبی است. در این مرحله آپولیز صورت می‌گیرد. در آخرین مرحله سفیدبالک بالغ با چشم‌های قرمز و بدن زردرنگ در داخل پوسته دیده می‌شود. در این مرحله آپولیز کامل شده و کوتیکول بالغ تشکیل شده است، اما واقعاً نمی‌توان یک مرحله‌ی متمایز بین آخرین مرحله‌ی پورگی و بالغ مشاهده نمود. بنابراین، بخش اولیه‌ی آخرین سن پورگی، سن چهارم نامیده می‌شود و واژه‌ی شفیره برای آخرین بخش غیرتغذیه‌ای آخرین سن پورگی پس از آپولیز در نظر گرفته می‌شود (بیرنه^{۱۲} بلوز، ۱۹۹۱). در پایان مرحله‌ی شفیرگی و قبل از ظهور حشرات بالغ، آثار ظهور بال در طرفین بدن شفیره دیده می‌شود. سرانجام در سطح پشتی شفیره شکاف T شکلی نمایان شده و حشره‌ی بالغ از آن خارج می‌شود (کاپی‌نرا، ۲۰۰۸) (شکل ۲-۳ چپ).

^۹ . Mycetomes: باکتری‌های هم‌زیست داخلی در سلول‌های میستوسیت که به‌صورت ساختمان‌های جفت شده به‌نام میستوم گروه‌بندی می‌شوند. آنها از پروتوباکتری‌های گاما محسوب می‌شوند (Gerling, 1990).

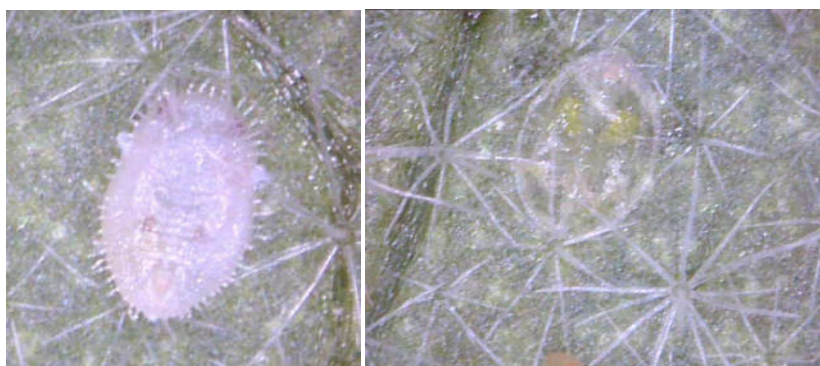
^{۱۰} - Gerling

^{۱۱} . Nechols and Tauber

^{۱۲} . Byrne and Bellows



شکل ۱-۲- دسته‌های تخم سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در گوجه‌فرنگی (راست) و پوره‌های سنین اول و دوم در بادمجان (چپ) (اصل).



شکل ۲-۲- پوره‌ی سن سوم (راست) و چهارم (چپ) سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* در بادمجان (اصل).



شکل ۳-۲- شفیره (راست)، حشرات بالغ نر و ماده (وسط) و پوسته‌های شفیرگی (چپ) سفیدبالک گلخانه، *T. vaporariorum* (اقتباس از فرخی، ۱۳۷۵).

طول بدن سفیدبالک‌های بالغ *T. vaporariorum* حدود یک و عرض آن با بال‌های باز حدود ۲/۵ میلی‌متر است. نرها از ماده‌ها کمی کوچکترند. ماده‌ها دارای تخم‌ریز و نرها دارای یک جفت قلاب و یک استیله‌ی میانی در انتهای شکم هستند (شهبازور^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۱-۱-۲- اهمیت اقتصادی سفیدبالک گلخانه

این حشره آفتی پلی‌فاژ با پراکنش جهانی است که می‌تواند به طرق مختلف سبب وارد آمدن خسارت اقتصادی به بسیاری از گیاهان و محصولات کشاورزی شود. سفیدبالک‌ها با تغذیه از شیرهی گیاه موجب ضعیف شدن، کاهش فتوسنتز و ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی در گیاهان و کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول می‌شوند (بیرنه و بلوز، ۱۹۹۱). از سوی دیگر، با انتقال ویروس‌های گیاهی از گیاهان بیمار به گیاهان سالم موجب گسترش و شیوع بیماری‌های ویروسی می‌شوند که می‌تواند خسارات جبران ناپذیر اقتصادی دربر داشته باشد. ثابت شده است که این حشره قادر است ویروس‌های خطرناکی مانند *Beet Pseudo Yellow Virus (BPYV)*، *Tomato Chlorosis Virus (ToCV)* و *Strawberry Pallidosis associated Virus (SPaV)*، *Infectious Chlorosis Virus (TICV)* را به میزبان‌های خود منتقل کند (جونز^{۱۴}، ۲۰۰۳؛ وینترمانتل^{۱۵}، ۲۰۰۴؛ هدایت و رحمایانی^{۱۶}، ۲۰۰۷؛ ایلخه و مورالس^{۱۷}، ۲۰۰۸). همچنین به واسطه‌ی عسلک تولید شده توسط آفت، قارچ‌های دوده‌ای (فوماژین) روی گیاهان میزبان رشد می‌یابد که این قارچ‌ها با ایجاد پوشش تیره روی سطح برگ باعث کاهش سطح فتوسنتز و عملکرد گیاه می‌شوند. این امر باعث کاهش ارزش تجاری و بازار پسندی گیاه، فراورده‌های گیاهی و میوه‌ها می‌شود (پرکینز^{۱۸}، ۱۹۸۳). در یک تحقیق، با رهاسازی ۱۶۰ حشره‌ی بالغ سفیدبالک گلخانه روی بوته‌های خیار، پس از ۶۳ روز میزان کاهش عملکرد ۳۸/۵ درصد بود. بر این اساس سطح زیان اقتصادی^{۱۹} و آستانه‌ی اقتصادی^{۲۰} آفت، به ترتیب ۶/۲ و پنج حشره‌ی بالغ بر بوته محاسبه شد (هیونگ‌یونگ^{۲۱} و همکاران، ۲۰۰۹).

¹³ . Shahbazvar

¹⁴ . Jones

¹⁵ . Wintermantel

¹⁶ . Hidayat and Rahmayani

¹⁷ . Hilje and Morales

¹⁸ . Perkins

¹⁹ . Economic Injury Level (EIL)

۲-۱-۱-۳- روابط سفیدبالک‌ها با میزبان‌های گیاهی

زنده‌مانی و تولیدمثل *T. vaporariorum* روی گیاهان مختلف متفاوت است، اما بیشترین سازگاری را با گیاهان تیره‌ی سولاناسه نشان داده است. نرخ رشد و تولیدمثل این سفیدبالک در گزارش‌های موجود دارای تفاوت‌های زیادی با یکدیگر است که یکی از دلایل آن می‌تواند میزبان‌های گیاهی مختلفی باشد که حشره روی آن پرورش یافته است (ون لنترن و نولدوس^{۲۲}، ۱۹۹۰).

در سفیدبالک‌ها فقط پوره‌های سن اول به مقدار بسیار محدودی قادر به پراکندگی روی همان برگ‌ها است که تخم‌ها روی آن گذاشته شده‌اند. سایر سنن پورگی بی‌تحرک هستند. بنابراین، انتخاب گیاه و محل مناسب تخم‌گذاری به‌وسیله‌ی سفیدبالک ماده، اثر مهمی روی رشد و سازگاری مراحل نابالغ دارد. مهمترین عامل برای انتخاب گیاه میزبان از فاصله‌ی دور رنگ گیاه است. این حشره شدیداً به رنگ‌های زرد-سبز و سپس رنگ‌های زرد، قرمز، نارنجی-قرمز، سبز تیره و بنفش جلب می‌شود. در مورد *T. vaporariorum* یک الگوی گرایش به نور وجود دارد که در ۵۵۰ نانومتر (شبیه طیف انتقال نور در برگ توتون) به اوج می‌رسد. شکل، ساختمان و بوی برگ نقشی در انتخاب اولیه‌ی گیاه میزبان بازی نمی‌کنند (ون لنترن و همکاران، ۱۹۷۶). به‌عبارت دیگر، اولین قدم در انتخاب میزبان گیاهی، یعنی جهت‌یابی و فرود، بیشتر در واکنش به رنگ صورت می‌گیرد.

سفیدبالک *T. vaporariorum* بعد از فرود آمدن و نیش زدن‌های آزمایشی، بر اساس خصوصیات شیمیایی یا فیزیکی دریافت شده از گیاه می‌تواند تشخیص دهد که روی میزبان گیاهی مناسب قرار گرفته است یا خیر. سفیدبالک روی بعضی میزبان‌های گیاهی (خیار و بادمجان) بعد از نیش‌های آزمایشی برای چندین روز روی همان برگ باقی می‌ماند، ولی در گیاهان دیگر مثل ژربرا، خربزه، گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین به‌طور مکرر جای خود را تغییر داده و اغلب بعد از چند ساعت گیاه را ترک می‌کند (ورشوور-ون‌درپل و ون لنترن^{۲۳}، ۱۹۷۸).

سن برگ یک عامل اساسی مؤثر در پارامترهای زیستی سفیدبالک گلخانه *T. vaporariorum* است. این حشره برگ‌های جوان را برای تخم‌گذاری ترجیح می‌دهد و بلافاصله پس از استقرار روی یک برگ جوان در مرحله‌ی نیش آزمایشی اولین تخم گذاشته می‌شود. به دلیل این‌که دوره‌ی پیش از بلوغ سفیدبالک سه تا چهار

²⁰ . Economic Threshold (ET)

²¹ . HeungYong

²² . van Lenteren and Noldus

²³ . Verschoor-van der Poel and van Lenteren

هفته طول می‌کشد، سفیدبالک‌های بالغ به‌طور معمول در قسمت‌های میانی گیاه از پوسته‌ی شفیرگی خارج می‌شوند. انتخاب محل تخم‌گذاری تحت تأثیر تفاوت‌های شیمیایی برگ‌ها است و خصوصیات مورفولوژیکی برگ ظاهراً بر رفتار انتخابی *T. vaporariorum* تأثیری ندارد (ون در کمپ و ون لنترن^{۲۴}، ۱۹۸۱). سن برگ روی طول دوره‌ی پیش از بلوغ سفیدبالک تأثیر معنی‌داری ندارد، اما طول عمر بالغین، درصد زنده‌مانی، باروری و نسبت جنسی ماده به کل در برگ‌های مسن بیشتر از برگ‌های جوان است ولی نرخ تفریح تخم در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های مسن است (ژانگ و وان^{۲۵}، ۲۰۱۲).

کرک‌دار بودن برگ، انتخاب گیاه میزبان به‌وسیله‌ی بعضی گونه‌های سفیدبالک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزبان‌های کرک‌دار از یک سو برای آنها یک میکروکلیمای مناسب فراهم می‌کنند و از سوی دیگر، با ایجاد یک سد فیزیکی آنها را از حمله‌ی دشمنان طبیعی محفوظ نگه می‌دارند (ون لنترن و نولدوس، ۱۹۹۰). در یک تحقیق، باتلر و ویلسون^{۲۶} (۱۹۸۴) رابطه‌ی میان سفیدبالک‌های *B. tabaci* و *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman) و کرک‌دار بودن برگ پنبه را بررسی کردند. آنها روی برگ‌های کرک‌دار نسبت به برگ‌های صاف، تعداد بیشتری سفیدبالک مشاهده کردند.

۲-۱-۲- سن شکارگر (*Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895)

خانواده‌ی Miridae دارای بیش از ۹۸۰۰ گونه است. رژیم غذایی اغلب حشرات این خانواده گیاهخواری بوده و احتمالاً بیش از نیمی از آنها پوسیده‌خوار یا شکارگرهای اختیاری هستند، اما بعضی گونه‌ها شکارگر اجباری می‌باشند (ویلر^{۲۷}، ۲۰۰۱). این سن‌ها به‌طور سنتی به‌عنوان حشرات گیاه‌خوار شناخته می‌شوند و تعدادی از آنها در زمره‌ی آفات مهم کشاورزی محسوب می‌شوند. تعدادی نیز به‌عنوان حشرات گوشت‌خوار-گیاه‌خوار^{۲۸} مهم بوده و در برنامه‌های کنترل بیولوژیک به‌عنوان شکارگر آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند که از جمله‌ی آنها می‌توان به *D. Dicyphus hesperus* Knight، *M. caliginosus* Wagner، *Macrolophus pygmaeus* (Rambur)

²⁴ . van der Kamp and van Lenteren

²⁵ . Zhang and Wan

²⁶ . Butler and Wilson

²⁷ . Wheeler

²⁸ . Zoophytophagous

Wagner *tamaninii* و *N. tenuis* اشاره کرد (اوربانه‌خا^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). سن *N. tenuis* از زیرخانواده‌ی Dicyphinae، قبیله‌ی Dicyphini و زیرقبیله‌ی Dicyphina بومی کشورهای سواحل مدیترانه و خاورمیانه بوده که با حمل و نقل، تجارت و یا به‌صورت طبیعی به سایر نقاط جهان منتقل شده است (ویلر و هنری^۲، ۱۹۹۲). لیناوری^۳ (۲۰۰۷) آن را از استان‌های گیلان، تهران، اردبیل (کیوی) و زنجان گزارش کرده است.

تخم حشره داخل بافت گیاه میزبان گذاشته می‌شود، به‌طوری‌که فقط اوپرکولوم تخم از بیرون قابل رؤیت است (شکل ۲-۴). پوره‌های سن اول پس از خروج از تخم در سطح گیاه منتشر شده و با تغذیه از مواد گیاهی یا جانوری، و پس از چهار بار پوست‌اندازی به حشره‌ی بالغ تبدیل می‌شوند (شکل ۲-۵). حشرات بالغ دارای بدنی کشیده به طول ۳-۴ میلی‌متر، سبز رنگ با لکه‌های سیاه روی بدن و پاها بوده و مشخصه‌ی اصلی آن‌ها داشتن یک حلقه‌ی سیاه دور گردن است (شکل ۲-۶). گونه‌ی *N. tenuis* برای کنترل آفات گلخانه‌ای از جمله سفیدبالک‌ها، مگس‌های مینوز برگ، کنه‌های تار عنکبوتی و شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی *T. absoluta* به‌کار برده می‌شود. این شکارگر از تخم و تمام سنین پورگی سفیدبالک‌ها و از تخم و لاروهای شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، مخصوصاً سنین اول و دوم آن تغذیه می‌کند (اوربانه‌خا و همکاران، ۲۰۰۵؛ کالوو^۴ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ۲۰۰۹؛ اوربانه‌خا و همکاران، ۲۰۰۹؛ کالوو و همکاران، ۲۰۱۲).

سن شکارگر *N. tenuis* دارای پنج سن پورگی است. چرخه‌ی زندگی پوره‌ها شدیداً به نوع طعمه و میزبان گیاهی وابسته است. میزبان‌های گیاهی کرک‌دار مانند گوجه‌فرنگی و بادمجان نسبت به سایرین ترجیح داده می‌شوند. طول دوره‌ی زندگی پوره‌ها، زمانی که از تخم یا پوره‌ی سفیدبالک‌ها و بالپولک‌داران تغذیه می‌کنند، کوتاه‌تر و هنگامی که از تریپس‌ها و کنه‌ها تغذیه می‌کنند طولانی‌تر است. اگر تراکم جمعیت شکارگر بالا و هم‌زمان تعداد طعمه کم باشد، آنها از شیرهی گیاهی نیز تغذیه کرده و به برگ و ساقه خسارت می‌زنند یا باعث معیوب شدن میوه‌ها می‌شوند (شکل ۲-۷)، ولی این صدمات در مقایسه با سود ناشی از کنترل آفات ناچیز و قابل اغماض است (اوربانه‌خا و همکاران، ۲۰۰۵؛ پردیکیس^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). در یک تحقیق درصد زنده‌مانی پوره‌ها

1 . Urbaneja

2 . Wheeler and Henry

3 . Linnavuori

4 . Calvo

5 . Perdikis

پوره‌ها روی فلفل شیرین، بادمجان و گوجه‌فرنگی در حضور طعمه‌ی جانوری (تخم شب‌پره‌ی آرد *Ephestia*

kuehniella Zeller

(به ترتیب ۶۴/۳، ۷۲/۷ و ۷۳/۷ درصد برآورد شد، در حالی که در فقدان طعمه‌ی جانوری در هیچکدام از میزبان‌ها نتوانستند چرخه‌ی زندگی خود را کامل کنند. در گوجه‌فرنگی ۳۳/۳ درصد پوره‌ها توانستند به سن سوم پورگی برسند، ولی در سایر میزبان‌ها تمام پوره‌ها قبل از این مرحله از بین رفتند. میزبان گیاهی روی طول دوره‌ی زندگی سن *N. tenuis* نیز مؤثر است. در یک تحقیق، طولانی‌ترین دوره‌ی زندگی این شکارگر در فلفل شیرین و کوتاه‌ترین در گوجه‌فرنگی مشاهده شد (اوربانه‌خا و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۲-۴- تخم (راست)، خروج پوره‌ی سن اول (وسط)، پوره‌ی سن اول و اوپرکولوم تخم *N. tenuis* (چپ) (اصل).



شکل ۲-۵- پوره‌های سن اول *N. tenuis* روی خیار (چپ) و بادمجان (راست) (اصل).

ور بعضی منابع قدیمی (ال دسوکی و همکاران^۱، ۱۹۷۶؛ واکانته و تروپیا^۲، ۱۹۹۴) رفتار گیاه‌خواری *N. tenuis* بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. اما مؤلفین دیگر، بر رفتار شکارگری سن تأکید بیشتری کرده‌اند. مثلاً تورنو و ماگالونا^۳ (۱۹۹۴) اطلاعاتی در مورد جفتگیری، دوره پیش از تخمگذاری، باروری، طول عمر، طول دوره پورگی، محل‌های تغذیه، توزیع فضایی، میزبان گیاهی جایگزین و دشمنان طبیعی سن می‌دهند. آنها گزارش کردند که باروری، طول عمر و بقا در یک رژیم غذایی متشکل از توتون و لارو نوکتوئید بیشتر از یک رژیم غذایی صرفاً گیاهی است. همچنین لیبوتان و برناردو^۴ (۱۹۹۵) گزارش کردند رشد و نمو پوره‌ها در رژیم غذایی جانوری (تخم نوکتوئید) سریع‌تر از رژیم غذایی گیاهی (گوجه فرنگی) است (به نقل از اوربانخا، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹). دامنه‌ی میزبانی این شکارگر توسط محققین زیادی بررسی شده است. این حشره دارای طیف شکارگسترده‌ای است و بصورت تجاری در قالب برنامه کنترل بیولوژیک برای کنترل آفات مهم گلخانه‌ای از جمله، تخم و تمام سنین پورگی سفیدبالک‌ها (کاجیتا^۵، ۱۹۷۸؛ گولا و آلومار^۶، ۱۹۹۴؛ مالایوسا و تورتین-کودال^۷، ۱۹۹۶) و شب‌پره‌ی مینوز گوجه‌فرنگی، بخصوص در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی به‌کار برده می‌شود (اوربانخا و همکاران، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹؛ پردیکیس و همکاران، ۲۰۰۹؛ کالوو و همکاران، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲). همچنین این شکارگر قادر است در مزارع گوجه فرنگی که مصرف آفت‌کش‌ها محدود شده است، بخوبی مستقر شود (آلومار و همکاران، ۲۰۰۲؛ آرنو و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰). علاوه بر سفیدبالک‌ها شکارگری روی لاروهای مگس مینوز *Liriomyza trifolii* (Agromyzidae) در کدوی سبز (*Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) نیز گزارش شده است (آرزونه^۸ و

1. El-Dessouki

2. Vacante and Tropea

3. Torreno and Magallona

4. Libutan and Bernardo

5. Kajita

6. Goula and Alomar

7. Malausa and Torthin-Caudal

8. Arzone

Family name: Bagheri	Name: Mohammad Reza
Title of Thesis: Some tritrophic level interactions between three host plant species, the greenhouse whitefly, <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood) and its two natural enemies	
Supervisor: Dr. Mahdi Hassanpour	
Advisors: Dr. Ali Golizadeh and Dr. Shahram Farrokhi	
Graduate Degree: Ph.D	
Major: Agricultural Entomology	Specialty: -
University: Mohaghegh Ardabili	Faculty: Agriculture and Natural Resources
Graduation date: January 29, 2017	Number of pages: 194
<p>Abstract: The effects of three host plants including tomato, cucumber and eggplant were investigated on biological and population growth parameters of the greenhouse whitefly, <i>Trialeurodes vaporariorum</i> and its two important natural enemies, <i>Nesidiocoris tenuis</i> and the parasitoid wasp, <i>Encarsia formosa</i>, as well as tritrophic interactions between them. The results showed that the host plants can affect life table parameters of the pest and its natural enemies. The highest and lowest intrinsic rate of increase (r) of <i>T. vaporariorum</i> were achieved on the eggplant ($0.144 \pm 0.005 \text{ d}^{-1}$) and tomato ($0.118 \pm 0.005 \text{ d}^{-1}$), respectively. In contrast, the highest intrinsic rate of increase (r) of <i>E. formosa</i> ($0.239 \pm 0.004 \text{ d}^{-1}$) and <i>N. tenuis</i> ($0.117 \pm 0.005 \text{ d}^{-1}$) were recorded on tomato. The net predation rate of the predator on <i>T. vaporariorum</i> nymphs on the mentioned host plants, were estimated to be 1803.59 ± 135.9, 1337.17 ± 114.27 and 1163.27 ± 105.81 nymphs/life span, respectively. The functional response of both natural enemies on all three host plants were from type II. In interactions between two natural enemies, we found that there is a unidirectional coincidental intraguild predation. In all three host plants, adult female predator fed white-parasitized and non-parasitized prey in a equal proportion, but significantly fewer black- parasitized nymphs were consumed. The results suggest that these two natural enemies may be more effective for biological control of <i>T. vaporariorum</i> in the greenhouse, especially on tomato. For simultaneous using of these two natural enemies in control of <i>T. vaporariorum</i>, further greenhouse base studies are needed.</p>	
<p>Keywords: <i>Encarsia formosa</i>, functional response, host plants, intraguild predation, <i>Nesidiocoris tenuis</i>, <i>Trialeurodes vaporariorum</i>, Two-sex life table</p>	



University of Mohagheh Ardabili
Faculty of Agriculture and Natural Resources
Department of Plant Protection

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the
degree of Ph.D in Agricultural Entomology**

Title:

**Some tritrophic level interactions between three host plant species, the
greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and its two
natural enemies**

Supervisor:

Mahdi Hassanpour (Ph.D)

Advisors:

Ali Golizadeh (Ph.D)

Shahram Farrokhi (Ph.D)

By:

Mohammad Reza Bagheri

January 2017