Archive of SID

JESI

DOI:10.22117/JESI.2019.122633.1246

نامه انجمن حشره‌شناسی ایران ۱۵-۱ ,(۱)۳۹ ,۱۳۹۸

JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2019, 39 (1), 1-15

تاثیر کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) و عملکرد هر دو محصول

الهام زارعی، سید علی‌اصغر فتحی*، مهدی حسن‌پور و علی گلی‌زاده

دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، اردبیل

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fathi@uma.ac.ir

چکیده

کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، *Ostrinia nubilalis* Hübner یکی از مهم‌ترین آفات ذرت است. در این تحقیق تاثیر تک‌کشتی ذرت (C)، تک‌کشتی اسپرس (S) و کشت نواری ذرت و اسپرس در چهار نسبت ردیفی: 2C: 2S، 2C:4S، 2C:6S و 2C:8S بر تراکم کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت، تنوع و فراوانی دشمنان طبیعی آن و عملکرد هر دو محصول در مزرعه آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بررسی شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس به خصوص در نسبت‌های 2C:6S و 2C:8S در مقایسه با تک‌کشتی ذرت تراکم تخم‌ها و لاروهای آفت کاهش معنی‌داری یافت. شاخص تنوع شانون (H') برای ترکیب گونه‌ای شکارگرها در کشت‌های نواری به طور معنی‌داری بالاتر از تک‌کشتی ذرت بود. علاوه بر آن، درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده در کشت‌های نواری به خصوص 2C:6S و 2C:8S به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی ذرت بود. همچنین، درصد گیاهان آلوده در کشت‌های نواری 2C:6S و 2C:8S به طور معنی‌داری کمتر از بقیه تیمارهای مورد مطالعه بود. از سوی دیگر، مقادیر بالای شاخص برابری زمین (LER) در کشت‌های نواری 2C:6S (۱/۱۶ در سال ۱۳۹۵ و ۱/۱۵ در سال ۱۳۹۶) و 2C:8S (۱/۱۷ در سال ۱۳۹۵ و ۱/۱۶ در سال ۱۳۹۶) مشاهده شد. بنابراین می‌توان جمع‌بندی کرد که کشت‌های نواری 2C:6S و 2C:8S برای استفاده در برنامهٔ مدیریت تلفیقی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در مزارع مفید هستند.

واژه‌های کلیدی: جمعیت آفت، دشمنان طبیعی، عملکرد، غنای گونه‌ای، فراوانی گونه‌ای

Effect of intercropping of corn and sainfoin on control of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae), and on yield of both crops

Elham Zarei, Seyed Ali Asghar Fathi*, Mahdi Hassanpour & Ali Golizadeh

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

* Corresponding author, E-mail: fathi@uma.ac.ir

Abstract

The European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner, is one of the most important pests of corn. In this study, the influences of corn monoculture (C), sainfoin monoculture (S) and strip-intercropping of corn with sainfoin in the four row ratios: 2C:2S, 2C:4S, 2C:6S and 2C:8S were evaluated on the population density of the European corn borer, diversity and abundance of its natural enemies and yield of both crops in an experimental field during 2016 and 2017. Our results indicated that the densities of eggs and larvae of this pest decreased significantly in the intercrops especially in 2C:6S and 2C:8S compared with corn monoculture. The Shannon diversity index (H') for predators in the intercrops was signifi-

دریافت: ۱۳۹۷/۰٤/۲۳، پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵.

دبیر تخصصی: حسین رنجبر اقدم

www.SID.ir

Archive of SID

cantly greater than that in the corn monoculture. Moreover, the percentage of parasitized eggs and larvae were higher in the intercrops, especially in 2C:6S and 2C:8S, compared with the corn monoculture. Furthermore, the percentage of infested plants was also lower in 2C:6S and 2C:8S compared to the other treatments. On the other hand, high values of land equivalent ratio were found in 2C:6S (1.16 in 2016 and 1.15 in 2017) and 2C:8S (1.17 in 2016 and 1.16 in 2017). Therefore, it could be concluded that 2C:6S and 2C:8S intercrops are useful in integrated management of the European corn borer in the field.

Key words: pest population, natural enemies, yield, species richness, species abundance

Received: 14 July 2018, *Accepted*: 16 March 2019

مقدمه

کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت *Ostrinia nubilalis* Hübner، یکی از مهم‌ترین آفات محصول ذرت، *Zea mays* L. در جهان است و هر ساله خسارت اقتصادی به این محصول وارد می‌سازد (Hudon & LeRoux, 1986; Leahy & Andow, 1994; Fadamiro & Baker, 1998; Spangler & Calvin, 2000). لاروهای سنین پایین این آفت پس از تغذیه از برگ‌ها، وارد ساقه و بلال شده و ضمن تغذیه دالان‌هایی در آن‌ها ایجاد می‌کنند که این دالان‌ها استقامت ساقه‌ها در نگهداری وزن بوته‌ها را کاهش داده و باعث شکننده شدن آن‌ها می‌شوند. همچنین، لاروهای این آفت علاوه برساقه به بلال نیز خسارت می‌زنند (Spangler & Calvin, 2000). مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت توسط دشمنان طبیعی متعددی مورد حمله قرار می‌گیرند. دسته‌های تخم و لاروهای نئونات سرگردان این شب‌پره آسیب پذیرتر بوده و جلب‌کننده بسیاری از شکارگرها از جمله بالتوری‌ها، سن‌های شکارگر، کفشدوزک‌ها و زنبورهای پارازیتویید هستند که در مواردی تلفات بالای ٦٠ درصد را موجب می‌شوند (Baker *et al*., 1949; Andow, 1990; Phoofolo & Obryicki, 1997; Musser & Shelton, 2003). برای کنترل این آفت اغلب از حشره‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌شود. استفاده بیش از حد از حشره‌کش‌های مصنوعی باعث خسارت به محیط زیست، گسترش مقاومت در آفات، باقیمانده‌ی آفت‌کش‌ها در محصول و از بین رفتن موجودات غیر هدف و مفید می‌شود (Nault & Kennedy, 1996). افزایش مکانیزاسیون کشاورزی و همچنین کاربرد حشره‌کش‌ها و کودهای شیمیایی باعث تغییر بافت فیزیکی خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تنوع پوشش گیاهی و افزایش تراکم جمعیت آفات شده است (Altieri *et al*., 2009). بنابراین، یافتن جایگزین‌های مناسب برای سموم شیمیایی به منظور کنترل این آفت ضروری به نظر می‌رسد. کشت‌های نواری دو یا چند محصول راهکارهای مناسبی برای کاهش جمعیت آفات هستند (Quarles & Grossman, 2002; Bickerton & Hamilton, 2012; Degri & Samaila, 2014; Fathi, 2017). در کشت‌های نواری دو یا چند گونه گیاهی در نسبت‌های مختلف جایگزینی در مجاورت هم کشت می‌شوند. کشت‌های نواری از طریق بهبود مدیریت منابع، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها باعث افزایش عملکرد محصول نسبت به تک‌کشتی‌ها می‌شوند (Vander Meer, 1989; Altieri *et al*., 2009). انتخاب نوع محصول در کشت‌های نواری اهمیت بالایی دارد. برای مثال، بررسی‌های قبلی گزارش کرده‌اند که کشت‌های نواری محصول اصلی با گیاهان گلدار به عنوان منبع تامین‌کننده شهد، گرده و شکارهای جایگزین و در نتیجه جلب، حفاظت و حمایت بیشتر از شکارگرها و پارازیتوییدها سبب کاهش تراکم جمعیت آفات می‌شوند (Soleyman-Nezhadiyan, 2009; Altieri *et al*., 2009). ازسوی دیگر، در تحقیقات قبلی گزارش شده است که کشت‌های نواری محصول اصلی با گیاهان تیره لگومینوز از یک سو به دلیل قابلیت آن‌ها در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هوا در خاک و در نتیجه افزایش حاصلخیزی و بهبود بافت خاک و از سوی دیگر با تولید گل‌های فراوان و جلب و حمایت از شکارگرها و پارازیتوییدها باعث کاهش جمعیت آفات و افزایش عملکرد محصولات می‌شوند (Altieri *et al*., 2009; Fathi, 2017; Stagnari *et al*., 2017). اهمیت کشت‌های نواری دو یا چند محصول

www.SID.ir

Archive of SID

به عنوان ابزاری جهت کنترل آفات در مطالعات قبلی به اثبات رسیده است (Chabi -Olaye *et al*., 2005; Bickerton & Hamilton, 2012; Degri & Samaila, 2014). برای مثال، گزارش شده است که تعداد تخم‌های گذاشته شده دو شب‌پره *Sesamia calamistis* Hampson و *Busseola fusca* Fuller روی گیاهان ذرت در کشت نواری ذرت با گیاهان سویا، لوبیا و کاساوا بسیار پایین‌تر از تک‌کشتی ذرت بود (Chabi-Olaye *et al*., 2005). همچنین، Bickerton & Hamilton (2012)، اثرات کشت نواری شوید *Anethum graveolens* L.، گشنیز *Coriandrum sativum* L. و گندم سیاه، *Fagopyrum esculentum* Moench با فلفل دلمه‌ای را در میزان شکارگری تخم‌های *O. nubilalis* بررسی کردند و نشان دادند نرخ شکارگری کفشدوزک *Coleomegilla maculate* DeGeer و سن شکارگر *Orius insidiosus* در سیستم‌های کشت نواری بالاتر از تک‌کشتی فلفل دلمه‌ای است. این محققین پیشنهاد کردند که کنترل طبیعی کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت می‌تواند با کاشت گیاهان گلدار بهبود یابد. علاوه بر آن Degri & Samaila (2014)، اثرات کشت نواری گوجه‌فرنگی با ذرت را در تراکم جمعیت کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی *Helicoverpa armigera* (Hubner) بررسی کردند و گزارش کردند که جمعیت لاروهای این آفت در کشت نواری این دو محصول به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی گوجه‌فرنگی بود. آن‌ها گزارش کردند که سودمندی کشت نواری این دو محصول نسبت به تک‌کشتی آن‌ها بیشتر می‌باشد. در تحقیق حاضر فرض بر آن است که گیاه اسپرس، *Onobrychis viciifolia* Scop با قابلیت تثبیت نیتروژن هوا در خاک و در نتیجه افزایش حاصلخیزی خاک، تولید گل‌های فراوان به عنوان منبع غذایی مکمل برای دشمنان طبیعی و تولید علوفه باکیفیت و قابل رقابت با یونجه پتانسیل بالایی به عنوان گیاه همراه در کشت نواری با ذرت دارد (Stagnari *et al*., 2017). بر این اساس، تحقیق حاضر با هدف مطالعه تاثیر کشت نواری ذرت و اسپرس با نسبت‌های مختلف جایگزینی روی جمعیت کرم ساقه خوار اروپایی ذرت، تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی آن و عملکرد هر دو محصول انجام شد

مواد و روش‌ها

محل آزمایش، تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش‌ها در یک مزرعه آزمایشی واقع در دانشگاه شهید باکری میاندوآب (با عرض جغرافیایی″۱۰′٤ °٤٦ شرقی و طول جغرافیایی″ ۳۹ ′۱°۳۷ شمالی و ۱۳٦۰ متر ارتفاع از سطح دریا) طی دو فصل زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ انجام شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تک‌کشتی ذرت (C)، تک‌کشتی اسپرس (S) و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در چهار نسبت ردیفی شامل: دو ردیف ذرت و دو ردیف اسپرس (2C: 2S)، دو ردیف ذرت و چهار ردیف اسپرس (2C: 4S)، دو ردیف ذرت و شش ردیف اسپرس (2C: 6S) و دو ردیف ذرت و هشت ردیف اسپرس (2C: 8S) بودند. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شدند. اندازه هر کرت ۱۰×٤ متر بود. فاصله چهارمتری اطراف هر کرت به عنوان حاشیه بدون کشت باقی ماند. بذرهای ذرت (رقم ٦۵۰) و اسپرس (رقم Perly) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. بذور ذرت در اواخر فروردین ماه هر سال آزمایشی روی پشته‌هایی با فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر از هم و با فاصله ٤۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی هر پشته کشت شدند. بذرهای اسپرس به طور همزمان روی پشته‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم با تراکم ۱۵۰ گیاه در مترمربع کاشته شدند. آبیاری به صورت غرقابی هر هفته یکبار انجام شد. علف‌های هرز طی فصل رشدی به صورت دستی وجین شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و تنوع گونه‌ای شکارگرهای آن

نمونه‌برداری‌ها از زمان مشاهده تخم‌های کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت روی گیاهان ذرت (۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۵ و ۲ خرداد ۱۳۹۶) آغاز و به فاصله زمانی هر ۱۰ روز یک بار تا زمان برداشت محصول ادامه داشت. در این تحقیق یک بوته ذرت به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب شد. تعداد نمونه لازم با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه گردید (Southwood and Henderson, 2000).

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

در این رابطه، N تعداد نمونه مناسب، S انحراف معیار داده‌های حاصل از نمونه‌برداری اولیه ، $\bar{x}$ میانگین داده‌های نمونه‌برداری اولیه و D سطح دقت آزمایش بوده که مقدار آن ۰/۲۵ در نظر گرفته شد. در هر نوبت نمونه‌برداری تعداد چهار بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب شدند. در هر بوته ذرت تعداد تخم‌ها و لاروهای سرگردان آفت روی شاخ و برگ گیاهان ذرت و نیز تعداد گونه‌های شکارگر به ازای یک گیاه با استفاده از ذره‌بین دستی 20X بررسی و ثبت شدند. سپس کل بوته ذرت از محل طوقه جدا شد و در کیسه‌های نایلونی مخصوص حاوی نام تیمار، نام بلوک، تاریخ نمونه‌برداری و مرحله رشدی گیاه به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از برش دادن ساقه و بلال‌ها، تعداد لاروهای موجود در آنها شمارش و یادداشت شد. لازم به ذکر است که میانگین تعداد تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه خوار اروپایی ذرت و نیز فراوانی گونه‌های شکارگر غالب به ازای هر کرت آزمایشی در تجزیه واریانس داده‌ها استفاده شدند. همچنین، برای شناسایی صحیح گونه‌های شکارگر تعدادی از حشرات کامل و مراحل نابالغ آن‌ها درون قفس‌های لیوانی با درپوش توری گذاشته شدند و با برچسب حاوی نام تیمار، نام بلوک، تاریخ نمونه‌برداری و مرحله رشدی گیاه به آزمایشگاه منتقل شدند. مراحل نابالغ شکارگرها در دمای اطاق تا زمان تکمیل نشوونما و تبدیل آنها به حشرات کامل روی برگ‌های آلوده به تخم‌ها و لاروهای سنین پایین آفت نگهداری شدند. روزانه برگ‌های آلوده به تخم‌ها و لاروهای سنین پایین کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت برای تغذیه در اختیار شکارگرهای درون لیوان‌ها قرار می‌گرفت. حشرات کامل گونه‌های شکارگر با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی زیر استریومیکروسکوپ شناسایی شدند (Baker *et al*., 1949; Bei-Bienko *et al*., 1967; Gordon, 1985). در ادامه، بر اساس داده‌های تعداد و فراوانی گونه‌های شکارگر، فراوانی نسبی گونه‌ها، شاخص تنوع شانون (H') با رابطه‌ی (۲)، شاخص یکنواختی شانون (E) با رابطه‌ی (۳) و شاخص شباهت تنوع گونه‌ای موریسیتا–هورن (C_{MH}) با رابطه (٤) محاسبه شدند (Magurran, 2004):

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln p_i \qquad (۲)$$

در این رابطه: H' شاخص تنوع شانون و p_i نسبت افراد درگونه i ام به کل افراد (n_i/N) می‌باشد.

$$E = H'/\ln S \qquad (۳)$$

در این رابطه E شاخص یکنواختی شانون، H' شاخص تنوع شانون و S تعداد گونه در نمونه می‌باشد.

$$C_{MH} = 2\sum_{i=1}^{s}(a_i \times b_i)/((d_a \times d_b)\times(N_a \times N_b)) \qquad (٤)$$

در این رابطه: N_a تعداد کل افراد در سامانه‌ی a، N_b تعداد کل افراد در سامانه‌ی b، a_i تعداد افرادگونه i ام در سامانه a، b_i تعداد افراد گونه i ام در سامانه b، $d_a = \sum a_i^2/N_a^2$ و $d_b = \sum b_i^2/N_b^2$ می‌باشد.

نرخ پارازیتیسم

برای تعیین درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت روی گیاهان آلوده ذرت، در نمونه‌های برداشته شده در آزمایش‌های بالا (چهار بوته در هر کرت) برگ‌های دارای تخم‌ها و لاروهای سرگردان

www.SID.ir

Archive of SID

و نیز ساقه و بلال‌های آلوده به لاروها از گیاهان آلوده بریده شدند و به صورت جداگانه درون قفس لیوانی با درپوش توری در دمای اتاق در آزمایشگاه تا زمان خروج پارازیتوییدها نگه‌داری شدند. درصد تخم‌های پارازیته شده بر اساس تیره شدن رنگ تخم‌ها و نیز وجود سوراخ خروجی حشرات کامل زنبور و درصد لاروهای پارازیته شده بر اساس تیره رنگ شدن و مرگ لاروها در نتیجه خروج حشرات کامل پارازیتوییدها تعیین شدند. داده‌های درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده در هر کرت در تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها استفاده شدند. همچنین، پارازیتوییدهای جمع‌آوری شده از تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه خوار اروپایی ذرت زیر استریومیکروسکوپ و یا میکروسکوپ بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی قسمت‌های مختلف بدن شناسایی شدند (Baker *et al*., 1949; Tobias, 1995). سپس تعداد هر گونه پارازیتویید در هر نمونه شمارش و یادداشت شد. از داده‌های حاصل در تعیین درصد فراوانی نسبی هر کدام از گونه‌های پارازیتویید تخم و لارو استفاده شد.

درصد گیاهان آلوده و عملکرد کشت‌های نواری

برای تعیین درصد گیاهان آلوده و عملکرد ذرت در پایان فصل رشدی و زمان برداشت محصول ذرت (با درصد رطوبت ١٤ درصد دانه‌ها) ابتدا در هر کرت یک کوادرات یک مترمربعی به طور تصادفی با حذف اثر حاشیه‌ای ۵۰ سانتی‌متری و نبود بوته ذرت قطع شده طی آزمایش‌های بالا انتخاب شد و بوته‌های ذرت داخل آن‌ها از محل طوقه بریده شدند و داخل کیسه‌های نایلونی با برچسب حاوی نام تیمار، نام بلوک و تاریخ نمونه-برداری به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه گیاهان سالم و آلوده به کرم ساقه خوار اروپایی ذرت جدا شدند. تعداد گیاهان آلوده نسبت به تعداد کل گیاهان نمونه‌برداری شده در هر کرت برای تعیین درصد گیاهان آلوده به آفت استفاده شد. در ادامه، بلال‌های گیاهان ذرت نمونه‌برداری شده از هر کوادرات یک مترمربعی در هر کرت آزمایشی داخل آون در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. سپس دانه‌های سالم ذرت از بلال جداسازی شده و با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius Inc., Edgewood, NY, USA) وزن شدند. سپس، عملکرد محصول بر اساس داده‌های عملکرد ذرت به ازای یک کوادرات یک مترمربعی در هر کرت آزمایشی تعیین شد.

همچنین، به منظور تعیین عملکرد اسپرس در هر تیمار آزمایشی در زمان‌های برداشت علوفه اسپرس (در چهار نوبت طی اواخر خرداد، تیر، مرداد و شهریورماه همزمان با مرحله گلدهی کامل اسپرس) در هر کرت ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و سپس یک کوادرات یک مترمربعی به صورت تصادفی در هر کرت انداخته شد. گیاهان اسپرس داخل کوادرات از محل طوقه بریده شدند و داخل کیسه‌های نایلونی با برچسب حاوی نام تیمار، نام بلوک و تاریخ نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌ها در آون با دمای ٦٠ درجه سانتیگراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند و سپس با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. به این صورت عملکرد علوفه خشک اسپرس به ازای یک کوادرات یک مترمربعی در هر کرت آزمایشی تعیین شد.

در ادامه، از شاخص نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio) برای تعیین سودمندی کشت نواری ذرت و اسپرس نسبت به تک‌کشتی آن‌ها مطابق رابطه‌ی (۵) استفاده شد (Mead & Willey, 1980):

$$LER = (Y_{Ci}/Y_C) + (Y_{Si}/Y_S) \qquad (۵)$$

در این معادله Y_{Ci} و Y_C به ترتیب عملکرد ذرت در کشت نواری و تک‌کشتی و Y_{Si} و Y_S به ترتیب عملکرد اسپرس در کشت نواری و تک‌کشتی می‌باشند. در صورتیکه، LER بزرگ‌تر از یک باشد، به معنی این است که کشت نواری دو محصول در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از آن‌ها سودمندی بیشتری دارد، ولی اگر این نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

کمتر از یک باشد به این معنی است که کشت نواری دو محصول در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از آن‌ها سودمندی ندارد (Mead & Willey, 1980).

تجزیه آماری داده‌ها

در تجزیه آماری داده‌ها از تبدیل داده Log (x) برای داده‌های تراکم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و از تبدیل داده Arcsin (x) برای داده‌های درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده و نیز درصد گیاهان آلوده به منظور حذف غیر یکنواختی واریانس داده‌ها (بر اساس نتایج حاصل از آزمون Kolmogorov–Smirnov) استفاده شد. سپس داده‌ها در هر سال به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با پنج تیمار و چهار تکرار) تجزیه واریانس شدند. از آزمون توکی برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد (SAS, 2005). شاخص تنوع شانون برای ترکیب گونه‌ای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در هر کرت مربوط به هر تیمار به طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه شد و سپس داده‌های شاخص تنوع شانون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با پنج تیمار و چهار بلوک) تجزیه واریانس شدند. اختلافات معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند (SAS, 2005). همچنین داده‌های مربوط به عملکرد هر دو محصول ذرت و اسپرس به طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با پنج تیمار و چهار بلوک) در هر سال تجزیه واریانس شدند و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند (SAS, 2005).

نتایج

تراکم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت

میانگین تراکم تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در سیستم‌های مختلف کشت در جدول ۱ ارایه شده است. در هر دو سال تراکم تخم‌ها در تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری بالاتر از کشت‌های نواری ذرت و اسپرس بود ($F_{4,12} = 203.81, P < 0.001$ در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12} = 455.92, P < 0.001$ در سال ۱۳۹۶)، در سال ۱۳۹۵، تراکم تخم‌ها در کشت‌های نواری 2C:6S و2C:8S به طور معنی‌داری کمتر از 2C:2S و 2C:4S بود، در سال ۱۳۹۶، کمترین فراوانی تخم‌ها در 2C:6S مشاهده شد و در 2C:4S و 2C:8S در مقایسه با 2C:2S تعداد تخم‌های گذاشته شده کمتر بود (جدول ۱). بیشترین تراکم لاروهای این آفت (۵/۸ عدد در سال ۱۳۹۵ و ٤/۳ در سال ۱۳۹٦) در سیستم تک‌کشتی ذرت مشاهده شد. در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ تراکم لاروها در کشت‌های نواری 2C:6S و2C:8S به طور معنی‌داری کمتر از 2C:2S و 2C:4S بود ($F_{4,12} = 509.38, P < 0.001$ در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12} = 367.78, P < 0.001$ در سال ۱۳۹٦).

تنوع گونه‌ای شکارگرها

در این تحقیق ٤ گونه شکارگر مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت، ٦ گونه شکارگر در 2C:2S و 2C:4S و ۷ گونه شکارگر در کشت‌های نواری 2C:6S و 2C:8S جمع‌آوری و شناسایی شدند (جدول ۲). در تک‌کشتی ذرت، ٤ گونه شکارگر مشاهده شد که گونه‌های *Hippodamia variegata* (Goeze) و *Chrysoperla carnea* (Stephans) فراوانی نسبی بالاتری نسبت به سایر شکارگرها داشتند. در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس با افزایش تعداد ردیف‌های اسپرس، تعداد گونه‌های شکارگر افزایش یافت و فراوانی نسبی آن‌ها همگن‌تر شد. طوریکه تعداد گونه‌های شکارگر زیاد و با فراوانی نسبی یکنواخت‌تر در کشت‌های نواری 2C:6S و 2C:8S مشاهده شد (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین (± خطای استاندارد) تعداد تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت به ازای یک گیاه در تک‌کشتی ذرت و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 1. Mean (±SE) density of eggs and larvae of *O. nubilalis* per plant of corn in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Cropping systems	No. eggs/plant		No. larvae/plant	
	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture	10.1 ± 0.8 [a]	9.3 ± 1.0 [a]	5.8 ± 0.6 [a]	4.3 ± 0.5 [a]
Intercrop 2C:2S	9.0 ± 0.6 [b]	8.2 ± 0.8 [b]	3.2 ± 0.5 [b]	2.2 ± 0.3 [b]
Intercrop 2C:4S	7.4 ± 0.5 [c]	6.0 ± 0.4 [c]	2.4 ± 0.3 [c]	2.0 ± 0.3 [b]
Intercrop 2C:6S	5.8 ± 0.6 [d]	4.9 ± 0.6 [d]	1.1 ± 0.3 [d]	0.9 ± 0.1 [c]
Intercrop 2C:8S	6.1 ± 0.4 [d]	5.1 ± 0.3 [c]	1.5 ± 0.2 [d]	1.1 ± 0.2 [c]

Means with the dissimilar letters in each column are significantly different (Tukey's test, $P \leq 0.05$).

جدول ۲- درصد فراوانی نسبی شکارگرهای مراحل نابالغ کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و سیستم‌های مختلف کشت نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 2. Percentage of relative abundance of predators of *O. nubilalis* immatures in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Predators	Corn monoculture		Intercrop 2C:2S		Intercrop 2C:4S		Intercrop 2C:6S		Intercrop 2C:8S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Orius niger	12.5	13.3	15.6	13.6	18.6	18.4	14.4	13.5	14.7	14.1
Nabis punctatus	18.7	20.0	18.8	18.2	13.9	14.3	14.4	15.1	15.8	16.6
Nabis pseudoferus	-	-	6.2	4.5	9.4	8.1	13.6	12.7	12.6	12.6
Chrysoperla carnea	25.1	26.7	21.9	22.7	20.9	22.4	15.2	16.6	15.8	17.7
Hippodamia convergens	-	-	12.5	9.1	11.6	10.2	13.5	12.7	13.7	11.8
Hippodamia variegata	-	-	-	-	-	-	12.7	11.9	9.5	8.3
Coccinella septempunctata	43.7	40.0	25.0	31.9	25.6	26.6	16.2	17.5	17.9	18.9

نتایج تنوع گونه‌ای آلفا برای ترکیب شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت با استفاده از شاخص تنوع شانون در هر دو سال مورد مطالعه نشان داد که مقدار این شاخص در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی ذرت بود و در بین کشت‌های نواری مقدار H' در 2C:6S و 2C:8S در مقایسه با 2C:2S و 2C:4S بیشتر بود ($F_{4,12}$= 18.21, P < 0.001 در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12}$=16.52, P < 0.001 در سال ۱۳۹۶؛ جدول ۳). علاوه بر آن، در سال ۱۳۹۵ گونه‌های شکارگر در کشت‌های نواری 2C:4S ، 2C:6S و 2C:8S در مقایسه با تک‌کشتی ذرت از شاخص یکنواختی (E) بالاتری برخوردار بودند ($F_{4,12}$= 9.21, P = 0.002)، ولی اختلاف شاخص E بین کشت‌های نواری معنی‌دار نبود (جدول ۳)؛ در سال ۱۳۹۶، شاخص یکنواختی گونه‌های شکارگر در 2C:6S و 2C:8S به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی ذرت و 2C:2S بود ($F_{4,12}$=10.92, P = 0.003)، ولی اختلاف بین 2C:4S ، 2C:6S و 2C:8S معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج تنوع گونه‌ای بتا برای شکارگرهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت بین سیستم‌های کشت مورد مطالعه با استفاده از شاخص شباهت موریسیتا-هورن نشان داد که در هر دو سال مورد مطالعه بالاترین میزان شاخص شباهت تنوع گونه‌ای موریسیتا- هورن (C_{MH}= 0.98 در سال ۱۳۹۵ و C_{MH}= 0.99 در سال ۱۳۹۶) بین دو سیستم کشت نواری 2C:6S و 2C:8S مشاهده شد. در حالیکه، کمترین میزان این شاخص (C_{MH}= 0.68 در سال ۱۳۹۵ و C_{MH}= 0.72 در سال ۱۳۹۶) بین تک‌کشتی ذرت و کشت نواری 2C:6S مشاهده شد (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین (± خطای استاندارد) شاخص تنوع و یکنواختی شانون برای ترکیب گونه‌های شکارگر کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 3. Mean (±SE) Shannon diversity indices (*H'*) for predators of *O. nubilalis* in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Cropping systems	Shannon diversity index (*H´*)		Shannon evanescence index (*E*)	
	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture	1.28 ± 0.06 [c]	1.30 ± 0.06 [c]	0.92 ± 0.02 [b]	0.94 ± 0.02 [b]
Intercrop 2C:2S	1.71 ± 0.04 [b]	1.64 ± 0.04 [b]	0.95 ± 0.01 [ab]	0.92 ± 0.02 [b]
Intercrop 2C:4S	1.73 ± 0.02 [b]	1.71 ± 0.02 [b]	0.97 ± 0.01 [a]	0.95 ± 0.02 [ab]
Intercrop 2C:6S	1.94 ± 0.04 [a]	1.93 ± 0.03 [a]	0.99 ± 0.02 [a]	0.99 ± 0.02 [a]
Intercrop 2C:8S	1.92 ± 0.01 [a]	1.91 ± 0.01 [a]	0.99 ± 0.02 [a]	0.98 ± 0.02 [a]

Means with the dissimilar letters in each column are significantly different (Tukey's test, $P \leq 0.05$).

جدول ٤- مقادیر شاخص شباهت موریسیتا-هورن (C_{MH}) برای ترکیب گونه‌های شکارگر کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت بین سیستم‌های کشت مورد مطالعه در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 4. The value of Morisita-Horn index for predators of *O. nubilalis* in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Cropping systems	Corn monoculture		Intercrop 2C:2S		Intercrop 2C:4S		Intercrop 2C:6S		Intercrop 2C:8S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture	-	-	0.80	0.81	0.77	0.80	0.68	0.72	0.73	0.78
Intercrop 2C:2S	-	-	-	-	0.96	0.97	0.89	0.88	0.93	0.90
Intercrop 2C:4S	-	-	-	-	-	-	0.90	0.90	0.93	0.94
Intercrop 2C:6S	-	-	-	-	-	-	-	-	0.98	0.99
Intercrop 2C:8S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

نرخ پارازیتیسم

در این تحقیق زنبورهای *Bracon hebetor* Say، *Simpiesis viridula* (Thomson)، *Diadegma majale* (Gravenhorst) و مگس *Lydella thompsoni* Herting به عنوان پارازیتویید لاروها و زنبور *Trichogramma brassicae* Bezdenko به عنوان پارازیتویید تخم‌های کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت از سیستم‌های کاشت مورد مطالعه جمع‌آوری و شناسایی شدند. هر چهار گونه پارازیتویید لارو در کشت‌های نواری 2C: 4S ، 2C: 6S و2C: 8S با فراوانی نسبی تقریبا یکنواخت مشاهده شدند، ولی در تک‌کشتی ذرت و کشت نواری 2C: 2S از یک سو گونه *S. viridula* مشاهده نشد و از سوی دیگر گونه‌های *B. hebetor* و *L. thompsoni* نسبت به *D. majale* فراوانی نسبی بالاتری داشتند (جدول ۵).

درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در جدول ٦ ارایه شده است. در هر دو سال، در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در مقایسه با تک‌کشتی ذرت درصد بیشتری از تخم‌های کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت پارازیته شدند و در بین کشت‌های نواری با افزایش تعداد ردیف‌های اسپرس در کشت‌های نواری 2C: 6S تا 2C: 8S درصد تخم‌های پارازیته شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($F_{4,12}$= 829.66, P < 0.001) در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12}$= 479.06, P < 0.001 در سال ۱۳۹٦؛ جدول ٦). نتایج بدست‌آمده در خصوص درصد لاروهای پارازیته شده در سیستم‌های کشت مورد مطالعه مشابه نتایج گزارش شده برای درصد تخم‌های پارازیته شده در

www.SID.ir

Archive of SID

هر دو سال بود ($F_{4,12}$= 1594.14, P < 0.001 در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12}$= 275.76, P < 0.001 در سال ۱۳۹۶؛ جدول ٦).

جدول ۵- درصد فراوانی نسبی پارازیتوییدهای لارو کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦

Table 5. Percentage of relative abundance of larval parasitoids of *O. nubilalis* in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Larval parasitoids	Corn monoculture		Intercrop 2C: 2S		Intercrop 2C: 4S		Intercrop 2C: 6S		Intercrop 2C: 8S	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Bracon hebetor	35.4	32.0	33.1	33.0	25.6	26.9	26.1	25.5	26.9	26.1
Simpiesis viridula	-	-	-	-	21.4	21.2	24.3	23.6	21.7	20.5
Diadegma majale	14.4	19.1	21.4	25.0	19.6	20.3	22.5	22.7	22.2	22.8
Lydella thompsoni	50.2	48.9	45.5	42.0	33.4	31.6	27.1	28.2	29.2	30.6

جدول ٦- درصد تخم‌ها و لاروهای پارازیته شده کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦

Table 6. The percentage of parasitized eggs and larvae of *O. nubilalis* in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Cropping systems	The percentage of parasitized eggs[a] per plant		The percentage of parasitized larvae[b] per plant	
	2016	2017	2016	2017
Corn monoculture	4.3 ± 0.2 [d]	3.9 ± 0.4[e]	8.4 ± 0.5 [e]	9.9 ± 1.1 [c]
Intercrop 2C: 2S	10.3 ± 0.5 [c]	13.1 ± 0.6[d]	14.5 ± 0.3 [c]	13.1 ± 0.9 [c]
Intercrop 2C: 4S	22.2 ± 0.8 [b]	20.7 ± 0.4[c]	34.2 ± 0.7 [b]	33.8 ± 0.2 [b]
Intercrop 2C: 6S	42.6 ± 0.2 [a]	45.6 ± 0.6[a]	59.5 ± 0.4 [a]	60.5 ± 1. 4 [a]
Intercrop 2C: 8S	40.8 ± 0.5 [a]	41.1 ± 0.8[b]	55.3 ± 0.5 [a]	57.7 ± 0.9 [a]

Means with the dissimilar letters in each column are significantly different (Tukey's test, $P \leq 0.05$).

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

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

درصد گیاهان آلوده

در تحقیق حاضر، در هر دو سال درصد گیاهان آلوده به کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت به طور معنی‌داری بیشتر از کشت‌های نواری ذرت و اسپرس بود؛ در بین کشت‌های نواری در سال ۱۳۹۵ درصد آلودگی در 2C: 6S و 2C: 8S به طور معنی‌داری کمتر از 2C: 2S و 2C: 4S بود ($F_{4,12}$= 787.2, P < 0.001؛ جدول ۷))؛ در سال ۱۳۹٦، کمترین درصد آلودگی (۱٦/۹ درصد) مربوط به کشت نواری 2C: 6S بود و آلودگی گیاهان ذرت به این آفت در 2C: 8S به طور معنی‌داری کمتر از 2C: 2S و 2C: 4S بود ($F_{4,12}$= 669.5, P < 0.001؛ جدول ۷).

عملکرد کشت‌های نواری

عملکرد ذرت و اسپرس در تک‌کشتی‌های این دو محصول و کشت‌های نواری آن‌ها در جدول ۸ ارایه شده است. در هر دو سال مورد مطالعه عملکرد ذرت در کشت‌های نواری به طور معنی‌داری بیشتر از تک‌کشتی ذرت بود ($F_{4,12}$= 9070.04, P < 0.001 در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12}$= 2028.76, P < 0.001 در سال ۱۳۹٦)، ولی اختلافات

www.SID.ir

Archive of SID

در بین کشت‌های نواری معنی‌دار نبودند (جدول ۸). در هر دو سال مورد مطالعه، عملکرد اسپرس در کشت نواری 2C: 2S به طور معنی‌داری کمتر از تک‌کشتی اسپرس بود ($F_{4,12}$= 104.47, P < 0.001 در سال ۱۳۹۵ و $F_{4,12}$= 96.54, P < 0.001 در سال ۱۳۹۶)، ولی اختلافات در بین 2C: 4S، 2C: 6S، و 2C: 8S و تک‌کشتی اسپرس معنی‌دار نبود (جدول ۸). شاخص نسبت برابری زمین (LER) در کشت‌های نواری بیشتر از یک بدست آمد؛ در بین کشت‌های نواری مقدار شاخص LER در 2C: 6S و 2C: 8S نسبت به 2C: 2S و 2C: 4S بیشتر بود (جدول ۸) که نشان‌دهنده سودمندی بیشتر کشت‌های نواری 2C: 6S و 2C: 8S در مقایسه با 2C: 2S و 2C: 4S می‌باشد.

جدول ۷- درصد گیاهان آلوده به کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و کشت‌های نواری ذرت و اسپرس در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 7. Percentage of *O. nubilalis* infested corn plants in corn monoculture and strip-intercropping of corn-sainfoin in 2016 and 2017

Cropping systems	% Infested plants	
	2016	2017
Corn monoculture	59.2 ± 0.4 [a]	55.9 ± 0.5 [a]
2S Intercrop 2C:	49.3 ± 0.5 [b]	46.7 ± 0.5 [b]
4S Intercrop 2C:	40.8 ± 0.6 [c]	39.6 ± 0.3 [c]
6S Intercrop 2C:	18.7 ± 0.4 [d]	16.9 ± 0.3 [e]
8S Intercrop 2C:	20.2 ± 02 [d]	20.9 ± 0.6 [d]

Means with the dissimilar letters in each column are significantly different (Tukey's test, $P \leq 0.05$).

جدول ۸- عملکرد ذرت و اسپرس و نرخ برابری زمین (LER) در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس و تک-کشتی‌های آن‌ها در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Table 8. Yield of corn and sainfoin and land equivalent ratio in strip-intercropping of corn and sainfoin and monoculture of them in 2016 and 2017

Cropping systems	Corn yield (kg/m2)		Sainfoin yield (kg/m2)		Land equivalent ratio (LER)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Monocultures	0.58 ± 0.03 [b]	0.60 ± 0.04 [b]	0.44 ± 0.03 [a]	0.45 ± 0.02 [a]	1	1
Intercrop 2C:2S	0.72 ± 0.06 [a]	0.75 ± 0.06 [a]	0.37 ± 0.02 [b]	0.36 ± 0.02 [b]	1.04	1.02
Intercrop 2C:4S	0.77 ± 0.07 [a]	0.81 ± 0.06 [a]	0.41 ± 0.02 [ab]	0.43 ± 0.04 [ab]	1.06	1.09
Intercrop 2C:6S	0.87 ± 0.08 [a]	0.89 ± 0.09 [a]	0.46 ± 0.04 [a]	0.47 ± 0.05 [a]	1.16	1.15
Intercrop 2C:8S	0.85 ± 0.07 [a]	0.88 ± 0.07 [a]	0.48 ± 0.03 [a]	0.49 ± 0.04 [a]	1.17	1.16

Means with the dissimilar letters in each column are significantly different (Tukey's test, $P \leq 0.05$).

بحث

در تحقیق حاضر، مشخص شد که نوع سیستم کشت (کشت‌های نواری ذرت و اسپرس و تک‌کشتی ذرت) در تراکم جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت موثر است. بر این اساس، بالاترین تراکم جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در تک‌کشتی ذرت و پایین‌ترین تراکم آن در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس مشاهده شد. در بین کشت‌های نواری، تراکم جمعیت این شب‌پره در کشت‌های نواری 2C:6S و 2C:8S در پایین‌ترین گروه آماری قرار داشت. کاهش جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس می‌تواند با تداخل مواد فرار مترشحه توسط دو محصول و در نتیجه اختلال در میزبان‌یابی و استقرار آفت قابل توجیه باشد. چراکه، حشرات برای پیدا کردن میزبان خود اغلب از ترکیبات فرار مترشحه از گیاه مورد نظر استفاده می‌کنند (Harmon & Andow, 2004; Harwood *et al.*, 2007). در تک‌کشتی ذرت به دلیل اینکه ترکیبات فرار مترشحه فقط از گیاهان ذرت در فضا پخش می‌شود، لذا یافتن میزبان در تک‌کشتی ذرت اغلب راحت‌تر از چندکشتی‌ها است. بر این

www.SID.ir

Archive of SID

اساس، در کشت‌های نواری با افزایش نسبت جایگزینی کاشت به نفع اسپرس در تیمارهای 2C: 6S و 2C: 8S کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت مقادیر کمتری از مواد فرار مترشحه از گیاه ذرت را در فضا دریافت می‌کند و در نتیجه میزبان‌یابی و کلنی‌سازی این آفت در این سیستم‌های کشت کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، گیاهان غیر میزبان می‌توانند از طریق ایجاد موانع فیزیکی مانع جابه‌جایی و گسترش آفت در سیستم‌های کشت نواری شده و موجب کاهش تراکم آفت شوند (Tillman *et al*., 2015). برای مثال، گزارش شده است که حشرات کامل ماده کرم شاخدار گوجه‌فرنگی هنگامی‌که به توده‌ای از پوشش گیاهی نزدیک می‌شود، آن را با پای جلویی خود محک می‌زند که احتمالاً این کار را با هدف دریافت یک ماده شیمیایی راهنما از گیاه میزبان انجام می‌دهد. اگر آن گیاه یک بوته گوجه‌فرنگی باشد، در این‌صورت حشره به سرعت یک تخم گذاشته و پس از آن در حدود ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از گیاه پرواز می‌کند و دوباره با گیاه روبرو شده و طی همان مکانیسم اشاره شده در قبل پس از تشخیص میزبان تخم دیگری روی گیاه میزبان می‌گذارد. حشره کامل ماده این عمل را پنج تا ۱۰ بار تکرار می‌کند؛ ولی زمانی‌که ردیف‌های گوجه‌فرنگی توسط ردیف‌های لوبیا احاطه شدند، کرم شاخدار گوجه‌فرنگی قبل از آنکه با برگ‌های گوجه‌فرنگی مواجه شود با برگ‌های لوبیا برخورد می‌کند و در نتیجه بدون اینکه تخمی بگذارد به سرعت به موقعیت پرواز و خروج از توده گیاهی تغییر رفتار می‌دهد (Smith & McSorley, 2000).

پایه و اساس کنترل بیولوژیکی حفاظتی، افزایش تنوع پوشش گیاهی در سیستم‌های کاشت به منظور حفظ و نگه‌داری اجتماع دشمنان طبیعی و افزایش کارایی آن‌ها است (Quarles & Grossman, 2002). بنابراین، یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش تراکم جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در سیستم‌های کشت نواری ذرت و اسپرس به خصوص 2C: 6S و 2C: 8S می‌تواند با افزایش کارایی دشمنان طبیعی در ارتباط باشد. چراکه، سیستم‌های کشت مخلوط با فراهم آوردن گرده، شهد، پناهگاه و مکانهای لانه‌سازی و جفت‌گیری مناسب برای شکارگرها و پارازیتوییدها باعث افزایش کارایی و فراوانی آنها می‌شوند (Rabb *et al*., 1976; Altieri *et al*., 2009). تنوع گونه‌ای شکارگرها در سیستم‌های مختلف کشت با استفاده از شاخص‌های مختلف از جمله شاخص تنوع شانون (H') محاسبه می‌شود (Magurran, 2004). در بررسی حاضر مقدار شاخص تنوع H' برای گونه‌های شکارگر کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در هر چهار سیستم کشت نواری ذرت و اسپرس بالاتر از تک‌کشتی ذرت بود. افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرها در کشت‌های نواری هم با افزایش تعداد گونه‌های شکارگر و هم با همگن‌تر بودن فراوانی نسبی آن‌ها در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس به خصوص 2C: 6S و 2C: 8S در ارتباط بود (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های محققین قبلی مبنی بر افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرها در سیستم‌های چندکشتی نسبت به تک‌کشتی‌ها مطابقت دارد (Obrycki *et al*., 1989; Rajput & Daware; 2002; Kavitha *et al*., 2003; Munyuli *et al*., 2007; Fathi, 2016; Fathi, 2018). برای مثال، گزارش شده است که کشت‌های نواری ذرت با شبدر و نیز ذرت با آفتابگردان در مقایسه با تک‌کشتی ذرت در کاهش جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و افزایش تنوع گونه‌ای شکارگرهای آن نقش موثری داشتند (Fathi, 2016; Fathi, 2018). علاوه بر آن، در تحقیق حاضر مشخص شد که درصد بالاتری از تخم‌ها و لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در کشت‌های نواری ذرت و اسپرس به خصوص 2C: 6S و 2C: 8S پارازیته شدند که در بین گونه‌های پارازیتوئید، مگس *L. thompsoni* و زنبورهای *B. hebetor* و *T. brassicae* بیشترین درصد فراوانی را در هر یک از سیستم‌های کشت مورد مطالعه داشتند. محققین قبلی نیز زنبورهای *Trichogramma* را به عنوان پارازیتوییدهای مهم تخم‌ها و زنبور *B. hebetor* و مگس *L. thompsoni* را به عنوان پارازیتوییدهای مهم لاروهای کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت گزارش کرده‌اند (Baker *et al*., 1949; Andow, 1990; Musser & Shelton, 2003). مطالعات قبلی نشان داده است که بسیاری از شکارگرها

www.SID.ir

Archive of SID

و پارازیتوییدها قدرت پراکندگی و جابه‌جایی بالایی دارند و در صورت کاهش جمعیت آفت روی محصول اصلی قادرند با جابه‌جایی روی گیاهانی که با محصول اصلی به صورت مخلوط کشت شده‌اند، جمعیت خود را حفظ کرده و با افزایش جمعیت شکار در گیاه اصلی، دو مرتبه روی این گیاهان مستقر شوند (Harmon & Andow 2004; Harwood *et al*., 2007). در تحقیق حاضر مقدار شاخص شباهت گونه‌ای موریسیتا–هورن بین سیستم‌های تک‌کشتی ذرت با هر یک از سیستم‌های کشت نواری ذرت و اسپرس ($C_{MH} \leq 0.81$) کمتر از مقدار این شاخص بین چهار تیمار کشت نواری ذرت و اسپرس ($C_{MH} \geq 0.88$) بود. مقدار شاخص شباهت موریسیتا–هورن بین صفر تا یک متغیر است. هر چه مقدار عددی این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد نشان دهنده شباهت ترکیب گونه‌ای دشمنان طبیعی بین سیستم‌های کشت است (Magurran, 2004).

برتری کشت نواری دو یا چند محصول نسبت به تک‌کشتی هر کدام از محصولات، تنها در صورت کاهش رقابت بین دو یا چند محصول و نیز استفاده موثرتر از منابع موجود نسبت به کشت‌های جداگانه رخ می‌دهد (Vander Meer, 1989). مزیت کشت‌های نواری بر اساس شاخص نسبت برابری زمین (LER) مشخص می‌شود. هر چقدر مقدار LER از عدد یک بزرگ‌تر باشد، نشان می‌دهد که دو محصول در کنار یکدیگر رشد خوبی نسبت به تک‌کشتی هر کدام از آن‌ها داشتند و رقابتی بین دو محصول در مزرعه رخ نداده است (Mead & Willey, 1980). در تحقیق حاضر مقدار LER در هر چهار سیستم کشت نواری مورد آزمایش بیشتر از عدد یک به‌دست آمد که نشان می‌دهد سودمندی سیستم‌های کشت نواری در مقایسه با تک‌کشتی ذرت و اسپرس بیشتر است. همچنین، در بین کشت‌های نواری، تیمارهای 2C: 6S و 2C: 8S به ترتیب با ۱۶ و ۱۷ درصد در سال ۱۳۹۵ و ۱۵ و ۱۶ درصد در سال ۱۳۹۶ عملکرد بیشتری نسبت به تک‌کشتی ذرت و اسپرس داشتند. درصورتی‌که، کشت‌های نواری 2C: 2S و 2C: 4S به ترتیب ٤ و ٦ درصد در سال ۱۳۹۵ و ۲ و ۹ درصد در سال ۱۳۹٦ باعث افزایش سودمندی عملکرد محصولات نسبت به تک‌کشتی آن‌ها شدند. بالاتر بودن شاخص سودمندی در سیستم‌های مختلف کشت نواری دو محصول نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها در بررسی‌های قبلی نیز به اثبات رسیده است (Sarker *et al*., 2007; Stagnari *et al*., 2017). افزایش سودمندی کشت‌های نواری 2C: 6S و 2C: 8S با افزایش عملکرد ذرت در این تیمارها نسبت به تک‌کشتی ذرت در ارتباط بود (جدول ۹). در این تیمارها عملکرد اسپرس نقشی در افزایش سودمندی نداشت. بدین معنی که عملکرد اسپرس بین کشت‌های نواری 2C: 6S و 2C: 8S و تک کشتی اسپرس اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۹). بالاتر بودن عملکرد ذرت در کشت‌های نواری 2C: 6S و 2C: 8S به احتمال می‌تواند با اثر مکملی گیاه اسپرس در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هوا در خاک و بهبود حاصلخیزی و بافت خاک و به طبع آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی در ارتباط باشد. در تحقیقات قبلی نیز ثابت شده است که هنگامیکه لگوم‌ها همراه با سایر محصولات به صورت مخلوط کشت می‌شوند با تثبیت نیتروژن هوا در خاک می‌توانند باعث افزایش عملکرد محصول همراه در کشت مخلوط شوند (Stagnari *et al*., 2017).

در مجموع بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت نواری ذرت و اسپرس به‌خصوص در نسبت‌های 2C: 6S و 2C: 8S باعث کاهش تراکم جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و افزایش عملکرد ذرت شد. لذا کشت‌های نواری 2C: 6S و 2C: 8S می‌توانند به عنوان ابزاری برای کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت در مزارع ذرت مطرح باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی و مجتمع آموزش عالی شهید باکری میاندوآب جهت فراهم نمودن امکانات انجام تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Altieri, M. A., Nicholls, C. I. & Ponti, L. (2009) Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems. pp. 116-130. In Radcliffe, E. B., Hutchinson, W. D., Cancelado, R. E. (Eds.). *Integrated Pest Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Andow, D. A. (1990) Characterization of predation on egg masses of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America* 83, 482-486.

Baker, W. A., Bradley, W. G. & 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. H., Sharov, A. G., Spuris, Z. D., Yaczewski, T. L., Yakhontov, V. V. & Zhiltsoo, L. A. (1967) *Keys to the insects of the European USSR*. 1214 pp. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute.

Bickerton, M. W. & 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.

Chabi-Olaye, A., Nolte, C., Schulthess, F. & Borgemeister, C. (2005) Relationships of intercropped maize, stem borer damage to maize yield and land-use efficiency in the humid forest of Cameroon. *Bulletin of Entomological Research* 95, 417-427.

Degri, M. M. & Samaila, A. E . (2014) Impact of intercropping tomato and maize on the infestation of tomato fruit borer [*Helicoverpa armigera* (Hubner)]. *Journal of Agricultural and Crop Research* 2, 160-164.

Fadamiro, H. Y. & 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 & Plant Diseases* 5, 211- 222. [In Persian with English summary].

Fathi, S. A. A. (2017) Effect of strip-intercropping of spring canola with clover in improvement of natural biological control of *Plutella xylostella* (L.). *Plant Pest Research* 7, 73-86. [In Persian with English summary].

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

Harmon, J. & Andow, D. A. (2004) Indirect effects between shared preys: predictions for biological control. *Biocontrol* 49, 605-626.

Harwood, J. D., Desneux, N., Jung, Y., Rowley, D. L., Greenstone, M. H., Obryicki, J. J & O'neil, R. J. (2007) Tracking the role of alternative prey in soybean aphid predation by *Orius insidiosus*: a molecular approach. *Molecular Ecology* 16, 4390-4400.

Hudon, M. & 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.

Kavitha, G., Ram, P. & Saini, R. K. (2003) Impact of strip crops on the population of arthropod predators and insect-pests in cotton. *Journal of Biological Control* 17, 17-21.

Leahy, T. C. & 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.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. 256 pp. Blackwell Publishing, USA.

Mead, R. & Willey, R. W. (1980) The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16, 217-228.

Munyuli, M. B. T., Luther, G. C. & Kyamanywa, S. (2007) Effects of cowpea cropping systems and insecticides on arthropod predators in Uganda and Democratic Republic of the Congo. *Crop Protection* 26, 114 -126.

Musser, F. R. & Shelton, A. M. (2003) Predation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs in sweet corn by generalist predators and the impact of alternative foods. *Environmental Entomology* 32, 1131-1138.

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

Obrycki, J. J., Hamid, M. N., Sajap, A. & Lewis, L. C. (1989) Suitability of corn insect pests for development and survival of *Chrysoperla carnea* and *Chrysopa oculata* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 18, 1126-1130.

Phoofolo, M. W. & Obryicki, J. J. (1997). Comparative prey suitability of *Ostrinia nubilalis* eggs and *Acyrthosiphon pisum* for *Coleomegilla maculata*. *Biological Control* 9, 167-172.

www.SID.ir

Archive of SID

Quarles, W. & Grossman, J. (2002). Insectary plants, intercropping and biological control. *The IPM Practitioner* 24, 1-11.

Rabb, R. L., Stinner, R. E. & Van den Bosch, R. (1976). Conservation and augmentation of natural enemies. pp. 233-254. In Huffaker, C.B., Messenger, P. (Eds.). Theory and Practice of Biological Control. Academic Press, New York.

Rajput, K. P. & Daware, D. G. (2002) Effects of different intercrops on the population buildup of *Chrysoperla* and coccinellids on cotton. *Journal of Cotton Research and Development* 16, 106-107.

Sarker, P. K., Rahman, M. M. & Das, B. C. (2007) Effect of intercropping of mustard with onion and garlic on aphid population and yield. *Journal of Biological Science*15, 35-40.

SAS Institute. (2005) SAS/STAT user's guide, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Smith, H. A. & McSorley, R. (2000) Intercropping and pest management: A Review of major concepts. *American Entomologist* 46, 154–161.

Soleyman-Nezhadiyan, A. (2009) Planting alfalfa in the adjacent sugarcane and its impact on the diversity of the sugarcane stem borer and damage. *Plant Protection* 32, 89-92. [In Persian with English summary].

Spangler, S. M. & Calvin, D. D. (2000) Influence of sweet corn growth stages on European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) oviposition. *Environmental Entomology* 29, 1226-1235.

Southwood, T. R. E. & Henderson, P. A. (2000) Ecological methods. Blackwell Science, USA. 575 Pp.

Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A. & Pisante, M. (2017) Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 4, 1-13.

Tillman, P. G., Khrimian, A., Cottrell, T. E., Luo, X., Mizell, R. F. & Johnson, J. (2015) Trap cropping systems and a physical barrier for suppression of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology* 108, 2324–2334.

Tobias, V. I. (1995) *Keys of the insects of the European part of the USSR*, Vol. 3, Hymenoptera. Science Publishers, Lebanon, New Hampshire. 120 Pp.

Vander Meer, J. (1989) *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, New York. 237 Pp.

www.SID.ir