گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٦، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲

doi 10.22055/ppr.2024.45228.1717

تاثیر کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ در تراکم جمعیت تریپس پیاز، *Thrips tabaci*، تنوع شکارگرهای آن و عملکرد محصول

سید علی اصغر فتحی[۱*]

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳

چکیده

کشت نواری یکی از روش‌های رایج در کاهش جمعیت آفات و افزایش فراوانی و تنوع دشمنان طبیعی در هر زیستگاه است. در این تحقیق، اثر کشت نواری چهار ردیف پیاز (*Allium cepa* L.) با دو ردیف شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (4O:2F) و چهار ردیف پیاز با دو ردیف گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (4O:2S) در مقایسه با تک‌کشتی پیاز بر تراکم تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lind.، تنوع زیستی شکارگرها، و عملکرد محصول در سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. تراکم لاروها و حشرات کامل تریپس پیاز به ازای یک گیاه در هر دو کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی پیاز کاهش قابل توجهی داشت. علاوه بر این، شاخص خسارت برگ به ازای یک گیاه نیز در کشت‌های نواری کاهش معنی‌داری داشت. ضریب تعیین (R^2) بین شاخص خسارت برگ و وزن خشک پیاز در هر بوته در هر دو کشت نواری و نیز تک‌کشتی پیاز معنی‌دار بود. فراوانی کل شکارگرها در هر دو کشت نواری، به ویژه کشت 4O:2F بیشتر از تک‌کشتی پیاز بود. از سوی دیگر بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون برای مجموعه شکارگرها در کشت نواری 4O:2F (۲/۱۳ در سال ۱٤۰۱ و ۲/۰٦ در سال ۱٤۰۲) محاسبه شد. علاوه بر آن، مقدار شاخص یکنواختی پیلو در هر دو کشت نواری بیشتر از تک‌کشتی پیاز بود. همچنین، بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) در کشت نواری 4O:2F (۱/۳۳در سال ۱٤۰۱ و ۱/۲٦ در سال ۱٤۰۲) محاسبه شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر دو کشت نواری، به ویژه 4O:2F یک راه‌کار سالم برای مدیریت تریپس پیاز در مزارع پیاز می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تنوع زیستی، جمعیت آفات، کنترل پایدار، سودمندی عملکرد

دبیر تخصصی: دکتر احد صحراگرد

Citation: Fathi, S.A.A. (2024). The effect of intercropping onion with fenugreek and onion with safflower on population density of the onion thrips, *Thrips tabaci*, biodiversity of its predators, and crop yield. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *46*(3), 25-37. https://10.22055/ppr.2024.45228.1717.

مقدمه

تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae)، آفت مهم محصول پیاز (*Allium cepa* L.) در سراسر جهان است (Lewis, 1973). لاروها و حشرات کامل این تریپس از شیره سلولی تغذیه می‌کنند و باعث ایجاد لکه‌های نقره‌ای در سطح برگ‌های گیاهان پیاز می‌شوند (Shelton & North, 1987; Diaz-Montano et al., 2011). تریپس پیاز بسته به تراکم جمعیت می‌تواند کاهش قابل توجهی در عملکرد پیاز (بیش از ۳۷٪) ایجاد کند (Trdan et al., 2006). کنترل تریپس پیاز به دلیل طول دوره نسلی کوتاه، باروری بالا و افزایش ژنوتیپ‌های مقاوم به حشره‌کش‌ها دشوار است (Shelton & North, 1987; Diaz-Montano et al., 2011) بنابراین، طراحی روش‌های موثر و مناسب در کاهش جمعیت آفات و افزایش تنوع و فراوانی دشمنان طبیعی در مدیریت زیستگاه‌های کشاورزی می‌تواند بسیار موثر باشد (Fathi, 2014).

کشت نواری گیاهان همراه مناسب با گیاه اصلی از روش‌های موثر در کاهش جمعیت آفات و افزایش تنوع زیستی بندپایان مفید در زیستگاه‌ها است (Khan et al., 2009). سیستم‌های کشت متنوع می‌توانند به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست برای کنترل آفات (Landis et al., 2000)، افزایش تنوع و فراوانی دشمنان طبیعی (Fathi, 2018; Zarei et al., 2019)، و افزایش عملکرد محصول (Simmonds & Vandermeer, 1989; Mohammadi et al., 2021) استفاده شوند. کارآمدی اکوسیستم‌های متنوع در کاهش جمعیت آفات به اثر دورکنندگی ترکیبات آلی فرار ترشح‌شده توسط گیاهان همراه (Grez & González, 1995) یا تاثیر دشمنان طبیعی (Letourneau et al., 2011) بستگی دارد. بررسی منابع نشان داد که محصولات همراه مختلفی در کشت مخلوط با تره فرنگی (*Allium porrum* L.) با پیاز برای کاهش جمعیت تریپس پیاز آزمایش شده‌اند (Theunissen & Schelling, 1998; Gombač & Trdan, 2014; Sekine et al., 2021). به عنوان مثال، کشت مخلوط پیاز با جو (*Hordeum vulgare* L.) سبب کاهش جمعیت *T. tabaci* روی محصول پیاز شد (Sekine et al., 2021). کشت نواری پیاز با هویج (*Daucus carota* L.) تراکم تریپس پیاز را کاهش داد (Vijayalakshmi et al., 2018). علاوه بر این، کشت نواری تره فرنگی با مرزه (*Satureja hortensis* L.) به طور قابل‌توجهی خسارت وارده توسط *T. tabacci* را در مقایسه با کرت‌های شاهد کاهش داد (Gombač & Trdan, 2014). همچنین، کشت نواری پیاز با شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) منجر به افزایش عملکرد پیاز در مقایسه با گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum* Moench.) شد (Trdan et al., 2006). کاشت شبدر *Trifolium fragiferum* L. و *Trifolium subterraneum* L. بین ردیف‌های تره‌فرنگی منجر به کاهش جمعیت تریپس پیاز و بهبود عملکرد محصول شد (Theunissen & Schellin, 1998, 2013; Belder et al., 2000).

شکارگرهای موجود در هر منطقه از ناجوربالان، کفشدوزک‌ها، بالتوری‌ها، مگس‌های سیرفیده، سوسک‌های کارابیده، کنه‌ها و عنکبوت‌ها در کنترل طبیعی جمعیت تریپس پیاز در مزارع موثر هستند (Belder et al., 2000; Trdan et al., 2006; Fathi, 2017; Sekine et al., 2021; Abenaim et al., 2022). کشت‌های نواری با تامین منابع غذایی و زیستگاهی غنی برای دشمنان طبیعی می‌توانند کنترل طبیعی آفات را تحت تأثیر قرار دهند (Landis et al., 2000; Letourneau et al., 2011).

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه، جوانه زنی سریع و ارتفاع کم بوته، و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به عنوان گیاه تولید کننده گل، محصولات مستعدی به عنوان گیاهان همراه در کشت نواری با پیاز هستند. در مطالعات پیشین کارآمدی کشت نواری پیاز با برخی لگوم‌ها، هویج، و جو در کنترل تریپس پیاز و افزایش عملکرد محصول گزارش شده است (Belder et al., 2000; Trdan et al., 2006; Vijayalakshmi et al.,

2018; Sekine et al., 2021). با این حال، تأثیر کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ در کنترل جمعیت تریپس پیاز ارزیابی نشده است.

برای دستیابی به کشاورزی پایدار، انجام مطالعات تنوع زیستی در راستای توسعه حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات نقش مهمی دارند. بنابراین، تعیین اهمیت کشت محصولات همراه مناسب با محصول اصلی به منظور کاهش جمعیت آفات ضروری است. در مطالعه حاضر، فرض بر این است که کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ ممکن است بر جمعیت تریپس پیاز و شکارگرها روی گیاهان پیاز و نیز عملکرد محصولات تأثیر بگذارد. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی کشت نواری محصولات نامبرده بر کنترل جمعیت *T. tabaci* و عملکرد آن‌ها در مقایسه با تک-کشتی‌ها طی فصل زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مکان مطالعه و تیمارهای آزمایشی

آزمایش‌ها در طول فصل رشدی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در منطقه شبستر (با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی؛ طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۶۹ دقیقه شمالی؛ و ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا) انجام شد. بذر پیاز (رقم آذرشهر)، شنبلیله و گلرنگ (رقم گلدشت) از مؤسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه شد. تیمارها شامل کشت نواری چهار ردیف پیاز با دو ردیف شنبلیله (4O:2F) و کشت نواری چهار ردیف پیاز با دو ردیف گلرنگ (4O:2S) و تک کشتی پیاز بود. لازم به ذکر است که دو تیمار دیگر به نام تک‌کشتی شنبلیله و گلرنگ نیز در این تحقیق صرفا به منظور ارزیابی سودمندی عملکرد در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی هر کدام از محصولات نیز بررسی شدند. این آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار بلوک در مزرعه‌ای با مساحت ۰/۲ هکتار انجام شدند. ابعاد هر کرت ۷×۱۰ متر در نظر گرفته شد. فاصله ۶ متری بین کرت‌ها بدون کاشت باقی ماند. بذر پیاز، شنبلیله و گلرنگ به صورت همزمان به روش جوی و پشته با فاصله ۰/۳ متر بین ردیف‌ها و فاصله ۰/۱ متر بین بوته‌ها کشت شدند. آزمایش‌ها از اردیبهشت تا نیمه اول مرداد در دو سال متوالی انجام شدند. عملیات پس از کشت شامل استفاده از کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، آبیاری هفتگی، وجین ماهیانه دستی در تمام کرت‌ها، بدون استفاده از سموم دفع آفات در طول فصول رشد اجرا شد.

تراکم تریپس پیاز و خسارت آن

برای شناسایی گونه تریپس، یک نمونه با ۱۵۰ حشره کامل از مزرعه مورد آزمایش انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. گونه تریپس با استفاده از کلید شناسایی معتبر بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی با استفاده از استریومیکروسکوپ شناسایی شد (Mound & Kibby, 1998). در ادامه، تعداد نمونه لازم با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه گردید (Southwood & Henderson, 2000).

$$N = \left[(1.96S)/(D\bar{x})\right]^2 \qquad (۱)$$

در این رابطه، N تعداد نمونه مناسب، S انحراف معیار داده‌های حاصل از نمونه‌برداری اولیه ، $\bar{x}$ میانگین داده‌های نمونه‌برداری اولیه و D سطح دقت آزمایش بوده که مقدار آن ۰/۲۵ در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری‌ها به طور هفتگی از اواخر اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ بعد از مشاهده تریپس پیاز روی گیاهان پیاز شروع شدند و تا اواسط مردادماه ادامه یافتند. در هر کرت تعداد چهار بوته پیاز به صورت تصادفی در هر نوبت نمونه‌برداری انتخاب شدند. سپس تعداد لاروها و حشرات کامل تریپس پیاز در هر بوته با شمارش مستقیم و با استفاده از ذره‌بین دستی از ساعت ۹ تا ۱۲ قبل از ظهر شمارش و ثبت شد. همچنین، برای ارزیابی تاثیر تیمارهای آزمایشی روی خسارت وارده توسط تریپس تعداد پنج بوته پیاز در آخرین مرحله رشد رویشی پیاز به طور تصادفی از ردیف‌های مرکزی هر کرت با هدف جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای برای برآورد خسارت تریپس پیاز انتخاب شدند. درصد خسارت تریپس در سطح برگ گیاهان پیاز در مقیاس ۱ تا ۵ (۱ = بدون

آسیب، ۲ = تا ۲۰ درصد، ۳ = ۲۱ تا ۳۳ درصد، ۴ = ۳۴ تا ۵۰ درصد، و ۵ = بیش از ۵۰ درصد) اندازه‌گیری شدند. سپس پیاز گیاهان مورد بررسی از خاک استخراج شدند و از قسمت طوقه بریده و پس از تمیز شدن به آزمایشگاه منتقل شدند. پیازها در آزمایشگاه در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. عملکرد وزن خشک پیاز به ازای هر بوته در کرت‌های کشت نواری و تک‌کشتی پیاز محاسبه شدند. سپس ضریب تعیین (R^2) بین شاخص خسارت برگ و وزن خشک پیاز در هر کدام از کشت‌های نواری و تک‌کشتی پیاز محاسبه شدند.

تنوع و فراوانی شکارگرها

شکارگرهای تریپس پیاز روی همان بوته‌های انتخاب شده در آزمایش قبلی با شمارش مستقیم با استفاده از ذره‌بین شمارش و یادداشت شدند. گونه‌های شکارگر که در شناسایی آن‌ها مشکوک بودیم به آزمایشگاه منتقل شدند و با دقت از طریق ویژگی‌های ریخت‌شناسی زیر استریومیکروسکوپ شناسایی شدند (Bei-Bienko et al., 1967; Gordon, 1985; Trautner & Geigenmüller, 1987; Brooks & Barnard, 1990; Mound & Kibby, 1998; van Veen, 2014; Zamani, 2023). میانگین فراوانی سالانه هر کدام از گونه‌های شکارگر به ازای یک بوته پیاز طی فصل رشدی پیاز در هر کرت در تجزیه و تحلیل واریانس استفاده شدند. چراکه، فراوانی گونه‌های شکارگر در هر نوبت نمونه‌برداری کم و ناهمگن بودند. علاوه بر این، شاخص تنوع شانون (H') و شاخص یکنواختی پیلو(J') برای مجموعه شکارگرها در هر کرت و در هر سال مورد آزمایش برای مقایسه سیستم‌های کشت مورد مطالعه محاسبه شدند (Magurran, 2004).

سودمندی عملکرد محصولات

در زمان برداشت پیاز در اواخر مردادماه ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، یک ناحیه یک متر مربعی به طور تصادفی در تمامی کرت‌ها انتخاب شد. سپس پیاز بوته‌ها در یک متر مربع از خاک استخراج شدند و از برگ‌ها جدا شدند و پس از تمیز شدن به آزمایشگاه منتقل شدند و همانند روش ذکر شده در قبل خشک شدند تا عملکرد وزن خشک پیاز در متر مربع در کرت‌های مورد آزمایش محاسبه شود. همچنین در زمان برداشت محصول شنبلیله (با بذرهای با رطوبت نسبی ۱۳ درصد) در اواخر مردادماه، یک ناحیه با مساحت یک متر مربع در کرت‌های مربوطه به طور تصادفی انتخاب شد و سپس گیاهان شنبلیله از طوقه بریده و به آزمایشگاه منتقل شده و تحت شرایط ذکر شده در قبل به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. سپس وزن بذرهای شنبلیله و قسمت‌های علوفه‌ای آن (رویشی) به ازای یک متر مربع وزن شدند تا عملکرد وزن خشک شنبلیله (شامل بذرها و قسمت‌های رویشی) در متر مربع در تمامی کرت‌ها تعیین شود. علاوه بر آن، در زمان برداشت محصول گلرنگ (با بذرهای با رطوبت نسبی ۱۳ درصد) در اواخر مردادماه، یک ناحیه با مساحت یک متر مربع در کرت‌های حاوی گلرنگ به طور تصادفی انتخاب شد و سپس کاپیتول گیاهان بریده و به آزمایشگاه منتقل شده و در شرایط ذکر شده خشک شدند. سپس بذرهای گلرنگ به ازای یک متر مربع وزن شدند تا عملکرد گلرنگ در متر مربع در تمامی کرت‌ها تعیین شود. در نهایت، شاخص نسبت برابری زمین (LER) در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی هر کدام از محصولات برای تعیین سودمندی عملکرد محاسبه شدند (Simmonds & Vandermeer, 1989).

تجزیه آماری

داده‌های تراکم لاروها و حشرات کامل تریپس، شاخص خسارت برگ و نیز فراوانی شکارگرها در هر بوته با استفاده از تبدیل داده لگاریتمی نرمال شدند. سپس، داده‌ها برای هر کدام از سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) با سه تیمار و چهار تکرار تجزیه شدند و تفاوت بین تیمارها با استفاده از آزمون Tukey's HSD در سطح احتمال $P\leq 0.05$ مقایسه شد (IBM SPSS v.24.0). همچنین، رگرسیون خطی و ضریب تعیین (R^2) بین شاخص خسارت برگ و وزن خشک پیاز به ازای بوته برای هر کدام از سیستم‌های کشت نواری و تک‌کشتی پیاز محاسبه شد. علاوه بر آن، مقادیر شاخص تنوع گونه‌ای شانون (H') با استفاده از رابطه ۲ و شاخص یکنواختی پیلوجی (J') یا استفاده از رابطه ۳ برای هر

کرت محاسبه شدند (Magurran, 2004) و با روش two-way ANOVA تجزیه واریانس و با آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند (IBM SPSS v.24.0).

$$H' = -\sum Pi \ln Pi \qquad (۲)$$

در این معادله $pi = ni/N$، ni فراوانی هر گونه و N فراوانی کل گونه‌ها است.

$$J' = H'/\ln(S) \qquad (۳)$$

S در این معادله تعداد گونه است.

داده‌های مربوط به عملکرد پیاز بین سه سیستم کشت مورد آزمایش با استفاده از روش دوطرفه تجزیه واریانس شدند و با استفاده از آزمون Tukey's HSD در سطح احتمال $P \leq 0.05$ مقایسه شدند. همچنین، داده‌های مربوط به عملکرد شنبلیله و گلرنگ بین دو سیستم کشت نواری و تک‌کشتی با آزمون Chi-squared در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه شدند. نسبت برابری زمین (LER) با استفاده از رابطه ۴ به منظور محاسبه سودمندی عملکرد در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی محصولات نامبرده محاسبه شدند (Simmonds & Vandermeer, 1989).

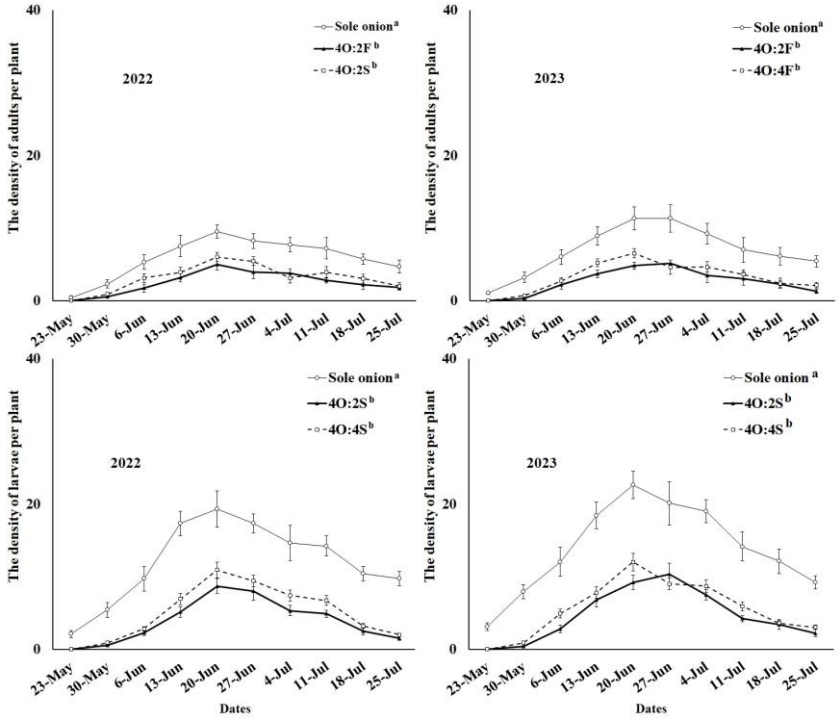
$$LER = \Sigma (Y_{pi}/Y_{mi}) \qquad (۴)$$

Y_{pi} عملکرد هر محصول در کشت‌های نواری و Y_{mi} عملکرد هر محصول در تک‌کشتی است.

نتایج

تراکم جمعیت تریپس پیاز و خسارت آن

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هر دو کشت نواری 4O:2F و 4O:2S تراکم حشرات کامل تریپس پیاز به ازای هر بوته را در مقایسه با تک‌کشتی پیاز به طور معنی‌داری در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,3} = 63.74; p \leq 0.001$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,3} = 102.26; p \leq 0.001$) کاهش داد (شکل ۱). به طور مشابه، تراکم لارو به ازای یک بوته در هر دو کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی پیاز در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,3} = 204.31; p \leq 0.001$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,3} = 314.82; p \leq 0.001$) کمتر بود (شکل ۱). علاوه بر این، طی فصل رشدی هر دو سال مورد آزمایش گیاهان پیاز در تک‌کشتی پیاز زودتر از کشت‌های نواری به حشرات کامل و لاروهای تریپس پیاز آلوده شدند (شکل ۱).



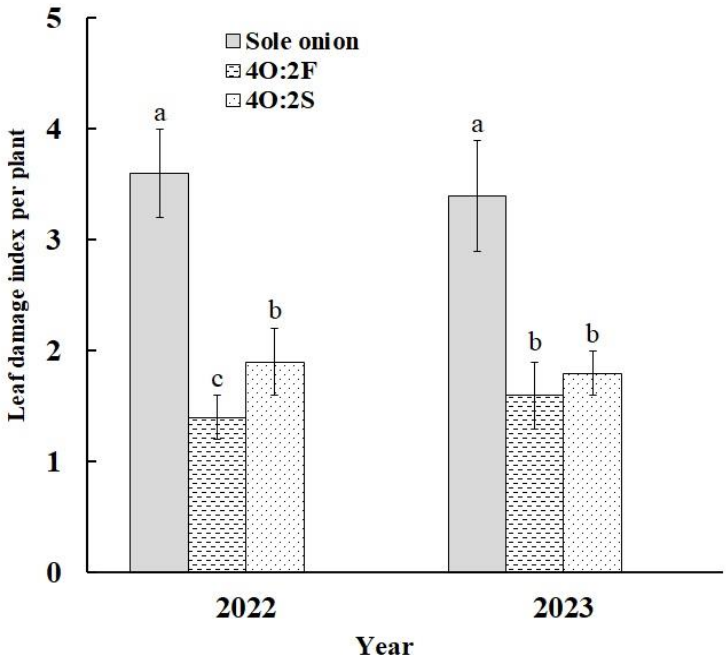
شکل ۱. پویایی جمعیت حشرات کامل و لاروهای *Thrips tabaci* به ازای بوته (میانگین ±SE) در طول فصل رشد پیاز در کشت مخلوط پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در مقایسه با تک‌کشتی پیاز در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P \leq$ ۰/۰۵).

Figure 1. Dynamics of adults and larvae of *Thrips tabaci* per plant (mean ± SE) over the growing season of onion in intercropping onion- fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) compared with sole onion in 2022 and 2023. Different letters indicate a significant difference between treatments ($P \leq 0.05$).

شاخص خسارت برگ به ازای هر بوته پیاز توسط تریپس پیاز در هر دو کشت نواری 4O:2F و 4O:2S در مقایسه با تک‌کشتی پیاز در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,\ 3} = 68.42;\ p \leq 0.001$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,\ 3} = 49.25;\ p \leq 0.001$) کمتر بود. کمترین مقدار شاخص خسارت برگ در تیمار 4O:2F در سال ۱۴۰۱ ثبت شد (شکل ۲). همچنین، ضریب تعیین (R^2) بین شاخص خسارت برگ و وزن خشک پیاز به ازای یک بوته در هر دو کشت نواری و تک‌کشتی پیاز معنی‌دار بود (شکل ۳).

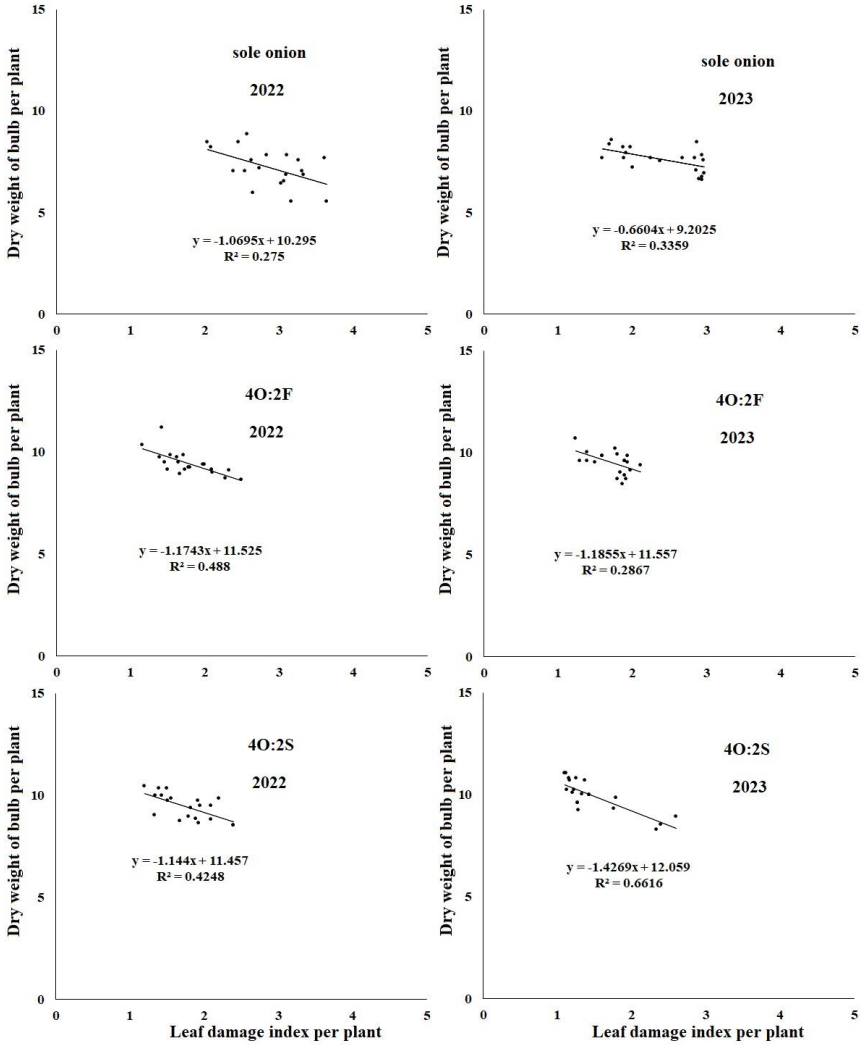
تنوع و فراوانی شکارگرها

در میان شکارگرهای جمع‌آوری شده، *Orius niger* Wolff، *Aeolothrips intermedius* Bagnall، *Chrysoperla carnea* (Stephen)، و *Hippodamia variegata* (Goeze) در هر دو سال مورد آزمایش با فراوانی بالاتر در کشت‌های نواری 4O:2F و 4O:2S در مقایسه با تک‌کشتی پیاز مشاهده شدند (جدول‌های ۱ و ۲). در مقابل، فراوانی سایر شکارگرها شامل *Nabis pseudoferus* Remane (Nabidae)، *Geocoris punctipes* (Say) (Geocoridae)، *Coccinella septempunctata* L. (Coccinellidae)، و *Episyrphus balteatus* (De Geer) (Syrphidae) بین کشت‌های نواری و تک‌کشتی پیاز اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول‌های ۱ و ۲). علاوه بر این، کمترین فراوانی کل شکارگرها در تک‌کشتی پیاز مشاهده شد. همچنین فراوانی کل شکارگرها در کشت نواری 4O:2F به طور معنی‌داری بیشتر از 4O:2S در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,\ 3} = 33.19;\ p \leq 0.001$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,\ 3} = 48.15;\ p \leq 0.001$) بود (جدول ۳). همچنین، کمترین مقادیر شاخص تنوع شانون در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,\ 3} = 11.94;\ p = 0.008$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,\ 3} = 15.24;\ p = 0.004$) و شاخص یکنواختی پیلو در سال ۱۴۰۱ ($F_{2,\ 3} = 9.58;\ p = 0.014$) و ۱۴۰۲ ($F_{2,\ 3} = 8.92;\ p = 0.016$) برای مجموعه شکارگرها از نظر آماری در تک‌کشتی پیاز بدست آمد. همچنین، مقدار شاخص تنوع شانون در هر دو سال مورد مطالعه در کشت نواری 4O:2F به طور معنی‌داری بیشتر از 4O:2S بود (جدول ۳).



شکل ۲. میانگین (± SE) شاخص خسارت برگ به ازای بوته در اواخر رشد پیاز در تک‌کشتی محصولات و کشت نواری پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲. * ۱ = بدون آسیب، ۲ = تا ۲۰٪، ۳ = ۲۱-۳۳٪، ٤ = ۳٤-۵۰٪، و ٥ = بیش از ۵۰٪ آسیب را نشان می‌دهد.

Figure 2. Means (± SE) of leaf damage index per plant at late onion growth in sole onion and intercropping onion-fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) in 2022 and 2023. *1 = no damage, 2 = up to 20%, 3 = 21-33%, 4 = 34-50%, and 5 = over 50% damage.



شکل ۳. نتایج رگرسیون خطی و ضریب تعیین (R^2) بین شاخص خسارت برگ و عملکرد وزن خشک پیاز به ازای بوته در تک‌کشتی محصولات و کشت نواری پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲. * ۱ = بدون آسیب، ۲ = تا ۲۰٪، ۳ = ۲۱-۳۳٪، ٤ = ۳٤-۵۰٪، و ۵ = بیش از ۵۰٪ آسیب را نشان می‌دهد.

Figure 3. Statistics of a linear regression and correlation (R^2) between the leaf damage index and the dry onion yield per plant in sole crops and intercropping onion- fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) in 2022 and 2023. * 1 = no damage, 2 = up to 20%, 3 = 21-33%, 4 = 34-50%, and 5 = over 50% damage.

جدول ۱. نتایج تجزیه آماری تأثیر سه سیستم زراعی بر میانگین فراوانی سالانه هر گونه شکارگر در هر بوته.

Table 1. Statistics of the effect of three cropping systems on the average annual abundance of individual predators per plant.

Predators	2022			2023		
	F value	df	*P* value	*F* value	df	*P* value
Orius niger	25.49	2, 6	0.001	18.92	2, 6	0.003
Aeolothrips intermedius	20.73	2, 6	0.002	23.46	2, 6	0.001
Chrysoperla carnea	15.37	2, 6	0.004	12.93	2, 6	0.007
Hippodamia variegata	17.39	2, 6	0.003	21.83	2, 6	0.002
Nabis pseudoferus	3.61	2, 6	0.093	4.11	2, 6	0.075
Geocoris punctipes	2.84	2, 6	0.135	3.95	2, 6	0.080
Coccinella septempunctata	3.05	2, 6	0.122	2.71	2, 6	0.145
Episyrphus balteatus	2.14	2, 6	0.199	3.67	2, 6	0.091
Harpalus rufipes	1.62	2, 6	0.274	1.16	2, 6	0.375
Pardosa agrestis	1.39	2, 6	0.319	0.42	2, 6	0.675
Anystis baccarum	1.05	2, 6	0.406	0.87	2, 6	0.466

df, degrees of freedom.

سودمندی عملکرد

عملکرد وزن خشک پیازها در هر متر مربع در هر دو کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی پیاز در سال ۱۴۰۱ ($F_{2, 3}$ = 29.38; $p \leq 0.001$) و ۱۴۰۲ ($F_{2, 3}$ = 38.42; $p \leq 0.001$) به طور قابل توجهی بیشتر بود (جدول ۴). در مقابل، عملکرد شنبلیله در هر متر مربع در کشت نواری 4O:2F در مقایسه با تک‌کشتی شنبلیله افزایش معنی‌داری را در سال ۱۴۰۱ (χ^2 =2.45; p = 0.117) و ۱۴۰۲ (χ^2 = 3.14; p = 0.076) نشان نداد (جدول ۴). به طور مشابه، اختلاف معنی‌داری در عملکرد گلرنگ در هر متر مربع در کشت نواری 4O:2S در مقایسه با تک‌کشتی گلرنگ در سال ۱۴۰۱ (χ^2 =2.91; p = 0.088) و ۱۴۰۲ (χ^2 = 2.08; p = 0.149) مشاهده نشد (جدول ۴). در هر دو سال مورد آزمایش، بیشترین مقدار LER (۱/۳۳ در سال ۱۴۰۱ و ۱/۲۶ در سال ۱۴۰۲) در کشت نواری 4O:2F محاسبه شد (جدول ۴).

بحث

تراکم تریپس پیاز و شاخص خسارت برگ از عوامل مهم در تصمیم‌گیری برای مدیریت کنترل تریپس روی محصول پیاز هستند (Nault & Shelton, 2010; Diaz-Montano et al., 2011).

در تحقیق حاضر، کاهش معنی‌داری در شاخص خسارت برگ در کشت‌های نواری، به‌ویژه 4O:2F در مقایسه با تک‌کشتی پیاز ثبت شد. این نتیجه ممکن است با آلودگی تاخیری گیاهان پیاز در هر دو کشت‌نواری به حشرات کامل و لاروهای تریپس پیاز طی فصل رشدی در ارتباط باشد. در مقابل، آلودگی زودهنگام گیاهان پیاز به تریپس پیاز در تک‌کشتی پیاز به احتمال سبب افزایش شاخص خسارت برگ شد. لذا، تراکم حشرات کامل و لاروها، شاخص خسارت برگ و زمان شروع آلودگی گیاه به تریپس پیاز از عوامل مهم در تصمیم‌گیری کنترل این تریپس هستند.

جدول ۲. فراوانی شکارگرهای *Thrips tabaci* (میانگین ± SE) در پیاز تنها و کشت مخلوط پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲.

Table 2. Abundance of predators of *Thrips tabaci* (mean ± SE) in sole onion and intercropping onion- fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) in 2022 and 2023.

Predators	Years	Sole onion	4O:2F	4O:2S
*Orius niger**	2022	0.34 ± 0.09 b	0.62 ± 0.05 a	0.45 ± 0.06 a
	2023	0.37 ± 0.05 b	0.61 ± 0.06 a	0.52 ± 0.07 a
*Aeolothrips intermedius**	2022	0.29 ± 0.04 b	0.53 ± 0.08 a	0.43 ± 0.09 a
	2023	0.31 ± 0.04 b	0.50 ± 0.06 a	0.47 ± 0.08 a
*Chrysoperla carnea**	2022	0.11 ± 0.04 b	0.25 ± 0.03 a	0.20 ± 0.05 a
	2023	0.14 ± 0.03 b	0.28 ± 0.05 a	0.19 ± 0.07 a
*Hippodamia variegata**	2022	0.12 ± 0.03 b	0.30 ± 0.04 a	0.17 ± 0.05 a
	2023	0.09 ± 0.02 b	0.16 ± 0.03 a	0.15 ± 0.04 a
*Nabis pseudoferus*ns	2022	0.03 ± 0.02	0.11 ± 0.03	0.14 ± 0.04
	2023	0.08 ± 0.03	0.12 ± 0.04	0.09 ± 0.04
*Geocoris punctipes*ns	2022	0.04 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.10 ± 0.04
	2023	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.06 ± 0.04
*Coccinella septempunctata*ns	2022	0.06 ± 0.03	0.14 ± 0.04	0.06 ± 0.05
	2023	0.05 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.05 ± 0.03
*Episyrphus balteatus*ns	2022	0.08 ± 0.02	0.11 ± 0.03	0.05 ± 0.04
	2023	0.05 ± 0.02	0.10 ± 0.03	0.06 ± 0.02
*Harpalus rufipes*ns	2022	0.03 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.03
	2023	0.03 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.07 ± 0.02
*Pardosa agrestis*ns	2022	0.04 ± 0.01	0.10 ± 0.03	0.08 ± 0.04
	2023	0.02 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.13 ± 0.02
*Anystis baccarum*ns	2022	0.02 ± 0.02	0.12 ± 0.03	0.03 ± 0.04
	2023	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02

* and ns indicate significant and nonsignificant difference, respectively at $P \leq 0.05$.
Means with the different letter in a row are significantly different (Tukey's HSD test; $P \leq 0.05$).

کشت نواری پیاز با شنبلیله در الگوی 4O:2F و پیاز با گلرنگ در الگوی 4O:2S، زیستگاه و منابع غذایی مناسبی را برای شکارگرهای عمومی تریپس پیاز در مزارع فراهم کرد. در نتیجه، افزایش تنوع و فراوانی شکارگرهای عمومی در کشت‌های نواری سبب کاهش جمعیت تریپس پیاز روی محصول پیاز شد. شنبلیله و گلرنگ با تولید گل و تامین گرده، شهد، خردزیستگاه‌های متنوع، و شکارهای جایگزین گیاهان همراه مناسبی در کشت مخلوط با پیاز هستند. افزایش فراوانی و کارایی شکارگرها در کشت مخلوط پیاز با برخی از گیاهان همراه در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Belder et al., 2000; Trdan et al., 2006; Sekine et al., 2021).

نتایج این مطالعه نشان داد که گونه‌های غالب شکارگر تریپس پیاز شامل *O. niger*، *A. intermedius*، *C. carnea* و *H. variegata* در کشت‌های نواری 4O:2F و 4O:2S فراوانی بالاتری در مقایسه با تک‌کشتی پیاز داشتند. این نتایج نشان داد که کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ با تأمین منابع غذایی و زیستگاهی مطلوب در طول فصل رشد نقش مهمی در برنامه‌های حفاظت و حمایت از شکارگرهای عمومی ایفا می‌کند. تاثیر شکارگرها در کاهش جمعیت تریپس پیاز در کشت نواری پیاز با گیاهان همراه مناسب مانند برخی لگوم‌ها، هویج، و جو در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Belder et al., 2000; Trdan et al., 2006; Fathi, 2017; Vijayalakshmi et al., 2018; Sekine et al., 2021).

دلیل دیگر کاهش جمعیت تریپس پیاز در کشت‌های نواری می‌تواند با فراوانی کل شکارگرها و نیز شاخص تنوع شانون و شاخص یکنواختی پیلو در ارتباط باشد. چراکه، در تحقیق حاضر، فراوانی کل شکارگرها و نیز شاخص تنوع شانون و شاخص یکنواختی پیلو در کشت‌های نواری به‌ویژه 4O:2F در مقایسه با تک‌کشتی پیاز بیشتر بود.

جدول ۳. میانگین (± SE) فراوانی کل شکارگرها، شاخص تنوع شانون(H') ، و شاخص یکنواختی پیلو (J') برای ترکیب شکارگرهای *Thrips tabaci* در پیاز تنها و کشت مخلوط پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲.

Table 3. Means (± SE) of total abundance of predators, Shannon diversity index (H'), and Pielou's evenness index (J') for the composition of predators of *Thrips tabaci* in sole onion and intercropping onion- fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) in 2022 and 2023.

Predators	Years	Sole onion	4O:2F	4O:2S
Total abundance	2022	1.16 ± 0.32 c	2.41 ± 0.45 a	1.80 ± 0.53 b
	2023	1.22 ± 0.28 c	2.24 ± 0.37 a	1.84 ± 0.41 b
Shannon diversity index	2022	1.99 ± 0.01 c	2.13 ± 0.01 a	2.08 ± 0.01 b
$H' = -\sum Pi \ln Pi$	2023	1.96 ± 0.01 c	2.06 ± 0.01 a	2.02 ± 0.01 b
Pielou's evenness index	2022	0.83 ± 0.01 b	0.89 ± 0.01 a	0.87 ± 0.01 a
$J' = H'/\ln(S)$	2023	0.82 ± 0.01 b	0.86 ± 0.01 a	0.84 ± 0.01 a

Means with the different letter in a row are significantly different (Tukey's HSD test; $P \leq 0.05$).

جدول ٤. میانگین (± SE) عملکرد (گرم بر مترمربع) وزن خشک پیاز، شنبلیله، و گلرنگ، و نیز نسبت برابری زمین (LER) در تک‌کشتی محصولات و کشت نواری پیاز- شنبلیله (O:F) و پیاز- گلرنگ (O:S) در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲.

Table 4. Mean (± SE) dry yields (g/m^2) of onion, fenugreek, and safflower, along with land equivalent ratio (LER) in the sole crops and intercropping onion- fenugreek (O:F) and onion- safflower (O:S) in 2022 and 2023.

Cropping systems	Year	Dry yield of onion (g/m^2)	Dry yield of fenugreek (vegetative yield and grain yield) (g/m^2)	Grain yield of safflower (g/m^2)	LER
Sole crops	2022	198.7 ± 11.6 b	910.6 ± 31.2 b	679.5 ± 31.2 b	1
	2023	225.6 ± 13.4 b	879.7 ± 31.2 b	733.7 ± 31.2 b	1
4O:2F	2022	294.6 ± 20.6 a	943.8 ± 31.2 b	-	1.33
	2023	307.8 ± 16.9 a	926.4 ± 31.2 b	-	1.26
4O:2S	2022	271.3 ± 24.7 a	-	860.1 ± 33.1 a	1.26
	2023	281.4 ± 21.6 a	-	884.1 ± 33.1 a	1.18

Means within a column followed by the different letter in each year are significantly different (Tukey's HSD test; $P \leq 0.05$).

افزایش تنوع و فراوانی کل شکارگرها در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی پیاز احتمالاً با تأمین خردزیستگاه‌ها و منابع غذایی مطلوب در ارتباط است (Fathi, 2017; Tajmiri et al., 2017; Abad et al., 2020a). علاوه بر این، همگن بودن فراوانی نسبی گونه‌های شکارگر در کشت‌های نواری، به ویژه 4O:2F منجر به افزایش مقادیر شاخص تنوع شانون برای مجموعه شکارگرهای تریپس پیاز در مقایسه با تک‌کشتی پیاز شد. این یافته‌ها با نتایج محققین قبلی مبنی بر افزایش تنوع زیستی شکارگرها در کشت‌های مخلوط مطابقت دارد (Zarei et al., 2019; Abad et al., 2020b; Fathi, 2022).

نتایج تحقیق حاضر سودمندی نسبی عملکرد پیاز در کشت‌های نواری، به‌ویژه 4O:2F را در مقایسه با تک‌کشتی پیاز نشان داد. چراکه بیشترین مقدار LER در کشت نواری 4O:2F در هر دو سال مورد آزمایش به‌دست آمد. بنابراین، کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ احتمالاً کارایی استفاده از منابع موجود در خاک و هوا را در مقایسه با تک محصولی افزایش می‌دهد و در نتیجه منجر به بهبود عملکرد نسبی پیاز می‌شود (Simmonds &Vandermeer, 1989; Fathi, 2023). دلیل عملکرد نسبی بالا در کشت نواری 4O:2F در مقایسه با 4O:2S به احتمال می‌تواند با توانایی شنبلیله در تثبیت نیتروژن در خاک توسط باکتری‌های همزیست در ریشه در ارتباط باشد. افزایش عملکرد نسبی محصولات در کشت‌های نواری پیاز یا تره فرنگی با برخی لگوم‌ها، هویج و جو در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Theunissen & Schelling, 1998, 2013; Belder et al., 2000; Sekine et al., 2021). از سوی دیگر، کشت نواری پیاز با شنبلیله و پیاز با گلرنگ با کاهش جمعیت تریپس پیاز منجر به افزایش عملکرد نسبی محصولات شد. چراکه، همبستگی معنی‌داری بین شاخص خسارت برگ و عملکرد پیاز وجود داشت. مطالعات قبلی نیز همبستگی معنی‌داری بین کاهش تراکم آفات و افزایش عملکرد محصولات در اکوسیستم‌های زراعی متنوع‌تر را گزارش کرده‌اند (Mollaei et al., 2021; Alioghli et al., 2022; Fathi, 2023).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت نواری پیاز با شنبلیله (4O:2F) و پیاز با گلرنگ (4O:2S)، به‌ویژه 4O:2F منجر به کاهش جمعیت تریپس پیاز روی گیاهان پیاز شد. از سوی دیگر، هر دو کشت نواری به‌ویژه 4O:2F فراوانی کل شکارگرها و نسبت برابری زمین را در مقایسه با تک‌کشتی محصولات افزایش داد. بنابراین، می‌توان به کشاورزان توصیه کرد که هر دو کشت نواری، به‌ویژه 4O:2F می‌توانند در برنامه‌های مدیریت تریپس پیاز به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست استفاده شوند.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر همکاری و حمایت مالی از تحقیق حاضر تقدیر و تشکر می‌شود.

References

Abad, M.K.R., Fathi, S.A.A., Nouri-Ganbalani, G. & Amiri-Besheli, B. (2020a). Influence of tomato/clover intercropping on the control of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *International Journal of Tropical Insect Science*, *40*, 39–48.

Abad, M.K.R., Fathi, S.A.A., Nouri-Ganbalani, G. & Amiri-Besheli, B. (2020b). The effect of intercropping of tomato and clover on control of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *42*, 67-80.

Abenaim, L., Bedini, S., Greco, A., Giannotti, P. & Conti, B. (2022). Predation capacity of the banded thrips *Aeolothrips intermedius* for the biological control of the onion thrips *Thrips tabaci*. *Insects*,*13*, 8.

Alioghli, N., Fathi, S.A.A., Razmjou, J. & Hassanpour, M. (2022). Does intercropping patterns of potato and safflower affect the density of *Leptinotarsa decemlineata* (Say), predators, and the yield of crops? *Biological Control*, *175*, 105051.

Bei-Bienko, G.Y., Blagoveshchenskii, D.I., Chernova, O.A., Dantsing, E.M., Emilianov, A.F., Kerzhner, I.M. & et al. (1967). *Keys to the insects of the European USSR*, Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute.

Belder, E., Elderson, J. & Vereijken, P.F.G. (2000). Effects of undersown clover on host-plant selection by *Thrips tabaci* adults in leek. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *94*, 173–182.

Brooks, S.J. & Barnard, P.C. (1990). *The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology*, *59*, 117–286.

Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J. & Shelton, A.M. (2011). Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): a global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, *104*, 1–13.

Fathi, S.A.A. (2014). Screening of the susceptibility of newly released genotypes of potato to thrips infestation under field conditions in northwest Iran. *Crop Protection*, *62*, 79–85.

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.

Fathi, S.A.A. (2018). Influence of intercropping systems of corn and sunflower in control of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *41*, 1-16.

Fathi, S.A.A. (2022). The role of intercrops of eggplant and cowpea on the control of *Leucinodes orbonalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae). *Biocontrol*, *67*, 307–317.

Fathi, S.A.A. (2023). Eggplant-garlic intercrops reduce the density of *Tetranychus urticae* on eggplant and improve crop yield. *Experimental and Applied Acarology*, *91*, 43–55.

Gombač, P. & Trdan, S. (2014). The efficacy of intercropping with birdsfoot trefoil and summer savoury in reducing damage inflicted by onion thrips (*Thrips tabaci*, Thysanoptera, Thripidae) on four leek cultivars. *Journal of Plant Diseases and Protection*, *121*, 117–124.

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

Grez, A.A. & González, R.H. (1995). Resource concentration hypothesis: effect of host plant patch size on density of herbivorous insects. *Oecologia*, *103*, 471–474.

Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Wanyama, J.M. & et al. (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.

Landis, D.A., Wratten, S.D. & Gurr, G.M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, *45*, 175–201.

Letourneau, D.K., Armbrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S.D. & et al. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, *21*, 9–21.

Lewis, T. (1973). *Thrips: their biology, ecology and economic importance*. Academic, London, United Kingdom.

Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell publishing, Oxford, UK.

Mohammadi, K., Fathi, S.A.A., Razmjou, J. & Naseri, B. (2021). Evaluation of the effect of strip intercropping green bean/garlic on the control of *Tetranychus urticae* in the field. *Experimental and Applied Acarology*, *83*, 183–195.

Mollaei, M., Fathi, S.A.A., Nouri-Ganbalani, G., Hassanpour, M. & Golizadeh, A. (2021). Effects of strip intercropping of canola with faba bean, field pea, garlic, or wheat on control of cabbage aphid and crop yield. *Plant Protection Science*, *57*, 59–65.

Mound, L.A. & Kibby, G. (1998). *Thysanoptera: an identification guide, 2nd edition*. CAB International, Wallingford.

Nault, B.A. & Shelton, A.M. (2010). Impact of insecticide efficacy on developing action thresholds for pest management: a case study of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on onion. *Journal of Economic Entomology*, *103*, 1315–1326.

Sekine, T., Masuda, T. & Inawashiro, S. (2021). Suppression effect of intercropping with barley on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields. *Applied Entomology and Zoology*, *56*, 59–68.

Shelton, A.M. & North, R.C. (1987). Injury and control of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on edible podded peas. *Journal of Economic Entomology*, *80*, 1325–1330.

Shelton, A.M., Zhao, J.Z., Nault, B.A., Plate, J., Musser, F.R. & Larentzaki, E. (2006). Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. *Journal of Economic Entomology*, *99*, 1798–1804.

Simmonds, N.W. & Vandermeer, J. (1989). The ecology of intercropping. *Journal of Applied Ecology*, *26*, 1107.

Southwood, T.R.E., & Henderson P.A. (2000). *Ecological Methods*. Blackwell Science, USA

Tajmiri, P., Fathi, S.A.A., Golizadeh, A. & Nouri-Ganbalani, G. (2017). Effect of strip-intercropping potato and annual alfalfa on populations of *Leptinotarsa decemlineata* Say and its predators. *International Journal of Pest Management*, *63*, 273–279.

Theunissen, J. & Schelling, G. (1998). Infestation of leek by *Thrips tabaci* as related to spatial and temporal patterns of undersowing. *Biocontrol*, *43*, 107–119.

Theunissen, J. & Schelling, G. (2013) Damage threshold for *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in monocropped and intercropped leek. *European Journal of Entomology*, *94*, 253–261.

Trautner, J. & Geigenmüller, K. (1987). *Tiger beetles, ground beetles: illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. J. Margraf; Margraf, Distributor, Aichtal, Gaimersheim, FR Germany.

Trdan, S., Žnldarčič, D., Valič, N., Rozman, L. & Vidrih, M. (2006). Intercropping against onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) in onion production: on the suitability of orchard grass, lacy phacelia, and buckwheat as alternatives for white clover. *Journal of Plant Diseases and Protection, 113*, 24–30.

van Veen, M.P. (2014). *Hoverflies of Northwest Europe: identification keys to the Syrphidae, hoverflies of Northwest Europe*. KNNV Publishing.

Vijayalakshmi, A. G., Ashok, J., Nadagouda, S., & Aswathanarayan, D. S. (2018). Influence of intercrops on the incidence of thrips, *Thrips tabaci* (L.) in onion ecosystem. Journal of Entomology and Zoology Studies, *6(5)*, 658-661.

Zamani, A. (2023). *Spiders of Iran – Systematics, diversity and distribution*. Turun Yliopisto University of Turku.

Zarei, E., Fathi, S.A.A., Hassanpour, M. & Golizadeh, A. (2019). Assessment of intercropping tomato and sainfoin for the control of *Tuta absoluta* (Meyrick). Crop Protection, *120*, 125–133.

© 2023 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/).

Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)
46(3), Autumn, 2023

10.22055/ppr.2024.45228.1717

The effect of intercropping onion with fenugreek and onion with safflower on population density of the onion thrips, *Thrips tabaci*, biodiversity of its predators, and crop yield

S.A.A. Fathi[1*]

1. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (fathi@uma.ac.ir)

Received: 8 November 2023 Accepted: 3 January 2024

Abstract

Background and Objectives

Strip cultivation is one of the effective methods to reduce the population of pests and increase the abundance and diversity of natural enemies in any habitat. Onion thrips, *Thrips tabaci* Lind., is a pest of onion (*Allium cepa* L.) worldwide. Larvae and adults of thrips feed on cell sap and cause silver spots on the surface of leaves of onion plants that consequently result in a significant reduction in onion yield. Control of onion thrips is difficult due to the short generation time, high fecundity, and the emergence of insecticide-resistant genotypes. Predators in each region, such as hemipterans, ladybugs, syrphid flies, carabid beetles, mites, and spiders, are effective in the biological control of the onion thrips population in fields. Intercropping systems can affect the biological control of pests by providing food and habitat resources for natural enemies. Therefore, designing effective and appropriate methods to reduce the population of onion thrips and increase the diversity and abundance of natural enemies can effectively manage *T. tabaci* in fields.

Materials and Methods

In this study, the effect of intercropping four rows of onion (*Allium cepa* L.) with two rows of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L.*) (4O:2F) and four rows of onion with two rows of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) (4O:4S) was investigated on densities of the onion thrips, biodiversity of predators, and crop yields in 2022 and 2023. The experiments were accomplished in a randomized complete block design with two intercrops of 4O:2F and 4O:4S along with the sole crops.

The density of onion thrips and predators per plant was counted and recorded on weakly sampling dates by direct counting using a magnifying glass. The predatory species that we suspected in their identification were transferred to the laboratory and carefully identified through morphological characteristics under a stereomicroscope. The average annual abundance of each predator species and the abundance of predators per plant in each plot were calculated during the onion growing season. In addition, Shannon's diversity index (*H'*) and Pielou's evenness index (*J'*) were calculated for the complexity of predators in each plot and in each tested year to compare the cropping systems. The onion, fenugreek, and safflower yield per square meter were estimated in strip intercropping systems and single crops. Then, the land equality ratio (LER) was calculated for both intercrops to estimate the yield advantage regarding the monoculture of each crop.

Results
Three intercrops led to a significant reduction in the densities of larvae and adults of onion thrips compared with sole onion. Further, the leaf damage index was lower in intercrops than in single onion in two seasons. A significant coefficient of determination (R^2) was calculated between the leaf damage index and the dry weight of onion per plant in two intercrop and sole onions. The total abundance of predators was higher in intercrops, especially 4O:2F than in the sole crop. More values of the Shannon diversity index and the Pielou's evenness index for predators were recorded in intercrops compared with the sole crop in two seasons. The dry yield of onions per square meter was more significant in both strip intercropping systems compared to single onions in 2022 and 2023. On the contrary, the dry yield of fenugreek and safflower per square meter was insignificant among intercrops and single crops in two years. The highest land equivalent ratio (LER) was calculated for 4O:2F.
Discussion
Overall, the intercropping of onion and fenugreek (4O:2F) and onion and safflower (4O:2S) demonstrated a reduction in the population of onion thrips. Both intercrops, particularly 4O:2F, contributed to an increase in the abundance and diversity of predators and the values of LER when compared with sole crops. As a result, farmers could consider implementing both intercrops, particularly 4O:2F, as an environmentally conscious approach to managing *T. tabaci* in the field.

Keywords: Diversity, Pest population, Sustainable control, Yield benefit

Associate editor: A. Sahragard (Prof.)

Citation: Fathi, S.A.A. (2024). The effect of intercropping onion with fenugreek and onion with safflower on population density of the onion thrips, *Thrips tabaci*, biodiversity of its predators, and crop yield. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 46*(3), 25-37. https://10.22055/ppr.2024.45228.1717.