



علمی پژوهشی

## تأثیر سامانه‌های کشت مخلوط چغندر قند و شبدر قرمز بر مهار زیستی شته *Aphis fabae* دشمنان طبیعی و صفات زراعی چغندر قند

مریم معرفی<sup>۱\*</sup>، علی همراهی<sup>۲</sup> و کبری فتوحی<sup>۳</sup>

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، ۲- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ۳- گروه گیاه پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

### چکیده

کشت محصولات متنوع، یک استراتژی کلیدی در کشاورزی پایدار است. افزایش تنوع گیاهی در سامانه‌های کشت مخلوط می‌تواند در مهار زیستی آفات مناسب باشد. به منظور بررسی اثر کشت مخلوط چغندر قند - شبدر قرمز بر جمعیت *Aphis fabae* *Scopoli* دشمنان طبیعی شامل *Coccinella septempunctata* Linnaeus، *Hippodamia variegata*، *O. minutus* Linnaeus، *Orius niger* Wolf، Goeze و *Chrysoperla carnea* Stephens و برخی صفات زراعی چغندر قند، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: تک کشتی چغندر قند (شاهد) و هفت نوع سیستم کشت نواری شامل: (۱) دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف شبدر، (۲) دو ردیف چغندر قند و سه ردیف شبدر، (۳) یک ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر، (۴) دو ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر، (۵) سه ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر، (۶) دو ردیف چغندر قند و یک ردیف شبدر و (۷) چهار ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر بودند. نتایج این بررسی نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط چغندر قند و شبدر قرمز روی جمعیت شته باقلا، دشمنان طبیعی و صفات زراعی شامل عملکرد ریشه، عملکرد برگ و اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف شبدر قرمز می‌تواند در مدیریت تلفیقی و مهار زیستی *A. fabae* در مزارع چغندر قند مفید باشد و صفات زراعی را بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: شکار گرها، کرج، مدیریت تلفیقی آفات

## مقدمه

حشرات آفت، در سراسر جهان به صورت گسترده‌ای منجر به خسارت و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شوند که هزینه‌های مالی و محیط زیستی عمده‌ای را به همراه دارد (Jessica et al., 2020). با توجه به توسعه سریع کشاورزی صنعتی، استفاده از نهاده‌های کشاورزی مانند کودها، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها افزایش یافته است که این امر به نوبه خود، تأثیرات منفی بر محیط زیست دارد (Li et al., 2019; Li et al., 2020). استفاده از محصولات متنوع می‌تواند برای حفظ و حمایت از محیط زیست مفید باشد (Szumigalski and van Acker, 2005).

چغندر قند در رتبه سوم میزان تولید محصولات زراعی آبی با تولید ۶/۵ میلیون تن و سهم ۹/۹ درصدی از کل میزان تولید محصولات زراعی آبی بوده و به ترتیب استان‌های آذربایجان غربی، خوزستان، خراسان رضوی، کرمانشاه و لرستان در رتبه‌های اول تا پنجم تولید کنندگان چغندر قند کشور قرار دارند. همچنین، سطح تولید شبدر در کشور در مجموع کشت‌های آبی و دیم ۴۸/۸۶۸ هکتار بوده و میزان تولید کل این محصول ۶۱۳/۱۷۲ تن می‌باشد (Anonymous, 2020-2021). شته سیاه چغندر به بسیاری از گیاهان مانند چغندرهای بذری، علوفه‌ای، لوبی، ریشه‌ای، باقلا، نخود، سیب زمینی، بادمجان، توتون و علف‌های هرز حمله کرده و با تغذیه از شیره گیاهی باعث پیچیده شدن، پژمردگی و خشکیدن برگ‌های گیاه می‌شود. همچنین، آفت در تمام مناطق چغندرکاری ایران مانند شیراز، خراسان، اردبیل، کرج و همدان وجود داشته و ناقل بیماری‌های ویروسی مانند ویروس موزائیک و زردی چغندر قند می‌شود (Kheiri, 1990).

برای حفظ و تقویت عوامل بیولوژیک می‌توان از روش‌های مختلفی از جمله کشت مخلوط، تناوب و استفاده از گیاهان گلدار بین محصولات بهره برد (Cai et al., 2010; Haaland et al., 2011; Mader et al., 2017; Meena et al., 2019). کشت‌های مخلوط و محصولات پوششی، شیوه‌های جایگزین برای کشاورزی متداول هستند که علاوه

بر افزایش تنوع زیستی و ظرفیت کربن آلی خاک (Daryanto et al., 2018)، ثبات خاک، بهبود وضعیت رطوبتی خاک (از طریق کاهش میزان تبخیر و تعرق)، کاهش فرسایش، افزایش فعالیت بیولوژیکی (آنزیمی) خاک، تنظیم انتشار  $\text{CO}_2$  و  $\text{NO}_2$  از خاک، کاهش تراکم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را به همراه دارد (Piotrowska-Długosz and Wilczewski, 2012; Prosdocimi et al., 2016; Rücknagel et al., 2016; Borg et al., 2017; Muhammad et al., 2019; Fracchiolla et al., 2020). کشت مخلوط، کاشت دو یا چند گونه گیاهی به طور همزمان در یک مزرعه است و نقش مهمی در کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Galezewski et al., 2020; Puzynska et al., 2021). کشت مخلوط با کاهش شست و شوی مواد مغذی خاک و استفاده از آن مواد مغذی، تولید محصول را افزایش می‌دهد (Doltra and Olesen, 2013; Prosdocimi et al., 2016; Rücknagel et al., 2016; Daryanto et al., 2018). شرایط محیطی (از جمله خاک، آب و هوا) و عملکرد مدیریتی (تاریخ کاشت، حفاظت از محصول) از عوامل کلیدی در کشت‌های مخلوط هستند (Luhmer et al., 2021). کشت مخلوط به عنوان رویکردی در کشاورزی ارگانیک است که منجر به کاهش نیاز به استفاده از آفت‌کش‌ها می‌شود (Mutisya et al., 2016). کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی، به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد محصول را در پاسخ به تغییرات آب و هوایی افزایش می‌دهد (Reiss and Drinkwater, 2018). به عنوان مثال، در شرایط آب و هوایی نامساعد برای رشد یک گونه، محصول همراه به طور معمول بهتر رشد می‌کند (Cheruiyot et al., 2020; Schulz et al., 2020). کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی، می‌تواند به طور مؤثرتری از منابع موجود مانند نور، آب، مواد غذایی و زمین استفاده کرده و منابع غذایی در دسترس علف‌های هرز را کاهش دهد (Bybee-Finley et al., 2018; Klima et al., 2020). با توجه به مطالب ذکر شده، به نظر می‌رسد

انگور و تنباکو بر جمعیت شته فیلوکسرا مو نشان می‌دهد که مرگ و میر تخم، پوره و باروری ماده‌ها نسبت به کشت خالص انگور به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و درختان انگور در شرایط کشت مداوم با تنباکو در وضعیت بهتری هستند (Omar et al., 1994). کشت مخلوط لوبیا و ذرت باعث کاهش جمعیت شته سیاه چغندر شده و همچنین، دشمنان طبیعی آفت را افزایش می‌دهد (Ogenga - Latigo, 1992). نتایج بررسی‌ها نشان داد که کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و سورگوم باعث کاهش شته *A. craccivora* می‌شود (Hassan, 2009). همچنین، کشت مخلوط چغندر قند با لوبیا و کلم نشان داد که جمعیت *Aphis sp. Empoasca spp.* و سفید بالک‌ها نسبت به سیستم تک کشتی لوبیا به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (El-Fakharany, 2012).

با توجه به اهمیت کشت چغندر قند، کاهش استفاده از سموم شیمیایی در کنترل آفات و حمایت از دشمنان طبیعی، این تحقیق با هدف ارزیابی تراکم جمعیت شته سیاه چغندر قند و دشمنان طبیعی در سامانه‌های مختلف کشت نواری چغندر قند و شبدر قرمز و تأثیر این سامانه‌ها بر عملکرد اندام-های هوایی و زمینی صورت پذیرفت.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در ماهدشت کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی، ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا و با ۳۹۷ میلی متر بارندگی سالیانه انجام شد.

### شرایط و فاکتورهای آزمایش

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تک کشتی چغندر قند (*Beta vulgaris*) رقم رسول (شاهد) و هفت نوع سیستم کشت نواری شامل: (۱) دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف شبدر (*Trifolium pretense*) رقم نسیم، (۲) دو ردیف چغندر قند و سه ردیف شبدر، (۳) یک ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر، (۴) دو ردیف چغندر قند و دو

که استفاده از سیستم کشت مخلوط روش مناسبی در بهره-برداری بهتر از زمین‌های زراعی و گامی موثر در جهت کاهش مصرف آب باشد (Azimi and Vaez, 2019).

این افزایش تنوع در محصولات کشاورزی، فراوانی و خسارت آفات را کاهش می‌دهد. این افزایش می‌تواند مدیریت حشرات آفت را که از طریق مکانیسم‌های پایین به بالا و بالا به پایین بهبود می‌بخشد، پشتیبانی کند (Tooker and Frank, 2012). یکنواخت کردن چشم‌اندازهای کشاورزی از طریق کاهش تنوع پوشش گیاهی، تک کشتی‌ها و افزایش زمین‌های کشاورزی نشان‌دهنده تهدید مداوم جهانی برای تنوع زیستی است (Aguilar et al., 2020). مدیریت محصولات زراعی به صورت تک کشتی باعث کاهش جمعیت حشرات مفید می‌شود. افزایش تنوع محصولات کشت شده می‌تواند راهی برای افزایش جمعیت دشمنان طبیعی و گرده‌افشان‌ها باشد که باعث افزایش فعالیت و خدمات زیست محیطی آن‌ها می‌شود (Kugbe et al., 2020; Aguilera et al., 2020). که در نهایت منجر به کاهش مصرف آفت‌کش‌ها می‌شود (Redlich et al., 2018). کشت مخلوط می‌تواند به عنوان یکی از ابزارهای مدیریت یک پارچه آفات گیاهی در نظر گرفته شود (Teruhiko Hata et al., 2020). افزایش کشاورزی با کشت همگن و استفاده از مواد شیمیایی منجر به کاهش تنوع زیستی می‌شود (Li et al., 2018). در این میان، گیاهان تیره لگومینوز فعالیت میکروبی را در خاک تحریک کرده و باعث تجزیه مواد آلی می‌شوند (Romaneckas et al., 2020). شبدر نیز با افزایش فعالیت‌های زیست محیطی باعث افزایش تثبیت نیتروژن و افزایش جذب فسفر در خاک می‌شود (Wanic et al., 2019) که در این فرایند قارچ‌های همزیست میکوریزا نقش مهمی ایفا می‌کنند (Deguchi et al., 2012) همچنین، شبدر می‌تواند جمعیت حشرات مفید را در اواخر فصل تقویت کند (Smith et al., 2014).

بررسی بیکرتون و همکاران (Bickerton et al., 2012) نشان داد که کشت مخلوط فلفل با شوید و گشنیز با گندم سیاه باعث کاهش حشرات آفت و افزایش تنوع و جمعیت دشمنان طبیعی می‌شود. بررسی اثرات کشت مخلوط

به منظور بررسی تأثیر سامانه‌های مختلف کشت مخلوط چغندر قند و شبدر قرمز بر جمعیت آفت و دشمنان طبیعی نمونه برداری از شته *A. fabae* و دشمنان طبیعی آن شامل کفشدوزک‌های *Coccinella septempunctata* L. و *Hippodamia variegata* Goeze، سنک‌های *Orius* و *O. minutus* L. و بالتوری *Chrysoperla carnea* Stephens انجام شد و نمونه‌ها توسط کلیدهای معتبر شناسایی شدند (جدول ۲). از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و علامت گذاری شد. با شروع فعالیت حشرات، هر هفته یکبار نمونه برداری انجام شد. حشرات در تمام اندام‌های هوایی گیاهان علامت گذاری شده شمارش و نتایج ثبت شد.

برای تطبیق با شرایط مزرعه، این تحقیق در شرایط آلودگی طبیعی انجام شد و به طور دستی هیچ حشره‌ای به تیمارها جهت آلوده‌سازی اضافه نشد. به منظور تعیین عملکرد اندام زیرزمینی و هوایی با صرف نظر کردن از ۵۰ سانتی متر ابتدایی و انتهایی هر کرت و به صورت تصادفی، تعداد ۱۰ بوته انتخاب و برداشت شدند. گیاهان برداشت شده از هر کرت پس از شست و شو به صورت جداگانه توزین و داده‌ها به هکتار تعمیم داده شد و میزان عملکرد محاسبه شد. آزمایش در هر دو سال در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس خطای سال‌های آزمایش، داده‌ها به صورت طرح کمباین با کمک نرم افزار SAS 9.4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی صورت پذیرفت. در این آنالیز تکرارها و سال‌ها به عنوان متغیر تصادفی و تیمار به عنوان متغیر ثابت در نظر گرفته شد.

ردیف شبدر، ۵) سه ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر، ۶) دو ردیف چغندر قند و یک ردیف شبدر، ۷) چهار ردیف چغندر قند و دو ردیف شبدر بودند. در مجموع ۳۲ کرت آزمایشی در نظر گرفته شد (جدول ۱). بذرهاى هر دو گیاه چغندر قند و شبدر قرمز از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. در اواخر تابستان ۱۳۹۷ به منظور تهیه بستر کاشت نسبت به شخم عمیق اقدام شد. برای کاشت شبدر پاییزه، شیاری به عمق ۳-۲ سانتی متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. کاشت به طریق دستی و به صورت متراکم و بر مبنای ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار انجام شد. در این آزمایش برای تأمین نیتروژن مورد نیاز تیمارها، کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت سرک در دو مرحله کاشت و بعد از چین اول علوفه به کار برده شد. فسفر و پتاسیم به ترتیب به میزان ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تأمین و در هنگام کاشت به خاک اضافه شدند. در ادامه عملیات کشاورزی زمین در بهار، نسبت به اجرای شخم سبک، دیسک، تسطیح و خط کشی اقدام شد. هر کرت شامل تعداد مشخصی از خطوط کاشت به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی متر، فاصله بوته‌ها روی خط کاشت ۲۰ سانتی متر و تراکم در هر کرت ۱۰ بوته در متر مربع برای چغندر قند بود. زمان کاشت در اواسط اردیبهشت بود و برداشت در اواخر آبان ماه صورت پذیرفت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در کرت‌های آزمایشی تا پایان کار انجام شد. آبیاری به صورت هفته‌ای صورت می‌گرفت. در ضمن، در کرت‌های آزمایشی هیچ گونه حشره کش و علف-کشی استفاده نشد.

## نمونه برداری

جدول ۱- نقشه طرح اجرا شده از هفت سامانه کشت مخلوط چغندر قند به همراه سامانه تک کشتی چغندر قند، B نشان دهنده بوته‌های چغندر قند و C نشان دهنده بوته‌های شبدر می‌باشد.

Table 1. Map of the implemented plan of seven sugar beet intercropping systems along with sugar beet monoculture system. B represents sugar beet plants and C represents clover plants.

T1						T2				T3			T4						
C	C	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	B	B	C			
C	C	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	B	B	C			
C	C	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	B	B	C			
C	C	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	B	B	C			
C	C	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	B	B	C			
T5						T6			T7					Control					
C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B
C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B
C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B
C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B
C	B	B	B	B	C	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B

خود جلب می‌کنند (Shelton and Badenes-Perez, 2006). به طور مثال، سیستم کشت مخلوط ذرت و چغندر قند، لویا و چغندر قند و کلم و چغندر قند، در مقایسه با سیستم تک کشتی چغندر قند باعث کاهش قابل توجهی در جمعیت *Aphis spp.*، *Empoasca spp.* و سفید بالک‌ها شد و تعداد تخم‌ها و لاروهای *Pegomya mixta* Vill. کشت مخلوط چغندر قند به همراه ذرت و کلم کاهش یافت (El-Fakharany et al., 2012). کشت گیاه گل‌دار چند ساله نظیر یونجه در کنار مزرعه چغندر قند می‌تواند در کاهش جمعیت خرطوم بلند چغندر قند نقش مهمی داشته باشد که در نهایت باعث کاهش درصد گیاهان آلوده می‌شود (Abedi et al., 2014). حشرات، گیاهان میزبان خود را به دلیل بعضی ترکیبات شیمیایی یا فیزیکی در کشت مخلوط کمتر پیدا می‌کنند. همچنین، احتمالاً در هنگام جست و جوی گیاه میزبان، حشره به خاطر دفعات زیادتر برخورد با گیاه غیر میزبان مزرعه را ترک می‌کند، بنابراین، کشت مخلوط تراکم جمعیت آفات را به وسیله کاهش مهاجرت از خارج به داخل مزرعه یا افزایش مهاجرت از داخل به خارج مزرعه کاهش می‌دهد.

## نتایج و بحث

در طول مدت آزمایش و با نمونه برداری‌های انجام شده جمعیت زیادی از حشرات جمع وری شد که از سه راسته Coleoptera، Hemiptera و Neuroptera بودند (جدول ۲). نتایج بررسی‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط چغندر قند و شبدر قرمز روی جمعیت شته سیاه باقلا در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳)، بیشترین و کمترین تعداد جمعیت شته *A. fabae* به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف شبدر با میانگین  $256/75 \pm 8/644$  (سال دوم) و  $22/75 \pm 2/528$  (سال اول) مشاهده شد (جدول ۴). در سیستم کشت مخلوط، پراکندگی فضایی میزبان‌ها عامل مهم و تاثیرگذار بر پویایی جمعیت حشرات می‌باشد (Piesik and Piesik, 2021). همچنین، عوامل فیزیکی مانند حفاظت در برابر باد، ایجاد سایه و سرپناه، تغییر رنگ و عوامل بیولوژیکی مانند حضور دشمنان طبیعی و تولید محرک‌های شیمیایی از طریق سیستم کشت مخلوط ممکن است بر نوسانات جمعیت آفات تاثیرگذار باشند (Theunissen, 1994). کشت مخلوط، جمعیت آفت را از محصول اصلی دور و فرصت خوبی را برای رشد محصول ایجاد می‌کند و محصولات کاشته شده اغلب تعداد کمتری از آفات را در مقایسه با سیستم کشتی به

جدول ۲- تعداد حشرات مشاهده شده در این آزمایش

Table 2. Number of insects observed in this test

Year	Treatment	<i>Aphis fabae</i> (Aphididae)	<i>Coccinella septempunctata</i> (Coccinellidae)	<i>Hipodamia variegata</i> (Coccinellida)	<i>Chrysoperla carnea</i> (Chrysopidae)	<i>Orius niger</i> (Anthocoridae)	<i>Orius minutus</i> (Anthocoridae)
First	C	945	12	6	5	5	2
	T1	91	114	89	69	51	38
	T2	191	105	80	65	44	32
	T3	312	90	74	54	33	24
	T4	464	71	56	39	25	21
	T5	622	44	26	25	14	11
	T6	639	31	15	14	10	7
	T7	804	22	16	7	8	3
Second	C	1027	20	14	13	6	4
	T1	106	122	97	79	50	29
	T2	285	111	88	73	46	25
	T3	453	93	74	66	39	22
	T4	598	77	59	50	32	18
	T5	724	55	50	37	26	12
	T6	834	46	40	30	20	8

در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. وجود گیاه غیر میزبان در کشت مخلوط مانع فیزیکی به شمار رفته و در اغلب موارد آفت قادر به یافتن میزبان خود نیست. کشت نواری گوجه فرنگی و شبدر می‌تواند در برنامه‌های مدیریت شته جالیز در مزارع گوجه فرنگی استفاده شود ( Kabiri Raeis Abad *et al.*, 2019). سیستم کشت نواری ذرت با شبدر نیز باعث کاهش تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کاهش خسارت وارده به آن می‌شود (Fathi, 2017c). نتایج بررسی‌های کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و سورگوم نیز نشان‌دهنده کاهش جمعیت شته *A. craccivora* می‌باشد ( Hassan, 2009). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که کشت مخلوط نخود فرنگی با ذرت جمعیت *A. fabae* را کاهش می‌دهد (Ogenga-Latigo *et al.*, 1992). کشت مخلوط گیاهان زراعی با گیاهان معطر می‌تواند به صورت دورکنندگی یا ضد تغذیه بودن باعث کاهش جمعیت آفات شود.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که کشت مخلوط شبدر و یونجه خسارت سرخرطومی برگ یونجه *Hypera Gyll. postica* را کاهش می‌دهد ( Roshandel and Noorbakhshian, 2016). لازم به ذکر است که برگ شبدر قرمز حاوی ماده‌ای است که سبب جلوگیری از تخم‌ریزی سرخرطومی برگ یونجه می‌شود. همچنین، وجود مواد بازدارنده باعث نامناسب بودن شبدر قرمز برای تغذیه سرخرطومی ریشه *Sitona hispidulus* Fab. می‌شود (Barrate and Byers., 1992). کشت نواری کلزا و شبدر نیز باعث کاهش تراکم مراحل مختلف رشدی شب پره پشت الماسی و درصد گیاهان آلوده شد (Fathi, 2017a). همچنین، بررسی سامانه‌های مختلف کشت مخلوط لوبیا سبز و شبدر نشان‌دهنده کاهش جمعیت *Thrips tabaci* Lindeman در کشت‌های مخلوط است (Fathi, 2017b). در کشت مخلوط تعداد کمتری از گیاهان یک گونه مجاور

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر کشت مخلوط چغندر قند-شبدرد و تک کشتی چغندر قند بر تغییرات جمعیت حشرات و صفات زراعی در چغندر قند

Table 3. Variance analysis of the effect of intercropping of sugar beet-clover and single cultivation of sugar beet on the changes of insect population and agronomic traits in sugar beet

SOV	DF	<i>Aphis fabae</i>	<i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Hippodamia variegata</i>	<i>Chrysoperla carnea</i>	<i>Orius niger</i>	<i>Orius minutus</i>	Root yield	Leaf and aerial part yield
Year	1	14190.76**	105.0625**	115.5625**	135.14**	27.56**	3.52 <sup>ns</sup>	5.58**	9.46*
Block in year	6	1061.80**	54.1261**	46.9791**	34.8281**	17.187**	9.2864**	54.66**	196.83**
Treatment	7	46217.33**	692.8366**	480.3839**	314.6941**	134.56**	66.32**	50.51**	16.78**
Year*Treatment	7	206.37 <sup>ns</sup>	3.7092 <sup>ns</sup>	10.31**	1.21 <sup>ns</sup>	2.4910 <sup>ns</sup>	2.230 <sup>ns</sup>	1.05**	7.08**
Error	42	185.7478	3.31135	3.193452	1.530506	2.223214	1.131696	0.313579	1.820976
CV	-	9.596783	11.16966	14.11969	12/19985	22.6130	26/0858	1.070678	3.816672

n.s: Non significant, \*\*and\* significantly different at P<0.01 and P<0.05, respectively

که تیمارهای مختلف کشت مخلوط چغندر قند و شبدرد قرمز روی جمعیت دشمنان طبیعی شته سیاه باقلا در سطح ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۳). همچنین، کمترین و بیشترین تعداد جمعیت *C. septempunctata* به ترتیب با  $0.707 \pm$  و  $3.000$  (سال اول) و  $1.707 \pm$  و  $3.050$  (سال دوم)، *H. variegata* با  $0.5 \pm$  و  $1.5$  (سال اول) و  $0.701 \pm$  و  $2.425$  (سال دوم)، *C. carnea* با  $0.47 \pm$  و  $1.25$  (سال اول) و  $0.165 \pm$  و  $1.975$  (سال دوم)، *O. niger* با  $0.02 \pm$  و  $1.25$  (سال اول) و  $0.02 \pm$  و  $1.848$  (سال اول) و  $0.645 \pm$  و  $0.95$  (سال اول) حشره، در تیمارهای شاهد و تیمار ۲ ردیف چغندر قند و ۴ ردیف شبدرد قرمز بود (جدول ۴). سیستم های کشت مخلوط خدمات متعددی را در زمینه های مختلف کشاورزی ارائه می دهند که کاهش شیوع آفات، افزایش تنوع زیستی و حمایت از حشرات مفید از جمله این موارد است (Piesik and Piesik, 2021). رابطه بین یک گیاه و یک آفت را بدون در نظر گرفتن سومین سطح تغذیه که دشمنان طبیعی هستند، نمی توان بررسی کرد (Pimentel, 1991).

نتایج بررسی ها در گلخانه نشان می دهد که کشت مخلوط توت فرنگی با گیاهان سیر، پیازچه و پیازچه چینی تخمگذاری و طول عمر کنه های ماده را کاهش می دهد (Teruhiko Hata et al., 2020). همچنین، کشت پیازچه چینی با توت فرنگی باعث کاهش جمعیت و آلودگی به آفت *Neopamera bilobata* Say. می شود (Teruhiko Hata et al., 2018). نتایج بررسی عظیمی و واعظ (Azimi and Vaez, 2016) نشان می دهد که تراکم جمعیت شته سیاه باقلا و همچنین، درصد آلودگی گیاهان در کشت مخلوط با زیره سبز کمتر از تک کشتی آن است. یکی از دلایل کاهش آلودگی گیاهان در کشت مخلوط می تواند احتمالاً ایجاد مانع فیزیکی برای حرکت آفت باشد و یا اینکه گیاه با ترشحات ریشه ای خود بر عوامل خسارتزای ریشه اثرگذار باشد (Meena et al., 2019). رویکرد اصلی در مدیریت آفات مبتنی بر محیط زیست، استفاده از روش های مدیریتی است که با افزایش تنوع و پیچیدگی در سیستم های کشاورزی، جمعیت آفات را تحت کنترل نگه می دارد (Altieri and Nicholls, 2004). نتایج بررسی ما نشان داد

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال در تیمار

Table 4. Mean comparison of interaction effect of year on treatment

Year	Treatment	<i>Aphis fabae</i> (Number)	<i>Coccinella septempunctata</i> (Number)	<i>Hipodamia variegata</i> (Number)	<i>Chrysoperla carnea</i> (Number)	<i>Orius niger</i> (Number)	<i>Orius minutus</i> (Number)	Root yield (t/ha)	Leaf and aerial part yield (t/ha)
First Year	C	236.25±15.897 <sup>b</sup>	3.000±0.707 <sup>h</sup>	1.50±0.5 <sup>g</sup>	1.25±0.47 <sup>i</sup>	1.25±0.02 <sup>h</sup>	0.5±0.028 <sup>i</sup>	47.5±1.33 <sup>j</sup>	30.8±1.246 <sup>h</sup>
	T1	22.75±2.528 <sup>i</sup>	26.332±1.247 <sup>b</sup>	22.25±2.36 <sup>ab</sup>	17.25±1.4 <sup>bc</sup>	12.75±1.03 <sup>a</sup>	9.5±0.645 <sup>a</sup>	59.05±1.2 <sup>b</sup>	42.55±1.071 <sup>b</sup>
	T2	47.75±2.868 <sup>h</sup>	26.2500±1.75 <sup>b</sup>	20.00±2.16 <sup>bc</sup>	16.25±0.63 <sup>c</sup>	11.00±1.2 <sup>ab</sup>	8.00±0.408 <sup>ab</sup>	55.95±0.9 <sup>d</sup>	38.35±0.76 <sup>cd</sup>
	T3	78.00±5.671 <sup>g</sup>	22.500±1.5 <sup>c</sup>	18.50±1.554 <sup>c</sup>	13.50±1.5 <sup>d</sup>	8.25±0.75 <sup>cd</sup>	6.00±0.408 <sup>de</sup>	53.975±1.18 <sup>e</sup>	36.42±0.66 <sup>de</sup>
	T4	116.00±5.744 <sup>f</sup>	17.750±1.436 <sup>de</sup>	14.00±1.224 <sup>d</sup>	9.75±1.43 <sup>e</sup>	6.25±0.94 <sup>de</sup>	5.25±0.25 <sup>de</sup>	52.025±1.48 <sup>f</sup>	35.15±0.91 <sup>ef</sup>
	T5	155.50±9.63 <sup>e</sup>	11.0000±1.471 <sup>f</sup>	6.5±0.866 <sup>f</sup>	6.25±1.03 <sup>g</sup>	3.50±0.86 <sup>fg</sup>	2.75±0.048 <sup>gh</sup>	50.225±1.47 <sup>g</sup>	33.37±1.28 <sup>fg</sup>
	T6	159.75±18.535 <sup>e</sup>	3.75±1.887 <sup>g</sup>	3.75±0.629 <sup>g</sup>	3.50±0.64 <sup>h</sup>	2.5±0.645 <sup>fg</sup>	1.75±0.048 <sup>ghi</sup>	49.1±1.293 <sup>h</sup>	31.8±1.246 <sup>gh</sup>
T7	201.00±10.808 <sup>c</sup>	5.5000±0.866 <sup>gh</sup>	4.0±0.7071 <sup>fg</sup>	1.75±0.47 <sup>hi</sup>	2.00±0.40 <sup>gh</sup>	0.75±0.25 <sup>i</sup>	48.22±1.312 <sup>ij</sup>	31.32±1.222 <sup>h</sup>	
Second Year	C	256.75±8.644 <sup>a</sup>	5.000±0.7071 <sup>b</sup>	3.50±0.288 <sup>g</sup>	3.25±0.63 <sup>h</sup>	1.5±0.288 <sup>gh</sup>	1.00±0.408 <sup>i</sup>	47.675±1.143 <sup>j</sup>	29.37±0.865 <sup>i</sup>
	T1	40.0±3.535 <sup>hi</sup>	30.500±1.707 <sup>a</sup>	24.25±0.701 <sup>a</sup>	19.75±1.65 <sup>a</sup>	12.5±1.848 <sup>a</sup>	7.25±1.108 <sup>bc</sup>	60.475±1.55 <sup>a</sup>	46.57±1.822 <sup>a</sup>
	T2	71.250±3.881 <sup>g</sup>	27.750±2.358 <sup>b</sup>	22.0±2.16 <sup>ab</sup>	18.25±1.3 <sup>ab</sup>	11.50±1.9 <sup>b</sup>	6.25±1.04 <sup>cd</sup>	57.575±1.40 <sup>c</sup>	40.8±1.962 <sup>b</sup>
	T3	113.25±5.039 <sup>f</sup>	23.250±2.495 <sup>c</sup>	18.5±2.32 <sup>d</sup>	16.5±1.25 <sup>bc</sup>	9.75±1.43 <sup>bc</sup>	5.50±1.258 <sup>de</sup>	55.225±1.66 <sup>d</sup>	38.4±1.934 <sup>c</sup>
	T4	149.50±6.171 <sup>e</sup>	19.250±1.931 <sup>d</sup>	14.75±1.25 <sup>d</sup>	12.5±1.44 <sup>d</sup>	8.00±0.91 <sup>cd</sup>	4.50±1.258 <sup>ef</sup>	50.075±1.36 <sup>f</sup>	35.77±1.68 <sup>e</sup>
	T5	181.00±6.867 <sup>d</sup>	13.75±1.433 <sup>e</sup>	12.5±1.707 <sup>de</sup>	9.25±1.84 <sup>ef</sup>	6.50±0.5 <sup>de</sup>	3.00±0.708 <sup>ef</sup>	50.4±1.289 <sup>g</sup>	32.67±1.104 <sup>gh</sup>
	T6	208.50±6.849 <sup>c</sup>	11.500±1.19 <sup>f</sup>	10.00±0.91 <sup>e</sup>	7.50±1.19 <sup>fg</sup>	5.00±0.41 <sup>ef</sup>	2.00±0.78 <sup>ghi</sup>	48.825±1.26 <sup>hi</sup>	31.52±1.124 <sup>gh</sup>
T7	235.00±5.958 <sup>b</sup>	8.00±0.577 <sup>g</sup>	6.5±0.5 <sup>f</sup>	5.75±0.85 <sup>g</sup>	3.25±0.04 <sup>fh</sup>	1.25±0.25 <sup>hi</sup>	48.525±1.28 <sup>hi</sup>	30.75±1.110 <sup>hi</sup>	

Means with different letter in each column are significantly different at 5% level (Tukey test)

حمله مؤثر به میزبان مختل می‌کند. این کار به دو طریق انجام می‌شود: اول، احتمال اینکه حشره گیاه میزبان خود را در نوعی سر درگمی (شیمایی- فیزیکی) پیدا نکند و دوم، پس از یافتن گیاه میزبان، احتمال بیشتری وجود دارد که حشره، گیاه میزبان را به دلیل برخوردهای مکرر با گیاه غیرمیزبان ترک کند.

از نظر تنوری این عوامل می‌توانند در ترکیب با هم، منجر به بهبود شرایط برای دشمنان طبیعی شده و در نتیجه، کارایی و عملکرد آن‌ها را افزایش دهند (Altieri *et al.*, 2009). ترکیب گیاهان گلدار در کشت مخلوط با گیاه اصلی می‌تواند الگوهای تغییر تنوع و فرآیندهای اکولوژیکی بین گیاهان و آفات را از طریق مکانیسم‌های مختلف به‌ویژه تنظیم تغذیه و رفتار تغییر دهد (Snyder, 2019; Wan *et al.*, 2019). محصولات زراعی در طول گلدهی، شاهد و گرده را برای پارازیتوئیدها و شکارگرها فراهم می‌کنند. آن‌ها همچنین با ارائه سرپناهی برای دشمنان طبیعی در شرایط نامساعد محیطی (در زمان سم‌پاشی محصول اصلی) از آنها محافظت می‌کنند.

هرچه کشت‌ها متنوع‌تر باشد، تنوع و فراوانی شکارگرها و پارازیتوئیدهای آفت بیشتر می‌شود. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده که سیستم‌های متنوع کشت، افزایش قابل توجهی را در جمعیت دشمنان طبیعی در پی دارند (Eskandari and Ghanbari, 2010; Konar *et al.*, 2010; Suresh *et al.*, 2010; Vaiyapuri and Amanullah, 2010; Bickerton *et al.*, 2012; Valizadegan, 2015; Anbalagan *et al.*, 2016; Fathi, 2017a;b; Azimi and Vaez, 2019). در مورد چگونگی رسیدن آفات به سطوح بالاتر در تک کشت‌ها نسبت به کشت‌های مخلوط دو فرضیه توسط روت (Root, 1973) ارائه شده است. (۱) فرضیه دشمنان طبیعی که استدلال می‌کند با افزایش فعالیت دشمنان طبیعی، تعداد آفات در سیستم‌های متنوع‌تر کاهش می‌یابد و (۲) فرضیه غلظت منابع که بیان می‌دارد وجود گونه‌های متنوع گیاهی، اثر منفی و مستقیم بر توانایی آفات در یافتن و استفاده از گیاه میزبان دارد. همچنین، فرضیه وندرم (Vandermeer, 1989) که معادل فرضیه غلظت منابع روت (Root, 1973) است تصریح می‌کند که گونه گیاهی دوم چگونه توانایی یک حشره را در



باشد (Ann Bybee-Finley and Ryan, 2018). همچنین، کشت مخلوط شبدر ایرانی با چغندر قند باعث کاهش PH خاک شده و در نتیجه، میزان نیتروژن خاک افزایش می‌یابد (Romaneckas *et al.*, 2020).

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق فوق می‌توان عنوان داشت که کنترل زراعی یکی از موثرترین روش‌های مقابله با آفات گیاهان است. نتایج بررسی ما نیز نشان داد که در تیمارهای دارای شبدر قرمز با افزایش ردیف‌های شبدر قرمز نسبت به چغندر قند، آفت شته سیاه چغندر قند کاهش و دشمنان طبیعی افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل غالبیت مواد فرار ترشح شده توسط شبدر قرمز می‌باشد که باعث سردرگمی بویایی و بینایی آفت و جلب دشمنان طبیعی به دلیل تولید گرده، شهد و میزبان بینایی است. همچنین، با این افزایش، عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد که می‌تواند به دلیل فعالیت دشمنان طبیعی در کاهش جمعیت آفت باشد که در نهایت باعث کاهش خسارت و تعداد گیاهان آلوده می‌شود. همچنین، شبدر قرمز با تثبیت نیتروژن نیز می‌تواند در افزایش عملکرد نقش مهمی ایفا کند که می‌تواند موضوعی برای تحقیقات آینده، در مورد استفاده کمتر از کود نیتروژن و جایگزینی آن با گیاهان تثبیت کننده نیتروژن در کشت‌های مخلوط باشد. عدم تولید گل در چغندر قند باعث می‌شود تا تشکیل و حفظ کلنی دشمنان طبیعی در اطراف مزارع چغندر قند با دشواری انجام شود. کشت گیاه شبدر در کنار مزرعه چغندر قند می‌تواند با تأمین منبع گرده و شهد برای شکارگرها و پارازیتوئیدها و همچنین، تأمین میزبان جایگزین در حفظ و حمایت از دشمنان طبیعی شته سیاه چغندر قند موثر باشد و در نهایت، باعث کاهش مصرف حشره کش‌ها شود. علوفه تولیدی توسط شبدر قرمز نیز می‌تواند در چرای بهاره و علوفه زمستانه دام‌ها مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحقیق می‌تواند در مدیریت تلفیقی آفت که در راستای کشاورزی پایدار است، مؤثر واقع شود.

علاوه بر آن کشت مخلوط غذای متناوب یا میزبان میانی را برای شکارچیان فراهم می‌کند (Root, 1973; Amala and Shivalingaswamy, 2018). گیاهان علوفه‌ای با فراهم کردن شهد، گرده و شکارهای جایگزین باعث جلب و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی مانند *Orius spp.* و *Coccinellidae* می‌شوند (Altieri *et al.*, 2009). به طور کلی، می‌توان عنوان داشت که افزایش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی، افزایش تراکم دشمنان طبیعی و گرده افشان‌ها، کاهش وابستگی به حشره کش‌ها و ثبات عملکرد را در پی دارد (Roubinet *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2018; Redlich *et al.*, 2018; Aguilera *et al.*, 2020). کشت‌های مخلوط در نهایت مهار زیستی حشرات را تقویت می‌کنند (Amala and Shivalingaswamy, 2018).

همچنین، نتایج بررسی‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط چغندر قند و شبدر قرمز روی صفات زراعی عملکرد ریشه، عملکرد برگ و اندام هوایی در سطح ۱٪ نیز معنی دار می‌باشد (جدول ۳)، بیشترین عملکرد ریشه، عملکرد برگ و اندام هوایی به ترتیب در تیمار ۲ ردیف چغندر قند و ۴ ردیف شبدر با میانگین  $60/475 \pm 1/55$  و  $46/57 \pm 1/822$  تن در هکتار در سال دوم بود (جدول ۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملکرد سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به تک کشت‌ها بیشتر است (Reiss and Drinkwater, 2018; Azimi and Vaez, 2019; Gałęzewski *et al.*, 2020; Klima *et al.*, 2020; Leszczyńska *et al.*, 2020; Schulz *et al.*, 2020). همچنین، کشت‌های مخلوط علاوه بر افزایش کمی عملکرد، کیفیت محصولات را نیز افزایش می‌دهند (Li *et al.*, 2019). چنانچه استفاده از شبدر سفید در کشت مخلوط با خشخاش عملکرد خشخاش را کاهش نداده و با محدود بودن رقابت بین دو گیاه باعث افزایش بهره‌وری می‌شود. همچنین، استفاده از شبدر سفید می‌تواند برای تأمین نیتروژن خشخاش مفید باشد (Luhmer *et al.*, 2021). کشت مخلوط می‌تواند با افزایش سلامت خاک، پایداری عملکرد را در پی داشته

## 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(4): 1-14. (In Farsi)
- Aguilera, G., Roslin, T., Miller, K., Tamburini, G., Birkhofer, K., Caballero-Lopez, B., Ann-Marie Lindström, S., Öckinger, E., Rundlöf, M., Rusch, A., Smith, H. G. and Bommarco, R.** 2020. Crop diversity benefits carabid and pollinator communities in landscapes with semi-natural habitats. **Journal of Applied Ecology** 57(11): 2170-2179.
- Altieri, M. A. and Nicholls, C. I.** 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. New York, NY: Haworth Press, New York.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. and Ponti, L.** 2009. Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems. In: Radcliffe, E. B., Hutchinson, W. D. and Cancelado, R. E. (Eds). Integrated pest management. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 116-130.
- Amala, U. and Shivalingaswamy, T. M.** 2018. Effect of intercrops and border crops on the diversity of parasitoids and predators in agroecosystem. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 28(11): 1-4.
- Anbalagan, V., Paulraja, M. G., Ignacimuthua, S., Baskar, K. and Gunasekaran, J.** 2016. Natural enemies (*Arthropoda-Insecta*) biodiversity in vegetable crops in Northeastern Tamil Nadu, India. **International Letters of Natural Sciences** 53: 28–33.
- Ann Bybee-Finley, K. and Ryan, M. R.** 2018. Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes. **Agriculture** 8(80): 1-24.
- Anonymous, 2020-2021.** Horticultural product report of year 2020-2021. Iran Ministry of Agriculture, Deputy of Economy and Planning, Information and Communication Technology Center. Available at: <http://amar.maj.ir/portal/File/ShowFile.aspx?ID>.
- Azimi, S. and Vaez, N.** 2019. Comparison of population of *Aphis fabae* and its natural enemies and yield in intercropping of faba bean (*Vicia faba*) and marigold (*Calendula officinalis*). **Agricultural Science and Sustainable Production** 29(1): 1-13.
- Barrate, B. I. P. and Byers, R. A.** 1992. Legume seedling feeding preferences of adult *Sitona hispidulus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology** 21(1): 103-106.
- Bickerton, M. W. and Hamilton, G. C.** 2012. Effects of intercropping with flowering plants on predation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs by generalist predators in bell peppers. **Environmental Entomology** 41(3):612-620.
- Borg, J., Kiær, L. P., Lecarpentier, C., Goldringer, I., Gauffreteau, A., Saint-Jean, S., Barot, S. and Enjalbert, J.** 2017. Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures: A meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps. **Field Crops Research** 221: 298-313.
- Cai, H., You, M. and Lin, C.** 2010. Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. **Acta Ecologica Sinica**, 30: 190-195.
- Cheruiyot, D., Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A. and Khan, Z. R.** 2020. Farmers' perception and evaluation of *Brachiaria* grass (*Brachiaria spp.*) genotypes for smallholder cereal-livestock production in east africa. **Agriculture** 10(268): 1-13.
- Daryanto, S., Fu, B., Wang, L., Jacinthe, P. A. and Zhao, W.** 2018. Quantitative synthesis on the ecosystem services of cover crops. **Earth-Science Reviews** 185: 357-373.
- Deguchi, S., Uozumi, S., Touno, E., Kaneko, M. and Tawaraya, K.** 2012. Arbuscular mycorrhizal colonization increases phosphorus uptake and growth of corn in a white clover living mulch system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 58: 169-172.
- Deligeorgidis, P.N., Ipsilandis, C.G., Vaiopoulou, M., Kaltsoudas, G. and Sidiropoulos, G.** 2005. Predatory effect of *Coccinella septempunctata* on *Thrips tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. **Journal of Applied Entomology** 129: 246-249.
- Doltra, J. and Olesen, J. E.** 2013. The role of catch crops in the ecological intensification of spring cereals in organic farming under Nordic climate. **European Journal of Agronomy** 44: 98-108.
- El-Fakharany, S., Samy, M., Ahmed, S. and Khatlab, M.** 2012. Effect of intercropping of maize, bean, cabbage and toxicants on the population levels of some insect pests and associated predators in sugar beet plantations. **The Journal of Basic and Applied Zoology** 165: 21-28.

- Erfan, D. and Ostovan, H.** 2005. Species diversity of flower bugs (Family: Anthocoridae) in Shiraz region. **Journal of Agricultural Sciences** 11: 81-95
- Eskandari, H. and Ghanbari, A.** 2010. Effect of different planting pattern of wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) on grain yield, dry matter production and weed biomass. **International Journal of Biological Sciences** 2: 111-115.
- Fathi, S. A. A.** 2017a. Effect of strip-intercropping of spring canola with clover in improvement of natural biological control of *Plutella xylostella* (L.). **Plant Pest Research** 7(1): 73-86. (In Farsi)
- Fathi, S. A. A.** 2017b. 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(3): 1-15. (In Farsi)
- Fathi, S. A. A.** 2017c. 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(3): 1-18. (In Farsi)
- Ferragut, F. and Gonzalez Zamora, J. E.** 1994. Boletion de Sanidad Vegetal Plagas. **Boletin de Sanidad Vegetal Plagas**, 20: 89-101.
- Fracchiolla, M., Renna, M., D'Imperio, M., Lasorella, C., Santamaria, P. and Cazzato, E.** 2020. Living mulch and organic fertilization to improve weed management, yield and quality of broccoli raab in organic farming. **Plants** 9 (177): 1-11.
- Gałęzewski, L., Jaskulska, I., Wilczewski, E. and Wenda-Piesik, A.** 2020. Response of Yellow Lupine to the Proximity of Other Plants and Unplanted Path in Strip Intercropping. **Agriculture** 10(285): 1-14.
- Haaland, C., Naisbit, R. E. and Bersier, L. F.** 2011. Sown wildflower strips for insect conservation: A review. **Insect Conservation and Diversity** 4: 60- 80.
- Hassan, S.** 2009. Effect of variety and intercropping on two major cowpeas [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] field pests in Mubi, Adamawa State, Nigeria. **Journal of Horticulture and Forestry** 1(2): 1-3.
- Kabiri Raeis Abad, M., Fathi, S. A. A., Nouri – Ganbalani, G. and Besheli, A.** 2019. The effect of intercropping of tomato and clover on control of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. **Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)** 42(4): 1-15. (In Farsi)
- Klima, K., Synowiec, A., Pula, J., Chowaniak, M., Pużyńska, K., Gala-Czekaj, D., Kliszcz, A., Galbas, P., Jop, B., Dąbkowska, T. and Lepiarczyk, A.** 2020. Long-term productive, competitive, and economic aspects of spring cereal mixtures in integrated and organic crop rotations. **Agriculture** 10(231): 2-14.
- Konar, A., Singh, N. J. and Paul, R.** 2010. Influence of intercropping on population dynamics of major insect pests and vectors of potato. **Journal of the Entomological Research Society** 34: 151-154.
- Kugbe, X. J., Yaro, R. N., Soyel, J. K., Kofi, E. S. and Ghaney, P.** 2018. Role of intercropping in modern agriculture and sustainability: A Review. **British Journal for the History of Science** 16: 67-75.
- Leszczyńska, D., Klimek-Kopyra, A. and Patkowski, K.** 2020. Evaluation of the productivity of new spring cereal mixture to optimize cultivation under different soil conditions. **Agriculture** 10(344): 1-13.
- Li, J. M., Li, R. H., Zhang, J. E., Guo, J., Zhang, C. X., Liu, S. W, and Hei, Z. W.** 2020. Integration of mixed-cropping and rice-duck co-culture has advantages on alleviating the non-point source pollution from rice production. **Applied Ecology and Environmental Research** 18(1): 1281-1300.
- Li, M., Li, R., Zhanga, J., Liu, Sh., Hei, Z. and Qiu, Sh.** 2019. A combination of rice cultivar mixed-cropping and duck co-culture suppressed weeds and pests in paddy fields. **Basic and Applied Ecology** 40: 67-77.
- Li, M., Zhang, J., Liu, S., Ashraf, U., Zhao, B. and Qiu, S.** 2019. Mixed-cropping systems of different rice cultivars have grain yield and quality advantages over mono-cropping systems. **Journal of Science of Food Agricultural** 99: 3326-3334.
- Lia, X., Liu, Y., Duan, M., Yu, Z. H., Axmacherc, J. C.** 2018. Different response patterns of epigaeic spiders and carabid beetles to varying environmental conditions in fields and semi-natural habitats of an intensively cultivated agricultural landscape. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 264(1): 54-62.

- Liu, J. L., Ren, W., Zhao, W. Z. and Li, F. R.** 2018. Cropping systems alter the biodiversity of ground- and soil-dwelling herbivorous and predatory arthropods in a desert agroecosystem: Implications for pest bio control. **Agriculture Ecosystems and Environment** 266: 109-121.
- Luhmer, K., Blum, H., Kraska, T. H., Döring, T. H. and Pude, R.** 2021. Poppy (*Papaver somniferum* L.) intercropping with spring barley and with white clover: benefits and competitive effects. **Agronomy** 11: 1-19.
- Mader, V., Diehl, E., Fiedler, D., Thorn, S., Wolters, V. and Birkhofer, K.** 2017. Trade-offs in arthropod conservation between productive and non-productive agri-environmental schemes along a landscape complexity gradient. **Insect Conservation and Diversity** 10: 236- 247.
- Meena, A., Sharma, R. K., Chander, S., Sharma, D. K. and Sinha, S. R.** 2019. Flower strip farmscaping to promote natural enemies' diversity and eco-friendly pest suppression in okra (*Abelmoschus esculentus*). **Indian Journal of Agricultural Science** 89: 119- 123.
- Muhammad, I., Sainju, U. M., Zhao, F., Khan, A., Ghimire, R., Fu, X. and Wang, J.** 2019. Regulation of soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions by cover crops: A meta-analysis. **Soil and Tillage Research** 192: 103-112.
- Ogenga-Latigo, M. W., Ampofo, J. K. O. and Balidawa, C. W.** 1992. Influence of maize row spacing on infestation and damage of intercropped beans by the bean aphid (*Aphis fabae* Scop.). I. Incidence of aphids. **Field Crops Research** 30(1-2): 111-121.
- Omar, H. I. H., Hayder, M. F. and El-Sorady, A. E. M.** 1994. Effect of sowing date of intercropping cowpea with cotton on infestation with some major pests. **Egyptian Journal of Agricultural Research** 72: 691-698.
- Pahlavan-Yali, K., Pashairadi, Sh., Zarekhormizi, M., Mojibhaghadm, Z., Heidari-Latibari, M. and Hanly, G.** 2017. Research on Coccinellidae (Coleoptera) fauna in Mazandarn province, **Iranian Journal of Biological Control** 31(3): 123-127
- Piesik, A. W. and Piesik, D.** 2021. Diversity of Species and the Occurrence and Development of a Specialized Pest Population-A Review Article. **Agriculture** 11(16): 1-14.
- Pimentel, D.** 1991. Diversification of biological control strategies in agriculture. **Crop Protection** 10(4): 243-253.
- Piotrowska-Długosz, A. and Wilczewski, E.** 2012. Effects of catch crops cultivated for green manure and mineral nitrogen fertilization on soil enzyme activities and chemical properties. **Geoderma Regional** 189: 72-80.
- Prosdocimi, M., Tarolli, P. and Cerdà, A.** 2016. Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. **Earth-Science Reviews** 161: 191-203.
- Pużyńska, K., Pużyński, S., Synowiec, A., Bocianowski, J. and Lepiarczyk, A.** 2021. Grain yield and total protein content of organically grown oats-vetch mixtures depending on soil type and oats' cultivar. **Agriculture** 11(79): 1-21.
- Pużyńska, K., Synowiec, A., Pużyński, S., Bocianowski, J., Klima, K. and Lepiarczyk, A.** 2021. The performance of oat-vetch mixtures in organic and conventional farming systems. **Agriculture** 11(332): 1-19.
- Redlich, S., Martin, E. A. and Steffan-Dewenter, I.** 2018. Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. **Journal of Applied Ecology** 55: 2419- 2428.
- Reiss, E. R. and Drinkwater, L. E.** 2018. Cultivar mixtures: A meta-analysis of the effect of intraspecific diversity on crop yield. **Ecological Applications** 28: 62-77.
- Romanekas, K., Adamavičienė, A., Šarauskis, E. and Balandaitė, J.** 2020. The Impact of Intercropping on Soil Fertility and Sugar Beet Productivity. **Agronomy** 10(9): 1-13.
- Root, R. B.** 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs** 43: 95-120.
- Roshandel, S. and Noorbakhshian, J.** 2016. Effect of mixed cropping of alfalfa and red clover on population density and infestation rate of alfalfa weevil *Hypera postica* (Col.: Curculionidae). **Journal of Entomological Society of Iran** 36(1): 29-38. (In Farsi)
- Roubinet, E., Birkhofer, K., Malsher, G., Staudacher, K., Ekbom, B., Traugott, M. and Jonsson, M.** 2017. Diet of generalist predators reflects effects of cropping period and farming system on extra- and intraguild prey. **Ecological Applications** 27: 1167-1177.

- Rücknagel, J., Götze, P., Koblenz, B., Bachmann, N., Löbner, S., Lindner, S., Bischoff, J. and Christen, O. 2016. Impact on soil physical properties of using large-grain legumes for catch crop cultivation under different tillage conditions. **European Journal of Agronomy** 77: 28–37.
- Schulz, V. S., Schumann, C., Weisenburger, S., Müller-Lindenlauf, M., Stolzenburg, K. and Möller, K. 2020. Row-intercropping maize (*Zea mays* L.) with biodiversity-enhancing flowering-partners-effect on plant growth, silage yield, and composition of harvest material. **Agriculture** 10(524): 1-27.
- Shelton, A. M. and Badenes-Perez, F. R. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. **Annual Review of Entomology** 51: 285-308.
- Smith, H. G., Birkhofer, K., Clough, Y., Ekroos, J., Olsson, O. and Rundlöf, M. 2014. Beyond dispersal: the roles of animal movements in agricultural landscapes. In L.A. Hansson and S. Åkesson (Eds.). *Animal Movement Across Scales*. Oxford University Press, Oxford. pp. 51–70.
- Snyder, W. E. 2019. Give predators a complement: Conserving natural enemy biodiversity to improve biocontrol. **Biological Control** 135: 73–82.
- Songa, J.M., Jiang, N., Schulthess, F. and Omwega, C. 2007. The role of intercropping different cereal species in controlling lepidopteran stemborers on maize in Kenya. **Journal of Applied Entomology** 131(1): 40- 49.
- Suresh, R., Sunder, S. and Pramod, M. 2010. Effect of intercrops on the temporal parasitization of *Helicoverpa armigera* (Hub.) by larval parasitoid, *Campoletis chloridae* Uchida in tomato. **Journal of Ecology and Environment** 28: 2485-2489.
- Szumigalski, A. and van Acker, R. 2005. Weed suppression and crop production in annual intercrops. **Weed Science** 53: 813- 825.
- Teruhiko, Hata F., Lucas Béga, V., Ursi Ventura, M., dos Santos Grosso, F., Eduardo Poloni da Silva, J., Ribeiro Machado, R. and Sousa, V. 2020. Plant acceptance for oviposition of *Tetranychus urticae* on strawberry leaves is influenced by aromatic plants in laboratory and greenhouse intercropping experiments. **Agronomy** 10(193): 1-13.
- Theunissen, J. 1994. Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem. **Pesticide Science** 42(1): 65-68.
- Tooker, J. F. and Frank, S. D. 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. **Journal of Applied Ecology** 49: 974- 985.
- Triplehorn, C. A. and Johnson, N. F. 2005. Borror and Delong's introduction to the study of insects (7th ed.). Thomson Book/Cole.
- Vaiyapuri, K. and Amanullah, M. M. 2010. Pest incidence and yield as influenced by intercropping unconventional green manures in cotton. **Madras Agricultural Journal** 97: 51–57.
- Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantity in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. **Journal of Agricultural Science and Sustainable Production** 25(3): 15-30. (In Farsi)
- Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, 237 p.
- Wan, N. F., Ji, X. Y., Deng, J. Y., Kiaer, L. P., Cai, Y. M. and Jiang, J. X. 2019. Plant diversification promotes bio control services in peach orchards by shaping the ecological niches of insect herbivores and their natural enemies. **Ecological Indicators** 99: 387-392.
- Wanic, M., Żuk- Golaszewska, K. and Orzech, K. 2019. Catch crops and the soil environment-A review of the literature. **Journal of Element ology** 24: 31- 45.
- Yactayo-Chang, J. P., Tang, H. V., Mendoza, J., Christensen, Sh. A. and Block, A. K. 2020. Plant defense chemicals against insect pests. **Agronomy** 10(1156): 1-14.



Research paper

**Effect of intercropping systems of sugar beet and red clover on biological control of *Aphis fabae* (Hem.: Aphididae), natural enemies, and agronomic traits of sugar beet**

**M. Moarefi<sup>1</sup>, A. Hamrahi<sup>2</sup> and K. Fotouhi<sup>3</sup>**

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran,  
2. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran, 3.  
Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: December 7, 2022- Accepted: February 12, 2023)

**Abstract**

Cultivation of diverse crops is a strategy key in sustainable agriculture. Increasing plant diversity in intercropping systems can be suitable for biological control of pests. In order to investigate the effect of mixed cultivation of sugar beet and red clover on the population of *Aphis fabae* Scopoli, natural enemies including *Coccinella septempunctata* Linnaeus, *Hippodamia variegata* Goeze, *Orius niger* Wolf, *O. minutus* Linnaeus, and *Chrysoperla carnea* Stephens, and some agricultural traits of sugar beet, an experiment was conducted in the form of completely randomized block design in four replications. Experimental treatments included monoculture of sugar beet (control) and seven types of strip cultivation systems including: 1) two rows of sugar beet and four rows of red clover, 2) two rows of sugar beet and three rows of red clover, 3) one row of sugar beet and two rows of red clover, 4) two rows of sugar beet and two rows of red clover 5) three rows of sugar beet and two rows of red clover, 6) two rows of sugar beet and one row of red clover, 7) four rows of sugar beet and two rows of red clover. The results of this research showed that the different treatments of sugar beet and red clover intercropping on the aphid population, natural enemies, and agricultural traits including root yield, leaf yield, and shoot yield are significant at 1% probability level. The results of this research showed that the treatment of two rows of sugar beet and four rows of red clover can be useful in integrated pest management and biological control of *A. fabae* in sugar beet fields and improve agricultural traits.

**Key words:** predators, Karaj, Integrated pest management

