تاثیر کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر در کنترل شته جالیز *Aphis gossypii* Glover

مهدی کبیری رئیس‌آباد [۱]، سید علی اصغر فتحی [*۲]، قدیر نوری قنبلانی [۲] و بهنام امیری بشلی [۳]

۱ - دانشجوی دکتری، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲ - ***نویسنده مسوول:** استاد گروه گیاهپزشکی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (fathi@uma.ac.ir)

۳ - دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۳

چکیده

در پژوهش حاضر اثرات تک‌کشتی گوجه‌فرنگی و کشت نواری گوجه‌فرنگی (T) و شبدر (C) در سه نسبت جایگزینی شامل: یک ردیف گوجه‌فرنگی و دو ردیف شبدر (1T:2C)، دو ردیف گوجه‌فرنگی و دو ردیف شبدر (2T:2C) و سه ردیف گوجه‌فرنگی و دو ردیف شبدر (3T:2C) در تراکم شته جالیز *Aphis gossypii* Glover روی گیاه گوجه‌فرنگی، تنوع دشمنان طبیعی آن و نیز عملکرد هر دو محصول در مزرعه آزمایشی در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بررسی شد. در هر دو سال مورد مطالعه، تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری بیشتر از کشت‌های نواری بود. در بین کشت‌های نواری، کمترین تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ در سیستم کشت نواری 1T:2C مشاهده شد. در تحقیق حاضر ۱۳ گونه شکارگر از روی گیاهان گوجه‌فرنگی آلوده به شته جالیز از مزرعه آزمایشی جمع‌آوری و شناسایی شد. در بین شکارگرها، گونه‌های *Coccinella septempunctata* L.، *Episyrphus balteatus* DeGeer و *Chrysoperlla carnea* (Stephens) فراوانی بیشتری را در هر دو سال مورد مطالعه داشتند. شاخص تنوع شانون (H') و نیز شاخص یکنواختی پیلو (J') برای ترکیب گونه‌های شکارگر در هر سه سیستم کشت نواری به طور معنی‌داری بالاتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. همچنین، در هر سه سیستم کشت نواری درصد شته‌های پارازیته نسبت به تک‌کشتی به طور معنی‌داری بیشتر بود. بالاترین نسبت برابری زمین، *LER*، (۱/۲۸ در سال ۱۳۹۵ و ۱/۳۰ در سال ۱۳۹۶) در سیستم کشت نواری 1T:2C مشاهده شد. بنابراین، هر سه الگوی کشت نواری گوجه‌فرنگی با شبدر به خصوص 1T:2C می‌توانند در برنامه‌های مدیریت شته جالیز در مزارع گوجه‌فرنگی توصیه شوند.

کلیدواژه‌ها: کشت نواری، تنوع زیستی، Aphis gossypii، شکارگرها، پارازیتوئیدها، عملکرد

مقدمه

گوجه‌فرنگی، *Solanum lycopersicum* L.، یکی از مهمترین گیاهان تیره بادنجانیان است که نقش مهمی را در تغذیه و سلامتی انسان ایفا می‌کند (Nankishore and Farrell, 2016). طی فصل رشدی، این گیاه مورد حمله آفات مختلفی از جمله کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی، *Helicoverpa armigera* (Hübner)، کنه تارتن دونقطه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch و شته جالیز، *Aphis gossypii* Glover، قرار می‌گیرد. شته جالیز یکی

از مهمترین آفات گوجه‌فرنگی در ایران است که طی فصل رشدی در مرحله رویشی و زایشی به گیاهان میزبان مختلف خسارت می‌زند (Khanjani, 2005; Sharma and Joshi, 2010; Fernandes et al., 2012; Sarwar et al., 2014).

شته جالیز اغلب با استفاده از حشره‌کش‌ها کنترل می‌شود. کاربرد بی‌رویه حشره‌کش‌ها برای کنترل شته جالیز به دلیل نرخ باروری بالا و طول دوره نسلی کوتاه باعث بروز جمعیت‌های مقاوم شته نسبت به حشره‌کش‌ها شده‌اند، چنانچه مقاومت این شته به چندین حشره‌کش از قبیل بیفندرین، پایریتروئیدها و سایپرمترین گزارش شده است (Slosser et al., 2001). با در نظر گرفتن این مشکلات، پژوهشگران به دنبال یافتن روش‌های جایگزین مناسب برای کنترل شته‌ها هستند. مطالعات نشان داده‌اند که دشمنان طبیعی متعددی از جمله کفشدوزک‌های شکارگر، مگس سیرفیده، سن‌های شکارگر، بالتوری‌ها و پارازیتوییدها نقش موثری در کنترل شته جالیز دارند که در شرایط مناسب قادر به کاهش جمعیت این آفت هستند (Kaplan and Eubank, 2002). بنابراین، یکی از روش‌های کنترل زیستی شته‌ها حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی به منظور افزایش کارایی آن‌ها است (Khan et al., 2009; Letourneau et al., 2011; Fathi, 2017). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که سیستم‌های کشت نواری دو یا چند محصول در الگوهای مختلف در مزرعه می‌توانند در کاهش تراکم آفات و نیز افزایش کارایی دشمنان طبیعی موثر باشند (Landis et al., 2000; Maes and Dyck, 2005; Jankowska, 2007; Macfadyen et al., 2009). کاشت گیاهان گلدار همراه با محصول اصلی در مزرعه با فراهم آوردن منابع غذایی از جمله گرده، شهد و شکار جایگزین برای شکارگرها و پارازیتوییدها باعث افزایش کارایی آن‌ها می‌شوند (Landis et al., 2000; Duchene et al., 2017). همچنین، در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است که کشت نواری محصول اصلی با گیاهان آروماتیکی نظیر گشنیز، شوید، نعناع و غیره باعث کاهش تراکم آفات روی محصول اصلی می‌شوند (Patt et al., 1997; Turkar et al., 2000; Sujayanand et al., 2016; Stratton et al, 2019). برای مثال، گزارش شده است که جمعیت سوسک کلرادو سیب‌زمینی در کشت نواری بادمجان با شوید و گشنیز در مقایسه با تک‌کشتی بادمجان کاهش یافت (Patt et al., 1997). در تحقیق دیگر، نرخ پارازیتیسم شته کلم بوسیله زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* (MacIntosh) در کشت نواری کلم سفید با گل همیشه بهار بالاتر از تک‌کشتی کلم سفید بود. همچنین، گزارش شده است که جمعیت شته نخود *Acyrthosiphon pisum* Harris در کشت نواری نخودفرنگی با گندم و جو نسبت به تک‌کشتی نخودفرنگی کمتر بود (Seidenglanz et al., 2011).

در پژوهش حاضر فرض بر آن است که گیاه شبدر به دلیل نقش کلیدی در افزایش باروری خاک طی فرایند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، بهبود ساختار خاک با استفاده از سیستم ریشه‌ای عمیق، جلب دشمنان طبیعی از طریق تولید گل‌های فراوان و خاصیت دورکنندگی حشرات با ترشح ترکیبات فنولی (Janda et al., 2009; Duchene et al., 2017)، به عنوان گیاه همراه می‌تواند نقش موثری در کنترل شته جالیز در سیستم‌های کشت نواری با گوجه‌فرنگی داشته باشد. لذا، پژوهش حاضر با هدف تاثیر سیستم‌های مختلف کشت نواری گوجه‌فرنگی با شبدر در کنترل جمعیت شته جالیز، تنوع دشمنان طبیعی آن و در نهایت عملکرد هر دو محصول در آزمایش‌های مزرعه‌ای طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش، تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش‌ها در یک مزرعه آزمایشی، به مساحت ۰/۳ هکتار، واقع در منطقه بهشهر (با عرض جغرافیایی ″۱۴ ′۷ °۵۳ شرقی و طول جغرافیایی ″۳۹ ′۴۱ °۳۶ شمالی و ۲۸ متر

ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی سالیانه ۶۸۳/۷ میلی‌متر) طی دو فصل زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (T) و سه نوع سیستم کشت نواری گوجه‌فرنگی با شبدر (T: C) شامل یک ردیف گوجه‌فرنگی با دو ردیف شبدر (1T: 2C)، دو ردیف گوجه‌فرنگی با دو ردیف شبدر (2T: 2C) و سه ردیف گوجه‌فرنگی با دو ردیف شبدر (3T: 2C) بودند. علاوه بر آن، در این آزمایش‌ها تیمار تک‌کشتی شبدر نیز برای ارزیابی سودمندی عملکرد هر دو محصول در کشت‌های نواری نسبت به تک‌کشتی هر دو محصول در نظر گرفته شد. بذرهای گوجه‌فرنگی و شبدر از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. بذرهای گوجه‌فرنگی در فروردین‌ماه هر سال آزمایشی در خزانه کشت شدند و پس از آن‌که ارتفاع نشاها به ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر رسید، در اوایل اردیبهشت ماه هر دو سال به کرت‌های آزمایشی در مزرعه اصلی انتقال یافتند. مزرعه آزمایشی به صورت جوی و پشته آماده و به چهار بلوک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تقسیم شد. در هر بلوک پنج کرت ۱۰ × ۵ متری برای هر یک از تیمارهای آزمایشی انتخاب شد. فاصله چهار متری اطراف هر کرت به عنوان حاشیه برای انجام نمونه‌برداری‌ها بدون کشت باقی ماند. نشاهای گوجه‌فرنگی روی هر پشته به صورت دو ردیفه با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتیمتر کشت شدند. بذرهای شبدر به طور همزمان روی هر پشته با تراکم ۱۴۰ بوته در متر مربع کشت شدند. آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. علف‌های هرز به صورت دوره‌ای هر ۱۵ روز یک مرتبه وجین شدند.

تراکم شته جالیز و دشمنان طبیعی آن

نمونه‌برداری‌ها طی فصل رشدی گوجه‌فرنگی به طور هفتگی انجام شد. در هر نوبت نمونه‌برداری تعداد چهار بوته گوجه‌فرنگی در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ذره‌بین دستی 20x تعداد پوره‌ها و شته‌های بالغ جالیز و همچنین شکارگرهای این آفت در برگ‌های پایینی، وسطی و بالایی هر بوته شمارش شدند. علاوه بر آن، تعدادی نمونه از شته جالیز و دشمنان طبیعی برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل شدند و در آزمایشگاه با استفاده از منابع معتبر شناسایی شدند (Bei -Bienko et al., 1967; Kelton, 1978; Gordon, 1985; Diaz-Arandaz and Monserrat, 1995). در ادامه، برای مقایسه تنوع گونه‌ای شکارگرها بین تیمارها، بر اساس داده‌های تعداد و فراوانی گونه‌های شکارگر شاخص تنوع شانون (H') با رابطه‌ی (۱) و شاخص یکنواختی پیلو (J') با رابطه‌ی (۲) محاسبه شدند (Magurran, 2004):

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln p_i \qquad (۱)$$

در این رابطه: H' شاخص تنوع شانون و p_i نسبت افراد درگونه i ام به کل افراد (n_i/N) می‌باشد.

$$J' = H'/\ln S \qquad (۲)$$

در این رابطه J' شاخص یکنواختی پیلو، H' شاخص تنوع شانون و S تعداد گونه در نمونه می‌باشد.

همچنین، در طول این آزمایش‌ها، تعداد پوره‌ها و شته‌های بالغ پارازیته (که مومیایی شده بودند) در نمونه‌های انتخاب شده شمارش و ثبت شد. برای شناسایی گونه‌های پارازیتویید و نیز تعیین گونه غالب، نمونه ۵۰ تایی از پوره‌ها و شته‌های بالغ مومیایی شده به آزمایشگاه منتقل و در شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) در اطاقک رشد تا زمان ظهور پارازیتوییدها نگه‌داری شدند. سپس، گونه‌های پارازیتویید ظاهر شده زیر استریومیکروسکوپ با استفاده از ویژگی‌های مرفولوژیکی شناسایی شدند (Tobias, 1995).

تعیین سودمندی عملکرد کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر

طی فصل برداشت گوجه‌فرنگی که از ۱۶ تیر ۱۳۹۵ و ۸ تیر ۱۳۹۶ آغاز شد، یک قطعه یک مترمربعی به طور تصادفی در هر کرت آزمایشی انتخاب و بوته‌های داخل این قطعه با بستن نوار به دور ساقه اصلی نشان‌دار شدند. سپس میوه‌های رسیده گوجه‌فرنگی هر سه روز یک‌بار چیده شدند و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم (Sartorius Inc., Edgewood, NY, USA) وزن شدند. در هر نوبت برداشت، وزن میوه‌ها با ذکر نام کرت و تیمار یادداشت شدند. سپس وزن کل میوه‌های چیده شده طی فصل برداشت به ازای یک متر مربع در هر تیمار (به عنوان عملکرد گوجه‌فرنگی) تعیین شد.

همچنین، در این آزمایش‌ها گیاه شبدر چهار مرتبه طی فصل رشدی برداشت شد. در هر مرتبه، یک مترمربع به طور تصادفی در هر کرت مربوط به هر تیمار انتخاب و بوته‌ها از سطح خاک بریده شدند و با ذکر نام کرت و تیمار درون پاکت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌های شبدر داخل پاکت درون آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک بوته‌های شبدر به ازای هر متر مربع (به عنوان عملکرد شبدر) در تیمارهای مورد آزمایش تعیین شدند.

تجزیه آماری داده‌ها

قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، به منظور حذف غیر یکنواختی واریانس داده‌های تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ از تبدیل داده Log(x) استفاده شد. داده‌های مربوط به تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ و نیز نرخ پارازیتیسم با چهار تیمار و چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هر یک از سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ با استفاده از آزمون ANOVA تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS, 2005). شاخص تنوع شانون و شاخص یکنواختی پیلو برای جامعه شکارگرهای شته جالیز در هر تیمار به طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SDR محاسبه و مقایسه شدند. همچنین، داده‌های مربوط به عملکرد هر دو محصول گوجه‌فرنگی و شبدر به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار تجزیه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS, 2005).

به منظور تعیین سودمندی کشت نواری گوجه‌فرنگی با شبدر نسبت به تک‌کشتی هر یک از محصولات نامبرده، از شاخص نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio) استفاده شد (Mead and Willey, 1980):

$$LER= (Y_{Ti}/Y_T)+(Y_{Ci}/Y_C)$$

در این معادله Y_{Ti} و Y_T به ترتیب عملکرد گوجه‌فرنگی در کشت نواری و تک‌کشتی و Y_{Ci} و Y_C به ترتیب عملکرد شبدر در کشت نواری و تک‌کشتی می‌باشند. در صورتی که نسبت برابری زمین بزرگتر از یک باشد، به معنی این است که سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از محصولات سودمندی بیشتری دارد، ولی اگر این نسبت کمتر از یک باشد به این معنی است که سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از محصولات سودمندی ندارد (Mead and Willey, 1980).

نتایج

تراکم جمعیت شته جالیز

نتایج بررسی تاثیر سیستم‌های کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر روی تراکم جمعیت پوره‌ها و شته‌های بالغ به ازای یک برگ در جدول ۱ ارایه شده است. در هر دو سال مورد مطالعه، تراکم پوره‌ها در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بالاتر از سه سیستم کشت نواری مورد مطالعه بود. در سال ۱۳۹۵، در بین سیستم‌های کشت نواری تراکم

پوره‌ها در سیستم کشت 1T:2C به طور معنی‌داری کمتر از سیستم کشت 3T:2C بود، ولی اختلاف معنی‌داری بین 1T:2C و 2T:2C مشاهده نشد (P=۰/۰۰۱ ؛ $F_{۳و۹}$=۱۲/۳۴؛ جدول ۱). در سال ۱۳۹۶، تراکم پوره‌ها در تیمارهای 1T:2C و 2T:2C به طور معنی‌داری کمتر از 3T:2C بود (P=۰/۰۰۲ ؛ $F_{۳و۹}$=۱۲/۰۴؛ جدول ۱). تراکم شته‌های بالغ مشابه تراکم پوره‌ها در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. در سال ۱۳۹۵، تراکم شته‌های بالغ در تیمار 1T:2C به‌طور معنی‌داری کمتر از 3T:2C بود (P=۰/۰۰۴؛ $F_{۳و۹}$=۸/۹۲). در سال ۱۳۹۶، تراکم شته‌های بالغ در تیمار 1T:2C به طور معنی‌داری کمتر از 2T:2C و 3T:2C بود (P≤۰/۰۰۱؛ $F_{۳و۹}$=۱۶/۴۷).

تنوع گونه‌ای شکارگرها

در این تحقیق تعداد ۱۳ گونه شکارگر از مزرعه آزمایشی جمع‌آوری و شناسایی شد (شکل ۱). در هر دو سال، گونه‌های *Coccinella septempunctata* (L.)، *Episyrphus balteatus* DeGeer و *Chrysoperla carnea* Stephens فراوانی بیشتری را نسبت به سایر گونه‌های شکارگر شته جالیز داشتند. علاوه بر آن، گونه‌های *Orius niger* Wolff، *Aphidoletes aphidimyza* Rondani و *Hippodamia variegata* Goeze با فراوانی نسبی متوسط در مزرعه آزمایشی مشاهده شدند (شکل ۱). سایر گونه‌های شکارگر شته جالیز مطابق شکل ۱ فراوانی کمتری را در مزرعه آزمایشی داشتند.

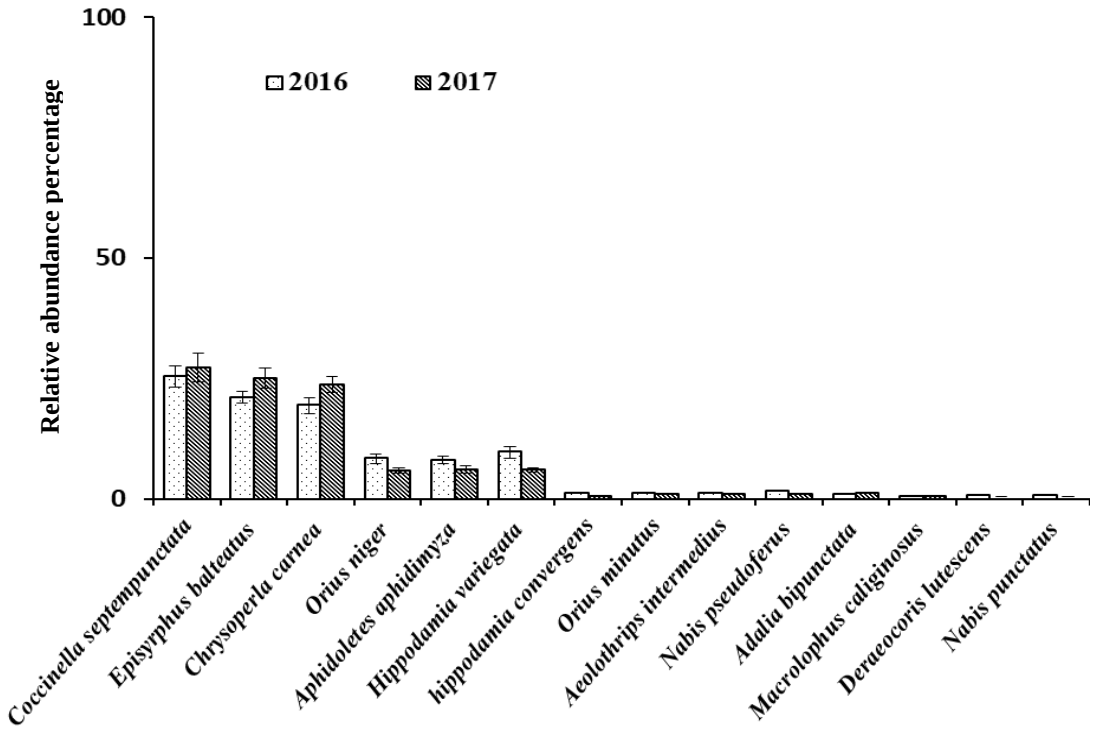
تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی بر اساس شاخص تنوع شانون (H') برای جامعه شکارگرهای شته جالیز در سیستم‌های کشت نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود (P=۰/۰۰۴ ؛ $F_{۳و۹}$=۹/۱۳ در سال ۱۳۹۵ و P=۰/۰۰۲ ؛ $F_{۳و۹}$=۱۲/۱۱ در سال ۱۳۹۶؛ جدول ۲). همچنین، شاخص یکنواختی پیلو (J') برای ترکیب گونه‌های شکارگر شته جالیز نیز در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود (P=۰/۰۰۷ ؛ $F_{۳و۹}$=۷/۸۹ در سال ۱۳۹۵ و P=۰/۰۰۵ ؛ $F_{۳و۹}$=۸/۴۹ در سال ۱۳۹۶؛ جدول ۲).

جدول ۱- میانگین (±خطای استاندارد) تراکم پوره‌ها و بالغ‌های شته *Aphis gossypii* در هر برگ در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی و کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر (T:C) در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 1. Mean (± SE) densities of nymphs and adults of *Aphis gossypii* per leaf in sole tomato and intercropping systems of tomato and clover (T:C) in 2016 and 2017

Cropping systems	Density of nymphs per leaf		Density of adults per leaf	
	2016	2017	2016	2017
Sole tomato	14.59 ± 0.76 a	13.59 ± 0.78 a	11.21 ± 0.77 a	10.84 ± 0.64 a
1T:2C	7.50 ± 0.95 c	6.78 ± 0.82 c	4.34 ± 1.16 c	3.60 ± 0.73 c
2T:2C	9.82 ± 1.22 bc	7.49 ± 1.22 c	6.61 ± 1.24 bc	6.47 ± 1.00 b
3T:2C	12.73 ± 0.39 b	11.65 ± 0.19 b	8.27 ± 0.53 b	6.92 ± 0.65 b
	F=12.34; df=3,9; P=0.001	F=12.04; df=3,9; P=0.002	F=8.92; df=3,9;P=0.004	F=16.47; df=3,9; P≤0.001

Means with the same letter in a column are not significantly different when compared by Tukey's HSD test (P ≥ 0.05)



شکل ۱- میانگین (± خطای استاندارد) درصد فراوانی نسبی شکارگرهای *Aphis gossypii* جمع‌آوری شده از روی گیاهان گوجه‌فرنگی در مزرعه آزمایشی واقع در منطقه بهشهر (۱۳۹۶-۱۳۹۵)

Figure 1. Mean (± SE) relative abundance (%) of the collected predators of *Aphis gossypii* on tomato plants in the experimental field in Behshahr region (2016-2017)

جدول ۲- میانگین (±خطای استاندارد) شاخص تنوع شانون (*H'*) و شاخص یکنواختی پیلو (*J'*) برای شکارگرهای *Aphis gossypii* در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی و کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر (T:C) در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 2. Mean (±SE) Shannon diversity index (*H'*) and Pielou's evenness index (*J'*) for predators of *Aphis gossypii* in sole tomato and intercropping systems of tomato and clover (T:C) in 2016 and 2017

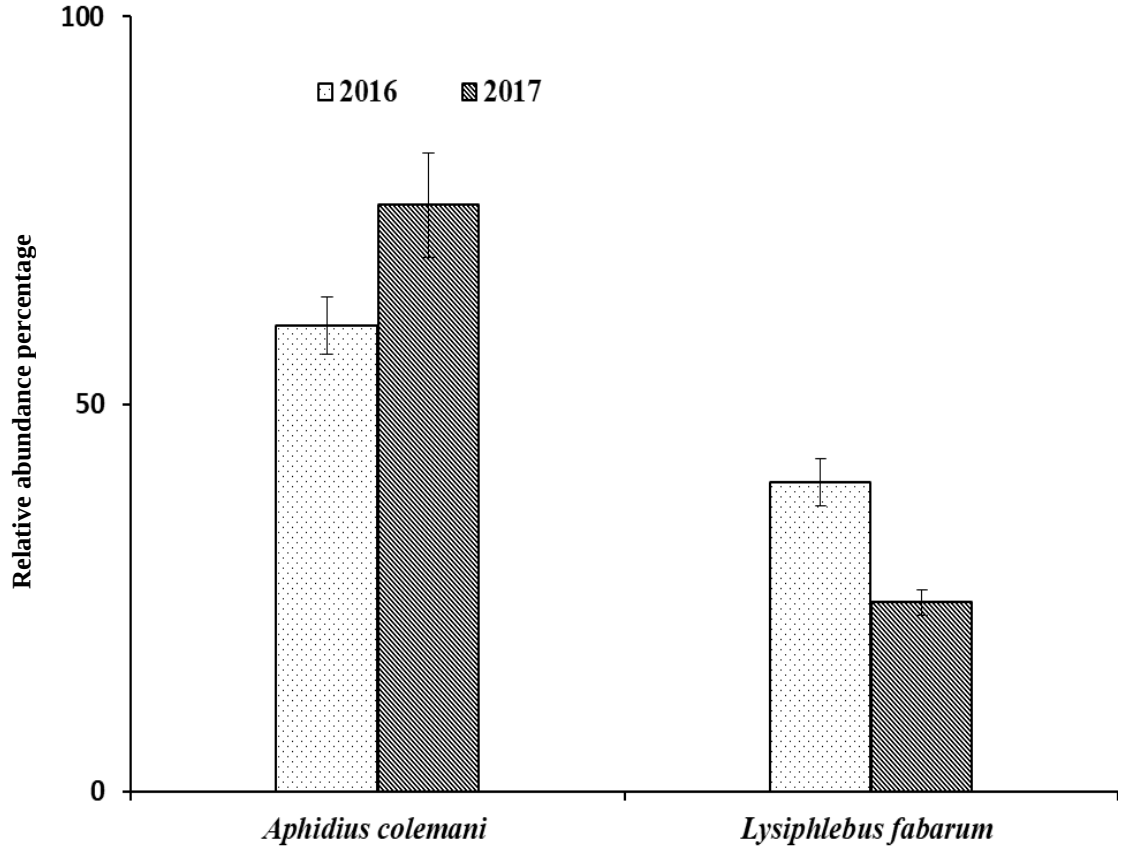
Cropping systems	Shannon diversity index (*H´*)		Pielou's evenness index (*J'*)	
	2016	2017	2016	2017
Sole tomato	1.74 ± 0.12 b (S=10)	1.90 ± 0.11 b (S=11)	0.75 ± 0.04 b	0.79 ± 0.04 b
1T: 2C	2.39 ± 0.14 a (S=13)	2.55 ± 0.13 a (S=13)	0.93 ± 0.05 a	0.99 ± 0.07 a
2T: 2C	2.23 ± 0.17 a (S=13)	2.51 ± 0.18 a (S=13)	0.87 ± 0.04 a	0.98 ± 0.06 a
3T: 2C	2.22 ± 0.11 a (S=13)	2.32 ± 0.13 a (S=13)	0.87 ± 0.03 a	0.90 ± 0.04 a
	F=9.13; df=3,9; P=0.004	F=12.11; df=3,9; P=0.002	F=7.89; df=3,9; P=0.007	F=8.49; df=3,9; P=0.005

Means with the same letter in a column are not significantly different when compared by Tukey's HSD test ($P \geq 0.05$)

S, is species richness

نرخ پارازیتیسم

در تحقیق حاضر، پوره‌ها و شته‌های بالغ توسط دو گونه زنبور پارازیتویید *Aphidius colemani* Viereck و پارازیته *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) شدند. زنبور پارازیتویید *A. colemani* در مقایسه با *L. fabarum* فراوانی بیشتری را در هر دو سال مورد مطالعه در مزرعه آزمایشی داشت (شکل ۲). نرخ پارازیتیسم شته جالیز در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری بیشتر بود. علاوه بر آن، در سال ۱۳۹۵، نرخ پارازیتیسم شته در تیمار 1T: 2C به طورمعنی‌داری بیشتر از 3T: 2C بود ($P\leq$۰/۰۰۱؛ $F_{۳و۹}$=۴۷/۲۶؛ جدول ۳). در سال ۱۳۹۶، درصد شته‌های پارازیته در تیمارهای 1T: 2C و 2T: 2C به طورمعنی‌داری بیشتر از 3T: 2C بود ($P\leq$۰/۰۰۱؛ $F_{۳و۹}$=۳۲/۱۷؛ جدول ۳).



شکل ۲- میانگین (± خطای استاندارد) درصد فراوانی نسبی گونه‌های پارازیتویید *Aphis gossypii* روی گیاهان گوجه‌فرنگی در مزرعه آزمایشی واقع در منطقه بهشهر در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Figure 2. Mean (± SE) relative abundance (%) of parasitoid species of *Aphis gossypii* on tomato plants in the experimental field in Behshahr region in 2016 and 2017

جدول ۳- میانگین (±خطای استاندارد) نرخ پارازیتیسم شته *Aphis gossypii* در هر برگ گوجه‌فرنگی در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی و کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر (T:C) در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 3. Mean (±SE) parasitism rate of *Aphis gossypii* per leaf in sole tomato and intercropping systems of tomato and clover (T:C) in 2016 and 2017

Cropping systems	Parasitism rate per leaf	
	2016	2017
Sole tomato	11.6 ± 1.4 c	17.4 ± 2.1 c
1T: 2C	32.9 ± 4.1 a	38.2 ± 4.3 a
2T: 2C	26.5 ± 3.2 ab	37.6 ± 3.8 a
3T: 2C	24.9 ± 2.6 b	26.2 ± 2.1 b
	F=47.26; df=3,9; P≤0.001	F=32.17; df=3,9; P≤0.001

Means with the same letter in a column are not significantly different when compared by Tukey's HSD test ($P \geq 0.05$)

تعیین سودمندی عملکرد کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر

در هر دو سال مورد مطالعه، عملکرد گوجه‌فرنگی در سیستم‌های کشت نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود (جدول ۴). علاوه بر آن، بیشترین عملکرد گوجه‌فرنگی در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمار 1T:2C مشاهده شد (P≤۰/۰۰۱؛ $F_{۳و۹}$=۶۴/۱۳ در سال ۱۳۹۵ و P≤۰/۰۰۱؛ $F_{۳و۹}$=۹۱/۵۸ در سال ۱۳۹۶؛ جدول ۴). در مقابل عملکرد شبدر بین سیستم‌های کشت نواری و تک‌کشتی شبدر اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P=۰/۰۵۷؛ $F_{۳و۹}$=۳/۶۴ در سال ۱۳۹۵ و P=۰/۱۵۹؛ $F_{۳و۹}$=۲/۱۹ در سال ۱۳۹۶؛ جدول ۴). در مجموع، سودمندی کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر از لحاظ عملکرد هر دو محصول در سه الگوی کشت نواری نسبت به تک‌کشتی هر کدام از محصولات طی هر دو سال مورد مطالعه بالاتر بود چراکه، مقادیر *LER* در کشت‌های نواری بزرگتر از از عدد یک بودند (جدول ۴).

بحث

کاشت گیاهان گلدار به عنوان منبع تامین‌کننده گرده و شهد برای دشمنان طبیعی یکی از اجزای مهم در حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی می‌باشد (Landis et al., 2000). نتایج تحقیق حاضر نشان داد تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ جالیز در سیستم‌های کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. کمترین تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ روی گیاهان گوجه‌فرنگی در تیمار 1T:2C مشاهده شد. یکی از دلایل احتمالی کاهش تراکم شته در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با شبدر می‌تواند با ترشح ترکیبات دورکننده از سوی گیاه غیرمیزبان شبدر در ارتباط باشد. تاثیر دورکنندگی گیاهان غیرمیزبان در کشت نواری با گیاه اصلی نسبت به آفات در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Lasker et al., 2004; Meena and Lal, 2004; Khan et al., 2009; Xie et al., 2012; Midega et al., 2018; Stratton et al., 2019). برای مثال، گزارش شده است که کشت نواری خردل با گندم و جو منجر به کاهش جمعیت شته *Lipaphis erysimi* Kaltenbach شد (Lasker et al., 2004). در تحقیق دیگری اثرات کشت نواری کلم با یونجه، سیر، خردل، گل همیشه‌بهار و گوجه‌فرنگی روی جمعیت شته خردل *L. erysimi* بررسی شد و گزارش شد که کشت نواری کلم با یونجه و سیر در کاهش جمعیت شته موثرتر از بقیه سیستم‌های کشت بودند و کشت نواری کلم با خردل کمترین تاثیر را در کاهش جمعیت شته داشت (Meena and Lal, 2004).

جدول ۴- میانگین (± خطای استاندارد) عملکرد گوجه‌فرنگی و شبدر و نسبت برابری زمین (*LER*) در سیستم‌های تک‌کشتی و کشت نواری در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 4. Mean (± SE) yields of tomato and clover and land equivalent ratio (*LER*) in sole crop and intercropping systems in 2016 and 2017

Cropping systems	Tomato yield (kg/m²)		Clover yield (kg/m²)		*LER*	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Sole crop	2.13 ± 0.09 c	2.28 ± 0.07 c	0.31 ± 0.03 ns	0.31 ± 0.04 ns	1	1
1T: 2C	2.92 ± 0.13 a	3.14 ± 0.15 a	0.38 ± 0.06 ns	0.39 ± 0.03 ns	1.28	1.30
2T: 2C	2.41 ± 0.11 b	2.55 ± 0.12 b	0.35 ± 0.05 ns	0.36 ± 0.03 ns	1.13	1.14
3T: 2C	2.39 ± 0.08 b F=64.13; df=3,9; P≤0.001	2.52 ± 0.09 b F=91.58; df=3,9; P≤0.001	0.33 ± 0.04 ns F=3.64; df=3,9; P=0.057	0.34 ± 0.03 ns F=2.19; df=3,9; P=0.159	1.08	1.09

Means with the same letter in a column are not significantly different when compared by Tukey's HSD test ($P \geq 0.05$)

همچنین، گزارش شده است که کشت نواری گندم با لوبیا باعث کاهش جمعیت شته سبز گندم، *Sitobion avenae* (Fabricius) و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی نسبت به تک‌کشتی گندم شد (Xie et al., 2012). به علاوه، تاثیر کشت نواری شبدر در سیستم‌های کشت نواری در کاهش جمعیت *Delia radicum* L. (Dixon et al., 2004)، *Delia floralis* (Fall.) (Björkman et al., 2007) و *Thrips tabaci* Lindeman (Fathi, 2017) گزارش شده است.

یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش تراکم پوره‌ها و شته‌های بالغ شته جالیز در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی و شبدر می‌تواند با حفاظت و حمایت دشمنان طبیعی توسط گیاه گلدار شبدر در ارتباط باشد. چراکه، دشمنان طبیعی تنوع گونه‌ای بیشتری را در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی داشتند. از سوی دیگر کشت‌های نواری باعث یکنواخت شدن توزیع فراوانی گونه‌های دشمنان طبیعی شدند. به عبارت دیگر کشت‌های نواری با حفاظت و حمایت از سایر گونه‌های شکارگر باعث شدند که مقدار شاخص یکنواختی پیلو برای جامعه شکارگرها در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی افزایش یابد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که سیستم‌های چندکشتی در مقایسه با تک‌کشتی‌ها باعث افزایش فراوانی دشمنان طبیعی می‌شوند (Jankowska, 2007; Seidenglanz et al., 2011; Letourneau et al., 2011). به عنوان مثال گزارش شده است که در کشت نواری یونجه با چغندر قند، گیاه یونجه با تولید گل‌های فراوان باعث افزایش فراوانی زنبور پارازیتوئید *Bracon intercessor* Nees شد (Abedi et al., 2014). در برخی موارد حتی در غیاب شکار، وجود گرده می‌تواند به زنده‌مانی برخی شکارگرها برای مدت محدودی کمک کند (Duchene et al., 2017). از طرفی وجود گیاهان گلدار می‌تواند باعث کاهش همخواری در میان مراحل نابالغ برخی شکارگرها و پارازیتوییدها شود (Frank et al., 2010). کشت نواری برخی محصولات با گیاهان گلدار از جمله شبدر با ایجاد زیستگاه مناسب برای طیف وسیعی از دشمنان طبیعی که در شرایط تک کشتی قادر به افزایش جمعیت خود نیستند، باعث افزایش جمعیت و کارایی عوامل بیوکنترل می‌شود (Theunissen, 1994; Duchene et al., 2017). در بررسی حاضر نیز در سیستم‌های کشت

نواری گوجه‌فرنگی با شبدر به‌خصوص هنگامی که نسبت ردیف‌های کشت شبدر به گوجه‌فرنگی افزایش یافت، تنوع و فراوانی شکارگرهای شته جالیز افزایش یافت.

در تحقیق حاضر گونه‌های *C. septempunctata*، *E. balteatus* و *C. carnea* به عنوان شکارگرهای غالب شته جالیز روی گیاه گوجه‌فرنگی بودند. کفشدوزک *C. septempunctata* و لاروهای *E. balteatus* و *C. carnea* به عنوان مهمترین شکارگرهای شته جالیز توسط محققین قبلی نیز گزارش شده‌اند (Chaudhary and Singh, 2012).

از سوی دیگر، در این بررسی دو گونه زنبور پارازیتویید *A. colemani* و *L. fabarum* پارازیتویید‌های اصلی شته جالیز طی دو فصل زراعی مورد مطالعه بودند. مطالعات قبلی نیز گزارش کرده‌اند که این دو گونه زنبور در پارازیته کردن شته جالیز نقش موثری داشتند (Nazari et al., 2012; Barahoei et al., 2013; Almasi et al., 2017; Mohammadi et al., 2019). از سوی دیگر، در تحقیق حاضر نرخ پارازیتیسم شته جالیز در کشت‌های نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. بالا بودن درصد شته‌های پارازیته در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی می‌تواند با کشت گیاه گلدار شبدر در کشت‌های نواری به عنوان منبع جلب‌کننده پارازیتوییدها و نیز تامین شهد و گرده برای آن‌ها در ارتباط باشد. در مطالعات قبلی نیز جلب‌کنندگی تعدادی از گیاهان گلدار نسبت به پارازیتوییدها و نیز افزایش کارایی آن‌ها گزارش شده است (Turkar et al. 2000; Tajmiri et al., 2017; Midega et al., 2018).

در هر دو سال مورد مطالعه، عملکرد گوجه‌فرنگی در کشت‌های نواری بالاتر از سیستم تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. برای بررسی سودمندی سیستم‌های کشت نواری نسبت به تک‌کشتی‌ها از شاخص نسبت برابری زمین (*LER*) استفاده می‌شود. هر چه مقدار این شاخص بیشتر از یک باشد نشان دهنده عدم وجود رقابت بین گونه‌های کشت شده در سیستم است (Mead and Willey, 1980). در بررسی حاضر میزان این شاخص در هر سه سیستم کشت نواری بالاتر از عدد یک به دست آمد که نشان دهنده سودمندی بالاتر سیستم‌های کشت نواری نسبت به تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. سودمندی عملکرد در سیستم‌های کشت نواری زمانی رخ می‌دهد که گونه گیاهی همراه، مواد مغذی و نیز فضای کافی مورد نیاز برای گونه گیاهی دیگر را در دسترس قرار دهد و رقابت بین دو گونه گیاهی بر سر منابع غذایی و نور کاهش یابد (Vandermeer, 1989). از جمله این موارد می‌توان به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوسیله گیاهان تیره لگومینوز اشاره کرد. در بررسی حاضر، گیاه شبدر از طریق رابطه همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم در سطح ریشه و تثبیت نیتروژن موجب رشد هرچه بهتر گیاهان گوجه‌فرنگی در مزرعه آزمایشی شد و در نتیجه باعث افزایش عملکرد محصول گوجه‌فرنگی شد. افزایش عملکرد برخی محصولات در کشت‌های نواری با گیاهان لگومینوز در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها در مطالعات قبلی نیز به اثبات رسیده است (Duchene et al., 2017; Kabiri Raeis et al., 2019; Fathi, 2019).

نتیجه‌گیری

سیستم‌های کشت نواری گوجه‌فرنگی و شبدر در سه الگوی 1T:2C، 2T:2C، و 3T:2C به خصوص 1T:2C با کاهش تراکم جمعیت شته جالیز، افزایش کارایی دشمنان طبیعی و نیز بهبود عملکرد گوجه‌فرنگی برای استفاده در برنامه‌های مدیریت شته جالیز در مزارع گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه محقق اردبیلی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به منظور فراهم آوردن امکانات انجام تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Abedi, A. A., Fathi, S. A. A., and Nouri Ganbalani, G. 2014. Effect of strip cropping of sugar beet-alfalfa on population density of the sugar beet weevil, *Lixus incanescens* (Col.: Curculionidae) and species diversity of its natural enemies. Journal of Entomological Society of Iran, 34: 1-14. (In Farsi with English abstract).

Almasi, A., Rasekh, A., Esfandyari, M., Askari, M., and Ziyaei, M. 2017. Evaluation of the efficiency of parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hym., Braconidae), reared on *Aphis fabae* Scopoli, against the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. Journal of Applied Research in Plant Protection, 6: 83-95. (In Farsi with English abstract).

Barahoei, H., Rakhshani, E., Madjdzadeh, S. M., Alipour, A., Taheri, S., Nader, E., Mitrovski Bogdanović, A. Petrović- Obradović, O., Starý, P., Kavallieratos, N. G., and Tomanović, Ž. 2013. Aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of central sub mountains of Iran. North-Western Journal of Zoology, 9: 70-93.

Bei-Bienko, G. Y., Blagoveshchenskii, D. I., Chernova, O. A, Dantsing, E. M., Emilianov, A. F., Kerzhner, I. M., Loginova, M. M., Martinova, E. F., Shaposhnikov, G. K. H., Sharov, A. G., Spuris, Z. D., Yaczewski, T. L., Yakhontov, V. V., and Zhiltsoo, L. A. 1967. Keys to the insects of the European USSR. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute. P. 1214.

Björkman, M., Hambäck, P. A., and Rämert, B. 2007. Neighboring monocultures enhance the effect of intercropping on the turnip root fly (*Delia floralis*). Entomologia Experimentalis et Applicata, 124: 319-326.

Chaudhary, H. C., and Singh, R. 2012. Records of predators of aphid (Homoptera: Aphididae) in eastern Uttar Pradesh. The Aphidiological Society of India, 25: 13-30.

Diaz-Arandaz, L. M., and Monserrat, V. J .1995. Aphidophagous predator diagnosis: key to genera of European chrysopid larvae (Neuro.: Chrysopidae). Biological Control, 40: 169-181.

Dixon, P., Coady, J. R., Larsson, D. J., and Spaner, D. 2004. Under sowing rutabaga with white clover: impact on *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) and its natural enemies. The Canadian Entomologist, 136: 427-442.

Duchene, O., Vian, J. F., and Celette, F. 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarily and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. Agriculture, Ecosystems & Environment, 240:148-161.

Fathi, S. A. A. 2017. Effect of intercropping systems of green bean and clover on biodiversity of natural enemies of *Thrips tabaci* Lindeman. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 40: 13-25. (In Farsi with English abstract).

Fathi, S. A. A. 2019. Intercropping effect of strawberry and coriander for controlling the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Plant Pests Research, 9: 15-24.(In Farsi with English abstract).

Fernandes, F. S., Ramalho, F. S., Nascimento, J. L., Malaqias, J. L., Nascimento, A. R. B., Silva, C. A. D., and Zanunncio, J. C. 2012. Within-plant distribution of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), in Bt and non-Bt cotton fields. Bulletin of Entomological Research, 102: 79-87.

Frank, S. D., Shrewsbury, P. M., and Denno, R. F. 2010. Effects of alternative food on cannibalism and herbivore suppression by carabid larvae. Ecological Entomology, 35: 61-68.

Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. Journal of the New York Entomological Society, 93: 1-912.

Janda, B., Stochmal, A., Montoro, P., Piacente, S., and Oleszek, W. 2009. Phenolics in aerial parts of Persian clover *Trifolium resupinatum.* Natural Product Communications, 4: 1661–1664.

Jankowska, B. 2007. Impact of intercropping white cabbage with pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and french marigold (*Tagetes patula*) on the occurrence of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.), its parasitoid *Diaeretiella rapae* M'Intosh and predatory syrphidae. Aphids and Other Hemipterous Insects, 13: 199-209.

Kabiri Raeis Abad, M. K. R., Fathi, S. A. A., Nouri-Ganbalani, G., and Amiri-Besheli, B., 2019. Effects of strip intercropping of eggplant with soybean on densities of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*, species diversity of its natural enemies, and crop yield. Iranian Journal of Plant Protection Science, 50: 27-39. (In Farsi with English abstract).

Kaplan, I., and Eubank, M. D. 2002. Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae) natural enemy dynamic by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Environmental Entomology, 31(6): 1175-1183.

Kelton, L. A. 1978. The Anthocoridae of Canada and Alaska: Heteroptera, Anthocoridae, Part 4. Agriculture Canada.

Khan, Z. R., Midega, C. A. O., Wanyama, J. M., Amudavi, D. M., Hassanali, A., Pittchar, J., and Pickett, J. A. 2009. Integration of edible beans (*Phaseolus vulgaris* L.) into the push-pull technology developed for stemborer and Striga control in maize-based cropping systems. Crop Protection, 28: 997-1006.

Khanjani, M. 2005. Pests of vegetables. First ed. Bu Ali Sina University. P. 468. (In Farsi).

Landis, D. A., Wratten, S. D., and Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology, 45:175-201.

Lasker, N., Moktan, M. W., and Ghimiray, T. S. 2004. Effect of date of sowing and intercropping on the incidence of the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kaltenbach, and seed yield of mustard in the mid-hills of Darjeeling, West Bengal. Solan, India: Pest Management and Economic Zoology, 12: 55-59.

Letourneau, D. K., Armbrecht, I., Rivera, B. S., Lerma, J. M., Carmona, E. J., Daza, M. C., Escobar, S., Galindo, V. C., Rrez, C. G., Pez, S. N., Pez, J. L., Pangel, A. M. A., Rangel, J. H., Rivera, L., Saavedra, C. A., Torres, A. M., and Trujillo, A. R. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. Ecological Applications, 21: 9-21.

Macfadyen, S., Gibson, R., Raso, L., Sint, D., Traugott, M., and Memmott, J. 2009. Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems. Agriculture, Ecosystem & Environment, 133: 14-18.

Maes, D., and Dyck, H. V. 2005. Habitat quality and biodiversity indicator performances of a threatened butterfly versus a multi-species group for wet heath lands in Belgium. Biological Conservation, 123: 177-187.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford, Blackwell publishing.

Mead, R., and Willey, R. W. 1980. The concept of a ‘land equivalent ratio’ and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture, 16: 217-228.

Meena, R. K., and Lal, O. P. 2004. Effects of intercropping on incidence of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt., on cabbage. New Delhi, India: Mrs Aisha Shams, 11: 57-59.

Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., and Khan, Z. R. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. Crop Protection, 105: 10-15.

Mohammadi, Z., Rasekh, A., Esfandiari, M., Michaud, J. P., and Kocheili, F. 2019. Effects of single and simultaneous application of the parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* and the ladybird beetle, *Hippodamia variegata* on control of *Aphis gossypii* on cucumber. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 42: 1-17. (In Farsi with English abstract).

Nankishore, A., and Farrell, A. D. 2016. The response of contrasting tomato genotypes to combined heat and drought stress. Journal of Plant Physiology, 202: 75-82.

Nazari, Y., Zamani, A. A., Masoumi, S. M., Rakhshani, E., Petrović-Obradović, O., Tomanović, S., Starý, P., and Tomanović, Ž. 2012. Diversity and host associations of aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in the farmlands of western Iran. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 52: 559-584.

Patt, J. M., Hamilton, G. C., and Lashomb, J. H. 1997. Impact of strip-insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the Colorado potato beetle. Advances in Horticultural Science, 11: 175-181.

Sarwar, M. K., Azam, I., Iram, N., Iqbal, W., Rashid, A., Anwer, F., Atta, K., and Ali, R. 2014. Cotton aphid *Aphis gossypii* L. (Homoptera; Aphididae); a challenging pest; biology and control strategies: a review. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 5: 288-294.

SAS Institute. 2005. SAS/STAT user's guide, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Seidenglanz, M., Huňady, I., Poslušna, J., and Loes, A. K. 2011. Influence of intercropping with spring cereals on the occurrence of pea aphids (*Acyrthosiphon pisum* Harris, 1776) and their natural enemies in field pea (*Pisum sativum* L.). Plant Protection Science, 47: 25-36.

Sharma, P. K., and Joshi, P. C. 2010. Feeding potential of seven spotted lady beetle, *Coccinella septumpunctate* (Linnaeus) on mustard aphid, *Lipap hiserysimi* (Kaltenbach) and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover). Natural Science, 8: 198-202.

Slosser, J. E., Parajulee, M. N., Idol, G. B., and Rummel, D. R. 2001. Cotton aphid response to irrigation and crop chemicals. Southwestern Entomologist, 26: 1-13.

Stratton, C. A., Hodgdon, E., Rodriguez-Saona, C., Shelton, A. M., and Chen, Y. H. 2019. Odors from phylogenetically-distant plants to Brassicaceae repel an herbivorous brassica specialist. Science Reports, 9, 10621.

Sujayanand, G. K., Sharma, R. K., and Shankarganesh, K. 2016. Impact of intercrops and border crops on pest incidence in okra. Indian Journal of Horticulture, 73: 219-223.

Tajmiri, P., Fathi, S. A. A., Golizadeh, A., and Nouri-Ganbalani, G. 2017. Strip-intercropping canola with annual alfalfa improves biological control of *Plutella xylostella* (L.) and crop yield. International Journal of Tropical Insect Science, 37: 208-216.

Theunissen, J. 1994. Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification; an overview. Pesticide Science, 42: 65-68.

Tobias, V. I. 1995. Keys of the insects of the European part of the USSR, Vol. 3, Hymenoptera. Science Publishers, Lebanon, New Hampshire.

Turkar, K. S., Gupta, R., Banerjee, S. K., and Wanjari, R. R. 2000. Influence of intercropping chickpea with coriander on parasitasation of *Heliothis armigera* (Hubner) by *Campoletis chloridea*e Uchida. Journal of the Entomological Research, 24: 279-281.

Vandermeer, H. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge.

Xie, H. C., Chen, J. L., Cheng, D. F., Zhou, H. B., Sun, J. R., Liu, Y., and Francis, F. 2012. Impact of wheat-mung bean intercropping on English grain aphid (Hemiptera: Aphididae) populations and its natural enemy. Journal of Economic Entomology, 105: 854-859.

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

The effect of intercropping of tomato and clover on control of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover

M. Kabiri Raeis Abad[1], S. A. A. Fathi[2*], G. Nouri-Ganbalani[2] and B. Amiri Besheli[3]

1. Ph.D. Student, Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. *Corresponding Author: Professor, Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (fathi@uma.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Plant Protection, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(DOI): 10.22055/PPR.2019.15482

Received: 23 February 2020 Accepted: 11 April 2020

Abstract

Background and Objectives

The melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, is one of the most important pests of tomato in Iran. This aphid causes severe damage on tomato crop in northern Iran.

Materials and Methods

Present study was conducted in an experimental field, 0.3 h, in Behshahr region in Mazandaran province based on a randomized completely block design. In this study, the effectiveness of intercropping tomato (T) with clover (C) in the three combinations: (1) one row of tomato with two rows of clover (1T:2C), (2) two rows of tomato with two rows of clover (2T:2C), and (3) three rows of tomato with two rows of clover (3T:2C) along with sole tomato were assessed on the densities of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, diversity of its natural enemies and yield of both crops in 2016 and 2017.

Results

The density of nymphs and adults of *A. gossypii* were significantly higher in sole tomato compared with intercrops. Among intercrops, the lowest density of nymphs and adults of *A. gossypii* were observed in 1T:2C intercrop. In present study, 13 predator species were collected and identified on aphid-infested plants of tomato in the experimental field. Among the predators, *Coccinella septempunctata* L., *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Episyrphus balteatus* DeGeer had more abundance in the two studied years. The Shannon diversity index (*H´*) and the Pielou's evenness index (*J´*) for composition of predator species were significantly higher in intercrops compared with sole tomato crop. Moreover, more nymphs and adults of *A. gossypii* were parasitized in all intercrops compared with sole tomato crop in 2016 and 2017. The highest value of land equivalent ratio was found in 1T: 2C (LER = 1.28 in 2016 and 1.30 in 2017) among intercrops in the two cropping seasons.

Discussion

All the three intercropping patterns of tomato with clover including 1T:2C, 2T:2C and 3T:2C, especially 1T:2C could be recommended in management programs of the melon aphid in tomato fields.

Keywords: Aphis gossypii, Biodiversity, Intercropping, Parasitoids, Predators, Yield