

## تأثیر سیستم‌های کشت نواری ذرت و آفتابگردان در کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت *Ostrinia nubilalis* (Hübner)

سید علی اصغر فتحی\*

\*نویسنده مسوول: سید علی اصغر فتحی، استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (fathi@uma.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۳۰

### چکیده

در تحقیق حاضر تأثیر پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت (C) و آفتابگردان (S) شامل 2C: 2S، 4C: 2S، 8C: 2S، 4S و 2C: 4S به همراه تک کشتی ذرت در تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، *Ostrinia nubilalis* (Hübner)، تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی آن، درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیت شده و عملکرد محصول ذرت در مزرعه آزمایشی واقع در منطقه اردبیل در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مطالعه شد. تراکم مراحل نابالغ (تخم‌ها، لاروها و شفیره‌ها) این شب‌پره در تیمارهای کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک کشتی ذرت بود. در بین دشمنان طبیعی *Orius niger* (Wolff)، *Lydella thompsoni* Herting و *Bracon hebetor* Say درصد فراوانی نسبی بالایی را در سیستم‌های کشت مورد مطالعه داشتند. شاخص تنوع شانون ( $H'$ ) در تیمارهای کشت نواری ذرت و آفتابگردان به طور معنی‌داری بیش‌تر از تک کشتی ذرت بود. مقادیر محاسبه شده شاخص شباهت تنوع گونه‌ای مورسیتا-هورن ( $C_{MH}$ ) برای ترکیب گونه‌ای شکارگرها بین سیستم‌های کشت نواری  $C_{MH} \geq 0.946$  در سال ۱۳۹۵ و  $C_{MH} \geq 0.934$  در سال ۱۳۹۶ بود. در هر دو سال، درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیت شده *O. nubilalis* در تیمارهای کشت نواری به طور معنی‌داری بیش‌تر از تک کشتی ذرت بود. بیش‌ترین عملکرد محصول ذرت و کمترین درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در تیمار 8C: 2S مشاهده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت نواری 8C: 2S مناسب‌ترین نوع سیستم کشت برای استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی *O. nubilalis* در مزارع ذرت می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پارازیتسیم، شکارگر، غنای گونه‌ها، فراوانی گونه‌ها، کشت نواری

(1994; Fadamiro and Baker, 1998; Capinera 2004).

بنابراین، به دلیل رفتار تغذیه‌ای لاروها از درون ساقه یا بلال، کنترل شیمیایی این آفت کارایی کمتری دارد (Nault and Kennedy, 1996). از سوی دیگر، کاربرد بی‌رویه انواع متعدد حشره‌کش‌ها، احتمال بروز مقاومت این آفت به حشره‌کش‌ها را به دلیل باروری بالا و طول دوره نسلی کوتاه بالا می‌برد (Nault and Kennedy, 1996).

کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت دارای دشمنان طبیعی مختلفی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به گونه‌های

### مقدمه

در دنیا آفات مختلفی به ذرت، *Zea mays* L. خسارت می‌زنند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، (*Ostrinia nubilalis* (Hübner) Lep.: ) (Crambidae)، می‌باشد (Hudon and LeRoux, 1986; Leahy and Andow, 1994). خسارت این شب‌پره مربوط به سنین لاروی است که با سوراخ کردن ساقه و بلال ذرت وارد آن‌ها شده و از ساقه و بلال تغذیه می‌کند (Hudon and LeRoux, 1986; Leahy and Andow, )

خصوص انتخاب گیاه مناسب برای استفاده در سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری به منظور کاهش تراکم آفات انجام شده است که از آن جمله می‌توان به چند مورد اشاره کرد: Fathi (2016) گزارش کرد که سیستم کشت نواری ذرت با شبدر (۳:۳) باعث کاهش تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کاهش خسارت وارده توسط این آفت گردید. Bickerton and Hamilton (2012) با کشت گیاهان گلدار *Anethum graveolens* L. *Fagopyrum* و *Coriandrum sativum* L. در حاشیه مزرعه ذرت گزارش کردند که کارایی سن شکارگر *Orius insidiosus* Say، کفشدوزک *Coleomegilla maculata* DeGeer و بالتوری *Chrysoperla* sp. در تغذیه از تخم‌ها و لاروهای سن اول کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت افزایش یافت. Soleyman-Nezhadiyan (2009) گزارش کرد که کشت یونجه در حاشیه مزرعه نیشکر باعث افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی ساقه‌خوارهای نیشکر و کاهش درصد ساقه‌های آلوده به ساقه‌خوارها شد. Patt et al. (1997) گزارش دادند که با کشت مخلوط بادمجان با گیاهان شوید، *Anethum graveolens* L. و یا گشنیز، *Coriandrum sativum* L. درصد بقا و فراوانی سوسک کلرادو، *Leptinotarsa decemlineata* Say کاهش یافت.

گیاهان گلدار مختلف نظیر آفتابگردان، *Helianthus annuus* L. به عنوان منابع تامین‌کننده گرده، شهد و شکارهای جایگزین برای دشمنان طبیعی پتانسیل خوبی برای متنوع‌سازی سیستم‌های کشت با هدف کاهش تراکم آفات دارند (Denno et al. 2005). در تحقیق حاضر فرض بر آن است که کشت نواری ذرت و آفتابگردان بر تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و تنوع و کارایی دشمنان طبیعی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت تأثیر دارد.

مختلف از سن‌های شکارگر Nabidae، Anthocoridae، Pentatomidae، بالتوری‌های سبز Chrysopidae، کفشدوزک‌های Coccinellidae، پارازیتوئیدهای تخم Trichogrammatidae، پارازیتوئیدهای مرحله لاروی از خانواده Ichneumonidae و Braconidae، Tachinidae اشاره کرد (Baker et al., 1949; Hudon and LeRoux, 1986; Hoffmann et al., 2002; Bickerton and Hamilton, 2012; Campan et al., 2014). از آنجاییکه، دشمنان طبیعی نقش قابل توجهی در کنترل جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت دارند، بنابراین حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی این آفت می‌تواند در کنترل طبیعی این آفت موثر واقع شود. یکی از راه‌های حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی، افزایش تنوع پوشش گیاهی به صورت سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری در مزرعه ذرت است. در خصوص انتخاب گیاه مناسب برای افزایش تنوع پوشش گیاهی در سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری باید تحقیقات زیادی انجام شود. چراکه، کاهش تراکم آفات در سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری بر اساس دو فرضیه استوار است: (الف) فرضیه غلظت منبع<sup>۱</sup>: به این معنی که در سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری، به دلیل مخلوط شدن مواد فرار مترشحه از سوی دو یا چند محصول، فرایند میزبان‌یابی توسط آفت دچار اختلال می‌شود؛ (ب) فرضیه دشمنان طبیعی<sup>۲</sup>: به این مفهوم که سیستم‌های کشت مخلوط یا کشت نواری نسبت به تک‌کشتی، شکارگرها و پارازیتوئیدهای بیش‌تری را به خود جلب می‌کند و باعث کاهش جمعیت آفت می‌شوند (Andow, 1991; Disney, 1999; Magurran, 2004; Altieri et al., 2009; Garratt et al., 2011). تحقیقات اندکی در

<sup>۱</sup> - The resource concentration hypothesis

<sup>۲</sup> - The enemies hypothesis

همچنین، یک تیمار شاهد شامل تک کشتی ذرت سمپاشی شده با حشره کش کلرپایرفوس (با دز توصیه شده ۷۵ میلی لیتر بر ۱۰۰ لیتر) صرفاً به منظور تعیین درصد کاهش عملکرد محصول در هر یک از شش سیستم کشت مورد مطالعه استفاده گردید. آزمایش در زمینی به مساحت شش هزار متر مربع در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. هر کرت آزمایشی (با ابعاد  $8 \times 20$  m) شامل یکی از شش تیمار مورد آزمایش به همراه یک تیمار شاهد سمپاشی شده بود. بین کرت های آزمایشی یک فاصله چهار متری به صورت کشت نشده به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بذرهاى ذرت، هیبرید KSC-704 به دلیل زودرس بودن، داشتن دانه های درشت و عملکرد بالا و تحمل بالا نسبت به شرایط کم آبی (Hoshman et al., 2014) و آفتابگردان، *Helianthus annuus* L. رقم Alstar به دلیل زودرس بودن، داشتن دانه های درشت و عملکرد بالا و تحمل بالا نسبت به شرایط کم آبی (Alahdadi et al., 2012) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. در هر دو سال، بذرهاى ذرت و آفتابگردان در اواسط فروردین ماه بر اساس تیمارهای آزمایشی در کرت های مربوطه به روش جوی و پشته (با فاصله بین ردیف های کاشت ۷۵ سانتی متری) کشت شدند. عملیات داشت شامل وجین علف های هرز همزمان با مرحله رویش ذرت و آفتابگردان و نیز آبیاری مزرعه مطابق با عرف رایج در منطقه به صورت دستی انجام شدند. لازم به یادآوری است که در این مزرعه هیچ نوع آفت کش و نیز علف کش استفاده نشد.

### تراکم مراحل نابالغ کرم ساقه خوار اروپایی ذرت و درصد گیاهان آلوده

در بررسی تراکم مراحل نابالغ کرم ساقه خوار اروپایی ذرت در هر تیمار آزمایشی و شاهد از نمونه برداری تخریبی استفاده گردید. به این صورت که از مرحله رشدی گلدهی

به همین منظور، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تراکم کرم ساقه خوار اروپایی ذرت، تنوع و کارایی دشمنان طبیعی این آفت و میزان خسارت وارده توسط این شب پره در سیستم های مختلف کشت نواری ذرت و آفتابگردان طراحی شد. از نتایج به دست آمده می توان در طراحی سیستم کشت نواری مناسب ذرت و آفتابگردان برای استفاده در برنامه های مدیریت تلفیقی کرم ساقه خوار اروپایی ذرت استفاده کرد.

### مواد و روش ها

#### مکان آزمایش

پژوهش حاضر در سال های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در منطقه 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  $303/9$  میلی متر) انجام شد.

#### سیستم های کشت

در تحقیق حاضر تیمارهای آزمایشی شامل شش نوع سیستم کشت: (۱) تک کشتی ذرت، (۲) کشت نواری دو ردیف ذرت (C) در تناوب با دو ردیف آفتابگردان (S) ( $2C: 2S$ )، (۳) کشت نواری چهار ردیف ذرت در تناوب با دو ردیف آفتابگردان ( $4C: 2S$ )، (۴) کشت نواری هشت ردیف ذرت در تناوب با دو ردیف آفتابگردان ( $8C: 2S$ )، (۵) کشت نواری چهار ردیف ذرت در تناوب با چهار ردیف آفتابگردان ( $4C: 4S$ )، و (۶) کشت نواری دو ردیف ذرت در تناوب با چهار ردیف آفتابگردان ( $2C: 4S$ ) بودند. هدف از انتخاب این تیمارها این بود که افزایش تعداد ردیف های ذرت بین ردیف های آفتابگردان و یا افزایش تعداد ردیف های آفتابگردان در طرفین ردیف های ذرت چه تاثیری در تراکم کرم ساقه خوار ذرت، دشمنان طبیعی آن و عملکرد هر دو محصول دارند.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

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

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

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 پارازیتیسیم مراحل نابالغ کرم ساقه-خوار اروپایی ذرت

در ابتدا لازم به ذکر است که این آزمایش‌ها نیز به طور همزمان با آزمایش اول و روی همان نمونه‌های انتخاب شده در آزمایش اول انجام شدند. به این صورت که، دسته‌های تخم آفت روی تکه‌های برگ جدا شده از نمونه‌ها، و نیز لاروها و شفیره‌ها داخل تکه‌های برش داده شده از ساقه یا بلال آلوده در هر نمونه به طور جداگانه داخل قفس‌های لیوانی با درپوش توری (به منظور تهویه) به آزمایشگاه منتقل شدند و در اتاقک رشد در دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تا زمان ظهور حشرات کامل پارازیتوئیدها نگهداری شدند. در طول این آزمایش‌ها، درصد تخم‌های پارازیت شده (که به رنگ تیره تغییر رنگ یافته بودند و دارای سوراخ خروجی پارازیتوئید بودند) و درصد لاروها و شفیره‌های پارازیت شده (لاروها و شفیره‌هایی که با ظهور پارازیتوئیدها مرده بودند) در هر نمونه تعیین شدند. از آنجاییکه در این آزمایش‌ها هیچ پارازیتوئیدی از شفیره‌ها ظاهر نشد، بنابراین فقط درصد پارازیتیسیم تخم‌ها و لاروها در تیمارهای آزمایشی تجزیه و تحلیل شدند. به این صورت که، میانگین درصد پارازیتیسیم

نر و ماده گیاهان ذرت تا مرحله رسیدگی دانه‌های ذرت (مصادف با دوره فعالیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت روی گیاهان ذرت) هر ده روز یک‌بار تعداد چهار بوته ذرت از هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب شدند. در هر نمونه، ابتدا تعداد تخم‌های آفت روی قسمت‌های مختلف گیاه ذرت شمارش شدند و سپس کل بوته ذرت از محل طوقه جدا شد و ساقه و بلال‌ها با استفاده از تیغ تیز برش داده شده و تعداد لاروها و شفیره‌های موجود در داخل ساقه و بلال‌ها به ازای یک گیاه شمارش و یادداشت شدند. از داده‌های حاصل در تعیین تعداد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت به ازای یک گیاه و درصد گیاهان آلوده به آفت (گیاهان حاوی تخم، لارو یا شفیره آفت) در هر یک از شش نوع سیستم کشت استفاده گردید.

### درصد فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت

این آزمایش‌ها همزمان با آزمایش فوق و روی همان نمونه‌های انتخاب شده در آزمایش فوق انجام شدند. برای تعیین درصد فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، در نمونه‌های انتخاب شده در آزمایش فوق تعداد شکارگرهای مشاهده شده روی هر بوته با استفاده از ذره‌بین دستی  $20 \times$  شمارش شدند. لازم به یادآوری است که برای اطمینان از شناسایی دقیق گونه‌های شکارگر، تعدادی از آن‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و با استفاده از کلیدهای معتبر (Bei-Bienko et al., 1967; Gordon, 1985; Kelton, 1978) زیر استریومیکروسکوپ شناسایی شدند. از داده‌های تعداد و فراوانی هر یک از گونه‌های شکارگر در تعیین درصد فراوانی نسبی آن‌ها، شاخص تنوع شانون ( $H'$ ) (فرمول ۱) و نیز شاخص شباهت تنوع گونه‌ای مورسیتا-هورن ( $C_{MH}$ ) (فرمول ۲) استفاده شد (Shannon and Weaver, 1949; Magurran, 2004):

مربع در هر کرت آزمایشی مربوط به هر یک از شش سیستم کشت مورد مطالعه با فرمول زیر محاسبه گردید:

$$100 \times (W_c - W_t) / W_c = \text{درصد کاهش وزن دانه‌های ذرت}$$

در این فرمول  $W_c$  وزن دانه‌های گیاهان ذرت در هر متر مربع از هر کرت آزمایشی تیمار شاهد سمپاشی شده و  $W_t$  وزن دانه‌های گیاهان ذرت در هر متر مربع از هر کرت آزمایشی مربوط به هر یک از شش سیستم کشت مورد مطالعه می‌باشند.

داده‌های درصد کاهش وزن دانه‌های ذرت به ازای یک متر مربع در هر یک از شش سیستم کشت مورد مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار تجزیه آماری شدند.

### تجزیه آماری داده‌ها

قبل از تجزیه آماری داده‌ها آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و برای داده‌های غیر نرمال به منظور یکنواخت کردن واریانس داده‌ها از تبدیل داده  $\text{Log}(X)$  برای داده‌های تراکم تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های آفت و از تبدیل داده  $\text{arcsin}(x)$  برای داده‌های درصد گیاهان آلوده، و درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده استفاده شد. داده‌های تعداد تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های آفت، درصد گیاهان آلوده به آفت، درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده و درصد کاهش وزن دانه‌ها در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار (بدون در نظر گرفتن تیمار تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده) و چهار تکرار تجزیه و تحلیل شدند. لازم به ذکر است که تنها داده‌های وزن دانه‌های ذرت در هر متر مربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار (شش تیمار آزمایشی به همراه تیمار شاهد سمپاشی شده) و چهار تکرار تجزیه آماری شدند. اختلافات بین میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS, 2005). شاخص تنوع شانون

تخم‌ها و لاروها در نمونه‌های مربوط به هر کرت به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. بنابراین، آزمایش‌ها با شش تیمار و چهار تکرار تجزیه و تحلیل شدند. در ادامه، گونه‌های پارازیتوئید تخم‌ها و لاروهای این آفت بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی قسمت‌های مختلف بدن و اندام‌های تناسلی خارجی شناسایی شدند (Baker et al., 1949; Tobias, 1995). به منظور تعیین گونه غالب زنبور پارازیتوئید تخم‌ها و لاروهای این شب‌پره، تعداد هر یک از گونه‌های زنبور پارازیتوئید ظاهر شده از هر یک از مراحل نابالغ در هر نمونه شمارش و یادداشت گردید. از داده‌های حاصله در تعیین درصد فراوانی نسبی هر گونه زنبور پارازیتوئید در هر یک از شش نوع سیستم کشت استفاده شد.

### درصد کاهش عملکرد محصول ذرت

در تحقیق حاضر، در مرحله رسیدگی و برداشت ذرت یک متر مربع از هر کرت مربوط به شش سیستم کشت مورد مطالعه و نیز کرت‌های شاهد (تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده) به طور تصادفی انتخاب شد و بوته‌های ذرت واقع در یک متر مربع از محل طوقه بریده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. دانه‌های مربوط به هر متر مربع از هر کرت آزمایشی پس از جداسازی از بلال در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت درون آون خشک شدند تا درصد رطوبت نسبی دانه‌ها ۱۵ درصد شود. سپس دانه‌های مربوط به هر متر مربع از هر کرت آزمایشی با استفاده از ترازوی سارتوریوس با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius Inc., Edgewood, NY, USA) وزن شدند. داده‌های وزن دانه‌های ذرت در هر متر مربع از هر کرت آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار (شامل شش تیمار آزمایشی به همراه تیمار شاهد سمپاشی شده) و چهار تکرار تجزیه آماری شدند. در ادامه، میانگین درصد کاهش وزن دانه‌های ذرت به ازای یک متر

نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). تعداد لاروها در سال ۱۳۹۶، در سیستم‌های کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی ذرت بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 43.74$ ،  $df = 5, 15$ ) و بین سیستم‌های کشت نواری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). تعداد سفیره‌ها در سال ۱۳۹۵، در تک‌کشتی ذرت بیشترین بود و در بین سیستم‌های کشت نواری، تعداد سفیره‌ها در تیمارهای 2C: 4S و 2S 2C: 4S به طور معنی‌داری کمتر از 8C: 2S و 4C: 2S بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 37.82$ ،  $df = 5$ )، ولی بین تیمارهای 8C: 2S، 4C: 2S و 4C: 4S اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). تعداد سفیره‌ها در سال ۱۳۹۶، در سیستم‌های کشت نواری (با گروه آماری یکسان) در مقایسه با تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری کمتر بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 19.86$ ،  $df = 5, 15$ ). همچنین، نتایج مقایسه آماری نشان داد که درصد گیاهان آلوده به مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در سیستم‌های کشت نواری به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی ذرت بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 107.54$ ،  $df = 5, 15$ )، ولی بین سیستم‌های کشت نواری اختلاف معنی‌داری از این لحاظ وجود نداشت (شکل ۱).

### درصد فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت

در تحقیق حاضر، در تک‌کشتی ذرت، شش گونه شکارگر مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار ذرت و در سیستم‌های کشت نواری ذرت و آفتابگردان هشت گونه شکارگر جمع‌آوری و شناسایی شدند (جدول ۲). در هر دو سال، سن شکارگر *Orius niger* (Wolff)، کفشدوزک *Hippodamia convergens* (Stephans) به ترتیب بیش‌ترین درصد فراوانی نسبی را بین شکارگرهای مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار ذرت در هر یک از شش سیستم کشت مورد مطالعه داشتند.

برای شکارگرها در هر یک از شش سیستم کشت آزمایشی و نیز شاخص شباهت مورسیتا-هورن برای ترکیب گونه‌های شکارگر بین شش سیستم کشت آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه شدند. شاخص تنوع شانون در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار آنالیز شدند و از آزمون توکی برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده گردید (SAS, 2005).

### نتایج

#### تعداد مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و درصد گیاهان آلوده

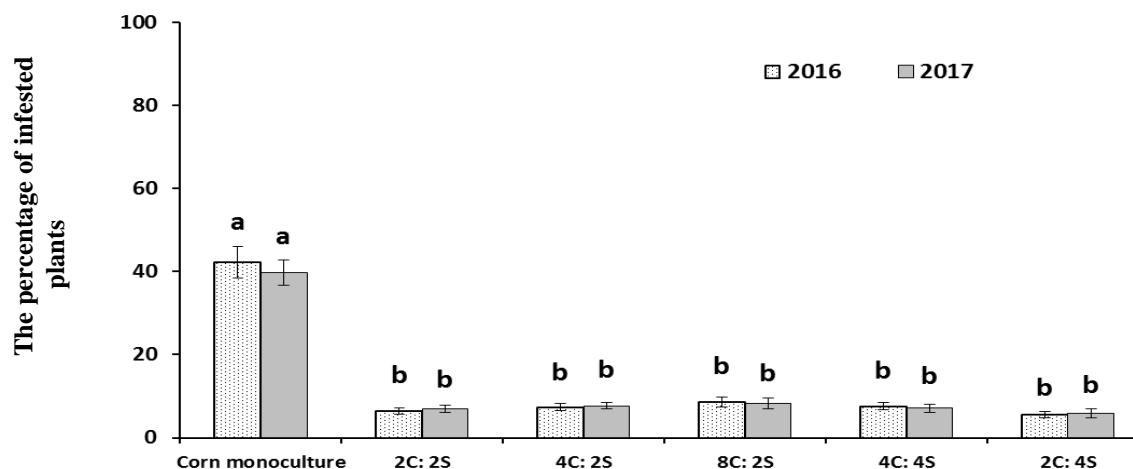
در هر دو سال مورد مطالعه، تعداد دسته‌های تخم *O. nubilalis* در سیستم‌های کشت نواری (با گروه آماری یکسان) در مقایسه با تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری کمتر بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 36.75$ ،  $df = 5, 15$ ) در سال ۱۳۹۵ و  $P < 0.001$ ،  $F = 27.18$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۶ (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد تخم‌ها در سال ۱۳۹۵ در سیستم تک‌کشتی ذرت مشاهده شد؛ تعداد تخم‌ها در تیمارهای 2C: 2S و 2C: 4S به طور معنی‌داری کمتر از 8C: 2S بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 69.08$ ،  $df = 5, 15$ )، ولی تیمارهای 4C: 2S، 4C: 4S و 8C: 2S نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در سال ۱۳۹۶، اختلاف در تعداد تخم‌ها بین سیستم‌های کشت نواری معنی‌دار نبود، ولی تعداد تخم‌ها در تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری بیش‌تر از سیستم‌های کشت نواری بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 53.62$ ،  $df = 5, 15$ ). مقدار بیشینه تعداد لاروها در سال ۱۳۹۵، مربوط به تک‌کشتی ذرت بود؛ تعداد لاروها در تیمارهای 2C: 2S و 2C: 4S به طور معنی‌داری کمتر از 8C: 2S بود ( $P < 0.001$ ،  $F = 61.52$ ،  $df = 5, 15$ )، ولی تیمارهای 8C: 2S، 4C: 2S و 4C: 4S

جدول ۱- میانگین ( $\pm$  SE) تعداد مراحل نابالغ *Ostrinia nubilalis* در تک کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

**Table 1.** Mean ( $\pm$  SE) number of immature stages of *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017

Cropping systems	Number of egg mass per plant		Number of eggs per plant		Number of larvae per plant		Number of pupae per plant	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture	0.5 $\pm$ 0.04 <sub>a</sub>	0.4 $\pm$ 0.03 <sub>a</sub>	9.3 $\pm$ 1.2 <sub>a</sub>	8.7 $\pm$ 1.0 <sub>a</sub>	5.25 $\pm$ 0.65 <sub>a</sub>	5.07 $\pm$ 0.73 <sub>a</sub>	3.36 $\pm$ 0.56 <sub>a</sub>	3.09 $\pm$ 0.44 <sub>a</sub>
Intercrop 2C: 2S	0.09 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	0.10 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	1.8 $\pm$ 0.3 <sub>c</sub>	2.1 $\pm$ 0.4 <sub>b</sub>	0.30 $\pm$ 0.06 <sub>c</sub>	0.33 $\pm$ 0.07 <sub>b</sub>	0.12 $\pm$ 0.03 <sub>c</sub>	0.13 $\pm$ 0.03 <sub>b</sub>
Intercrop 4C: 2S	0.11 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	0.13 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	2.4 $\pm$ 0.4 <sub>bc</sub>	2.6 $\pm$ 0.3 <sub>b</sub>	0.45 $\pm$ 0.07 <sub>bc</sub>	0.43 $\pm$ 0.06 <sub>b</sub>	0.21 $\pm$ 0.03 <sub>b</sub>	0.17 $\pm$ 0.04 <sub>b</sub>
Intercrop 8C: 2S	0.16 $\pm$ 0.02 <sub>b</sub>	0.14 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	3.2 $\pm$ 0.5 <sub>b</sub>	2.8 $\pm$ 0.6 <sub>b</sub>	0.62 $\pm$ 0.11 <sub>b</sub>	0.53 $\pm$ 0.10 <sub>b</sub>	0.29 $\pm$ 0.04 <sub>b</sub>	0.21 $\pm$ 0.04 <sub>b</sub>
Intercrop 4C: 4S	0.11 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	0.10 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	2.3 $\pm$ 0.3 <sub>bc</sub>	2.0 $\pm$ 0.4 <sub>b</sub>	0.41 $\pm$ 0.08 <sub>bc</sub>	0.35 $\pm$ 0.08 <sub>b</sub>	0.18 $\pm$ 0.03 <sub>bc</sub>	0.13 $\pm$ 0.02 <sub>b</sub>
Intercrop 2C: 4S	0.08 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	0.10 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	1.6 $\pm$ 0.3 <sub>c</sub>	1.8 $\pm$ 0.4 <sub>b</sub>	0.26 $\pm$ 0.05 <sub>c</sub>	0.32 $\pm$ 0.09 <sub>b</sub>	0.10 $\pm$ 0.02 <sub>c</sub>	0.12 $\pm$ 0.03 <sub>b</sub>

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



شکل ۱- میانگین ( $\pm$  SE) درصد گیاهان آلوده به *Ostrinia nubilalis* در تک کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

**Figure 1.** Mean ( $\pm$  SE) the percentage of infested plants by *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017

بین سیستم‌های کشت نواری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵).

در این تحقیق، لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت توسط پنج گونه زنبور پارازیتوئید لارو شامل *Exorista larvarum*، *Lydella thompsoni* Herting (L.)، *Diadegma*، *Bracon hebetor* Say (L.)، *Simpiesis viridula* و *majale* (Gravenhorst) (Thomson) پارازیته شدند (جدول ۶). در بین گونه‌های پارازیتوئید لارو، مگس *Lydella thompsoni* Herting و زنبور *Bracon hebetor* Say درصد فراوانی نسبی بالایی را در هر یک از شش تیمار آزمایشی داشتند؛ سه گونه دیگر به نام‌های *Exorista larvarum* (L.)، *Simpiesis* و *Diadegma majale* (Gravenhorst) (Thomson) *viridula* در تک‌کشتی ذرت مشاهده نشدند و در سیستم‌های کشت نواری هم درصد فراوانی نسبی پایینی را داشتند (جدول ۶). نتایج مقایسه آماری درصد لاروهای پارازیته شده در بین شش تیمار آزمایشی نشان داد که در هر دو سال، درصد لاروهای پارازیته شده توسط مجموع پارازیتوئیدهای لاروی در تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری کمتر از سیستم‌های کشت نواری بود ( $P < 0.001$ )،  $F = 172/56$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۵ و  $P < 0.001$ ،  $F = 216/27$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۶) ولی بین سیستم‌های کشت نواری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

#### درصد کاهش عملکرد محصول ذرت

در تحقیق حاضر عملکرد محصول ذرت در سال ۱۳۹۵ در تیمارهای 8C: 2S و تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده به طور معنی‌داری بیشتر از عملکرد تیمارهای تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده و تیمارهای 2C: 2S، 4C: 2S، 4C: 4S و 2C: 4S بود ( $P < 0.001$ )،  $F = 253/27$ ،  $df = 6, 18$  در سال ۱۳۹۵: جدول ۷).

گونه‌های کفشدوزک *Coccinella septempunctata* L. و سن شکارگر *Nabis punctatus* A. Costa با درصد فراوانی نسبی متوسط در هر شش تیمار مورد آزمایش و گونه‌های کفشدوزک *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) و سن شکارگر *Podisus maculiventris* (Say) فقط در سیستم‌های کشت نواری و با درصد فراوانی نسبی پایین مشاهده شدند (جدول ۲).

مقدار شاخص تنوع شانون ( $H'$ ) برای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در هر دو سال در سیستم‌های کشت نواری با گروه آماری یکسان به طور معنی‌داری بیش‌تر از تک‌کشتی ذرت بود ( $P < 0.001$ )،  $F = 17/34$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۵ و  $P < 0.001$ ،  $F = 21/72$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۶: جدول ۳).

شاخص شباهت تنوع گونه‌ای موریسیتا- هورن برای ترکیب گونه‌های شکارگر کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در هر دو سال، بین تک‌کشتی ذرت با هر یک از تیمارهای کشت نواری ( $C_{MH} \leq 0.887$ ) در سال ۱۳۹۵ و  $0.894 \leq C_{MH}$  (در سال ۱۳۹۶) پایین‌تر از مقدار این شاخص بین سیستم‌های کشت نواری ذرت و آفتابگردان ( $0.946 \geq C_{MH}$  در سال ۱۳۹۵ و  $0.934 \geq C_{MH}$  در سال ۱۳۹۶) بود (جدول ۴).

#### درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده‌ی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت

در تحقیق حاضر تخم‌های کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت توسط یک گونه زنبور پارازیتوئید تخم به نام *Trichogramma brassicae* Bezdenko پارازیته شدند. نتایج مقایسه آماری نشان داد که درصد تخم‌های پارازیته شده در هر دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P < 0.001$ )،  $F = 127/08$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۵ و  $P < 0.001$ ،  $F = 109/72$ ،  $df = 5, 15$  در سال ۱۳۹۶) ولی



جدول ۲- درصد فراوانی نسبی گونه‌های شکارگر مراحل نابالغ *Ostrinia nubilalis* در تک‌کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶  
 Table 2. The percentage of relative abundance of the predator species of *Ostrinia nubilalis* immature stages in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017

Predators	Corn monoculture		Intercrop 2C: 2S		Intercrop 4C: 2S		Intercrop 8C: 2S		Intercrop 4C: 4S		Intercrop 2C: 4S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
<i>Orius niger</i>	31.9	34.6	24.9	26.1	27.6	26.9	28.4	27.1	23.6	25.1	22.7	24.1
<i>Nabis punctatus</i>	8.9	7.8	10.1	11	9.8	11.2	10.2	9.8	12.4	11.6	13.2	11.6
<i>Nabis pseudoferus</i>	2.6	5.1	4.6	5.7	4.2	4.9	3.6	4.1	6.1	5.6	6.7	5.9
<i>Podisus maculiventris</i>	0	0	5.1	5.4	4.7	4.3	3.4	2.9	3.7	4.3	3.9	4.7
<i>Chrysoperla carnea</i>	21.1	19.8	17.3	15.1	18.2	17.8	19.1	20.2	16.8	17.6	18.1	17.8
<i>Hippodamia convergens</i>	22.1	20.8	19.2	18.2	19.3	18.9	21.1	22.2	18.6	19.4	18.7	19.3
<i>Coccinella septempunctata</i>	13.4	11.9	12.6	11.3	11.2	10.7	10.2	9.8	13.1	11.8	11.2	10.3
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	0	0	6.2	7.2	5	5.3	4	3.9	5.7	4.6	5.5	6.3

جدول ۳- میانگین ( $\pm$ SE) مقادیر شاخص تنوع شانون ( $H'$ ) برای شکارگرهای *Ostrinia nubilalis* در تک‌کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 3. Mean ( $\pm$ SE) values of Shannon diversity index ( $H'$ ) for predators of *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017

Cropping systems	Shannon diversity index ( $H'$ )	
	2016	2017
Corn monoculture	2.14 $\pm$ 0.11 <sub>b</sub>	2.09 $\pm$ 0.13 <sub>b</sub>
Intercrop 2C: 2S	2.64 $\pm$ 0.14 <sub>a</sub>	2.59 $\pm$ 0.15 <sub>a</sub>
Intercrop 4C: 2S	2.57 $\pm$ 0.13 <sub>a</sub>	2.54 $\pm$ 0.14 <sub>a</sub>
Intercrop 8C: 2S	2.52 $\pm$ 0.11 <sub>a</sub>	2.50 $\pm$ 0.12 <sub>a</sub>
Intercrop 4C: 4S	2.61 $\pm$ 0.16 <sub>a</sub>	2.63 $\pm$ 0.15 <sub>a</sub>
Intercrop 2C: 4S	2.63 $\pm$ 0.15 <sub>a</sub>	2.65 $\pm$ 0.18 <sub>a</sub>

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

جدول ۴- مقادیر شاخص شباهت موریسیتا- هورن ( $C_{MH}$ ) بین ترکیب گونه‌های شکارگر *Ostrinia nubilalis* در تک کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

**Table 4. Values of Morisita-Horn index ( $C_{MH}$ ) for species composition of predators of *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017**

Cropping systems	Corn monoculture		Intercrop 2C: 2S		Intercrop 4C: 2S		Intercrop 8C: 2S		Intercrop 4C: 4S		Intercrop 2C: 4S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
	Corn monoculture											
Intercrop 2C: 2S	0.861	0.856										
Intercrop 4C: 2S	0.871	0.881	0.964	0.972								
Intercrop 8C: 2S	0.887	0.894	0.947	0.967	0.947	0.953						
Intercrop 4C: 4S	0.854	0.848	0.990	0.993	0.952	0.957	0.946	0.934				
Intercrop 2C: 4S	0.847	0.839	0.987	0.979	0.961	0.955	0.944	0.939	0.974	0.968		

جدول ۵- میانگین ( $\pm$ SE) درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیت شده‌ی *Ostrinia nubilalis* در

تک کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

**Table 5. Mean ( $\pm$  SE) the percentage of parasitized eggs and larvae of *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017**

Cropping systems	The percentage of parasitized eggs per plant <sup>1</sup>		The percentage of parasitized larvae per plant <sup>2</sup>	
	2016	2017	2016	2017
	Corn monoculture	16.5 $\pm$ 2.2 <sub>b</sub>	13.4 $\pm$ 1.6 <sub>b</sub>	9.2 $\pm$ 0.7 <sub>b</sub>
Intercrop 2C: 2S	28.6 $\pm$ 3.1 <sub>a</sub>	26.9 $\pm$ 3.1 <sub>a</sub>	21.3 $\pm$ 2.2 <sub>a</sub>	19.6 $\pm$ 1.4 <sub>a</sub>
Intercrop 4C: 2S	25.2 $\pm$ 3.0 <sub>a</sub>	23.7 $\pm$ 2.4 <sub>a</sub>	19.7 $\pm$ 1.7 <sub>a</sub>	18.9 $\pm$ 1.6 <sub>a</sub>
Intercrop 8C: 2S	24.7 $\pm$ 2.8 <sub>a</sub>	23.3 $\pm$ 2.6 <sub>a</sub>	18.9 $\pm$ 1.6 <sub>a</sub>	18.4 $\pm$ 1.8 <sub>a</sub>
Intercrop 4C: 4S	30.2 $\pm$ 2.7 <sub>a</sub>	26.4 $\pm$ 3.2 <sub>a</sub>	20.3 $\pm$ 1.8 <sub>a</sub>	21.2 $\pm$ 1.9 <sub>a</sub>
Intercrop 2C: 4S	32.4 $\pm$ 3.3 <sub>a</sub>	28.6 $\pm$ 3.1 <sub>a</sub>	23.1 $\pm$ 2.5 <sub>a</sub>	22.1 $\pm$ 2.0 <sub>a</sub>

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

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

<sup>2</sup> The percentage of parasitized larvae per plant is a cumulative measure for the entire cropping season by five larval parasitoid species that are presented in Table 6.

جدول ۶- درصد فراوانی نسبی گونه‌های پارازیتوید لاروی *Ostrinia nubilalis* در تک کشتی ذرت و پنج نوع سیستم کشت نواری ذرت و آفتابگردان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶  
**Table 6. The percentage of relative abundance of larval parasitoid species of *Ostrinia nubilalis* in the corn monoculture and the five strip-intercropping systems of corn and sunflower in 2016 and 2017**

Parasitoids	Corn monoculture		Intercrop 2C: 2S		Intercrop 4C: 2S		Intercrop 8C: 2S		Intercrop 4C: 4S		Intercrop 2C: 4S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
	<i>Lydella thompsoni</i>	46.2	42.7	33.8	34.8	36.4	37.2	39.4	40	32.9	31.6	30.7
<i>Exorista larvarum</i>	0	0	12.2	11.7	9.6	10.2	8.9	9.1	13.5	12.6	15.2	13.7
<i>Bracon hebetor</i>	53.8	57.3	28.6	26.9	29.8	28.6	30.4	29.1	25.6	26.7	25.7	25.8
<i>Diadegma majale</i>	0	0	16.2	15.9	15.3	14.9	13.7	14.1	19.2	18.6	18.2	17.6
<i>Simpiesis viridula</i>	0	0	9.2	10.7	8.9	9.1	7.6	7.7	8.8	10.5	10.2	11

جدول ۷- میانگین ( $\pm$ SE) عملکرد ذرت و درصد کاهش عملکرد ذرت در سیستم‌های مختلف کشت ذرت در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶  
**Table 7. Mean ( $\pm$  SE) grain yield of corn and the percentage of grain yield loss in the different corn cropping systems in 2016 and 2017**

Cropping systems	Grain yield (g/m <sup>2</sup> )		Percentage of grain yield loss per m <sup>2</sup>	
	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture (non-sprayed)	691.5 $\pm$ 28.1 <sub>c</sub>	687.3 $\pm$ 26.4 <sub>c</sub>	37.6 $\pm$ 4.1 <sub>a</sub>	35.3 $\pm$ 3.2 <sub>a</sub>
Intercrop 2C: 2S	774.3 $\pm$ 25.3 <sub>c</sub>	743.8 $\pm$ 29.1 <sub>c</sub>	30.1 $\pm$ 3.2 <sub>a</sub>	30.0 $\pm$ 3.1 <sub>a</sub>
Intercrop 4C: 2S	917.6 $\pm$ 24.4 <sub>b</sub>	869.3 $\pm$ 37.3 <sub>ab</sub>	17.1 $\pm$ 1.6 <sub>b</sub>	18.2 $\pm$ 1.6 <sub>b</sub>
Intercrop 8C: 2S	997.3 $\pm$ 29.3 <sub>a</sub>	955.4 $\pm$ 37.9 <sub>a</sub>	9.9 $\pm$ 0.8 <sub>c</sub>	10.1 $\pm$ 1.1 <sub>c</sub>
Intercrop 4C: 4S	886.6 $\pm$ 31.9 <sub>b</sub>	839.2 $\pm$ 32.1 <sub>b</sub>	19.9 $\pm$ 2.1 <sub>b</sub>	21.0 $\pm$ 2.4 <sub>b</sub>
Intercrop 2C: 4S	752.4 $\pm$ 27.8 <sub>c</sub>	741.3 $\pm$ 28.2 <sub>c</sub>	32.1 $\pm$ 3.5 <sub>a</sub>	30.2 $\pm$ 2.9 <sub>a</sub>
Corn monoculture (sprayed)	1107.3 $\pm$ 22.3 <sub>a</sub>	1062.4 $\pm$ 38.2 <sub>a</sub>	-	-

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

گیاهان آلوده در سیستم‌های کشت نواری ذرت و آفتابگردان در مقایسه با تک‌کشتی ذرت می‌تواند با تداخل مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط دو محصول ذرت و آفتابگردان و در نتیجه اختلال در میزبان‌یابی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در ارتباط باشد. در تیمارهای 2S: 4C و 2S: 8C با افزایش تعداد ردیف‌های ذرت مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط ذرت و در تیمار 2C: 4S با افزایش تعداد ردیف‌های آفتابگردان مواد شیمیایی فرار مترشحه توسط آفتابگردان احتمالاً افزایش یافته است. این یافته‌ها با نتایج سایر محققین مبنی بر کاهش تراکم آفات اختصاصی (با طیف میزبانی محدود) در سیستم‌های کشت نواری دو یا چند محصول مطابقت دارد (Andow, 1991; Altieri et al., 2009; Soleyman-Nezhadiyan, 2009; Garratt et al., 2011; Bickerton and Hamilton, 2012; Fathi, 2016). برای مثال، Fathi (2016) گزارش کرد که سیستم کشت نواری ذرت با شیدر (۳:۳) باعث کاهش تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کاهش خسارت وارده توسط این آفت شد.

از سوی دیگر، مطابق فرضیه دشمنان طبیعی، کاهش تراکم آفات در سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی می‌تواند با جلب، حفاظت و حمایت بیش‌تر از دشمنان طبیعی آفات در سیستم‌های کشت نواری دو یا چند محصول در ارتباط باشد (Altieri et al., 2009; Soleyman-Nezhadiyan, 2009; Bickerton and Hamilton, 2012). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سیستم‌های کشت نواری ذرت و آفتابگردان از یک سو تنوع گونه‌ای شکارگرهای مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت را افزایش دادند و از سوی دیگر باعث افزایش درصد پارازیت‌یسم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت شدند. افزایش شاخص تنوع شانون ( $H'$ ) برای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در

در سال ۱۳۹۶، عملکرد محصول ذرت در تیمارهای 2S: 8C و تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده به طور معنی‌داری بیش‌تر از عملکرد تیمارهای تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده و تیمارهای 2S: 2C، 4S: 4C و 4S: 2C بود ولی در مقایسه با تیمار 2S: 4C اختلاف معنی‌داری نداشت ( $F=214/39$ ,  $P<0/001$ ,  $df=6, 18$  در سال ۱۳۹۶: جدول ۷). در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، کمترین درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در تیمار 2S: 8C مشاهده شد و در بین سایر تیمارهای آزمایشی درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در تیمارهای 2S: 4C و 4S: 4C در مقایسه با تیمارهای تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده، 2C: 2S و 4S: 2C به طور معنی‌داری کمتر بود ( $P<0/001$ ,  $F=94/37$ ,  $df=5, 15$  در سال ۱۳۹۵ و  $P<0/001$ ,  $F=82/91$ ,  $df=5, 15$  در سال ۱۳۹۶: جدول ۷).

### بحث

مطابق فرضیه غلظت منبع، کاهش تراکم آفات در سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی می‌تواند با مخلوط شدن مواد فرار مترشحه از سوی دو یا چند گونه گیاهی و در نتیجه اختلال در میزبان‌یابی آفت در ارتباط باشد (Andow, 1991; Altieri et al., 2009; Garratt et al., 2011). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تراکم مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار ذرت و درصد گیاهان آلوده در هر پنج سیستم کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری کمتر بود. تراکم لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در هر یک از پنج سیستم کشت نواری مورد آزمایش کمتر از آستانه اقتصادی گزارش شده برای این آفت، یک تا دو عدد لارو به ازای یک ساقه ذرت (Capinera, 2004)، بود. بنابراین، مطابق فرضیه غلظت منبع یکی از دلایل احتمالی پایین بودن تراکم مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و نیز درصد

پارازیتوئید تخم *T. brassicae* بیشترین درصد فراوانی نسبی را در هر یک از سیستم‌های کشت مورد مطالعه داشتند. در تحقیقات قبلی، سن‌های شکارگر *Orius*، بالتوری‌های *Chrysoperla*، گونه‌های مختلف کفشدوزک‌های شکارگر به عنوان شکارگرهای مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، مگس‌های *L. thompsoni* و *E. larvarum*، و زنبورهای *B. hebetor*، *S. viridula*، *Eriborus terebrans* Gravenhorst، *Diadegma* spp. و *Macrocentris* spp. به عنوان پارازیتوئید لاروها و زنبورهای *Trichogramma* به عنوان پارازیتوئید تخم‌های این آفت گزارش شده‌اند (Baker et al., 1949; Hudon and LeRoux, 1986; Capinera, 2004; Hoffmann et al., 2002; Phoofofo et al., 2001; Campan et al., 2014).

همچنین، یکی دیگر از موضوعات مهمی که باید در سیستم‌های کشت نواری مد نظر قرار گیرد مقایسه عملکرد محصول در تیمارهای آزمایشی (شامل سیستم‌های کشت نواری و تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده) در مقایسه با تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده است. چراکه، هم تراکم آفت و هم رقابت بین دو محصول زراعی در کاهش عملکرد محصول تاثیر دارند. در این تحقیق بیش‌ترین عملکرد محصول ذرت در تیمارهای 8C: 2S و تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده مشاهده شد و به ترتیب در سایر سیستم‌های کشت شامل 4C: 2S، 4C: 4S، 2C: 2S، 2C: 4S و تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده عملکرد کاهش یافت. همچنین، کمترین درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در سیستم کشت نواری 8C: 2S و بیش‌ترین درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در تیمارهای 2C: 2S، 2C: 4S و تک‌کشتی ذرت سمپاشی نشده مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهند که در سیستم‌های کشت نواری 2C: 2S و 2C: 4S به احتمال زیاد رقابت بین دو محصول بر سر

سیستم‌های کشت نواری با افزایش تعداد گونه‌های شکارگر و همگن‌تر بودن فراوانی نسبی آن‌ها در ارتباط است. چراکه، هر چقدر تعداد گونه‌های شکارگر در سیستم‌های کشت افزایش یابند و فراوانی نسبی آن‌ها همگن‌تر شوند، شاخص تنوع گونه‌ای شکارگرها نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد (Disney, 1999; Magurran, 2004). افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرها در سیستم‌ها کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی ذرت موجب شد که شاخص شباهت مورسیتا-هورن برای ترکیب گونه‌ای شکارگرها بین سیستم‌های کشت نواری  $C_{MH} \geq 0/946$  در سال ۱۳۹۵ و  $C_{MH} \geq 0/934$  در سال ۱۳۹۶ باشد. 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). افزایش در تنوع گونه‌ای شکارگرها و نیز درصد پارازیتیسیم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تیمارهای کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی ذرت نشان می‌دهد که در تیمارهای کشت نواری ذرت و آفتابگردان گونه‌های شکارگر و پارازیتوئید جلب‌شوندگی و کارایی بالایی در کنترل تخم‌ها و لاروها این آفت دارند. چراکه، وجود آفتابگردان در تیمارهای کشت نواری ذرت و آفتابگردان در مقایسه با تک‌کشتی ذرت به عنوان منبع تامین کننده شهد و گرده (با تولید گل‌های فراوان) و نیز میزبان‌های جایگزین (به دلیل تحمل بالا نسبت به خسارت آفات) می‌تواند در جلب، حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت موثر باشد. در این تحقیق، گونه‌های شکارگر به نام‌های *C. carnea*، *O. niger* و *H. convergens*، پارازیتوئیدهای لارو به نام‌های مگس *L. thompsoni* و زنبور *B. hebetor* و زنبور

است؛ در صورتیکه، در کشت نواری این دو محصول با افزایش تعداد ردیف‌های ذرت به بیش از سه برابر ردیف‌های آفتابگردان در مزرعه رقابت بین این دو محصول به کمترین مقدار خود رسیده و عملکرد محصول ذرت در سطح مطلوب بود (Lopez et al., 2001).

در مجموع، بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که کشت نواری 8C: 2S با کاهش تراکم مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرها، افزایش درصد پارازیتسم تخم‌ها و لاروهای این آفت و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول ذرت می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در مزارع ذرت مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری

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

جذب منابع غذایی، آب و نور لازم برای فتوسنتز موجب کاهش عملکرد محصول ذرت شده است. این رقابت با افزایش تعداد ردیف‌های ذرت به چهار ردیف در سیستم‌های کشت 4C: 2S و 4C: 4S کمتر شده و درصد کاهش عملکرد محصول در این دو سیستم کشت نسبت به دو تیمار 2C: 2S و 2C: 4S کاهش معنی‌داری نشان داده است. کمترین درصد کاهش عملکرد محصول ذرت در تیمار 8C: 2S در بین شش تیمار مورد آزمایش نشان داد که به احتمال زیاد در این نوع سیستم کشت رقابت بین دو محصول بر سر جذب منابع غذایی، آب و نور لازم برای فتوسنتز به کمترین مقدار خود رسیده است. چراکه عملکرد محصول ذرت در 8C: 2S و تک‌کشتی ذرت سمپاشی شده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. وجود رقابت بین دو محصول ذرت و آفتابگردان در سیستم کشت نواری سه ردیف ذرت در تناوب با سه ردیف آفتابگردان (با نسبت برابر تعداد ردیف‌های ذرت به آفتابگردان) و بهره‌وری پایین از منابع غذایی، آبی و نور و در نتیجه کاهش عملکرد محصول ذرت توسط Amini et al. (2014) گزارش شده

## REFERENCES

Alahdadi, I., Oraki, H., and Parhizkar Khajani, F. 2012. Grain physical properties of some sunflower cultivars influenced by water deficit stress. *Journal of Agricultural Machinery*, 2: 58- 66. (In Farsi with English abstract).

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.

Amini, R., Shamayeli, M., and Nasab, M. D. M. 2014. Yield and relative advantage of sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different patterns with soybean (*Glycine max* L. Merrill) and corn (*Zea mays* L.) in Tabriz condition. *Journal of Agroecology*, 6: 529-541. (In Farsi with English abstract).

Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36: 561-586.

- Baker, W. A., Bradley, W. G., and Clark, C. A. 1949. Biological control of the European corn borer in the United States. Technical Bulletin, 983: 1-185.
- 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. 1967. Keys to the insects of the European USSR. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute. USSR.
- 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: 612-620.
- Campan, E. D. M., Havard, S., Sagouis, A., Pélissier, C., Muller, F. J., Villemant, C., Savriama, Y., Guéry, D., Hu, J., and Ponsard, S. 2014. Acceptability and suitability of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hübner for *Macrocentrus cingulum* Brischke from Asia and Europe. Biological Control, 74: 13-20.
- Capinera, J. L. 2004. European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Insecta: Lepidoptera: pyralidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension, Gainesville, USA.
- Denno, R. F., Finke, D. L., and Langelotto, G. A. 2005. Direct and indirect effects of vegetation structure and habitat complexity on predator-prey and predator-predator interactions. In: P. Barbosa and I. Castellanos (Eds.), Ecology of Predator-Prey Interactions. Oxford University Press, New York, New York. pp: 211–239.
- Disney, R. H. L. 1999. Insect biodiversity and demise of alpha taxonomy. Antenna, 23: 84-88.
- Fadamiro, H. Y., and Baker, C. 1998. Reproductive performance and longevity of female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: effects of multiple mating, delay in mating and adult feeding. Journal of Insect Physiology, 45: 385-392.
- Fathi, S. A. A. 2016. Evaluation of strip-intercropping systems of corn and clover in biocontrol of the European corn worm, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). Biological Control of Pests and Plant Diseases, 5: 211-222. (In Farsi with English abstract).
- 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. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America, North of Mexico. Journal of the New York Entomological Society, 93: 1-912.
- Hoffmann, M., Wright, M., Sylvie, A. P., and Jeffrey, G. 2002. Inoculative releases of *Trichogramma ostrinae* for suppression of *Ostrinia nubilalis* (European corn borer) in sweet corn: Field biology and population dynamics. Biological Control, 25: 249-258.
- Hoshman, A., Forotan, M., and Boromandnasab, S. 2014. Evaluation of deficit irrigation and sown pattern on yield and water use efficiency of maize (KSC-704). Journal of Irrigation Science and Engineering, 37: 43-52. (In Farsi with English abstract).

Hudon, M., and LeRoux, E. J. 1986. Biology and population dynamics of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with special reference to sweet corn in Quebec, II. *Bionomics. Phytoprotection*, 67: 81-92.

Kelton, L. A. 1978. The Anthocoridae of Canada and Alaska: Heteroptera, Anthocoridae, part 4. Agriculture Canada: available from Print. and Pub., Supply and Services Canada.

Leahy, T. C., and Andow, D. A. 1994. Egg weight, fecundity and longevity are increased by adult feeding in *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 87: 342- 349.

Lopez, J., Baldini, M., Quagliotti, L., and Olivieri, A. M. 2001. Intercropping sunflower and maize in Mozambique. *HELIA*, 24: 1-10,

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

Nault, B. A., and Kennedy, G. G. 1996. Timing insecticide applications for managing European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) infestations in potato. *Crop Protection*, 15: 465-471.

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

Phoofolo, M. W., Obrycki, J. J., and Lewis, L. C. 2001. Quantitative assessment of biotic mortality factors of the European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in field corn. *Journal of Economic Entomology*, 94: 617-622.

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.

Soleyman- Nejadiyan, A. 2009. Planting alfalfa in the adjacent sugarcane and its impact on the diversity of the sugarcane stem borer and damage. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 32: 89-92. (In Farsi with English abstract).

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



## Influence of intercropping systems of corn and sunflower in control of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner)

S. A. A. Fathi<sup>1\*</sup>

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

Received: 21 November 2017

Accepted: 14 May 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

The European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), is an important pest of corn in Iran. Intercropping systems has been proposed as one approach that can be used for reducing pest density and improving biodiversity of natural enemies and crop yield. Therefore, the present research assessed the densities of immature stages of *O. nubilalis*, biodiversity of its predators, and parasitism rates of immature stages in experimental plots where corn was grown either as monoculture or strip-intercropped with sunflower. We also evaluated the effect of the intercropping systems with natural infestation of *O. nubilalis* on corn yield.

#### Materials and Methods

In this research, the influence of five strip-intercropping systems of corn (C) and sunflower (S) including 2C: 2S, 4C: 2S, 8C: 2S, 4C: 4S, and 2C: 4S along with corn monoculture was studied on density of imaginal stages of *O. nubilalis*, its natural enemies biodiversity, the percentage of parasitized eggs and larvae, and the grain yield of corn and the percentage of grain yield loss in an experimental field in Ardabil region in 2016 and 2017. These experiments were conducted in a randomized block design with four replicates.

#### Results

The densities of imaginal stages (eggs, larvae and pupae) of *O. nubilalis* in intercrops were significantly lower than corn monoculture. Among the natural enemies of this moth, *Orius niger* (Wolff), *Lydella thompsoni* Herting, *Bracon hebetor* Say and *Trichogramma brassicae* Bezdenko had the high relative abundance in the tested cropping systems. The Shannon diversity index ( $H'$ ) in intercrops was significantly greater than in corn monoculture. The calculated values of Morisita–Horn index for the predator's species composition between intercrops were  $C_{MH} \geq 0.946$  in 2016 and  $C_{MH} \geq 0.934$  in 2017. In both years, the percentage of parasitized eggs and larvae of *O. nubilalis* in intercrops was significantly higher than in corn monoculture. The highest grain yield of corn and the lowest percentage of grain yield loss of corn were found in 8C: 2S intercrop.

#### Discussion

Based on the resource concentration hypothesis, the lower density of *O. nubilalis* and the lower percentage of infested plants in the intercropping systems of corn and sunflower could be demonstrated by overlapping of the secreted volatile compounds of two crops that caused disruption in the host finding. Moreover, based on the enemies hypothesis, the higher attraction and conservation of predators and parasitoids in intercrops caused lower density of *O. nubilalis* than in corn monoculture. In this study, the competition for nutrients between corn and sunflower was also reduced with increasing of the corn rows between the sunflower

rows; the percentage of grain yield loss of corn was reduced in 8C: 2S compared to other intercrops. Therefore, it could be concluded that 8C: 2S intercrop is the most suitable intercropping system for use in integrated management of *O. nubilalis* in corn fields.

**Keywords:** *Parasitism, Predators, Species abundance, Species richness, Strip-intercropping*