Iranian Journal of Plant Protection Science
Vol 47, No 2, Autumn & Winter 2016-2017 (177-187)
DOI: 10.22059/ijpps.2017.201783.1006698

دانش گیاهپزشکی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵ (ص ۱۸۷-۱۷۷)

تأثیر کشت سیب‌زمینی در مجاورت یونجه‌زار بر تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی و تراکم *Leptinotarsa decemlineata* در منطقهٔ اردبیل

پژمان تاج‌میری[۱]، سید علی‌اصغر فتحی[۲*]، علی گلی‌زاده[۲] و قدیر نوری‌قنبلانی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی دورهٔ دکتری، دانشیار و استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱٦)

چکیده

سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col.: Chrysomelidae)، مهم‌ترین آفت برگ‌خوار گیاه سیب‌زمینی در ایران است. در این پژوهش تنوع گونه‌ای و فراوانی شکارگرهای خاکزی و تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) به همراه شاهد (کشتزار سیب‌زمینی تنها) در منطقهٔ اردبیل در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ بررسی شد. در این تحقیق، در کشتزار سیب‌زمینی شاهد هشت گونه شکارگر خاکزی و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار چهارده گونه شکارگر خاکزی با استفاده از تله‌های گودالی گردآوری و شناسایی شدند که در بین آن‌ها عنکبوت‌ها و سوسک‌های خانوادهٔ Carabidae فراوانی بیشتری داشتند. شاخص تنوع شانون (H') برای شکارگرهای خاکزی در هر یک از ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشتزار سیب‌زمینی شاهد بود. در هر دو سال، فراوانی عنکبوت‌ها و سوسک‌های خانوادهٔ Carabidae با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های سیب‌زمینی از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در مقابل، تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های سیب‌زمینی از یونجه‌زار افزایش یافت. بنابراین، می‌توان به کشاورزان توصیه کرد که از کشت نواری سیب‌زمینی و یونجه (با عرض نوارهای سیب‌زمینی بیشینه تا ۱۰ متر) در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: تنوع گونه‌ای، سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، شکارگرها، فراوانی گونه، یونجه‌زار.

Impact of potato cultivation in the vicinity of the alfalfa field on diversity and abundance of terrestrial predators, and density of *Leptinotarsa decemlineata* in Ardabil region

Pejman Tajmiri[1], Seyed Ali Asghar Fathi[2*], Ali Golizadeh[2] and Gadir Nouri-Ganbalani[3]
1, 2, 3. Ph. D. Candidate, Associate Professor and Professor, Department of Plant Protection, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: Feb. 27, 2016 - Accepted: Aug. 6, 2016)

ABSTRACT

The Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col.: Chrysomelidae) is the most important phytophagous pest of potato in Iran. In this research, the diversity and abundance of terrestrial predators, and density of Colorado potato beetle eggs, larvae and adults were studied in potato rows located at 5, 10, 15, and 20 m from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) along with the control (the sole potato field) in Ardabil region during 2014 and 2015. Eight terrestrial predator species in the control potato field and fourteen terrestrial predator species in the potato field adjacent to the alfalfa field were collected using pitfall trap and identified, amongst which spiders and carabid beetles had more relative abundance. The Shannon diversity index (H') for terrestrial predators in the potato rows located at 5, 10, 15, and 20 m from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) was significantly higher than in the control potato field. During two years, the abundance of spiders and Carabid beetles decreased with increasing distance of the potato rows from the alfalfa field. Moreover, the density of Colorado potato beetle eggs, larvae and adults increased with increasing distance of the potato rows from the alfalfa field. Therefore, use of the strip cropping of potato and alfalfa (with 10 m of the potato strips width) could be recommended to the farmers in the integrated management of Colorado potato beetle.

Keywords: Alfalfa field, Colorado potato beetle, predators, species abundance, species diversity.

* Corresponding author E-mail: fathi@uma.ac.ir; saafathi@gmail.com Tel: +98 914 155 4663

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی یک‌ساله از خانوادهٔ بادنجانیان (Solanacae) است و یکی از گیاهان زراعی مهم در جهان است. در ایران، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در سال ۱۳۹۳ به بیش از ۱۸۶۰۰۰ هکتار افزایش یافت که اردبیل با سهم ۱۳/۵ درصد سطح زیر کشت (در حدود ۲۹۰۰ هکتار) و ۱۵/۸ درصد تولید (در حدود ۸۳۱۰۰ تن) مقام دوم کشور را پس از استان همدان داشت (Anonymous, 2014). یونجه (*Medicago sativa* L.) یک گیاه چندساله از خانوادهٔ نیام‌داران، Fabaceae، است که به‌عنوان کود سبز یا یک گیاه علوفه‌ای در جهان به‌طور گسترده‌ای کشت می‌شود (Undersander *et al.*, 2011).

سوسک کلرادوی سیب‌زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* Say) مهم‌ترین آفت گیاه سیب‌زمینی در ایران است. میزبان اصلی این سوسک سیب‌زمینی است، ولی می‌تواند روی دیگر گیاهان تیرهٔ بادنجانیان مانند گوجه‌فرنگی، بادنجان، فلفل و برخی از علف‌های هرز از خانوادهٔ سولاناسه نیز آسیب بزند. سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشور ایران جزو آفات قرنطینه‌ای بوده و نخستین بار از استان اردبیل در سال ۱۳۶۳ گزارش شد و پس‌ازآن، پراکنش این آفت در بیشتر نقاط ایران توسط محققان مختلف گزارش شد (Nouri-Ganbalani, 1986 & 1989; Kazemi & Ardabili, 1999). آسیب اصلی این سوسک مربوط به تغذیهٔ لاروها و حشرات کامل از برگ‌های گیاهان میزبان بوده که باعث کاهش سطح نورساخت (فتوسنتز)کنندهٔ گیاه و درنتیجه کاهش عملکرد محصول می‌شود. در شرایط آب و هوایی اردبیل حشرات کامل زمستان‌گذران از اوایل اردیبهشت‌ماه هنگامی‌که دمای هوا به حدود ۱۲ درجهٔ سلسیوس رسید، از خاک خارج می‌شوند. در این هنگام گیاهان سیب‌زمینی در اوایل رشد بوده و حشرات کامل پس از تغذیه از آن‌ها جفت‌گیری کرده و سپس تخم‌های خود را به‌صورت دسته‌ای در سطح زیرین برگ‌ها در اواخر اردیبهشت‌ماه قرار می‌دهند. این آفت در اردبیل به‌طورمعمول دو نسل در سال دارد هرچند که در برخی سال‌ها نسل سوم این سوسک نیز مشاهده شده است. میزان آسیب و زیان این آفت روی گیاهان میزبان به عامل‌های مختلفی مانند تراکم آفت، شرایط آب‌وهوا، رقم‌های مختلف گیاه میزبان و نوع نظام کشت وابسته است (Nouri-Ganbalani, 1986 & 1989; Kazemi & Ardabili, 1999).

استفاده از حشره‌کش‌ها روشی رایج برای کنترل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی است، ولی به دلیل کاربرد بی‌رویهٔ انواع چندی از آفت‌کش‌ها، امکان بروز مقاومت به حشره‌کش‌ها به دلیل باروری بالا و طول دورهٔ نسلی کوتاه این آفت وجود دارد (Mota-Sanchez *et al.*, 2006; Malekmohammadi, 2014; Scott *et al.*, 2015)؛ لذا توصیه می‌شود که از روش‌های سالم و سازگار با محیط‌زیست در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت استفاده شود. یکی از اصول اساسی در کنترل آفات، حفظ و حمایت از دشمنان طبیعی به‌منظور افزایش تنوع گونه‌ای آن‌ها روی گیاهان میزبان است. افزایش تنوع پوشش گیاهی در نظام‌های کشت منجر به افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی و در نتیجه کاهش تراکم جمعیت آفات می‌شود. زیرا، این نوع نظام‌های کشت دسترسی دشمنان طبیعی به منابعی مانند شکار جایگزین، گرده، شهد و پناهگاه‌های تابستانی و زمستانی را آسان‌تر می‌کند (Barker & Sorenson, 2003; Altieri *et al.*, 2005 & 2009). راه‌های مختلفی برای افزایش تنوع پوشش گیاهی در نظام‌های کشت وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان به تنوع پوشش گیاهی حاشیهٔ مزرعه‌ای و تنوع گونه‌های مختلف گیاهی درون مزرعه‌ای به‌صورت نظام کشت مخلوط و یا چندکشتی با چیدمان‌های مختلف مکانی و زمانی اشاره کرد (Altieri, 1999; Gurr *et al.*, 2004; Altieri & Nicholls, 2008). در این تحقیق فرض بر آن است که کشت سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار بر تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی و تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی تأثیر دارد، لذا این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر کشت سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار بر تنوع گونه‌ای و فراوانی شکارگرهای خاکزی و تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی انجام شد. نتایج ناشی از این تحقیق می‌تواند

Archive of SID

www.SID.ir

در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزارهای سیب‌زمینی سودمند باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دشت اردبیل (با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقهٔ شرقی؛ عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۱۳۳۲ متر از سطح دریا و با میانگین میزان بارندگی سالانه بیش از ۳۰۰ میلی‌متر) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شد و تنوع گونه‌ای و فراوانی شکارگرهای خاکزی و تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) به همراه شاهد (کشتزار سیب‌زمینی تنها) بررسی شد. دو کشتزار آزمایشی یادشده (هرکدام به مساحت تقریبی ۵۰۰ مترمربع با ۵۰ متر عرض و ۱۰ متر طول) به‌موازات یکدیگر و بافاصلهٔ ۲۰ متر از یکدیگر قرار داشتند. لازم به یادآوری است که اطراف کشتزارهای آزمایشی زمین‌های خالی با پوشش علف‌های هرز بود و به فاصلهٔ ۳ متر از حاشیه‌های کشتزارهای آزمایشی به‌منظور کاهش اثر حاشیه‌ای نمونه‌برداری انجام نشد. غده‌های بذری سیب‌زمینی (رقم Agria) از مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج تهیه شدند. در هر دو سال، کاشت سیب‌زمینی در دو کشتزار تحقیقاتی به‌طور همزمان و به روش جوی و پشته (بافاصلهٔ بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متری) انجام شد. غده‌های سیب‌زمینی روی هر یک از پشته‌ها در یک ردیف و بافاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند (Rogers, 2013). مزرعهٔ یونجهٔ رقم همدانی از سه سال پیش کشت شده و آماده بود (بر پایهٔ اطلاعات صاحب مزرعه). عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز همزمان با مرحلهٔ ساقه‌دهی در سیب‌زمینی (اوایل خردادماه) و برابر با عرف رایج در منطقه به‌صورت دستی انجام شد. آبیاری کشتزارها به روش جوی و پشته به فاصله‌های منظم ده روز یک‌بار صورت گرفت. لازم به یادآوری است که برداشت یونجه در مرحلهٔ ریزش گلبرگ‌ها دو بار در طول آزمایش (اولی در اواخر تیرماه و دومی در اواسط شهریورماه) انجام شد. در این کشتزارهای آزمایشی از کاربرد حشره‌کش‌ها پرهیز شد.

تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی با استفاده از تله‌های گودالی (قوطی پلاستیکی به قطر ۱۵ و عمق ۲۰ سانتی‌متر) بررسی و شناسایی شد. این تله‌ها طوری درون خاک مستقر شدند که لبهٔ بالایی آن‌ها هم‌سطح خاک باشد. تله‌ها تا یک‌سوم با محلول آب‌نمک (۵۰ گرم نمک در لیتر) برای جلوگیری از رشد باکتری به همراه چند قطره مایع شوینده (برای کاهش کشش سطحی آب) پر شدند. شمار چهار عدد تلهٔ گودالی در هر یک از ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) و نیز شمار چهار تله در کشتزار سیب‌زمینی تنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مستقر شد. بازدید و بررسی تله‌ها از مرحلهٔ رویش گیاهان سیب‌زمینی با چهار برگ (اواخر اردیبهشت‌ماه) آغاز شد و به فاصله‌های هر ده روز یک‌بار تا مرحلهٔ رشدی زرد و خشک شدن برگ‌های سیب‌زمینی (اواخر مردادماه) ادامه یافت. شمار بارهای بازدید و بررسی تله‌ها ده نوبت در طول فصل رشدی (۳۱ اردیبهشت‌ماه، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ خردادماه و ۹، ۱۹ و ۲۹ تیرماه و ۸، ۱۸ و ۲۸ مردادماه) بود. در هر نوبت بازدید، شمار شکارگرهای به دام افتاده در تله‌های گودالی شمارش و یادداشت شد. لازم به یادآوری است که حشرات به دام افتاده در هر تله در هر نوبت بازدید به‌طور جداگانه درون ظرف‌های شیشه‌ای حاوی الکل اتیلیک ۷۵ درصد و دارای برچسب حاوی نام مزرعه، تاریخ نمونه‌برداری و مرحلهٔ رشدی گیاه برای شناسایی و شمارش به آزمایشگاه منتقل شدند. گونه‌های شکارگر بر پایهٔ کلیدهای شناسایی معتبر زیر استریومیکروسکوپ و یا میکروسکوپ توسط نگارندگان شناسایی شدند (Lindroth, 1974; Trautner, 1988; Howell & Jenkins, 2004). پس از شناسایی گونه‌های شکارگر خاکزی، شمار و فراوانی هر یک از آن‌ها در هر تله گودالی شمارش و یادداشت شدند. از داده‌های به‌دست‌آمده در تعیین شاخص تنوع شانون (H') در هر یک از پنج تیمار (شامل داده‌های

Archive of SID

www.SID.ir

به‌دست‌آمده از چهار فاصلهٔ مختلف ردیف‌های سیب‌زمینی از یونجه‌زار به همراه کشتزار سیب‌زمینی شاهد) مورد بررسی استفاده شد. این شاخص بر پایهٔ رابطهٔ زیر محاسبه شد (Shannon & 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 درگونهٔ i ام (n_i / N) وجود دارند. میزان این شاخص به شمار و فراوانی هر یک از گونه‌های شکارگر بستگی دارد.

همچنین، همزمان با بررسی تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی، تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به ازای یک بوته سیب‌زمینی در هر یک از پنج تیمار مورد آزمایش نیز ارزیابی شد. در این آزمایش‌ها، واحد نمونه‌برداری یک بوته سیب‌زمینی (به‌منظور برآورد درست‌تر از جمعیت آفت و بر پایهٔ تجربیات پیشین) انتخاب شد (Nouri-Ganbalani, 1989). نمونه‌برداری‌ها از مرحلهٔ رویش گیاهان سیب‌زمینی با چهار برگ (اواخر اردیبهشت‌ماه) آغاز شد و به فاصله‌های هر ده روز یک‌بار تا مرحلهٔ رشدی زرد و خشک شدن برگ‌های سیب‌زمینی (اواخر مردادماه) ادامه یافت (Nouri-Ganbalani, 1989). شمار بارهای نمونه‌برداری ده نوبت در طول فصل رشدی بود. در هر مرحله از نمونه‌برداری، شمار چهار بوته سیب‌زمینی در هر تیمار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انتخاب شدند و شمار تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادو به ازای یک بوته سیب‌زمینی شمارش و یادداشت شدند. از داده‌های به‌دست‌آمده در مقایسهٔ تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادو در پنج تیمار مورد آزمایش استفاده شد.

تجزیهٔ آماری داده‌ها

شاخص تنوع شانون برای شکارگرهای خاکزی گردآوری‌شده در هر تله در هر یک از پنج تیمار مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار EstimateS Win 8.20 محاسبه شد (Colwell, 2006). آنگاه داده‌های به‌دست‌آمده در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار تجزیهٔ واریانس شده و در صورت وجود اختلاف بین میانگین داده‌ها از آزمون SNK در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسهٔ آن‌ها استفاده شد (SAS, 2005). افزون بر آن، به دلیل غیریکنواختی واریانس داده‌های فراوانی کل هر یک از گروه‌های شکارگر غالب (عنکبوت‌ها و سوسک‌های شکارگر Carabidae) به ازای یک تله و نیز داده‌های تراکم مراحل مختلف زیستی سوسک کلرادو به ازای یک بوته سیب‌زمینی، پیش از تجزیهٔ واریانس از تبدیل داده Log(X) استفاده شد. سپس، داده‌های فراوانی کل هر یک از گروه‌های شکارگر غالب به ازای یک تله و نیز داده‌های تراکم مراحل مختلف زیستی سوسک کلرادو به ازای یک بوته سیب‌زمینی در هر یک از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با پنج تیمار و چهار تکرار) تجزیهٔ واریانس شدند و در نهایت اختلاف بین میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون SNK در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند (SAS, 2005).

نتایج

تنوع گونه‌ای شکارگرهای خاکزی

در این تحقیق در کشتزار سیب‌زمینی تنها، یک گونه Opiliones، سه گونه عنکبوت و چهار گونه سوسک شکارگر Carabidae و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار، یک گونه Opiliones، چهار گونه عنکبوت و نه گونه سوسک شکارگر Carabidae با استفاده از تله‌های گودالی گردآوری و شناسایی شد که نام علمی آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر شاخص تنوع شانون برای شکارگرهای خاکزی در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) و در کشتزار سیب‌زمینی تنها در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در جدول ۲ ارائه شده است. در هر دو سال، میزان شاخص تنوع شانون برای شکارگرهای خاکزی در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشتزار سیب‌زمینی تنها بود (P=۰/۰۰۴، F= ۶/۸۴، df= ۴ ,۱۲ در سال ۱۳۹۳ و P= ۰/۰۰۷، F=۶/۰۸، df= ۴ ,۱۲ در سال ۱۳۹۴؛ جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. شکارگرهای خاکزی مراحل رشدی مختلف *Leptinotarsa decemlineata* در کشتزار سیب‌زمینی شاهد و کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 1. Terrestrial predators of *Leptinotarsa decemlineata* different life stages in the control potato field and the potato field adjacent to the alfalfa field during 2014 and 2015

Terrestrial predators	Life stages of the Colorado potato beetle	Potato field (Control)		The potato field adjacent to the alfalfa field	
		2014	2015	2014	2015
Opiliones					
Phalangiidae					
Phalangium opilio (Linnaeus, 1758)	larvae	*	*	*	*
Araneae					
Lycosidae					
Pardosa agrestis (Westring, 1861)	larvae	*	*	*	*
Theridiidae					
Enoplognatha mediterranea Levy & Amitai,1981	larvae	*	*	*	*
Thomisidae					
Xysticus cristatus (Clerck, 1757)	larvae	*	*	*	*
Misumena vatia (Clerck, 1757)	larvae			*	*
Coleoptera					
Carabidae					
Calosoma pumicatus LaPouge	Immature stages	*	*	*	*
Myriochila melancholica (Fabricius)	Immature stages	*	*	*	*
Harpalus rufipes (De Geer)	Immature stages	*	*	*	*
Broscus cephalotes (L.)	Immature stages	*	*	*	*
Scarites planus (Bonelli)	Immature stages			*	*
Pterostichus caspius (Menetries)	Immature stages			*	*
Poecilus cupreus (L.)	Immature stages			*	*
Acinopus laevigatus Menetries	Immature stages			*	*
Amara fusgenua Hieke	Immature stages			*	*

* indicates the presence of species

جدول ۲. میانگین (± SE) شاخص تنوع شانون (*H'*) برای شکارگرهای خاکزی *Leptinotarsa decemlineata* به ازای یک تله گودالی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 2. Means (± SE) of Shannon diversity index (*H'*) for terrestrial predators of *Leptinotarsa decemlineata* per a pitfall trap in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Shannon diversity index (*H'*) per pitfall ± SE	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	1.03 ± 0.06 b*	0.98 ± 0.04 b
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	1.42 ± 0.03 a	1.35 ± 0.07 a
	10	1.39 ± 0.03 a	1.28 ± 0.09 a
	15	1.34 ± 0.05 a	1.25 ± 0.05 a
	20	1.30 ± 0.10 a	1.19 ± 0.09 a

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; $P \leq 0.05$).

فراوانی کل شکارگرهای غالب

در هر دو سال مورد آزمایش، عنکبوت‌ها و سوسک‌های شکارگر Carabidae فراوانی بالایی را در تله‌های گودالی داشتند. لذا، فراوانی کل آن‌ها بین پنج تیمار مورد بررسی با تجزیهٔ آماری مقایسه شدند. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد که فراوانی عنکبوت‌ها بین پنج تیمار مورد بررسی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P<۰/۰۰۱، F=۱۵/۹۲، df=۴,۱۲ در سال ۱۳۹۳ و P<۰/۰۰۱، F=۱۲/۴۱، df=۴,۱۲ در سال ۱۳۹۴؛ جدول ۳). در هر دو سال، کمترین فراوانی عنکبوت‌ها در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد؛ در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار در سال ۱۳۹۳، فراوانی عنکبوت‌ها در تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ و ۱۰ متری از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری بیشتر از تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی با فاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود و در سال ۱۳۹۴، فراوانی عنکبوت‌ها در تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر از یونجه‌زار به ترتیب کاهش یافت

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۳). همچنین، اختلاف فراوانی سوسک‌های شکارگر Carabidae بین پنج تیمار مورد آزمایش در سال ۱۳۹۳ (P< ۰/۰۰۱، F= ۳۷/۳۱، df= ۴ ,۱۲) و در سال ۱۳۹۴ (P< ۰/۰۰۱، F= ۴۳/۰۲، df=۴ ,۱۲) معنی‌دار بود (جدول ۴). کمترین فراوانی سوسک‌های شکارگر Carabidae در هر دو سال مورد بررسی در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد؛ در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار، فراوانی سوسک‌های شکارگر Carabidae در سال ۱۳۹۳ در تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار به ترتیب کاهش یافت و در سال ۱۳۹۴، فراوانی این شکارگرها تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ و ۱۰ متری از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری بیشتر از تله‌های گودالی مستقرشده در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود (جدول ۴).

جدول ۳. میانگین (± SE) فراوانی کل عنکبوت‌های شکارگر *Leptinotarsa decemlineata* به ازای یک تله گودالی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 3. Means (± SE) of total abundance of spiders per a pitfall trap in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Total abundance of spiders per pitfall trap	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	18.5 ± 1.5 c*	20.1 ± 3.1 d
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	41.6 ± 2.6 a	45.3 ± 2.6 a
	10	38.7 ± 2.1 a	41.4 ± 3.4 ab
	15	32.2 ± 2.4 b	35.6 ± 2.3 bc
	20	29.3 ± 2.2 b	32.7 ± 2.7 c

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; P ≤ 0.05).

جدول ۴. میانگین (± SE) فراوانی کل سوسک‌های Carabidae به ازای یک تله گودالی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 4. Means (± SE) of total abundance of Carabidae per a pitfall trap in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Total abundance of Carabidae per pitfall trap	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	21.4 ± 2.2 c*	17.4 ± 1.2 c
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	71.9 ± 4.1 a	65.6 ± 3.2 a
	10	69.6 ± 3.3 ab	59.8 ± 3.3 a
	15	64.4 ± 4.4 ab	51.9 ± 2.4 b
	20	59.4 ± 3.3 b	48.4 ± 2.3 b

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; P ≤ 0.05).

تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد که در هر دو سال مورد بررسی، تراکم تخم‌های سوسک کلرادوی سیب‌زمینی بین پنج تیمار مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۲، F=۸/۵۴، df=۴,۱۲ در سال ۱۳۹۳ و P=۰/۰۰۲، F=۷/۹۲، df=۴,۱۲ در سال ۱۳۹۴؛ جدول ۵). به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۳، بیشترین تراکم تخم‌ها در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار تراکم تخم‌ها روی گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ متر از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود، ولی در مقایسه با گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۰ متری از یونجه‌زار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در سال ۱۳۹۴، بیشترین تراکم تخم‌ها در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار تراکم تخم‌ها روی گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ و ۱۰ متر از یونجه‌زار در یک گروه آماری (c) و کمتر از گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود (جدول ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین، تراکم لاروهای سوسک کلرادو بین پنج تیمار مورد بررسی در هر دو سال مورد آزمایش به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P= ۰/۰۰۳، F= ۷/۵۸، df= ۴,۱۲ در سال ۱۳۹۳ و P= ۰/۰۰۴، F= ۶/۹۷، df= ۴,۱۲ در سال ۱۳۹۴؛ جدول ۶). در هر دو سال، بیشترین تراکم لاروها در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد. در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار در سال ۱۳۹۳، تراکم لاروها روی گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ متر از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود، ولی در مقایسه با گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۰ متری از یونجه‌زار اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین، در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار در سال ۱۳۹۴ تراکم لاروها روی گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ و ۱۰ متری از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود (جدول ۶).

جدول ۵. میانگین (± SE) تراکم تخم‌های *Leptinotarsa decemlineata* به ازای یک گیاه در مزرعهٔ شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 5. Means (± SE) of density of *Leptinotarsa decemlineata* eggs per plant in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Density of eggs per ± SE	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	8.24 ± 0.41 a*	7.35 ± 0.27 a
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	5.14 ± 0.28 c	4.78 ± 0.24 c
	10	5.81 ± 0.39 bc	5.14 ± 0.31 c
	15	6.57 ± 0.45 b	6.02 ± 0.29 b
	20	6.89 ± 0.31 b	6.22 ± 037 b

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; P ≤ 0.05).

جدول ۶. میانگین (± SE) تراکم لاروهای *Leptinotarsa decemlineata* به ازای یک گیاه در کشتزار شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 6. Means (± SE) of density of *Leptinotarsa decemlineata* larvae per plant in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Density of larvae per ± SE	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	3.57 ± 0.26 a*	3.31 ± 0.37 a
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	1.18 ± 0.12 d	1.07 ± 0.34 c
	10	1.61 ± 0.19 cd	1.33 ± 0.14 c
	15	2.01 ± 0.25 bc	2.09 ± 0.31 b
	20	2.23 ± 0.11 b	2.32 ± 0.25 b

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; P ≤ 0.05).

جدول ۷. میانگین (± SE) تراکم حشرات کامل *Leptinotarsa decemlineata* به ازای یک گیاه در کشتزار شاهد و در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصله‌های مختلف از یونجه‌زار (در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 7. Means (± SE) of density of *Leptinotarsa decemlineata* adults per plant in the control potato field and in the potato rows located at different distances from the alfalfa field (in the potato field adjacent to the alfalfa field) during 2014 and 2015

Treatments	Distance of the potato rows from the alfalfa field (m)	Density of adults per ± SE	
		2014	2015
Potato field (Control)	-	1.62 ± 0.08 a*	1.14 ± 0.10 a
The potato field adjacent to the alfalfa field	5	0.60 ± 0.08 c	0.71 ± 0.08 b
	10	0.67 ± 0.03 bc	0.79 ± 0.09 b
	15	0.87 ± 0.05 b	0.85 ± 0.05 b
	20	0.90 ± 0.10 b	0.87 ± 0.07 b

* Means followed by different letters within each column are significantly different (SNK test; P ≤ 0.05).

تراکم حشرات کامل سوسک کلرادو بین پنج تیمار مورد آزمایش به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P= ۰/۰۰۸، F= ۵/۶۸، df= ۴ ,۱۲ در سال ۱۳۹۳ و P= ۰/۰۰۶، F= ۶/۱۸، df= ۴ ,۱۲ در سال ۱۳۹۴؛

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷). در سال ۱۳۹۳، بیشترین تراکم حشرات کامل در کشتزار سیب‌زمینی تنها مشاهده شد و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار تراکم حشرات کامل روی گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵ متر از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار بود، ولی در مقایسه با گیاهان واقع در ردیف سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۱۰ متری از یونجه‌زار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در سال ۱۳۹۴، در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار تراکم حشرات کامل روی گیاهان واقع در ردیف‌های سیب‌زمینی بافاصلهٔ ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار در یک گروه آماری (b) قرار داشت و نسبت به کشتزار سیب‌زمینی شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول۷).

بحث

در این تحقیق، شکارگرهای خاکزی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد شامل یک گونه Opiliones، سه گونه عنکبوت و چهار گونه سوسک شکارگر از خانوادهٔ Carabidae و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار شامل یک گونه Opiliones، چهار گونه عنکبوت و نه گونه سوسک شکارگر از خانوادهٔ Carabidae بودند که در بین آن‌ها عنکبوت‌ها و سوسک‌های Carabidae فراوانی بیشتری داشتند. عنکبوت‌ها و سوسک‌های خانوادهٔ Carabidae به‌عنوان شکارگرهای خاکزی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی توسط محققان مختلف گزارش شده‌اند (Heimpel & Hough-Goldstein, 1992; Hilbeck & Kennedy, 1996; Hilbeck *et al.*, 1997; Koss *et al.*, 2005; Greenstone *et al.*, 2010). افزون بر آن، نتایج این تحقیق نشان داد که میزان شاخص تنوع شانون (H') برای شکارگرهای خاکزی در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشتزار سیب‌زمینی شاهد بود، ولی اختلاف در میزان این شاخص در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری از یونجه‌زار معنی‌دار نبود. میزان بالای شاخص تنوع شانون در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار هم با غنای گونه‌ای بیشتر و هم با فراوانی همگن‌تر شکارگرهای خاکزی این آفت در ارتباط است زیرا هرچقدر شمار گونه و فراوانی همگن‌تر گونه‌ها در هر زیستگاه افزایش یابد، میزان شاخص تنوع گونه‌ای شانون افزایش خواهد یافت (Disney, 1999; Magurran, 2004).

در این پژوهش مشخص شد که پنج تیمار مورد بررسی در فراوانی شکارگرهای غالب (عنکبوت‌ها و سوسک‌های Carabidae) و تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که، کمترین فراوانی شکارگرهای خاکزی (عنکبوت‌ها و سوسک‌های Carabidae) در کشتزار سیب‌زمینی شاهد مشاهده شد و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های سیب‌زمینی از یونجه‌زار، فراوانی این شکارگرها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در مقابل، بیشترین تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد ثبت شد و در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های سیب‌زمینی از یونجه‌زار، تراکم تخم‌ها، لاروها و حشرات کامل این آفت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین، می‌توان احتمال داد آنچه موجب کاهش تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار (به‌ویژه در ردیف‌های سیب‌زمینی نزدیک به یونجه‌زار) می‌تواند افزایش تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی در این مزرعه باشد. در این تحقیق، بالا بودن فراوانی شکارگرهای خاکزی و پایین بودن تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار (به‌ویژه در ردیف‌های سیب‌زمینی نزدیک به یونجه‌زار) نشان داد که شکارگرهای خاکزی کارایی بالایی در کنترل این آفت در این تیمار دارند. در مقابل، پایین بودن فراوانی شکارگرهای خاکزی و بالا بودن تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشتزار سیب‌زمینی شاهد نشان می‌دهد که جلب شوندگی و کارایی شکارگرهای خاکزی در این نوع تیمار کشت کمتر بود. دلیل فراوانی کمتر شکارگرهای خاکزی در

Archive of SID

www.SID.ir

کشتزار سیب‌زمینی شاهد می‌تواند با کمبود شکارهای جایگزین و پناهگاه برای شکارگرهای خاکزی در ارتباط باشد (Price, 1997). افزون بر آن، نتایج این تحقیق نشان داد که در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های سیب‌زمینی (۱۵ تا ۲۰ متر) از یونجه‌زار، تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی کاهش یافت، و در مقابل تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی افزایش یافت. بنابراین، توصیه می‌شود از نظام کشت نواری سیب‌زمینی و یونجه در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سوسک کلرادو استفاده شود و در این نظام کشت باید دقت شود که عرض نوارهای سیب‌زمینی بیشتر از ۱۰ متر نباشد. چراکه، در کشتزار سیب‌زمینی مجاور یونجه‌زار به‌ویژه در ردیف‌های سیب‌زمینی واقع در فاصلهٔ تا ۱۰ متری از یونجه‌زار، از یک‌سو، افزایش تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی باعث کاهش تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی می‌شود و از سوی دیگر تداخل مواد فرار مترشحه از گیاهان سیب‌زمینی و یونجه باعث گمراه شدن سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در جلب و تخم‌گذاری روی گیاهان سیب‌زمینی می‌شود (Altieri *et al.*, 2009). البته، این موضوع برای اثبات نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. امروزه یکی از هدف‌های مهم در بخش کشاورزی پایدار، افزایش تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی از راه افزایش تنوع پوشش گیاهی مانند استفاده از نظام‌های چند کشتی به‌جای تک‌کشتی است. چراکه، افزایش تنوع پوشش گیاهی از یک‌سو منابع گردهٔ گل، شهد، شکارهای جایگزین و پناهگاه فراوان برای دشمنان طبیعی تأمین می‌کنند و از سوی دیگر تداخل مواد فرار مترشحه توسط چند نوع پوشش گیاهی موجب کاهش کارایی کشف آفات می‌شود (Altieri *et al.*, 2005 & 2009; Cai *et al.*, 2010; Deborah *et al.*, 2011). تأثیر چند کشتی در حفظ و حمایت از شکارگرها و انگل‌واره (پارازیتوییدها) و کاهش تراکم آفات توسط محققان مختلف گزارش شده است (Patt *et al.*, 1997; Bickerton & Hamilton, 2012). برای مثال، Patt *et al.* (1997) گزارش کردند که درصد بقاء و فراوانی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در کشت مخلوط بادنجان با گیاهان شوید، *Anethum graveolens* L.، و یا گشنیز، *Coriandrum sativum* L.، به دلیل افزایش فراوانی شکارگرها کاهش یافت. Roder *et al.* (1992) گزارش کردند که کشت مخلوط سیب‌زمینی با ذرت و لوبیا باعث کاهش تراکم جمعیت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی شد. Panasiuk (1984) گزارش کرد، کشت نواری سیب‌زمینی با گیاه *Tanacetum vulgare* (L.) باعث کاهش حدود ۶۰ درصدی جمعیت سوسک کلرادوی سیب‌زمینی شد. Soleyman-Nezhadiyan (2009) گزارش کرد، در نیشکرکاری‌های جنوب اهواز با کشت یونجه در حاشیهٔ نیشکرکاری‌ها، شاخص تنوع دشمنان طبیعی ساقه‌خوارهای نیشکر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و درصد ساقه‌های آلوده به ساقه‌خوارها نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد، نزدیکی ردیف‌های سیب‌زمینی به یونجه‌زار تا ۱۰ متر در افزایش تنوع و فراوانی شکارگرهای خاکزی و کاهش تراکم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی نقش مهمی دارد، لذا می‌توان به کشاورزان توصیه کرد که از کشت نواری سیب‌زمینی و یونجه (با عرض نوارهای سیب‌زمینی بیشینه تا ۱۰ متر) در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی استفاده کنند.

REFERENCES

1. Altieri, M. A., Nicholls, C. I. & Ponti, L. (2009). Crop diversification strategies for pest regulation in IPM systems. In: E. B., Radcliffe, W. D. Hutchinson, R. E.Cancelado (Eds.), *Integrated pest management*. (pp. 116-130.) Cambridge University Press, Cambridge, UK.
2. Altieri, M. A., Ponti, L. & Nicholls, C. I. (2005). Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from Northern California. *International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1, 191-203.
3. Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, 74, 19-31.
4. Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2008). Ecologically based pest management in agroforestry systems. In: D. R. Batish *et al.* (Eds.) *Ecological basis of Agroforestry*. (pp. 95-108.) CRC Press, Boca Raton.

Archive of SID

www.SID.ir

5. Anonymous. (2014). *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)
6. Barker, K. R. & Sorenson, C. (2003). Cropping systems and integrated pest management: examples from selected crops. In: A. Shrestha (Ed.), *Cropping Systems: Trends and Advances*. (pp. 271-305.) The Haworth Press, Inc.
7. Cai, H., You, M. & Lin, C. (2010). Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 190-195.
8. Colwell, R. K. (2006). *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 8.
9. Deborah, K., Letourneau, I. A., Beatriz, S. R., James M. L., Elizabeth, J. C., Martha, C. D., Selene, E., Víctor, G., Catalina, G., Sebastián, D. L., Jessica, L. M., Aleyda, M. A. R., Janine, H. R., Leonardo, R., Carlos, A. S., Alba, M. T. & Aldemar, R. T. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21, 9-21.
10. Disney, R. H. L. (1999). Insect biodiversity and demise of alpha taxonomy. *Antenna*, 23, 84-88.
11. Greenstone, M. H., Szendrei, Z., Payton, M. E., Rowley, D. L., Coudron, T. C. & Weber, D. C. (2010). Choosing natural enemies for conservation biological control: use of the prey detectability half-life to rank key predators of Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 136, 97-107.
12. Gurr, G. M., Wratten, S. D. & Altieri, M. A. (2004). *Ecological engineering for pest management; advances in habitat manipulation for arthropods*. CABI Publishings, UK.
13. Heimpel, G. E. & Hough-Goldstein, J. A. (1992). A survey of arthropod predators of *Leptinotarsa decemlineata* (say) in Delaware potato fields. *Journal of Agricultural Entomology*, 9, 137-142.
14. Hilbeck, A. & Kennedy, G. G. (1996). Predators feeding on the Colorado potato beetle in insecticide-free plots and insecticide-treated commercial potato fields in Eastern North Carolina. *Biological Control*, 6, 273-282.
15. Hilbeck, A., Eckel, C. & Kennedy, G. G. (1997). Predation on Colorado potato beetle eggs by generalist predators in research and commercial potato plantings. *Biological Control*, 8, 191-196.
16. Howell, W. M. & Jenkins, R. L. (2004). *Spiders of the Eastern United States: a photographic guide*. Pearson Education, Boston, MA.
17. Kazemi, M. H. & Ardabili, G. (1999). Bioecology of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) from 1984 to 1990 in Ardabil region. *Agricultural Science*, 9, 41-53. (in Farsi)
18. Koss, A. M., Jensen, A. S., Schreiber, A., Pike, K. S. & Snyder, W. E. (2005). Comparison of predator and pest communities in Washington potato fields treated with broad-spectrum, selective, or organic insecticides. *Environmental Entomology*, 34, 87-95.
19. Lindroth, C. H. (1974). *Handbook for the identification of British insects* (*Coleoptera*: *Carabidae*). Royal Entomological Society of London.
20. Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell publishing.
21. Malekmohammadi, M. (2014). Resistance of Colorado potato beetle (LEPTINOTARSA DECEMLINEATA Say) to commonly used insecticides in Iran. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, 213-220.
22. Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R. M., Grafius, E. J. & Moyer, D. D. (2006). Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science*, 62, 30-37.
23. Nouri-Ganbalani, G. (1986). The Colorado potato beetle. Publication of Tabriz University. (in Farsi)
24. Nouri-Ganbalani, G. (1989). Biology of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Ardabil region. *Iranian Agricultural Science*, 2, 1-9.
25. Panasiuk, O. (1984). Response of Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), to volatile components of tansy, *Tanacetum vulgare*. *Journal of Chemical Ecol*ogy, 10, 1325-1333.
26. Patt, J. M., Hamilton, G. C. & Lashomb, J. H. (1997). Impact of strip-insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the Colorado potato beetle. *Advances in Horticultural Science*, 11, 175-181.
27. Price, P. W. (1997). *Insect ecology*. (Third edition) John Willey and Sons, Inc. New York.
28. Roder, W., Anderhalden, E., Gurung, P. & Dukpa, P. (1992). Potato intercropping systems with maize and faba bean. *American Journal of Potato Research*, 69, 195-202.
29. Rogers, E. A. (2013). *Practical potato culture*. Springer, London.
30. SAS Institute, (2005). *SAS/Stat user guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
31. Scott, I. M., Tolman, J. H. & MacArthur, D. C. (2015). Insecticide resistance and cross-resistance development in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) populations in Canada 2008-2011. *Pest Management Science*, 71, 712-721.

Archive of SID

www.SID.ir

32. Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *A mathematical model of communication*. Urbana, IL; University of Illinois Press.
33. 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 Farsi)
34. Trautner, J. (1988). *Tiger beetles, ground beetles*: *illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. Unipub Publishing.
35. Undersander, D., Cosgrove, D., Cullen, E., Grau, C., Rice, M. E., Renz, M., Sheaffer, C., Shewmaker, G. & Sulc, M. (2011). *The alfalfa management guide.* The American Society of Agronomy.

Archive of SID

www.SID.ir