Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)

48(3), Autumn, 2025

10.22055/ppr.2025.50319.1826

The impact of three intercropping patterns of tomato and onion on the control of *Tuta absoluta* (Meyrick) and crop yield

S. A. A. Fathi[1*] and S. Emdadi[2]

1. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (fathi@uma.ac.ir)
2. M.S.c., Food Sciences and Technology Department, Faculty of Nutrition and Food Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Received: 4 August 2025 Revised: 3 September 2025 Accepted: 14 September 2025

Abstract

Background and Objective

The tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), is a key pest in tomato cultivation. The reliance on broad-spectrum insecticides in controlling this pest has harmful effects on non-target organisms and disrupts the ecological balance within agroecosystems. Therefore, it is crucial to explore and implement alternative pest management strategies for *T. absoluta*. Enhancing agroecosystem diversity through practices such as intercropping systems is vital for effective pest control, promoting the abundance and diversity of natural enemies, and improving soil productivity.

Materials and Methods

This study investigated the impact of intercropping tomato (*Lycopersicon esculentum* (Mill.)) and onion (*Allium cepa* L.) on the density of tomato leaf miner, the percentage of infested fruits, and overall crop yield, relative to monocultures of the two crops across the growing seasons of 2023 and 2024. The experimental treatments included: (1) tomato monoculture (sT), (2) a 4:4 row intercropping of tomato and onion (4T:4O), (3) a 4:8 row intercropping (4T:8O), (4) a 4:12 row intercropping (4T:12O), alongside (5) onion monoculture (sO). Total polyphenol content was quantified in onion leaf samples at three weight ratios: 4, 8, and 12 kg, with absorbance measurements taken at 760 nm using a spectrophotometer. A linear regression analysis was performed to investigate the relationship between the number of eggs, larvae, larval galleries, and the percentage of infested fruits concerning the total polyphenol contents in three specific weight ratios of onion leaves. Furthermore, the land equivalent ratio (LER) was calculated for three intercrops to evaluate their yield efficiency compared to the corresponding monoculture systems.

Results

The experimental results showed that all three intercrops significantly reduced the number of eggs, larvae, and larval galleries per tomato plant compared to the sole tomatoes. Among three intercrops, 4T:8O and 4T:12O exhibited the most noticeable reduction in tomato leaf miner populations. Furthermore, there was a significant decline in the percentage of infested fruits across all intercrops, particularly in the 4T:12O pattern, compared to tomato monoculture. This study established a significant negative linear regression between the total polyphenol content in onion leaves and the number of eggs, larvae, larval galleries, and the percentage of infested fruits. All three intercrops had a land equivalent ratio (LER) index greater than one, with the highest LER values observed in the 4T:8O and 4T:12O intercrops.

Discussion

The reduction in *T. absoluta* populations and associated damage in three patterns of tomato and onion intercrops may be attributed to the volatile compounds emitted by onions, which appear to exert a repellent effect on *T. absoluta* adults. This odor may prevent adults from finding suitable hosts for laying eggs or even cause them to migrate from intercrops to other fields. Our findings show that increasing the total polyphenol content in green onion foliage significantly associates with a reduction in the number of eggs laid, larvae, larval galleries, and the percentage of infested fruits. Consequently, increasing the rows of onion relative to tomato rows from 4T:4O to 4T:8O and 4T:12O resulted in a more noticeable repellent effect on *T. absoluta* in the field. Therefore, intercropping tomato and onion, particularly at the 4T:8O and 4T:12O patterns, presents an environmentally sustainable practice for managing *T. absoluta* in agricultural systems.

Keywords: biodiversity, crop yield, intercrop, repellent, sustainable agriculture

Associate editor: P. Shishehbor (Prof.)

Citation: Fathi, S. A. A. & Emdadi, S (2025). The impact of three intercropping patterns of tomato and onion on the control of *Tuta absoluta* (Meyrick) and crop yield. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 48*(3), 55-69. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2025.50319.1826.

گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٨، شماره ٣، پاییز ١٤٠٤

10.22055/ppr.2025.50319.1826

تاثیر سه الگوی کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز در کنترل *Tuta absoluta* (Meyrick) و عملکرد محصول

سید علی اصغر فتحی *[1] و سیمین امدادی [2]

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

۲- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

مینوز برگ گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick)، آفت مهم در مزارع گوجه‌فرنگی است. تنوع‌بخشی به اکوسیستم‌های زراعی برای کنترل آفات، افزایش تنوع حشرات مفید و حاصلخیزی خاک حیاتی است. در این مطالعه، تأثیر کشت نواری گوجه‌فرنگی، *Lycopersicon esculentum* (Mill.) (T)، و پیاز (*Allium cepa* L.) (G) در سه الگوی 4T:4O، 4T:8O و 4T:12O (نسبت ردیف‌های کاشت) بر تراکم مینوز برگ گوجه‌فرنگی، درصد آلودگی میوه‌ها، و عملکرد محصول در مقایسه با تک‌کشتی‌ها در دو فصل رشدی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ ارزیابی شد. همچنین، مقادیر پلی‌فنل کل در برگ‌های سبز گیاهان پیاز روییده در سه تیمار 4T:4O، 4T:8O و 4T:12O در مزرعه آزمایشی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که هر سه کشت نواری باعث کاهش معنی‌داری در تعداد تخم‌ها، لاروها و دالان‌های لاروی مینوز برگ گوجه‌فرنگی در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی شدند که در بین آن‌ها دو الگوی 4T:8O و 4T:12O بیشترین تاثیر را در کاهش تعداد لاروها و دالان‌های لاروی مینوز داشتند. همچنین، کاهش معنی‌داری در درصد میوه‌های آلوده در هر سه کشت نواری در مقایسه با کشت تک‌محصولی گوجه‌فرنگی مشاهده شد.در بین سه کشت نواری درصد میوه‌های آلوده در الگوهای 4T:8O و 4T:12O به طور معنی‌داری کمتر از 4T:4O بود. علاوه بر آن، در تحقیق حاضر، بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های سبز پیاز در سه نسبت وزنی ٤، ٨، و ١٢ کیلوگرم با تعداد تخم‌ها، لاروها، دالان‌های لاروی و درصد میوه‌های آلوده رابطه رگرسیون خطی منفی معنی‌دار بدست آمد. بنابراین، افزایش تعداد ردیف‌های پیاز در کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز در دو الگوی 4T:8O و 4T:12O می‌تواند در کنترل *T. absoluta* در مزارع گوجه‌فرنگی موثر باشد.

کلیدواژه‌ها: تنوع زیستی، عملکرد محصول، دورکننده، کشاورزی پایدار، کشت نواری

دبیر تخصصی: دکتر پرویز شیشه‌بر

مقدمه

مدیریت تلفیقی آفات یک رویکرد جامع برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی است که به جای تکیه صرف بر آفت‌کش‌ها، از ترکیبی از روش‌های مختلف برای حفظ سلامت محصول و کاهش اثرات منفی بر محیط زیست استفاده می‌شود. این رویکرد، با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، به دنبال تعادل بین تولید باکیفیت و کشاورزی پایدار است. یکی از شیوه‌های بکاررفته در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده از سیستم‌های کشت نواری با هدف کاهش وابستگی به نهاده‌های کشاورزی مانند کودها و آفت‌کش‌ها است (Vandermeer, 1989; Medeiros et al., 2009; Fathi, 2023a). هدف اصلی سیستم‌های کشت نواری، کاهش جمعیت آفات (Khan et al., 2006; Fathi, 2022; Pandey et al., 2023)، افزایش فراوانی و تنوع دشمنان طبیعی (Khan, 2008; Letourneau et al., 2011)، و بهبود کیفیت خاک، بهره‌وری و عملکرد محصول (Vandermeer, 1989; Tajmiri et al., 2017) است. استفاده از سیستم‌های کشت نواری با کاشت دو یا چند محصول با نسبت‌های ردیفی متفاوت در یک مزرعه یکی از روش‌های رایج در تنوع‌بخشی به اکوسیستم‌های کشاورزی است (Vandermeer, 1989).

مینوز برگ گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)، یکی از آفات مهم در مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی، *Lycopersicon esculentum* (Mill.)، است که عملکرد این محصول را به شدت کاهش می‌دهد (Desneux et al., 2010; Fathi, 2016; Campos et al., 2017). لاروهای مینوز برگ گوجه‌فرنگی در برگ‌ها، ساقه‌ها و میوه‌ها دالان ایجاد می‌کنند و منجر به کاهش قابل توجه ۴۰ تا ۱۰۰ درصدی در عملکرد محصول گوجه‌فرنگی می‌شوند (Desneux et al., 2010). روش رایج برای کنترل مینوز برگ گوجه‌فرنگی در کشورهای تولیدکننده این محصول استفاده از حشره‌کش‌ها است (Guedes & Picanço, 2012; Biondi et al., 2018; Farias et al., 2018). با این حال، حشره‌کش‌ها در کنترل این آفت به دلیل ایجاد دالان‌های لاروی و عدم تماس مستقیم با حشره‌کش‌ها، نرخ تولید مثل بالا و دوره نسلی کوتاه تاثیر کوتاه‌مدتی دارند (Guedes & Picanço, 2012). علاوه بر این، استفاده گسترده از حشره‌کش‌ها ممکن است منجر به ظهور ژنوتیپ‌های مقاوم نیز شود (Campos et al., 2014; Roditakis et al., 2018). همچنین، استفاده بیش از حد از حشره‌کش‌های با طیف وسیع اثرات نامطلوبی بر دشمنان طبیعی دارد و تعادل اکولوژیکی را بر هم می‌زند (Siqueira et al., 2001; Silva et al., 2016). بنابراین، لازم است راه‌کارهای جایگزین برای مدیریت مینوز برگ گوجه‌فرنگی بررسی و ارایه شوند.

موفقیت استفاده از سیستم‌های کشت نواری در مدیریت آفات به اثر دورکنندگی ترکیبات آلی فرار (VOCs) منتشر شده از محصولات همراه کاشته شده نسبت به حشرات آفت (Grez & González, 1995; Landis et al., 2000; Khan, 2009) و اثر حفاظتی و حمایتی این محصولات از دشمنان طبیعی (Khan, 2008; Letourneau et al., 2011; Fathi, 2024) بستگی دارد. مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند که کشت پیاز (*Allium cepa* L.) و سیر (*Allium sativum* L.) در اکوسیستم‌های کشاورزی در کنترل تعدادی از آفات موثر بود (Isman, 2006; Stratton et al., 2019; Mohammadi et al., 2021; Fathi, 2023a). همچنین، گزارش شده است که کشت گیاهان جنس *Allium* در کنار گیاهان میزبان مطلوب برای آفات اختصاصی، با مکانیسم آزاد کردن ترکیبات آلی فرار دورکننده باعث اختلال در میزبان‌یابی و استقرار حشرات آفت روی میزبان‌های مطلوب می‌شوند (Isman, 2006; Stratton et al., 2019). علاوه بر آن، گیاهان پیاز و سیر با فراهم کردن طعمه‌های جایگزین برای دشمنان طبیعی موجب تقویت کنترل طبیعی آفات نیز می‌شوند (Mohammadi et al., 2021; Fathi, 2023b). به عنوان مثال، Fathi (2023a) نشان داد که کشت نواری بادمجان با سیر منجر به کاهش جمعیت کنه دونقطه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch روی بادمجان شد. Stratton et al. (2019) گزارش

کردند که بوی گیاهان سیر منجر به کاهش معنی‌داری در تخم‌گذاری مگس شلغم (*Contarinia nasturtii* Kieffer) روی گیاهان کلم بروکلی (*Brassica oleracea var. italica* Plenk) شد. Hata et al. (2016) گزارش دادند که کشت نواری سیر و توت‌فرنگی جمعیت کنه دو نقطه‌ای روی گیاهان توت‌فرنگی را کاهش داد.

در مطالعه حاضر، فرض بر آن است که کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز ممکن است به طور بالقوه بر تراکم *T. absoluta* در مزارع گوجه‌فرنگی تأثیر بگذارد. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز در الگوهای مختلف بر جمعیت مینوز برگ گوجه‌فرنگی، درصد میوه‌های آلوده، و عملکرد کلی محصول در دو سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ انجام شد. یافته‌های تحقیق حاضر می‌تواند به توسعه روش‌های پایدارتر و سازگارتر با محیط زیست برای مدیریت *T. absoluta* کمک کند.

مواد و روش‌ها

مکان و تیمارهای آزمایشی

این مطالعه در مزرعه آزمایشی واقع در دشت تبریز طی فصول رشدی ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ انجام شد. آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار بلوک و پنج کرت (۸ × ۵ متر) در هر بلوک انجام شد. اطراف کرت‌های آزمایشی فاصله چهار متری عاری از کشت هر دو محصول رها شد تا تأثیر سیستم‌های کشت بر یکدیگر به حداقل برسد. تیمارهای مورد آزمایش در تحقیق حاضر شامل (۱) تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (sT)، (۲) کشت نواری چهار ردیف گوجه‌فرنگی با چهار ردیف پیاز (4T:4O)، (۳) کشت نواری چهار ردیف گوجه‌فرنگی با هشت ردیف پیاز (4T:8O)، (۴) کشت نواری چهار ردیف گوجه‌فرنگی با دوازده ردیف پیاز (4T:12O)، و (۵) تک‌کشتی پیاز (sO) بودند. تیمار تک‌کشتی پیاز فقط برای ارزیابی سودمندی نسبی عملکرد کلی محصولات در سیستم‌های کشت نواری اجرا شد.

بذور گوجه‌فرنگی (رقم Korral) و پیاز (رقم آذرشهر) از مؤسسه اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج تهیه شدند. بذور گوجه‌فرنگی و پیاز پس از سه روز خیساندن، با دقت در سینی‌ها در گلخانه کشت شدند. پس از چهار هفته، نشاءها به مزرعه آزمایشی منتقل شدند و به روش جوی‌پشته، نشاهای گوجه‌فرنگی با فاصله ۰/۷ متر بین ردیف‌ها و فاصله ۰/۳ متر بین بوته‌ها روی هر ردیف، و نشاهای پیاز در دو ردیف روی هر پشته با فاصله ۰/۱ متر بین بوته‌ها کاشته شدند. این کار در ۲۰ اردیبهشت هر دو سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ انجام شدند. عملیات پس از کاشت مزرعه شامل آبیاری منظم هفتگی، وجین دستی ماهانه، و کاربرد کود ازته (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در اواسط خرداد انجام شد.

تخمین جمعیت مینوز برگ گوجه‌فرنگی و خسارت وارده

نمونه‌برداری‌ها ده روز پس از کاشت نشاءهای گوجه‌فرنگی و پیاز در مزرعه آزمایشی (از ۳۰ اردیبهشت) آغاز شد و به صورت هفتگی طی فصل رشدی گوجه‌فرنگی ادامه یافت. در هر تاریخ نمونه‌برداری، چهار بوته گوجه‌فرنگی در هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس روی برگ‌ها و میوه‌های هر بوته تعداد تخم‌ها، لاروها، و دالان‌های لاروی مینوز برگ گوجه‌فرنگی به دقت با استفاده از ذره‌بین ×۲۰، بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ قبل از ظهر شمارش شدند. علاوه بر این، درصد میوه‌های آلوده در هر بوته انتخاب شده به طور تصادفی در هر کرت آزمایشی نیز تعیین شد.

سودمندی کشت‌های نواری از لحاظ عملکرد

طی مرحله رسیدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی (از اوایل مرداد تا اواسط شهریور هر دو سال) چهار کادر (هر کدام یک متر مربع) به صورت تصادفی در هر کرت آزمایشی انتخاب و بوته‌های داخل کادر با بستن نواری سفید به دور ساقه علامت‌گذاری شدند. سپس، میوه‌های گوجه‌فرنگی قابل برداشت هر سه روز یکبار چیده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. این کار تا پایان فصل برداشت گوجه‌فرنگی ادامه یافت و در پایان وزن میوه‌های گوجه‌فرنگی قابل عرضه در بازار در هر متر مربع با استفاده از ترازوی سارتوریوس (Sartorius Inc., Edgewood, NY, USA) تعیین شد. همچنین، در مرحله رسیدگی محصول پیاز (در اواسط شهریور همزمان با

زرد و قهوه‌ای شدن برگ‌ها) چهار کادر (هر کدام یک متر مربع) در کرت‌های مربوطه به صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، بوته‌های پیاز از خاک خارج شدند. پس از آن، پیازها از برگ‌های پیاز جدا شده و با استفاده از ترازو وزن شدند تا عملکرد پیاز در هر متر مربع در کرت‌های آزمایشی تعیین شود.

سنجش مقدار پلی‌فنل‌ها در برگ‌های پیاز

برای تهیه عصاره، ۵ گرم برگ سبز پیاز تازه برداشت شده از هر یک از تیمارهای 4T:4O، 4T:8O و 4T:12O با ۸۰ میلی لیتر متانول (۷۰ درصد) مخلوط شد. مخلوط به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق و دور از نور روی دستگاه همزن مغناطیسی[۱] با ۲۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس، مخلوط تهیه‌شده از کاغذ صافی گذرانده شد و عصاره به‌دست‌آمده در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگه‌داری شد تا در زمان مناسب مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شود. مقدار پلی‌فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتو[۲] در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (Spectrum Instrument SP-UV 500DB) اندازه‌گیری شد. نتایج برحسب میلی‌گرم اسید کلروژنیک (CGA) در هر سه تیمار وزنی از برگ‌های پیاز شامل ۴، ۸ و ۱۲ کیلوگرم بیان شدند (Skoczylas et al., 2023).

تحلیل آماری

تمام تحلیل‌های داده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ (IBM SPSS Corp, 2016) انجام شد. داده‌های حاصل از آزمایش شامل تعداد تخم‌ها، لاروها، دالان‌های لاروی، و درصد میوه‌های آلوده با آزمون طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار تجریه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین تیمارها با آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند. داده‌های مقدار پلی‌فنل کل در سه تیمار وزنی برگ‌های پیاز با چهار تکرار با آزمون یک‌طرفه تجزیه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین تیمارها با آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند. در ادامه رگرسیون خطی و ضریب تبیین (R^2) بین داده‌های تخم‌ها، لاروها، دالان‌های لاروی، و درصد میوه‌های آلوده با مقدار پلی‌فنل کل در سه نسبت وزنی از برگ‌های پیاز تعیین شدند.

علاوه بر این، داده‌های مربوط به عملکرد گوجه‌فرنگی و پیاز در کشت‌های نواری و تک‌کشتی هر دو محصول با استفاده از آزمون طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار تجریه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین تیمارها با آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند. علاوه بر این، نسبت برابری زمین[۳] (LER) برای کشت‌های نواری محاسبه شد (معادله ۱) تا مزیت عملکرد در کشت‌های نواری در مقایسه با تک‌کشتی‌های هر دو محصول ارزیابی شود (Vandermeer, 1989; Willey & Osiru, 1972). شاخص LER نشان می‌دهد که برای تولید همان مقدار محصول در کشت نواری، به چه میزان زمین در کشت تنهای هر محصول نیاز است. اگر LER بیشتر از ۱ باشد، به این معنی است که کشت نواری از کشت تنهای هر محصول کارآمدتر است و اگر کمتر از ۱ باشد، به این معنی است که کشت تنهای هر محصول کارآمدتر است.

معادله (۱)

$$LER = Yi\ \text{tomato}/Ys\ \text{tomato} + Yi\ \text{onion}/Ys\ \text{onion}$$

در این معادله *Yi* tomato و *Yi* onion عملکرد هر دو محصول در کشت‌های نواری هستند و *Ys* tomato و *Ys* onion به عملکرد همان محصولات در تک‌کشتی‌ها اشاره دارند.

نتایج

جمعیت مینوز برگ گوجه‌فرنگی

نتایج آماری نشان داد که سیستم‌های کشت نواری گوجه‌فرنگی و پیاز در سه الگوی 4T:4O، 4T:8O، و 4T:12Oتعداد تخم‌های مینوز برگ گوجه‌فرنگی به ازای هر گیاه گوجه‌فرنگی را در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی در هر دو سال ۱۴۰۲ ($F_{3,9} = 103.48$; $P \leq 0.001$) و ۱۴۰۳ ($F_{3,}$

---

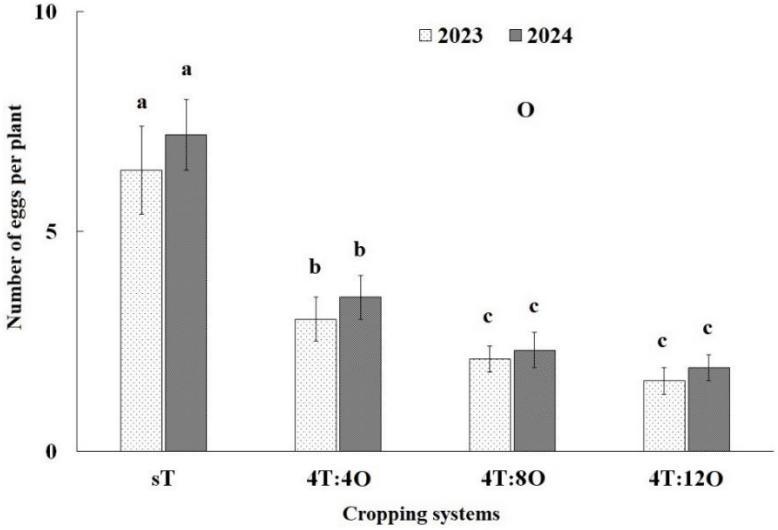
۱ - magnetic stirrer or magnetic mixer

۲ - Folin-Ciocalteau

۳ - Land Equivalent Ratio

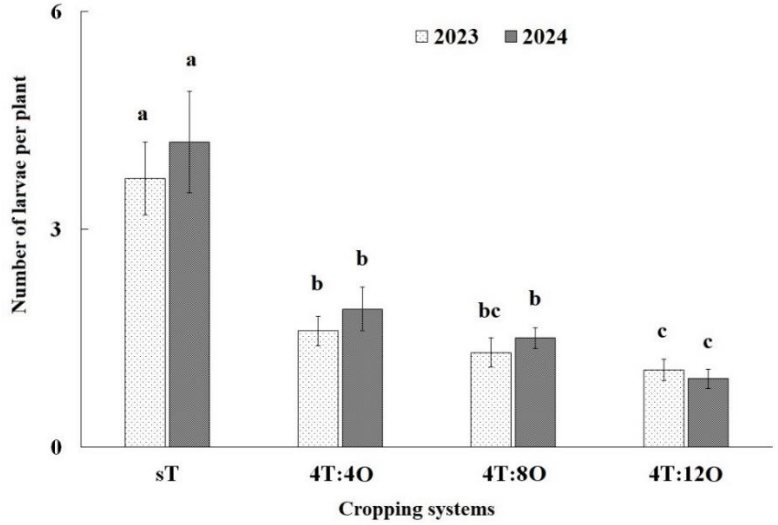
$_9$ = 147.85; $P \leq 0.001$) به طور معنی‌داری کاهش دادند؛ همچنین، در بین سیستم‌های کشت نواری تعداد تخم‌ها در کشت‌های نواری 4T:12O و 4T:8O به طور معنی‌داری کمتر از 4T:4O بود (شکل ۱).

در هر دو سال مورد مطالعه، تراکم لاروهای مینوز برگ گوجه‌فرنگی در هر گیاه در هر سه کشت نواری 4T:4O، 4T:8O، و 4T:12O کمتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود؛ در بین کشت‌های نواری، کمترین تراکم لاروها در هر گیاه گوجه‌فرنگی در کشت نواری 4T:12O مشاهده شد ($F_{3, 9}$ = 84.63; $P \leq 0.001$ در سال ۱۴۰۲ و $F_{3, 9}$ = 97.2; $P \leq 0.001$ در سال ۱۴۰۳؛ شکل ۲).



شکل ۱- میانگین (± SE) تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط *Tuta absoluta* به ازای یک گیاه گوجه‌فرنگی در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (sT) و کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز (T:O) در سه نسبت ردیفی، حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P \leq 0.05$).

Figure 1. Mean (± SE) number of eggs laid by *Tuta absoluta* per tomato plant in tomato monoculture (sT) and intercropping tomato and onion (T:O) at the three row ratios, different letters indicate a significant difference between treatments ($P \leq 0.05$).

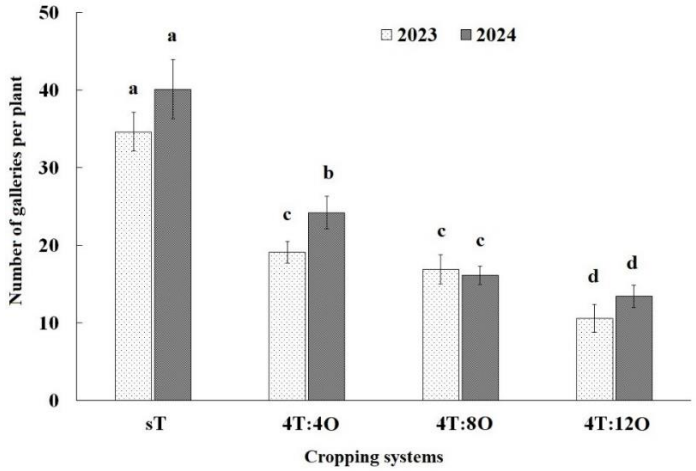


شکل ۲- میانگین (± SE) تعداد لاروهای *Tuta absoluta* به ازای یک گیاه گوجه‌فرنگی در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (sT) و کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز (T:O) در سه نسبت ردیفی، حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P \leq 0.05$).

Figure 2. Mean (± SE) number of *Tuta absoluta* larvae per tomato plant in tomato monoculture (sT) and intercropping tomato and onion (T:O) at the three row ratios, different letters indicate a significant difference between treatments ($P \leq 0.05$).

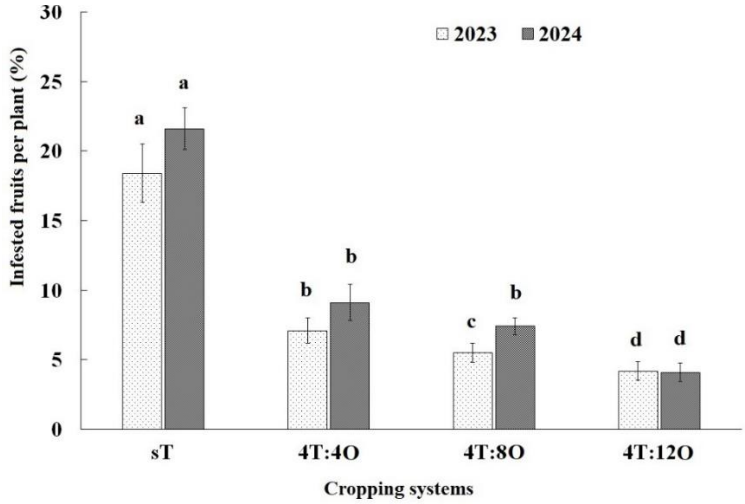
در تحقیق حاضر، سیستم‌های کشت نواری تعداد دالان‌های لاروی به ازای یک بوته گوجه‌فرنگی در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی در هر دو سال ۱۴۰۲ ($F_{3, 9} = 153.08$; $P \leq 0.001$) و ۱۴۰۳ ($F_{3, 9} = 176.14$; $P \leq 0.001$) به طور معنی‌داری کاهش دادند. در بین سیستم‌های کشت نواری کمترین تعداد دالان‌های لاروی در کشت نواری 4T:12O در هر دو سال مشاهده شد (شکل ۳).

به طور مشابه، هر سه سیستم کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی موجب کاهش معنی‌دار در درصد میوه‌های آلوده به ازای یک بوته گوجه‌فرنگی در هر دو سال ۱۴۰۲ ($F_{3, 9} = 62.43$; $P \leq 0.001$) و ۱۴۰۳ ($F_{3, 9} = 80.17$; $P \leq 0.001$) شدند که در بین سیستم‌های کشت نواری، درصد میوه‌های آلوده به ازای یک بوته گوجه‌فرنگی در کشت نواری 4T:12O در مقایسه با 4T:4O و 4T:8O در هر دو سال کمتر بود (شکل ۴)



شکل ۳- میانگین (± SE) تعداد دالان‌های لاروی ایجاد شده توسط *Tuta absoluta* به ازای یک گیاه گوجه‌فرنگی در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (sT) و کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز (T:O) در سه نسبت ردیفی، حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P \leq 0.05$).

Figure 3. Mean (± SE) number of larval galleries created by *Tuta absoluta* per tomato plant in tomato monoculture (sT) and intercropping tomato and onion (T:O) at the three row ratios, different letters indicate a significant difference between treatments ($P \leq 0.05$).



شکل ٤- میانگین (± SE) درصد میوه‌های آلوده توسط *Tuta absoluta* به ازای یک گیاه گوجه‌فرنگی در تک‌کشتی گوجه‌فرنگی (sT) و کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز (T:O) در سه نسبت ردیفی، حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P \leq 0.05$).

Figure 4. Mean (± SE) of infested fruits (%) by *Tuta absoluta* per tomato plant in tomato monoculture (sT) and intercropping tomato and onion (T:O) at the three row ratios, different letters indicate a significant difference between treatments ($P \leq 0.05$).

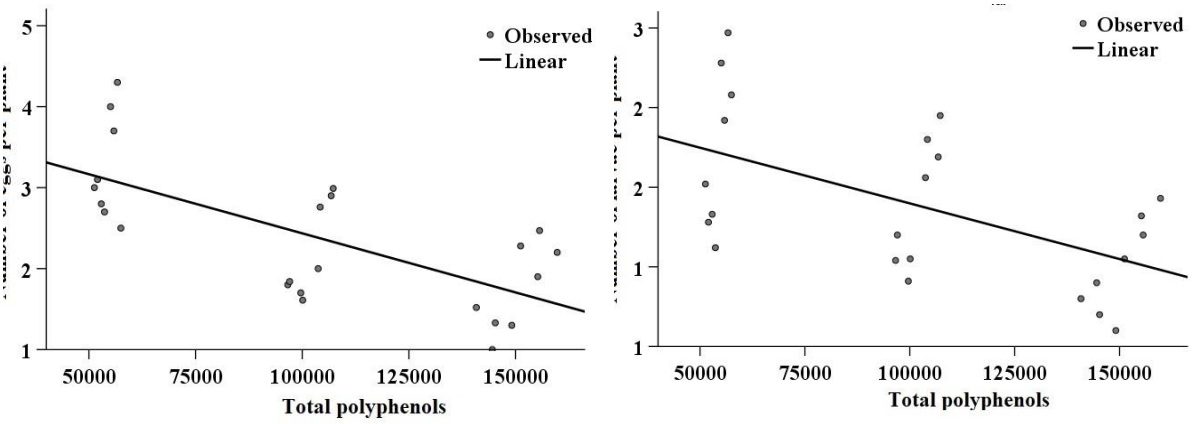
در تحقیق حاضر، مقادیر پلی‌فنل کل در برگ‌های سبز پیاز در سه نسبت وزنی ۴، ۸، و ۱۲ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($F_{3, 9} = 341.75$; $P \leq 0.001$)؛ به این صورت که مقدار پلی‌فنل کل در نسبت وزنی ۱۲ کیلوگرم برگ پیاز به طور معنی‌داری بیشتر از نسبت‌های وزنی ۴ و ۸ کیلوگرم بود (جدول ۱). علاوه بر آن، در این مطالعه رگرسیون خطی منفی معنی‌دار بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های سبز پیاز در سه نسبت وزنی ۴، ۸، و ۱۲ کیلوگرم با تعداد تخم‌های گذاشته شده ($F_{1, 22} = 93.27$; $P \leq 0.001$) و نیز تعداد لاروهای مینوز برگ گوجه‌فرنگی ($F_{1, 22} = 71.16$; $P \leq 0.001$) بدست آمد (شکل ۵). به این صورت که با افزایش مقدار پلی‌فنل کل متناسب با افزایش وزن برگ‌های پیاز، تعداد تخم‌های گذاشته شده ($R^2 = 0.90$) و تعداد لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی ($R^2 = 0.86$) در هر گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵). همچنین، رگرسیون خطی منفی معنی‌دار بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های پیاز در سه نسبت وزنی ۴، ۸، و ۱۲ کیلوگرم با تعداد دالان‌های لاروی ($F_{1, 22} = 79.51$; $P \leq 0.001$) و نیز درصد میوه‌های آلوده ($F_{1, 22} = 58.46$; $P \leq 0.001$) به دست آمد (شکل ۶). به این ترتیب که با افزایش مقدار پلی‌فنل کل متناسب با افزایش وزن برگ‌های پیاز، تعداد دالان‌های لاروی ($R^2 = 0.81$) و درصد میوه‌های آلوده توسط مینوز برگ گوجه‌فرنگی ($R^2 = 0.79$) به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۶).

جدول ۱- میانگین (± SE) مقادیر پلی‌فنل کل در برگ‌های پیاز (میلی‌گرم اسید کلروجنیک) در سه نسبت وزنی برگ‌های پیاز.

Table 1. Means (± SE) of total polyphenols in onion leaves (mg chlorogenic acid) in three weight ratios of onion leaves.

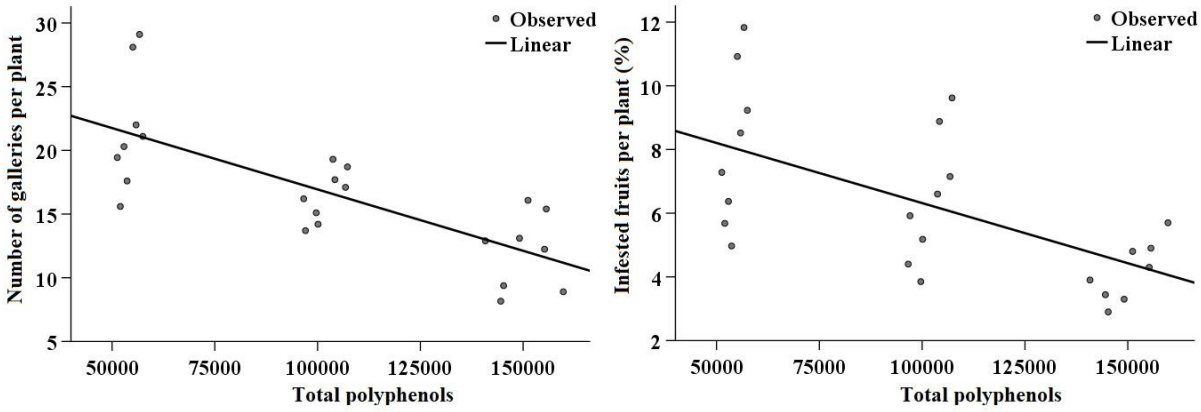
Cropping systems	Year	Weight of onion leaves (kg)	Total polyphenols (mg)
4T:4O	2023	4	54750.8± 97.8 c
4T:8O	2023	8	101699.9 ± 131.6 b
4T:12O	2023	12	152158.1 ± 152.9 a
4T:4O	2024	4	53981.1± 113.7 c
4T:8O	2024	8	102159.1 ± 164.2 b
4T:12O	2024	12	148215.1 ± 192.7 a

Means within a column followed by the different letter are significantly different ($P \leq 0.05$)



شکل ۵- رگرسیون خطی بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های پیاز با داده‌های تعداد تخم‌ها و لاروهای مینوز برگ گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* به ازای یک بوته گوجه‌فرنگی.

Figure 5. Linear regression between the total polyphenol contents measured in onion leaves with data on the number of eggs and larvae of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* per tomato plant.



شکل ٦- رگرسیون خطی بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های پیاز با داده‌های تعداد دالان‌های لاروی و نیز درصد میوه‌های آلوده توسط مینوز برگ گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* به ازای یک بوته گوجه‌فرنگی.

Figure 6. Linear regression between the total polyphenol contents measured in onion leaves with data on the number of larval galleries and the percentage of infested fruits by the tomato leafminer, *Tuta absoluta* per tomato plant.

سودمندی کشت‌های نواری از لحاظ عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد گوجه‌فرنگی در هر سه کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی در هر دو سال ۱۴۰۲ ($F_{3, 9} = 60.15$; $P \leq 0.001$) و ۱۴۰۳ ($F_{3, 9} = 42.93$; $P \leq 0.001$) افزایش معنی‌داری نشان داد؛ همچنین، عملکرد گوجه‌فرنگی در کشت‌های نواری 4T:8O و 4T:12O در مقایسه 4T:4O در سال ۱۴۰۲ بیشتر بود (جدول ۲). در مقابل، عملکرد پیاز بین کشت‌های نواری و تک‌کشتی پیاز در سال ۱۴۰۲ ($F_{3, 9} = 2.85$; $P \leq 0.097$) و ۱۴۰۳ ($F_{3, 9} = 3.045$; $P = 0.085$) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). محاسبه شاخص نسبت برابری زمین (LER) در کشت‌های نواری نشان داد که مقدار این شاخص بیشتر از یک بود و در بین کشت‌های نواری بیشترین مقدار شاخص LER در کشت‌های نواری 4T:8O و 4T:12O محاسبه شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین (± SE) عملکرد گوجه‌فرنگی و پیاز، و نسبت برابری زمین (LER) در تک‌کشتی‌ها و سه الگوی کشت نواری گوجه‌فرنگی و پیاز (T:O) در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳.

Table 2. Mean (± SE) yields of tomato and onion, and land equivalent ratio (LER) in sole crops and three intercropping patterns of tomato and onion (T:O) in 2023 and 2024.

Cropping systems	Tomato yield (kg/m^2)		Onion yield (kg/m^2)		Land equivalent ratio (*LER*)	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Monoculture	1.85 ± 0.12 c	2.06 ± 0.18 b	0.73 ± 0.06 a	0.67± 0.08 a	-	-
Intercrop 4T:4O	2.64 ± 0.15 b	2.84 ± 0.23 a	0.78 ± 0.07 a	0.73 ± 0.07 a	1.25	1.23
Intercrop 4T:8O	3.01 ± 0.20 a	3.13 ± 0.19 a	0.82 ± 0.09 a	0.76 ± 0.08 a	1.29	1.26
Intercrop 4T:12O	2.93 ± 0.17 a	3.30 ± 0.21 a	0.85 ± 0.08 a	0.81 ± 0.09 a	1.27	1.30

Means with the same letter in a column are not significantly different ($P \leq 0.05$).

بحث

در این مطالعه، کشت نواری گوجه‌فرنگی و پیاز در سه الگوی 4T:4O، 4T:8O و 4T:12O منجر به کاهش تعداد تخم‌ها و لاروهای مینوز برگ گوجه‌فرنگی، و همچنین تراکم دالان‌های لاروی و درصد میوه‌های آلوده در هر گیاه در مقایسه با تک‌کشتی گوجه‌فرنگی شد. این نتایج می‌تواند با بوی پیاز به عنوان دورکننده برای حشرات کامل مینوز برگ گوجه‌فرنگی در کشت‌های نواری در ارتباط باشد که احتمالا باعث می‌شود

که یافتن میزبان و تخم‌گذاری برای حشرات کامل مینوز دشوارتر شود یا حتی ممکن است سبب مهاجرت آن‌ها از سیستم‌های کشت نواری به سایر مزارع شود. در تحقیقات قبلی تاثیر دورکنندگی کاشت پیاز و سیر در مزارع روی تعدادی از آفات گزارش شده است (Stratton et al., 2019; Mohammadi et al., 2021; Fathi, 2023b). حشرات کامل ماده آفات تمایل دارند در صورت وجود جلب‌کننده‌های شیمیایی مطلوب روی میزبان مناسب مستقر شوند و شروع به تخمگذاری کنند. در مقابل، در صورت مواجهه با بوهای دورکننده از سوی گیاهان آروماتیکی و غیرمیزبان کاشته شده در مجاورت گیاهان میزبان مطلوب در کشت‌های نواری از استقرار و تخمگذاری روی میزبان مطلوب پرهیز می‌کنند (Fathi, 2017; Stratton et al., 2019; Mohammadi et al., 2021). Skoczylas et al. (2023) گزارش کردند که مقادیر پلی‌فنل کل در برگ‌های سبز گیاهان جنس *Allium* نظیر سیر در مقایسه با پیاز به طور معنی‌داری بیشتر است. به همین دلیل، احتمال زیاد دارد که وجود برگ‌های انبوه گیاهان پیاز بین ردیف‌های گوجه‌فرنگی پتانسیل دورکنندکی بیشتری روی حشرات آفت داشته باشد. به عبارت دیگر، هر چقدر تعداد ردیف‌های پیاز در کشت‌های نواری بیشتر شود به همان میزان اختلال در میزبان‌یابی و تخم‌گذاری حشرات کامل ماده کاهش خواهد یافت (Mohammadi et al., 2021). چراکه، گیاهان پیاز با تولید ترکیبات پلی فنل نظیر اسید فنلیک و فلاوونوییدهای کاتچین[۱] و اپی‌کاتچین[۲] به عنوان یک دورکننده برای حشرات کامل ماده آفات عمل کرده و سبب کاهش تخم‌گذاری آن‌ها می‌شوند (Skoczylas et al., 2023). همچنین این ترکیبات به عنوان ضدتغذیه لاروها سبب جلوگیری از افزایش جمعیت بسیاری از آفات می‌گردند (Stratton et al., 2019; Mohammadi et al., 2021). علاوه بر آن، گیاه جنس *Allium* ترکیبات گوگردی نظیر آلیسین[۳] تولید می‌کند (Golubkina et al., 2022) که احتمال می‌رود تاثیر دورکنندگی و بازدارنده تغذیه‌ای روی آفات داشته باشد (Piatkowska et al., 2015).

در تحقیق حاضر بین مقادیر پلی‌فنل کل اندازه‌گیری شده در برگ‌های سبز پیاز در سه نسبت وزنی ۴، ۸، و ۱۲ کیلوگرم با تعداد تخم‌ها و لاروها، دالان‌های لاروی و درصد میوه‌های آلوده توسط مینوز برگ گوجه‌فرنگی رگرسیون خطی منفی معنی‌دار به دست آمد. این نتایج نشان دادند که به احتمال زیاد مقادیر پلی‌فنل کل موجود در برگ‌های سبز پیاز تاثیر دورکنندگی نسبت به حشرات کامل مینوز برگ گوجه‌فرنگی دارند. بنابراین، با افزایش وزن برگ‌های سبز پیاز از ۴ کیلوگرم در تیمار 4T:4O به ۸ و ۱۲ کیلوگرم به ترتیب در تیمارهای 4T:8O و 4T:12O تأثیر دورکنندگی ترکیبات پلی‌فنل کل نسبت به مینوز برگ گوجه‌فرنگی افزایش یافته و در نتیجه موجب کاهش بیشتر در تعداد تخم‌ها، لاروها، دالان‌های لاروی و درصد میوه‌های آلوده توسط مینوز برگ گوجه‌فرنگی در این تیمارها شده است. در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است که کشت نواری گیاهان پیاز و سیر با سایر گیاهان در مزرعه نقش دورکننده و بازدارنده تخمگذاری حشرات کامل تعدادی از آفات را داشته و میزبان‌یابی، تخم‌گذاری و خسارت‌های لاروی را کاهش می‌دهد (Grez & González, 1995; Stratton et al., 2019; Mohammadi et al., 2021; Fathi, 2023b). بنابراین، می توان جمع‌بندی کرد که گیاهان پیاز در کشت‌های نواری گوجه‌فرنگی با پیاز می‌توانند به عنوان دورکننده عمل کنند و سبب کاهش تخم‌گذاری، کاهش جمعیت لاروها و در نتیجه کاهش درصد خسارت وارده توسط مینوز برگ گوجه‌فرنگی روی گیاهان گوجه‌فرنگی در مزرعه شوند.

در سیستم‌های کشت نواری تعدادی از محصولات زراعی، با نیازهای غذایی و نوری متفاوت، می‌توانند با کارایی بیشتری از منابع موجود بهره‌برداری کنند و منجر به افزایش عملکرد کلی در واحد سطح شوند. سودمندی کشت‌های نواری گوجه فرنگی و پیاز از لحاظ عملکرد در مقایسه با تک‌کشتی‌ها با مقدار LER ارزیابی می‌شود. در مطالعه حاضر، مقادیر LER در هر سه کشت نواری بیشتر از یک بود که نشان می‌دهد هر سه کشت نواری، به خصوص الگوهای 4T:8O و 4T:12O باعث افزایش عملکرد

---

۱ - catechin

۲ - epicatechin

۳ - allicin

در واحد سطح شد (Willey & Osiru, 1972; Vandermeer, 1989; Fathi, 2018; Kabiri et al., 2019). در این مطالعه، مقادیر بالاتر LER در هر سه کشت نواری با افزایش عملکرد گوجه فرنگی در مقایسه با تک‌کشتی مرتبط بود. چراکه، کشت نواری گوجه فرنگی و پیاز به دلیل اثر دفع کنندگی ترکیبات آلی فرار مترشحه از گیاهان پیاز سبب کاهش خسارت ناشی از *T. absoluta* و درنتیجه افزایش عملکرد گوجه فرنگی شد. تحقیقات قبلی نیز نشان داده‌اند که عملکرد تعدادی از محصولات زراعی در سیستم‌های کشت نواری افزایش می‌یابد (Mohammadi et al., 2021; Fathi, 2024). برای مثال، Fathi (2023a) گزارش کرد که کشت نواری بادمجان با سیر باعث افزایش عملکرد محصول بادمجان شد. لذا، کشت نواری گوجه‌فرنگی با پیاز به خصوص در الگوهای 4T:8O و 4T:12O می‌تواند به عنوان یک راه حل سازگار با محیط زیست در قالب برنامه‌های مدیریت مینوز برگ گوجه‌فرنگی در مزرعه استفاده شود. با این حال، عملیات کاشت، داشت و برداشت در سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی به طور قابل توجهی با پیچیدگی‌های زیادی مواجه است. کشاورزان باید درک کاملی از روابط متقابل بین محصولات انتخاب شده، از جمله اثرات رقابتی و مکمل آنها داشته باشند. بنابراین، سیستم‌های کشت نواری موفق نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، تصمیم‌گیری آگاهانه و استراتژی‌های مدیریت تلفیقی محصولات زراعی است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی بابت حمایت مالی این تحقیق سپاسگزاریم.

REFERENCES

Biondi, A., Guedes, R.N.C., Wan, F.H., & Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annual Review of Entomology*, 63, 239-258.

Campos, M.R., Biondi, A., Adiga, A., Guedes, R.N.C., & Desneux, N. (2017). From the Western Palearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. *Journal of Pest Science*, 90, 787-796.

Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C.A., González-Cabrera, J., Ruescas, D.C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215.

Farias, E.S., Silva, E.M.P., Teixeira, M.G., Ferreira, J.S., Alvarenga, E.S., & Picanco, M.C. (2018). Phthalides as promising insecticides against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 53, 49-56.

Fathi, S.A.A. (2016). Effect of different cultivars of tomato on species diversity and efficacy of natural enemies of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) under field condition in Ardabil province, Iran. *Journal of Plant Protection Research*, 47, 31-42.

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, 13-26.

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

Fathi, S.A.A. (2023b). 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, 25-37.

Fathi, S.A.A. (2024). Tritrophic interactions among onion plant-*Thrips tabaci*-predators considering intercropping onion and safflower at different patterns. *Arthropod-Plant Interactions*, 18, 569-571.

Kabiri, R.A.M., Fathi, S.A.A., Nouri-Ganbalani, G., & Amiri Besheli, B. (2019). 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.

Golubkina, N., Zayachkovsky, V., Sheshnitsan, S., Skrypnik, L., Antoshkina, M., Smirnova, A., Fedotov, M., & Caruso, G. (2022). Prospects of the application of garlic extracts and selenium and silicon compounds for plant protection against herbivorous pests: A review. *Agriculture*, 12, 64.

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.

Guedes, R.N.C., & Picanço, M.C. (2012). The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO Bulletin*, 42, 211-216.

Hata, F., Ventura, M., Chrvalho, M., Miguel, A., Souza, M., Paula, M., & Zawadneak, M. (2016). Intercropping garlic plants reduces *Tetranychus urticae* in strawberry crop. *Experimental and Applied Acarology*, 69, 311-321.

IBM SPSS Corp (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.

Khan, Z.R., James, D.J., Midega, C.A.O., & Pickett, J.H. (2008). Chemical ecology and conservation biological control. *Biological Control*, 45, 210-224.

Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Wanyama, J.M., Amudavi, D.M., Hassanali, A., Pittchar, J., & 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.

Khan, Z.R., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Hassanali, A., & Midega, C.A.O. (2006). Combined control of *Striga hermonthica* and stemborers by maize–*Desmodium* spp. intercrops. *Crop Protection*, 25, 989-995.

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.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., & Trujillo, A.R. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21, 9-21.

Medeiros, M.A., Sujii, E.R., & Morais, H.C. (2009). Effect of plant diversification on abundance of South American tomato pinworm and predators in two cropping systems. *Horticultura Brasileira*, 27, 300-306.

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.

Pandey, M., Bhattarai, N., Pandey, P., Chaudhary, P., Katuwal, D.R., & Khanal, D. (2023). A review on biology and possible management strategies of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), Lepidoptera: Gelechiidae in Nepal. *Heliyon*, 9, e16474.

Piatkowska, E., Kopec, A., & Leszczynska, T. (2015). Basic chemical composition, content of micro and macroelements and antioxidant activity of different varieties of garlic's leaves Polish origin. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc*, 1, 181–192.

Roditakis, E., Vasakis, E., García-Vidal, L., Martínez-Aguirre, M.R., Rison, J.L., Haxaire-Lutun, M.O., Nauen, R., Tsagkarakou, A., & Bielza, P. (2018). A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner *Tuta absoluta* in the European/Asian region. *Journal of Pest Science*, 91, 421-435.

Silva, T.B.M., Silva, W.M., Campos, M.R., Silva, J.E., Ribeiro, L.M.S., & Siqueira, H.A.A. (2016). Susceptibility levels of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to minor classes of insecticides in Brazil. *Crop Protection*, 79, 80-86.

Siqueira, H.A.A., Guedes, R.N.C., Fragoso, D.B., & Magalhaes, L.C. (2001). Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Pest Management*, 47, 247-251.

Skoczylas, J., Jędrszczyk, E., Dziadek, K., Dacewicz, E., & Kopeć, A. (2023). Basic chemical composition, antioxidant activity and selected polyphenolic compounds profile in garlic leaves and bulbs collected at various stages of development. *Molecules*, 28, 6653.

Stratton, C.A., Hodgdon, E., Rodriguez-Saona, C., Shelton, A.M., & Chen, Y.H. (2019). Odors from phylogenetically-distant plants to Brassicaceae repel an herbivorous *Brassica* specialist. *Scientific Reports*, 9, 10621.

Tajmiri, P., Fathi, S.A.A., Golizadeh, A., & 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.

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

Willey, R.W., & Osiru, D.S.O. (1972). Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *Journal of Agricultural Science*, 79, 519–529.

© 2025 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/.