

تأثیر سیستم‌های کشت نواری کلزای بهاره و شبدر در بهبود کنترل طبیعی *Plutella xylostella* (L.)

سید علی اصغر فتحی^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۰)

چکیده

شب‌پره پشت‌الماسی، *Plutella xylostella* (L.) آفت مهم کلزا در ایران است. در این تحقیق، تأثیر چهار تیمار شامل کشت نواری دو، چهار و شش ردیف کلزا (Ca) در تناوب با دو ردیف شبدر (Cl) (2Ca: 2Cl, 4Ca: 2Cl, and 6Ca: 2Cl) و تک‌کشتی کلزا در تراکم *P. xylostella*، تنوع گونه‌ای شکارگرهای آن، درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده و عملکرد محصول در شرایط مزرعه واقع در منطقه اردبیل در طول دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ مطالعه شد. تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره در تک‌کشتی کلزا به‌طور معنی‌داری بیشتر از هر سه سیستم کشت نواری بود. شاخص تنوع شانون (*H*) برای ترکیب گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره در هر سه تیمار کشت نواری به‌طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی کلزا بود. مقدار شاخص شباهت تنوع گونه‌ای مورسیتا-هورن (*C_{MH}*) برای ترکیب گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره بین نظام تک‌کشتی کلزا با هر یک از تیمارهای کشت نواری ($C_{MH} \leq 0/898$) کمتر از مقدار این شاخص بین سه تیمار کشت نواری ($C_{MH} \geq 0/957$) بود. درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده در هر سه سیستم کشت نواری به‌طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی کلزا بود. علاوه بر آن، درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیت شده در 2Ca: 2Cl به‌طور معنی‌داری بیشتر از 6Ca: 2Cl بود. همچنین، درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها به ازای یک گیاه کلزا در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود. این نتایج نشان می‌دهند که کشت نواری 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl می‌تواند در مدیریت تلفیقی *P. xylostella* در مزارع کلزا مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: کشت مخلوط، غنای گونه‌ای، فراوانی گونه‌ها، کلزا

مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. از تیره چلیپانیان (Brassicaceae)، گیاهی زراعی و یک‌ساله بوده و به دلیل داشتن میزان زیادی از روغن ذخیره شده در دانه در بیشتر کشورهای جهان کشت می‌شود. در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ حدود ۸۷ هزار هکتار از سطح زمین‌های زراعی ایران به کشت کلزا اختصاص داده شده بود و استان اردبیل با کشت کلزا در حدود ۱۳۰۰۰ هکتار مقام دوم کشور را دارا است (Anonymous, 2015). محصول کلزا مورد حمله آفات مختلف از جمله شب‌پره پشت‌الماسی *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) قرار می‌گیرد (Sarfraz et al., 2006; Kahuthia-Gathu et al., 2008; Fathi et al., 2011 and 2012). خسارت این شب‌پره مربوط به مرحله لاروی است که با تغذیه از برگ‌ها و کاهش سطح فتوسنتزکننده گیاه باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Sarfraz et al., 2005; Kahuthia-Gathu et al., 2008). هرچند استفاده از حشره‌کش‌ها روشی رایج برای کنترل شب‌پره پشت‌الماسی است ولی به دلیل عوارض نامطلوب متعدد روش کنترل شیمیایی، استفاده از روش‌های کنترل غیر شیمیایی باید با جدیت مدنظر قرار گیرد (Talekar et al., 2004; Shi et al., 1993; and Shelton).

متنوع‌سازی سیستم‌های کاشت به عنوان یکی از روش‌های مورد استفاده در کاهش جمعیت آفات، افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی و بهبود عملکرد محصول توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است (Altieri et al., 2009; Garratt et al., 2011). پارازیتوئیدهای متعددی از جنس‌های *Diadegma*، *Cotesia* و *Oomyzus* و شکارگرهای متنوعی از سن‌های شکارگر، بالتوری‌ها و کفشدوزک‌ها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک این آفت توسط محققین مختلف گزارش شده است (Talekar and Shelton, 1993; Liu et al., 2000; Shi et al., 2004; Sarfraz et al., 2005; Sow et al., 2013). تعدادی از گیاهان با فراهم کردن

گرده، شهد و شکارها یا میزبان‌های جایگزین برای دشمنان طبیعی باعث جلب و حمایت از آنها می‌شوند. بنابراین، می‌توان از این گیاهان در متنوع‌سازی سیستم‌های کاشت به منظور تامین گرده، شهد و شکارها یا میزبان‌های جایگزین برای دشمنان طبیعی استفاده کرد (Colley and Luna, 2000; Altieri et al., 2009). سیستم‌های کشت نواری دو یا چند محصول (کشت دو یا چند ردیف از یک محصول در تتاب با دو یا چند ردیف از یک یا چند محصول دیگر) به عنوان یکی از روش‌های متنوع‌سازی سیستم‌های کشت برای کاهش جمعیت آفات، افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی و بهبود عملکرد محصول توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است (Fujita et al., 1992; Zhang and Li, 2003; Altieri et al., 2009). برای مثال، کاهش تراکم شب‌پره پشت‌الماسی و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول در سیستم‌های کشت نواری مختلف توسط محققین متعدد گزارش شده است (Talekar et al., 1986; Åsman et al., 2001; Ogol et al., 2007; Asare-Bediako et al., 2010).

تحقیق حاضر با اهداف (الف) ارزیابی تراکم جمعیت شب‌پره پشت‌الماسی، (ب) شناسایی دشمنان طبیعی شب‌پره پشت‌الماسی و تعیین درصد فراوانی نسبی هر یک از آنها، (ج) محاسبه تنوع گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره، (د) تعیین درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده شب‌پره، و (ه) ارزیابی میزان کاهش عملکرد محصول کلزا در سیستم‌های کشت نواری کلزا و شبدر در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌تواند در انتخاب سیستم کشت مناسب کلزا با هدف کاهش جمعیت شب‌پره پشت‌الماسی و افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی آن در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آن در مزارع کلزا مفید باشد.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

نمونه‌گیری به منظور تعیین تراکم تخم، لارو و شفیره

شب‌پره پشت‌الماسی و درصد گیاهان آلوده

در این آزمایش‌ها، نمونه‌برداری‌ها از مرحله رویش برگ-های اصلی گیاهان کلزا و شروع آلودگی به شب‌پره پشت-الماسی تا مرحله رسیدگی و برداشت کلزا (که بیش از ۶۰ درصد دانه‌ها تیره‌رنگ شده بودند) به صورت هفتگی انجام شدند. در این تحقیق واحد نمونه‌برداری یک بوته کلزا انتخاب شد. در هر تاریخ نمونه‌برداری تعداد چهار بوته کلزا از هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب شده و در هر نمونه، تعداد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره پشت‌الماسی با استفاده از ذره‌بین دستی X ۲۰ شمارش و یادداشت شدند. از داده‌های حاصل در تعیین تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره پشت‌الماسی به ازای یک گیاه و درصد گیاهان آلوده به آفت در هر یک از چهار نوع سیستم کشت استفاده شد. لازم به یادآوری است که در این آزمایش‌ها میانگین تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌ها در چهار نمونه مربوط به هر کرت به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. بنابراین، این داده‌های آزمایش‌ها با چهار تیمار و چهار تکرار تجزیه و تحلیل شدند.

تعیین شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی، درصد فراوانی نسبی و شاخص تنوع گونه‌ای آن‌ها

در این آزمایش‌ها نیز نمونه‌برداری‌ها از مرحله رویش برگ‌های اصلی گیاهان کلزا و شروع آلودگی به شب‌پره پشت‌الماسی آغاز شد و به طور هفتگی تا مرحله رسیدگی و برداشت کلزا ادامه یافت. در هر مرحله از ارزیابی، تعداد چهار بوته در هر کرت آزمایشی بررسی شدند. در بررسی نمونه‌ها، ابتدا شکارگرهای مشاهده شده روی هر بوته با استفاده از ذره-بین دستی X ۲۰ شمارش شدند. نمونه‌های دارای پوره‌های شکارگر در قفس‌های لیوانی با درپوش توری تا زمان تکمیل نشوونما و تبدیل آن‌ها به حشرات کامل شکارگر در دمای اطاق نگهداری شدند. لازم به ذکر است که روزانه برگ‌های آلوده به تخم‌ها و لاروهای تازه تفریخ شده‌ی شب‌پره پشت-الماسی برای تغذیه پوره‌های شکارگرها فراهم شد. حشرات

پژوهش حاضر در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در اردبیل (ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۲ متر؛ عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، و میزان بارندگی متوسط سالیانه ۳۰۳/۹ میلی‌متر) انجام شد.

سیستم‌های کشت

سیستم‌های کشت مورد مطالعه در تحقیق حاضر شامل کشت نواری دو، چهار و شش ردیف کلزا (Ca) در تناوب با دو ردیف شبدر (Cl) (Cl, 2Cl, 4Ca: 2Cl, 6Ca: 2Cl) و تک‌کشتی کلزا بودند. همچنین، یک تیمار شاهد شامل تک‌کشتی کلزای سمپاشی‌شده با حشره‌کش کلریپیرفوس (با دز توصیه شده ۷۵ میلی‌لیتر بر ۱۰۰ لیتر) تنها به منظور تعیین میزان کاهش عملکرد محصول در هر یک از چهار سیستم کشت مورد مطالعه استفاده شد. آزمایش در زمینی به مساحت سه هزار متر مربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. هر کرت آزمایشی (با ابعاد ۱۰ × ۶ m) شامل یکی از پنج تیمار مورد آزمایش بود. بین کرت‌های آزمایشی یک فاصله شش متری به صورت کشت نشده به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بذرها *Trifolium resupinatum* L. (رقم اقلید فارس) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. در هر دو سال، کلزای بهاره و شبدر بر اساس تیمارهای آزمایشی در کرت‌های مربوطه به روش جوی و پشته (با فاصله بین ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متری) کشت شدند. بذور کلزا روی هر یک از پشته-ها با تراکم ۶۰ گیاه در هر متر مربع و بذرها *Trifolium resupinatum* L. با تراکم ۱۲۰ گیاه در هر متر مربع کشت شدند. در هر تیمار، کاشت کلزای بهاره و شبدر به‌طور هم‌زمان در اواسط فروردین‌ماه انجام شد. عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز هم‌زمان با مرحله رویش کلزا و مطابق با عرف رایج در منطقه به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری مزارع به فواصل منظم ده روز یک‌بار انجام شد.

درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تا زمان ظهور حشرات کامل پارازیتوئیدها نگهداری شدند. در طول این آزمایش‌ها، درصد تخم‌های پارازیته شده (که به رنگ تیره تغییر رنگ یافته بودند و دارای سوراخ خروجی پارازیتوئید بودند) و درصد لاروها و شفیره‌های پارازیته شده (که با ظهور پارازیتوئیدها مرده بودند) در هر نمونه تعیین شدند. میانگین درصد پارازیتسم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌ها در چهار نمونه مربوط به هر کرت به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. بنابراین، این آزمایش‌ها با چهار تیمار و چهار تکرار تجزیه و تحلیل شدند. در ادامه، گونه‌های پارازیتوئید تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های این آفت بر اساس ویژگی‌های ریخت-شناسی قسمت‌های مختلف بدن و اندام‌های تناسلی خارجی شناسایی شدند (Tobias, 1995). سپس، به منظور تعیین گونه غالب زنبور پارازیتوئید هر یک از مراحل زیستی نابالغ این شب‌پره تعداد هر یک از گونه‌های زنبور پارازیتوئید ظاهر شده از هر یک از مراحل نابالغ در هر نمونه شمارش و یادداشت شد. از داده‌های حاصل در تعیین درصد فراوانی نسبی هر گونه زنبور پارازیتوئید در هر یک از چهار نوع سیستم کشت استفاده شد.

درصد کاهش عملکرد محصول کلزا

در تحقیق حاضر، در مرحله رسیدگی و برداشت کلزا (که بیش از ۶۰ درصد دانه‌ها تیره‌رنگ شده بودند) تعداد چهار بوته کلزا از هر کرت مربوط به چهار سیستم کشت مورد مطالعه و نیز کرت‌های شاهد (تک‌کشتی کلزا سمپاشی شده) به طور تصادفی انتخاب شده و از محل طوقه بریده شدند و به آزمایشگاه دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند. این گیاهان در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت درون آون خشک شدند. سپس دانه‌های مربوط به هر گیاه از غلاف جداسازی شدند و با استفاده از ترازوی سارتوریوس با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius Inc., Edgewood, NY, USA) وزن شدند. میانگین درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها

کامل گونه‌های شکارگر با استفاده از کلیدهای معتبر شناسایی شدند (Bei-Bienko *et al.*, 1969; Gordon, 1985; Brooks and Barnard, 1990). تعداد هر گونه شکارگر در هر نمونه یادداشت شد. از داده‌های تعداد و فراوانی هر یک از گونه‌های شکارگر در تعیین درصد فراوانی نسبی آن‌ها، شاخص تنوع شانون (H) و نیز شاخص شباهت تنوع گونه‌ای مورسیتا-هورن (C_{MH}) استفاده شد. از شاخص تنوع شانون برای محاسبه تنوع گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی در هر یک از چهار سیستم کشت استفاده شد. این شاخص بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Shannon and Weaver, 1949; Magurran, 2004):

$$H = -\sum p_i \ln p_i$$

در این رابطه H شاخص تنوع شانون و p_i نسبت افرادی است که در گونه i ام (n_i/N) وجود دارند.

شاخص شباهت مورسیتا-هورن برای محاسبه مقدار شباهت ترکیب گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی بین چهار نوع سیستم کشت استفاده شد. شاخص شباهت مورسیتا-هورن بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Magurran, 2004):

$$C_{MH} = 2 \sum (a_i b_i) / (d_a + d_b) (N_a N_b)_i$$

در این رابطه N_a تعداد کل افراد در گیاه A، N_b تعداد کل افراد در گیاه B، a_i تعداد افراد گونه i ام در گیاه A، b_i تعداد افراد گونه i ام در گیاه B، $d_a = \sum a_i^2 / N_a^2$ و $d_b = \sum b_i^2 / N_b^2$ می‌باشند. شاخص شباهت مورسیتا-هورن بین صفر تا یک متغیر است.

تعیین درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیته شده‌ی شب‌پره پشت‌الماسی

در این آزمایش‌ها، تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های موجود روی برگ‌های آلوده کلزا به طور جداگانه (با ذکر نام سیستم کشت و تاریخ نمونه‌برداری) داخل قفس‌های لیوانی با درپوش توری (به منظور تهویه) به آزمایشگاه منتقل شده و در اتاقک رشد در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 5

نتایج

تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره پشت الماسی و درصد گیاهان آلوده

تراکم تخم‌های شب‌پره پشت‌الماسی به ازای یک گیاه بین چهار سیستم کشت مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($F=131/56$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $F=112/07$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۵). در هر دو سال، بیشترین تراکم تخم‌ها به طور معنی‌داری در تک کشتی کلزا مشاهده شد، ولی تراکم تخم‌ها بین سه تیمار کشت نواری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). تراکم لاروها بین چهار سیستم کشت مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت ($F=96/27$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $F=86/64$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۵). در هر دو سال، بیشترین تراکم لاروها به طور معنی‌داری در تک کشتی کلزا مشاهده شد و بین سه تیمار کشت نواری تراکم لاروها در 2Ca: 2Cl به طور معنی‌داری کمتر از 6Ca: 2Cl بود، ولی اختلاف در تراکم لاروها بین 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه آماری برای تراکم شفیره‌ها در هر دو سال نشان داد که بیشترین تراکم شفیره‌ها به طور معنی‌داری در تک کشتی کلزا مشاهده شد؛ تراکم شفیره‌ها در 2Ca: 2Cl به طور معنی‌داری کمتر از 6Ca: 2Cl بود، ولی تراکم شفیره‌ها در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl در یک گروه آماری مشترک پایین (c) قرار داشتند ($F=46/07$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $F=34/95$, $P<0/001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۵؛ جدول ۱).

درصد گیاهان آلوده به شب‌پره پشت‌الماسی در هر دو سال مورد مطالعه در سیستم تک کشتی کلزا به طور معنی‌داری بیشتر از هر سه تیمار کشت نواری بود؛ و در بین سیستم‌های کشت نواری درصد گیاهان آلوده به شب‌پره پشت‌الماسی در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl به طور معنی‌داری کمتر از 6Ca: 2Cl بود ($F=23/54$, $P<0/001$, $df=3, 9$ برای سال ۱۳۹۴ و $F=19/27$, $P<0/001$, $df=3, 9$ برای سال ۱۳۹۵؛ شکل ۱).

به ازای یک گیاه در هر کرت آزمایشی با فرمول زیر محاسبه شد:

$$100 \times (Wt - Wc) / Wc = \text{درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها}$$

به ازای یک گیاه کلزا

در این فرمول Wt وزن خشک دانه‌های گیاهان آلوده در هر یک از چهار سیستم کشت مورد مطالعه و Wc وزن خشک دانه‌های گیاهان سالم در کرت‌های شاهد می‌باشند. سپس درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها در هر یک از چهار سیستم کشت مورد مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار تجزیه آماری شدند.

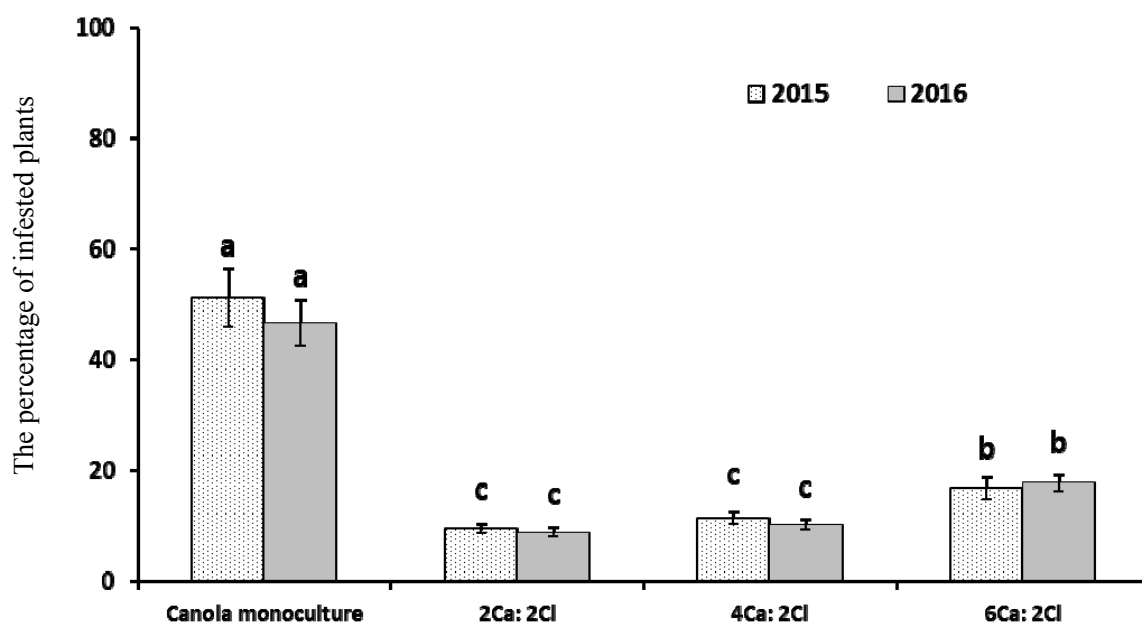
تجزیه آماری داده‌ها

قبل از تجزیه آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و از تبدیل داده Log(x) برای داده‌های تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های آفت و از تبدیل داده arcsin(x) برای داده‌های درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیته شده به منظور یکنواخت کردن واریانس داده‌ها استفاده شد. داده‌های تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های آفت و نیز درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیته شده در دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به طور جداگانه در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (با چهار تیمار و چهار تکرار) تجزیه آماری شدند. اختلاف‌های بین میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS, 2005). همچنین، شاخص تنوع شانون و شاخص شباهت مورسیتا-هورن برای گونه‌های شکارگر این شب‌پره در هر یک از چهار سیستم کشت با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه شدند. شاخص تنوع شانون در دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار تجزیه شدند و از آزمون توکی برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد (SAS, 2005).

جدول ۱- میانگین (\pm SE) تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های *Plutella xylostella* در چهار نوع سیستم کشت کلزا و شبدر
 Table 1. Mean (\pm SE) density of eggs, larvae and pupae of *Plutella xylostella* in the four cropping systems of canola and clover

Cropping systems	Number of eggs per plant		Number of larvae per plant		Number of pupae per plant		
	2015	2016	2015	2016	2014	2015	
Canola monoculture	4.3 \pm 0.4 a	4.6 \pm 0.5 a	3.3 \pm 0.2 a	3.7 \pm 0.4 a	1.4 \pm 0.2 a	1.6 \pm 0.2 a	
Strip-intercropping	2Ca: 2Cl	1.2 \pm 0.2 b	1.1 \pm 0.2 b	0.8 \pm 0.1 c	0.7 \pm 0.1 c	0.5 \pm 0.1 c	0.4 \pm 0.1 c
	4Ca: 2Cl	1.4 \pm 0.2 b	1.2 \pm 0.2 b	0.9 \pm 0.1 bc	0.8 \pm 0.1 bc	0.6 \pm 0.1 bc	0.5 \pm 0.1 bc
	6Ca: 2Cl	1.7 \pm 0.3 b	1.5 \pm 0.2 b	1.2 \pm 0.1 b	1.1 \pm 0.1 b	1.0 \pm 0.1 b	0.8 \pm 0.1 b

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



شکل ۱- میانگین (\pm خطای استاندارد) درصد گیاهان آلوده به *Plutella xylostella* در چهار نوع سیستم کشت کلزا و شبدر
 Figure 1. Mean (\pm SE) percentage of infested plants by *Plutella xylostella* in the four cropping systems of canola and clover

Hippodamia variegata و *septempunctata* (L.) (Goeze) با درصد فراوانی نسبی کمتر در هر چهار سیستم کشت مورد مطالعه مشاهده شدند (جدول ۲). اختلاف در مقادیر شاخص تنوع شانون (H) برای ترکیب گونه‌های شکارگر شب‌پره پشت‌الماسی بین چهار سیستم کشت مورد مطالعه معنی‌دار بود ($F=9/75$, $P=0/003$, $df=3, 9$) برای سال ۱۳۹۴ و ($F=11/02$, $P=0/002$, $df=3, 9$) برای سال ۱۳۹۵؛ جدول ۳). در هر دو سال، مقدار شاخص تنوع شانون

شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی، درصد فراوانی نسبی و شاخص تنوع گونه‌ای آن‌ها شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی و درصد فراوانی نسبی آن‌ها در هر یک از چهار سیستم کشت مورد مطالعه در منطقه اردبیل در جدول ۲ ارایه شده است. گونه‌های شکارگر *Orius niger* (Wolff) (*Stephens*) *Chrysoperla carnea* و *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville با درصد فراوانی بیشتر و گونه‌های *Nabis pseudoferus* *Coccinella* *Nabis punctatus* A. Costa و Remane

شکارگر شب پره پشت‌الماسی بین تک کشتی کلزا با هر یک از سه تیمار کشت نواری ($C_{MH} \leq 0/897$) در سال ۱۳۹۴ و $0/861$ تیمار کشت نواری ($C_{MH} \geq 0/974$) در سال ۱۳۹۴ و $0/958$ تیمار کشت نواری ($C_{MH} \geq 0/974$) در سال ۱۳۹۴ بود (جدول ۴).

در هر سه تیمار کشت نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک-کشتی کلزا بود؛ ولی در بین سه تیمار کشت نواری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین، در تحقیق حاضر مشخص شد که مقدار شاخص شباهت تنوع گونه‌ای مورسیتا-هورن برای ترکیب گونه‌های

جدول ۲- شکارگرهای مراحل نابالغ *Plutella xylostella* روی گیاهان کلزا و درصد فراوانی نسبی آن‌ها در چهار نوع سیستم کشت کلزا و شبدر در منطقه اردبیل

Table 2. Predators of immature stages of *Plutella xylostella* on canola plants and the percentage of their relative abundance in the four cropping systems of canola and clover in Ardabil region

Predators	Canola monoculture		Strip-intercropping					
			2Ca: 2Cl		4Ca: 2Cl		6Ca: 2Cl	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Hemiptera								
Anthochoridae								
<i>Orius niger</i> (Wolff, 1811)	28.6	27.9	21.4	20.8	22.5	23.1	24.3	23.8
Nabidae								
<i>Nabis pseudoferus</i> Remane, 1949	5.2	5	11.3	10.7	9.6	10.1	9.2	8.9
<i>Nabis punctatus</i> A. Costa 1847	3.1	3.8	9.7	9.9	8.4	8.6	8.6	8.1
Neuroptera								
Chrysopidae								
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836)	27.9	28.2	18.7	19.1	19.8	18.9	19.8	20.4
Coleoptera								
Coccinellidae								
<i>Hippodamia convergens</i> Guérin-Ménéville, 1842	20.6	19.8	16.8	17.3	18.4	17.6	18.2	17.6
<i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus, 1758)	7.2	7.2	10.3	10.8	11	10.4	9.7	10.2
<i>Hippodamia variegata</i> (Goeze, 1777)	7.4	8.1	11.8	11.4	10.3	11.3	10.2	11

جدول ۳- میانگین (\pm خطای استاندارد) مقادیر شاخص تنوع شانون (H') برای ترکیب گونه‌های شکارگر *Plutella xylostella* در چهار نوع سیستم کشت کلزا و شبدر

Table 3. Mean (\pm SE) values of Shannon diversity index (H') for species composition of *Plutella xylostella* predators in the four cropping systems of canola and clover

Cropping systems	Shannon diversity index (H')	
	2015	2016
Canola monoculture	1.76 \pm 0.02 b	1.83 \pm 0.03 b
Strip-intercropping	2Ca: 2Cl	1.98 \pm 0.03 a
	4Ca: 2Cl	1.97 \pm 0.04 a
	6Ca: 2Cl	1.92 \pm 0.03 a

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

جدول ۴- مقادير شاخص شباهت موريسيتا- هورن (C_{MH}) بين تركيب گونه‌هاي شكارگر *Plutella xylostella* در چهار نوع سيستم كشت كلزا و شيدر

Table 4. Values of Morisita-Horn index (C_{MH}) for species composition of *Plutella xylostella* predators in the four cropping systems of canola and clover

Years	Cropping systems		Canola	Strip-intercropping		
			monoculture	2Ca: 2Cl	4Ca: 2Cl	6Ca: 2Cl
2015	Canola monoculture		-	-	-	-
	Strip-intercropping	2Ca: 2Cl	0.863	-	-	-
		4Ca: 2Cl	0.884	0.993	-	-
		6Ca: 2Cl	0.897	0.974	0.986	-
2016	Canola monoculture		-	-	-	-
	Strip-intercropping	2Ca: 2Cl	0.837	-	-	-
		4Ca: 2Cl	0.852	0.984	-	-
		6Ca: 2Cl	0.861	0.958	0.973	-

جدول ۵- ميانگين (\pm SE) درصد تخم‌ها، لاروها و شفيره‌هاي پارازيته شده *Plutella xylostella* در چهار سيستم كشت كلزا و شيدر

Table 5. Mean (\pm SE) the percentage of parasitized eggs, larvae and pupae of *Plutella xylostella* in the four cropping systems of canola and clover

Cropping systems		The percentage of parasitized eggs per plant ¹		The percentage of parasitized larvae per plant ²		The percentage of parasitized pupae per plant ³	
		2014	2015	2014	2015	2014	2015
		Canola monoculture	6.1 \pm 0.5 c	4.9 \pm 0.4 c	34.7 \pm 3.4 c	38.4 \pm 3.0 c	6.4 \pm 0.8 b
Strip-intercropping	2Ca: 2Cl	17.4 \pm 1.5 a	15.9 \pm 1.7 a	76.1 \pm 5.1 a	70.5 \pm 5.3 a	17.9 \pm 1.6 a	17.1 \pm 1.6 a
	4Ca: 2Cl	15.4 \pm 1.4 ab	13.2 \pm 1.5 ab	68.2 \pm 3.9 ab	63.7 \pm 4.2 ab	16.3 \pm 1.5 a	15.9 \pm 1.4 a
	6Ca: 2Cl	12.7 \pm 1.1 b	10.9 \pm 1.4 b	59.7 \pm 4.3 b	57.6 \pm 3.2 b	15.4 \pm 1.3 a	14.1 \pm 1.7 a

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

¹ The percentage of parasitized eggs per plant is a cumulative measure for the entire cropping season by egg parasitoid *Trichogramma brassicae*.

² The percentage of parasitized larvae per plant is a cumulative measure for the entire cropping season by six larval parasitoid species that are presented in Table 5.

³ The percentage of parasitized pupae per plant is a cumulative measure for the entire cropping season by larvae/pupae parasitoid *Oomyzus sokolowski*.

شش گونه زنبور پارازيتويد لارو شامل *Diadegma majale* (Gravenhorst)، *Diadegma semiclausum* (Hellen)، *Cotesia*، *Diadromus collaris* (Gravenhorst) و *Bracon hebetor* Say، *vestalis* (Haliday) و *Oomyzus sokolowski* (Kurdjumov) پارازيته شدند. بين زنبورهاي پارازيتويد لاروي گونه‌هاي *D. majale*، *C. vestalis* و *O. sokolowski* درصد فراواني نسبي بالا و گونه‌هاي *D. collaris*، *D. semiclausum* و *B. hebetor* درصد فراواني نسبي پاييني را داشتند (جدول ۶). كمتري درصد لاروهاي پارازيته شده توسط مجموع پارازيتويدهاي لاروي به طور معني داري در تكم كشتي كلزا مشاهده شد؛ درصد لاروهاي پارازيته شده در 2Ca: 2Cl به طور معني داري

درصد تخم‌ها، لاروها و شفيره‌هاي پارازيته شده شب‌پره پشت‌الماسي

در تحقيق حاضر تخم‌هاي شب‌پره پشت‌الماسي توسط يك گونه زنبور پارازيتويد تخم *Trichogramma brassicae* Bezdenko پارازيته شدند. درصد تخم‌هاي پارازيته شده در هر سه تيمار كشت نواري به طور معني داري بيشتر از تكم كشتي كلزا بود، در بين تيمارهاي كشت نواري بيشترين درصد تخم‌هاي پارازيته شده در 2Ca: 2Cl و كم-ترين آن در 6Ca: 2Cl مشاهده شد، و اختلاف بين دو تيمار 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl معني دار بود ($F=8/69$ ، $P=0/005$)، $df=3$ ، 9 ، $F=7/81$ ، $P=0/007$ و 1394 در سال $df=3$ ، 9 در سال 1395 : جدول ۵). لاروهاي شب‌پره پشت‌الماسي توسط

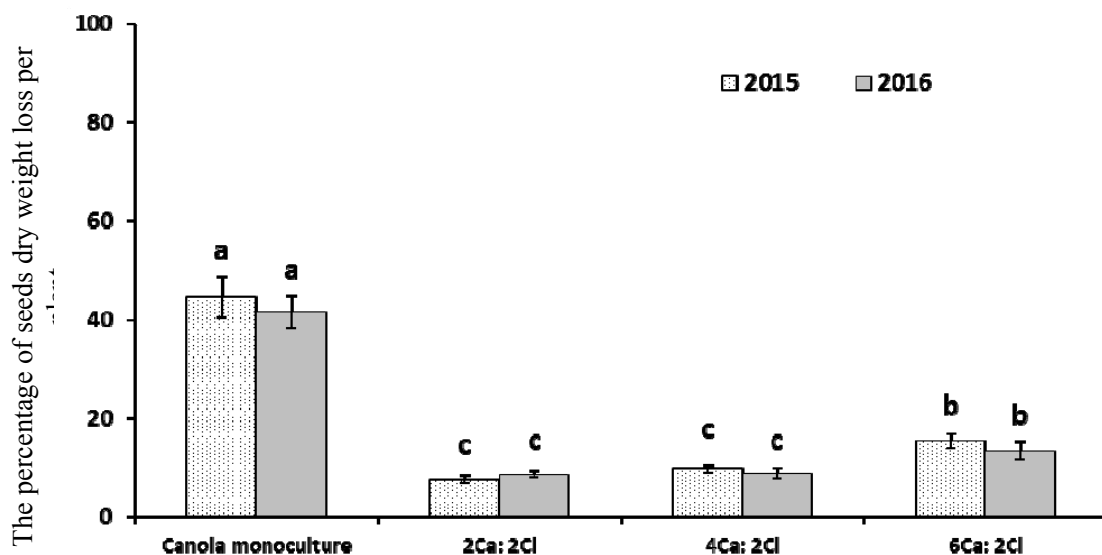
sokolowski پارازیته شدند. درصد شفیره‌های پارازیته شده در هر سه تیمار کشت نواری به‌طور معنی‌داری بیشتر از تک-کشتی کلزا بود، و این اختلاف در بین سه تیمار کشت نواری معنی‌دار بود ($F=10.31$, $P=0.003$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $F=8.24$, $P=0.006$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۵: جدول ۵).

بیشتر از 6Ca: 2Cl بود، ولی درصد لاروهای پارازیته شده در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl در یک گروه آماری مشترک بالاتر قرار داشتند ($F=23.42$, $P<0.001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $F=18.93$, $P<0.001$, $df=3, 9$ در سال ۱۳۹۵). همچنین، در این تحقیق شفیره‌های شب‌پره پشت-الماسی توسط یک گونه زنبور پارازیتوید لارو-شفیره *O.*

جدول ۶- درصد فراوانی نسبی زنبورهای پارازیتوید لاروی *Plutella xylostella* روی گیاهان کلزا در چهار نوع سیستم کشت کلزا و شبدر در منطقه اردبیل

Table 6. The percentage of relative abundance of larval parasitoids of *Plutella xylostella* on canola plants in the four cropping systems of canola and clover in Ardabil region

Larval parasitoids	Canola monoculture		Strip-intercropping					
			2Ca: 2Cl		4Ca: 2Cl		6Ca: 2Cl	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Hymenoptera								
Ichneumonidae								
<i>Diadegma majale</i> (Gravenhorst, 1829)	36.4	37.9	26.8	28.4	30.2	29.6	32.1	31.7
<i>Diadegma semiclausum</i> (Hellen, 1949)	6.5	4.6	12.6	13.1	13.1	12.4	10.6	11.2
<i>Diadromus collaris</i> (Gravenhorst, 1829)			7.6	6.9	6.1	5.9	6	5.4
Braconidae								
<i>Cotesia vestalis</i> (Haliday, 1834)	30.6	28.7	22.7	20.7	20.6	22.7	22.1	21.6
<i>Bracon hebetor</i> Say, 1836	8.7	9.2	13.2	12.8	12.1	11.1	10.6	11
Eulophidae								
<i>Oomyzus sokolowski</i> (Kurdjumov, 1978)	17.8	19.6	17.1	18.1	17.9	18.3	18.6	19.1



شکل ۲- میانگین (\pm SE) درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها به ازای یک گیاه کلزا در چهار نوع نظام کشت کلزا و شبدر
Figure 2. Mean (\pm SE) percentage of seeds dry weight loss per canola plant in the four cropping systems of canola and clover

درصد کاهش عملکرد محصول کلزا

درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها به ازای یک گیاه کلزا در هر سه تیمار کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی کلزا بود و بین سه تیمار کشت نواری درصد کاهش وزن خشک دانه‌ها در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl به طور معنی‌داری کمتر از 6Ca: 2Cl بود ($P < 0.001$ ، $F = 62/37$ ، $df = 3, 9$ در سال ۱۳۹۴ و $P < 0.001$ ، $F = 48/62$ ، $df = 3, 9$ در سال ۱۳۹۵: شکل ۲).

بحث

در تحقیق حاضر، تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره پشت‌الماسی و درصد گیاهان آلوده به این آفت در هر سه تیمار کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی کلزا بود و در بین تیمارهای کشت نواری، تراکم لاروها و شفیره‌ها و نیز درصد گیاهان آلوده در 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl در پایین‌ترین گروه آماری قرار داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که کشت نواری کلزا و شبدر به ویژه در سیستم‌های 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl در کاهش تراکم آفت و درصد گیاهان آلوده نقش موثری دارد. دلایل احتمالی پایین بودن تراکم تخم‌ها، لاروها، شفیره‌های شب‌پره و نیز درصد گیاهان آلوده در تیمارهای کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی کلزا می‌تواند با تداخل مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط کلزا و شبدر و در نتیجه کاهش کارایی کشف شب‌پره پشت‌الماسی در ارتباط باشد (Price, 1997). در تیمار 2Ca: 2Cl نسبت تداخل مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط کلزا و شبدر مساوی بوده و با افزایش تعداد ردیف‌های کلزا در تیمارهای 4Ca: 2Cl و 6Ca: 2Cl مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط کلزا غالبیت خواهد یافت. این یافته‌ها با نتایج اندو (Andow, 1991) مبنی بر اینکه تراکم آفات با طیف میزبانی محدود در سیستم‌های کشت نواری دو یا چند محصول کاهش خواهد یافت، مطابقت دارد. آسار-بدیاکو و همکاران (Asare-Bediako et al., 2010) گزارش کردند که کشت نواری

کلم با پیاز، گوجه‌فرنگی و یا فلفل در کاهش تراکم شب‌پره پشت‌الماسی به اندازه سمپاشی با حشره‌کش کلریپیرفوس موثر است. اوگول و ماکاتیانی (Ogol and Makatiani, 2007) گزارش کردند که کشت نواری کلم با گوجه‌فرنگی در مقایسه با تک‌کشتی کلم باعث کاهش تراکم شب‌پره پشت‌الماسی شد. نتایج مشابه توسط تالکار و همکاران (Talekar et al., 1986) مبنی بر کاهش تراکم شب‌پره پشت‌الماسی در کشت نواری کلم با گوجه‌فرنگی نیز گزارش شده است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سیستم‌های کشت نواری کلزا و شبدر در تنوع گونه‌ای شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی تاثیر معنی‌داری دارند. به طوری که، شاخص تنوع شانون (H') برای شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی در هر سه تیمار کشت نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی کلزا بود. این نتیجه با همگن‌تر بودن فراوانی نسبی گونه‌های شکارگر در تیمارهای کشت نواری در ارتباط بود. چراکه، مقدار شاخص تنوع گونه‌ای شانون بر اساس داده‌های تعداد و فراوانی هر یک از گونه‌ها در هر زیستگاه محاسبه می‌شود (Disney, 1999; Magurran, 2004). در این تحقیق، مقدار شاخص شباهت مورسیتا-هورن برای ترکیب گونه‌ای شکارگرها بین تک‌کشتی کلزا با هر یک از تیمارهای کشت نواری ($C_{MH} \leq 0.1897$ در سال ۱۳۹۴ و $C_{MH} \leq 0.1861$ در سال ۱۳۹۵) پایین‌تر از مقدار این شاخص بین سه تیمار کشت نواری ($C_{MH} \geq 0.1974$ در سال ۱۳۹۴ و $C_{MH} \geq 0.1958$ در سال ۱۳۹۵) بود. مقدار شاخص شباهت مورسیتا-هورن بین صفر تا یک متغیر است و هر چه مقدار عددی شاخص مورسیتا-هورن از عدد صفر به عدد یک نزدیک‌تر می‌شود، نشان می‌دهد که شباهت ترکیب گونه‌ای شکارگرها بین تیمارهای مورد مطالعه بیشتر است (Magurran, 2004). در این تحقیق، بین شکارگرهای شب‌پره پشت‌الماسی گونه‌های *O. niger*، *C. carnea* و *H. convergens* درصد فراوانی نسبی بالایی را داشتند. در تحقیقات قبلی سن‌های شکارگر *Orius*، بالتوری‌های *Chrysoperla*، گونه‌های مختلف

شهد و گرده (با تولید گل‌های فراوان) و نیز فراهم کردن میزبان‌های جایگزین در ارتباط باشد. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که درصد پارازیتیسیم مراحل نابالغ شب‌پره پشت‌الماسی روی محصولات مختلف متفاوت است (Shelton *et al.*, 2002; Liu and Jiang, 2003; Wold-Burkness *et al.*, 2005)، ولی تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تاثیر سیستم‌های کشت نواری در درصد پارازیتیسیم مراحل نابالغ شب‌پره پشت‌الماسی انجام نشده است.

همچنین، در این تحقیق درصد کاهش عملکرد محصول کلزا در تک‌کشتی کلزا بیشترین بود و بین تیمارهای کشت نواری کلزا و شیدر درصد کاهش عملکرد محصول در سیستم‌های 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl کمتر از 2Ca: 2Cl و 6Ca: 2Cl بود. این نتایج با یافته‌های محققین قبلی مبنی بر این که خسارت وارده توسط شب‌پره پشت‌الماسی در سیستم‌های کشت نواری کاهش می‌یابد، مطابقت دارد (Ogol and Makatiani, 2007; Asare-Bediako *et al.*, 2010). برای مثال، آسار-بدیاکو و همکاران (Asare-Bediako *et al.*, 2010) گزارش کردند که کشت نواری کلم با پیاز، گوجه‌فرنگی و یا فلفل به طور معنی‌داری از کاهش خسارت وارده توسط شب‌پره پشت‌الماسی جلوگیری کردند. همچنین، اوقول و ماکاتیانی (Ogol and Makatiani, 2007) نیز گزارش کردند که کاهش عملکرد محصول کلم در تک‌کشتی کلم به طور معنی‌داری بیشتر از کشت نواری کلم با گوجه‌فرنگی بود.

بنابراین، بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که کشت نواری 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl با کاهش تراکم مراحل نابالغ شب‌پره پشت‌الماسی، افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرها، افزایش درصد پارازیتیسیم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های این آفت و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول کلزا می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شب‌پره پشت‌الماسی در مزارع کلزا استفاده شود.

کفشدوزک‌های شکارگر به عنوان شکارگرهای مهم مراحل نابالغ شب‌پره پشت‌الماسی گزارش شده‌اند (Talekar and Shelton, 1993; Liu *et al.*, 2000; Capinera, 2001; Shi *et al.*, 2004; Sarfraz *et al.*, 2005). در این تحقیق، سه گونه زنبور پارازیتوید لارو شب‌پره پشت‌الماسی به نام‌های *O. sokolowski* و *C. vestalis* در هر دو سال فراوانی بالایی را داشتند. در بررسی‌های قبلی نیز گزارش شده است که گونه‌های پارازیتوید متعلق به جنس‌های *Oomyzus* و *Cotesia Diadegma* به عنوان گونه‌های غالب پارازیتوید مرحله لاروی شب‌پره پشت‌الماسی می‌باشند (Talekar and Shelton, 1993; Liu *et al.*, 2000; Shi *et al.*, 2004; Sarfraz *et al.*, 2005; Sow *et al.*, 2013).

در پژوهش حاضر مشخص شد که از نظر درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده شب‌پره پشت‌الماسی بین چهار سیستم کشت مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده در هر سه تیمار کشت نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی کلزا بودند. بنابراین، می‌توان احتمال داد که افزایش درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده در تیمارهای کشت نواری باعث کاهش تراکم این آفت در این تیمارها شده است. این نتایج نشان می‌دهد که در تیمارهای کشت نواری (به ویژه در تیمارهای 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl) در مقایسه با تک‌کشتی کلزا گونه‌های پارازیتوید جلب‌شوندگی و کارایی بالایی در کنترل تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های شب‌پره پشت‌الماسی دارند. بنابراین، هر سه نوع سیستم کشت نواری (به ویژه 2Ca: 2Cl و 4Ca: 2Cl) در راستای افزایش درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده شب‌پره پشت‌الماسی جهت استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت در مزارع کلزا به کشاورزان توصیه می‌شوند. دلایل احتمالی بالا بودن درصد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های پارازیت شده این آفت در تیمارهای کشت نواری کلزا و شیدر در مقایسه با تک‌کشتی کلزا می‌تواند با کاشت شیدر به عنوان گیاه تامین‌کننده

(دانشگاه Bitlis Eren) به خاطر شناسایی گونه‌های زنبور

پارازیتوئید تقدیر و تشکر می‌شود.

سیاست‌گذاری

بدین وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر حمایت

مالی و آقای دکتر Ahmet Beyarslan از کشور ترکیه

References

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. and Ponti, L.** 2009. Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems, pp. 116-130. In *Integrated pest management* (edited by E. B. Radcliffe, W. D. Hutchinson and R. E. Cancelado). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Andow, D. A.** 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology** 36: 561-586.
- Anonymous** 2015. Agricultural statistics; Volume I crop production (2013-2014). Bureau for Statistics and Information Technology of Planning and Economical Division, Ministry of Jihad Agriculture. (In Farsi)
- Asare-Bediako, E., Addo-Quaye, A. A. and Mohammed, A.** 2010. Control of diamondback moth (*Plutella xylostella*) on cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*) using intercropping with non-host crops. **American Journal of Food Technology** 5: 269-274.
- Åsman, K., Ekbohm, B. and Rämert, B.** 2001. Effect of intercropping on oviposition and emigration behavior of the leek moth (Lepidoptera: Acrolepiidae) and the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology** 30: 288-294.
- Bei-Bienko, G. Y., Blagoveshchenskii, D. I., Chernova, O. A., Dantsing, E. M., Emilianov, A. F., Kerzhner, I. M., Loginova, M. M., Martinova, E. F., Shaposhnikov, G. K., Sharov, A. G., Spuris, Z. D., Yaczewski, T. L., Yakhontov, V. V. and Zhiltsoo, L. A.** 1969. *Keys to the insects of the European USSR Volume 1 - Apteriygota, Palaeoptera, Hemimetabola*. Sue Lowell Natural History & Travel Books, UK.
- Brooks, S. J. and Barnard, P. C.** 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin British Museum of Natural History (Entomology)** 59: 117-286.
- Capinera, J. L.** 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego.
- Colley, M. R. and Luna, J. M.** 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Environmental Entomology** 29: 1054-1059.
- Disney, R. H. L.** 1999. Insect biodiversity and demise of alpha taxonomy. **Antenna** 23: 84-88.
- Fathi, S. A. A., Bozorg-Amirkalae, M. and Sarfaraz, R. M.** 2011. Preference and performance of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) on canola cultivars. **Journal of Pest Science** 84: 41-47.
- Fathi, S. A. A., Bozorg-Amirkalae, M., Sarfraz, R. M. and Rafiee-Dastjerdi, H.** 2012. Parasitism and developmental parameters of the parasitoid *Diadegma majale* (Gravenhorst) in control of *Plutella xylostella* (L.) on selected cultivars of canola. **BioControl** 57: 49-59.
- Fujita, K., Ofosu, K.G. and Ogata, S.** 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping system. **Plant and Soil** 144: 155-175.
- Garratt, M. P. D., Wright, D. J. and Leather, S. R.** 2011. The effects of farming system and fertilizers on pests and natural enemies: A synthesis of current research. **Agriculture, Ecosystem & Environment** 141: 261-270.
- Gordon, R.** 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society** 93: 1-912.
- Kahuthia-Gathu, R., Löhr, B. and Poehling, H. M.** 2008. Development and reproductive potential of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on cultivated and wild crucifer species in Kenya. **International Journal of Tropical Insect Science** 28: 19-29.
- Liu, S. and Jiang, L.** 2003. Differential parasitism of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae by the parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) on two host plants. **Bulletin Entomological Research** 93: 65-72.

- Liu, S. S., Wang, X. G., Guo, S. J., He, J. H. and Shi, Z. H.** 2000. Seasonal abundance of the parasitoid complex associated with the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in Hangzhou, China. **Bulletin of Entomological Research** 90: 221–231.
- Magurran, A. E.** 2004. Measuring biological diversity. Oxford, Blackwell publishing.
- Ogol, C. K. P. and Makatiani, J.** 2007. Potential of companion crops in managing the diamondback moth in cabbage/kale cropping system in Kenya. **African Crop Science Conference Proceedings** 8: 1029-1033.
- Price, P. W.** 1997. Insect ecology. 3rd edition, John Willey and Sons, Inc. New York.
- Sarfraz, M. and Keddie, B. A.** 2005. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lep.: Plutellidae). **Journal of Applied Entomology** 129: 149–157.
- Sarfraz, M., Dossall, L. M. and Keddie, B. A.** 2006. Diamondback moth–host plant interactions: implications for pest management. **Crop Protection** 25: 625–639.
- Sarfraz, M., Keddie, B. A. and Dossall, L. M.** 2005. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.): a review. **Biocontrol Science and Technology** 15: 763–789.
- SAS Institute** 2005. *SAS/Stat user guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shannon, C. E. and Weaver, W.** 1949. A mathematical model of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Shelton, A. M., Wilsey, W. T., Hoebeke, E. R. and Schmaedick, M. A.** 2002. Parasitoids of cabbage Lepidoptera in Central New York. **Journal of Entomological Science** 37: 270–271.
- Shi, Z. H., Li, Q. B. and Li, X.** 2004. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* Hellen (Hym., Ichneumonidae) and *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hym., Braconidae) in parasitizing *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). **Journal of Applied Entomology** 128: 437–444.
- Sow, G., Arvanitakis, L., Niassy, S., Diarra, K. and Bordat, D.** 2013. Performance of the parasitoid *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae) on its host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory conditions. **International Journal of Tropical Insect Science** 33: 38-45.
- Talekar, N. S. and Shelton, A. M.** 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology** 38: 275–301
- Talekar, N. S., Lee, S. T. and Huang, S. W.** 1986. Intercropping and modification of irrigation method for the control of diamondback moth. Proceedings of the first international workshop on *Diamondback moth management*, 11-15 March, Tainan, Taiwan. pp. 145-151.
- Tobias, V. I.** 1995. Keys of the insects of the European part of the USSR, Vol. 3, Hymenoptera. Science Publishers, Lebanon, New Hampshire.
- Wold-Burkness, S. J., Hutchison, W. D., Lee, J. C., Hines, R. L., Bolin, P. C. and Heimpel, G. E.** 2005. A long-term survey of parasitoid species composition and parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae), *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) in Minnesota cabbage. **Journal of Entomological Science** 40: 211–221.
- Zhang, F. and Li, L.** 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. **Plant and Soil** 248: 305-312.

Plant Pest Research

2017- 7(1): 73-86

Effect of strip-intercropping of spring canola with clover in improvement of natural biological control of *Plutella xylostella* (L.)

S. A. A. Fathi^{1*}

Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

(Received: January 25, 2017, Accepted: May 10, 2017)

Abstract

The diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is an important pest of canola in Iran. In this study, the effect of four treatments including strip-intercropping of two, four and six rows of canola with two rows of clover (2Ca: 2Cl, 4Ca: 2Cl, and 6Ca: 2Cl) and canola monoculture were studied on the population density of *P. xylostella*, species diversity of its predators, parasitism on eggs, larvae and pupae, and associated yield of canola under the field conditions in Ardabil region during 2015 and 2016. The density of eggs, larvae and pupae were significantly higher in monoculture than in intercrops. Moreover, the density of larvae and pupae was lower in 2Ca: 2Cl than in 6Ca: 2Cl. Shannon diversity index (H') for predators' species composition of moth was higher in intercrops than in monoculture. The values of Morisita–Horn index (C_{MH}) for predators species composition of moth between canola monoculture and each of the three intercrops ($C_{MH} \leq 0.897$) were lower in comparison with the values of this index among the three intercrops ($C_{MH} \geq 0.957$). The percent parasitism for eggs, larvae and pupae was significantly higher in intercrops than in monoculture. Moreover, the percent parasitism for eggs and larvae was higher in 2Ca: 2Cl than in 6Ca: 2Cl. The dry seed weight loss was also lower in 2Ca: 2Cl and 4Ca: 2Cl in comparison with other two treatments. These results indicated that intercropping 2Ca: 2Cl and 4Ca: 2C could be useful in integrated management of *P. xylostella* in canola fields.

Key words: canola, intercrop, species abundance, species richness

* Corresponding author: fathi@uma.ac.ir