نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۳۵۷-۳۴۷

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 3, Fall 2011, p. 347-357

تنوع زیستی سوسک‌های خانواده‌ی کارابیده در بوم‌نظام‌های زراعی شهرستان آزادشهر، استان گلستان

مریم رضایی نوده[۱]، علی افشاری[۲*]، محسن یزدانیان[۲] و غلامعلی آساده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۳

چکیده

سوسک‌های زمینی (خانواده‌ی کارابیده) با داشتن بیش از چهل‌هزار گونه‌ی شناخته شده در دنیا، یکی از مهم‌ترین شکارگرهای عمومی‌خوار در بوم‌نظام‌های کشاورزی به شمار می‌روند. به دلیل تغذیه‌ی اغلب این سخت‌بالپوشان از آفات کشاورزی و بذرهای علف‌های هرز، در این مطالعه تلاش گردید تا تنوع زیستی آن‌ها در بوم‌نظام‌های کشاورزی شهرستان آزادشهر در شرق استان گلستان مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش که طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ انجام گرفت، با استفاده از تله‌های گودالی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در چند بوم‌نظام زراعی مهم مورد ارزیابی قرار گرفت و تنوع زیستی آن‌ها با استفاده از دو شاخص شانون- ویور و معکوس شاخص سیمپسون محاسبه گردید. سوسک‌های این خانواده در مزارع منطقه از غنای گونه‌ای بالایی برخوردار بودند و تعداد ۲۴، ۲۲، ۱۸، ۱۸ و ۱۲ عدد گونه به ترتیب از مزارع کلزا (*Brassica napus* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، باقلا (*Vicia faba* L.) و سویا (*Glycine max* L.) جمع‌آوری و شناسایی شدند. گونه‌های غالب در این مزارع به ترتیب شامل *Harpalus distinguendus* (Duftschmid)، *Agonum dorsale* (Pontoppidan)، *Poecilus cupreus* L.، *Agonum dorsale* (Pontoppidan) و *Harpalus rufipes* (De Geer) بودند. در این مزارع، مقدار شاخص شانون- ویور به ترتیب ۲/۱۶، ۲/۵۷، ۱/۸۱، ۲/۲۲ و ۲ و مقدار شاخص سیمپسون به ترتیب ۴/۹۳، ۱۰/۰۹، ۴/۲۱، ۶/۱۶ و ۶/۱۲ محاسبه شد. بیشترین (۷/۱±۰/۸۵) و کمترین (۰/۴۵±۰/۱۲) میانگین تعداد سوسک‌ها در هر تله به ترتیب در حاشیه‌ی مزارع کلزا و حاشیه‌ی مزارع سویا مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: جامعه، حفاظت، سوسک‌های زمینی، شانون- ویور، غنای گونه‌ای

مقدمه

سوسک‌های زمینی (خانواده‌ی کارابیده) با داشتن بیش از چهل‌هزار گونه‌ی شناخته شده، در بوم‌نظام‌های کشاورزی و جنگلی دنیا از تنوع زیستی بالایی برخوردار می‌باشند (Kromp, 1999). اغلب این سخت‌بالپوشان، شکارگرهایی چندخوار هستند و از آفات مختلف مانند شته‌های غلات (*Rhopalosiphum padi* L.) (Scheller, 1984)، مگس پیاز (*Delia antique* L.) (Grafius & Warner, 1989)، سوسک کلرادوی سیب‌زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Kromp, 1999)، بید کلم (*Plutella xylostella* L.) (Suenaga & Hamamura, 1998)، راب‌ها و حلزون‌ها (Nash et al., 2008) و بذرهای علف‌های هرز (Saska et al., 2010) تغذیه می‌کنند.

در یک جامعه‌ی بوم‌شناختی، مقدار تنوع زیستی تحت تأثیر تعداد (غنای گونه‌ای) و فراوانی نسبی (یکنواختی) گونه‌ها قرار دارد (Waite, 2000). هر چه تعداد گونه‌های یک جامعه بیشتر و فراوانی نسبی آن‌ها یکنواخت‌تر باشد، آن جامعه متنوع‌تر خواهد بود. به دلیل همه‌جازی‌بودن گونه‌ها و سهولت نسبی نمونه‌برداری و شناسایی سوسک‌های کارابیده، این شکارگرها به عنوان یک شاخص بوم‌شناختی مهم جهت مطالعه‌ی تأثیر اقدامات مختلف مدیریتی یا الگوهای مختلف کشت بر تنوع زیستی بوم‌نظام‌های کشاورزی (Clark et al., 2006) و جنگلی (Work et al., 2008) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

مدیریت نظام زراعی و به عبارت دیگر، ارگانیک یا پرنهاده بودن الگوی کاشت (Kromp, 1989; Shah et al., 2003)، تک‌کشتی یا مخلوط بودن محصول (Altieri, 1995)، عملیات مختلف زراعی مانند خاک‌ورزی (Shearin et al., 2007; Clark et al., 2006) و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و مربی گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده‌ی مسئول: E-mail: Afshari@gau.ac.ir)

سم‌پاشی (Navntoft et al., 2006; Epstein et al., 2001) و نوع پوشش گیاهی حاشیه‌های مزارع (Collins et al., 2003; Woodcock et al., 2005) ممکن است انبوهی و تنوع زیستی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده را تحت تأثیر قرار دهند. مطالعه‌ی تأثیر سه نظام خاکورزی روی فراوانی سوسک‌های کارابیده‌ی بذرخوار مانند*Harpalus rufipes* (De Geer) و شکارگر مانند *Pterostichus melanarius* Illiger نشان داد که فراوانی این گونه‌ها در کشت‌های بدون خاک‌ورزی نسبت به الگوهای دیگر کشت بیشتر بود و شخم با گاوآهن‌های خاک‌برگردان و چرخشی، فراوانی این سوسک‌ها را به ترتیب ۵۲ و ۵۴ درصد کاهش داد (Shearin et al., 2007). مطالعه‌ی فون سوسک‌های کارابیده در مزارع پرنهاده و ارگانیک انگلستان نشان داد که فراوانی این سخت‌بالپوشان در مزارع ارگانیک از مزارع پرنهاده بیشتر بود (Shah et al., 2003). بر اساس مطالعات ملنیچک و همکاران (Melnychuk et al., 2003) که با استفاده از تله‌های گودالی و در بوم‌نظام‌های مختلف زراعی انجام گرفت، تنوع زیستی سوسک‌های کارابیده در کشت‌های متناوب گیاهان یک‌ساله- غلات از کشت‌های متناوب غلات- گیاهان علوفه‌ای بیشتر بود، اما میانگین فراوانی آن‌ها در این دو سامانه تفاوت معنی‌دار نداشت. کشت مخلوط کلم (*Brassica oleracea* L.) با شبدر (*Trifolium repense* L.) باعث افزایش جمعیت سوسک‌های کارابیده و کاهش جمعیت مگس ریشه‌ی کلم (*Erioischia brassicae* Bouche (Diptera: Antomyiidae) و شته‌ی مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) گردید (Altieri, 1995).

در ایران، بیشتر مطالعات به بررسی فون سوسک‌های کارابیده در بوم‌نظام‌های مختلف پرداخته‌اند و تنوع زیستی آن‌ها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در فهرست آفات کشاورزی و دشمنان طبیعی ایران، فقط به وجود ۸۹ گونه از این سوسک‌ها اشاره شده است (Modarres Awal, 1997)، در حالی که در کاتالوگ سخت‌بالپوشان منطقه‌ی پالئارکتیک (Löbl & Smetana, 2003) نزدیک به هزار گونه از سوسک‌های کارابیده از ایران گزارش شده‌اند. بر اساس مطالعه‌ی عالیچی و مینایی (Alichi & Minaei, 2002)، فراوانی و تنوع سوسک‌های کارابیده تحت تأثیر نوع محصول و عملیات زراعی مانند شخم و مصرف کودها یا آفت‌کش‌ها قرار داشت. در مطالعه‌ی فون سوسک‌های کارابیده در مزارع گندم، یونجه (*Medicago sativa* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و آیش شهرستان مرودشت که با استفاده از تله‌ی گودالی انجام گرفت، به ترتیب ۱۴، ۱۱، ۶ و ۲ گونه جمع‌آوری شدند که از میان آن‌ها، گونه‌های *Pterostichus leus* Andrewes و*Scarites planus* Bonelli در مزارع گندم از فراوانی بیشتری برخوردار بودند (Homayoon et al., 2002). هم‌چنین، گونه‌هایی از سوسک‌های کارابیده از مزارع پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) (Ghahari et al., 2009a)، برنج (*Oryza sativa* L.) (Ghahari et al., 2009b) و یونجه‌ی شمال ایران (Ghahari et al., 2010) گزارش شده‌اند و در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی در زمینه‌ی فون سوسک‌های کارابیده در بوم‌نظام‌های کشاورزی، مطالعات جامعی انجام گرفته‌اند (Sadeghi et al., 2010; Sadeghi et al., 2011).

به دلیل اهمیت اغلب سوسک‌های کارابیده در کاهش طبیعی جمعیت آفات، این پژوهش با هدف شناسایی گونه‌های این خانواده و بررسی تنوع زیستی آن‌ها در مزارع شهرستان آزادشهر انجام گرفت تا از این طریق، امکان حفاظت بهتر از آن‌ها در بوم‌نظام‌های کشاورزی فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی نمونه‌برداری

این پژوهش طی دو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)، سویا (*Glycine max* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، باقلا (*Vicia faba* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) شهرستان آزادشهر (۳۷ درجه‌ی عرض شمالی و ۵۵ درجه‌ی طول شرقی) در شرق استان گلستان انجام گرفت. این شهرستان از سمت جنوب به مناطق کوهستانی و جنگلی و از سمت شمال به دشت گنبدکاووس محدود می‌شود و بنابراین هم‌زمان تحت تأثیر بوم‌نظام‌های جنگلی و زراعی قرار دارد.

روش نمونه‌برداری

به منظور جمع‌آوری سوسک‌های کارابیده از تله‌های گودالی استفاده شد که شامل ظروف پلاستیکی یک‌بار مصرف به قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱/۵ سانتی‌متر بودند. ابتدا به وسیله‌ی بیلچه، گودال‌هایی در خاک مزارع مورد نظر ایجاد شدند و سپس ظروف پلاستیکی درون آن‌ها قرار گرفتند، به طوری که دهانه‌ی آن‌ها از سطح زمین اندکی پایین‌تر بود. جهت جلوگیری از خورده شدن نمونه-ها توسط یکدیگر و یا مورچه‌ها، در کف تله‌ها مقداری حشره‌کش کاربارایل ریخته شد. تله‌ها به طور معمول هفت تا ۱۰ روز پس از جوانه زدن بذرها در مزارع مورد نظر نصب شدند و تعداد آن‌ها بر حسب وسعت مزرعه از ۱۵ تا ۳۰ عدد متغیر بود. تله‌ها پس از نصب، هر پنج روز یکبار و تا زمان برداشت محصول مورد بازدید قرار گرفتند. وسعت و تعداد مزارع نمونه‌برداری شده، تعداد دفعات و محدوده‌ی زمانی نمونه‌برداری در هر بوم‌نظام در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

سوسک‌های کارابیده‌ی به دام افتاده در تله‌ها پس از حذف مواد زاید و نمونه‌های غیرهدف، جداسازی شدند. نمونه‌های جداسازی شده پس از شمارش، به خوبی با آب و مایع ظرف‌شویی شسته و تمیز شدند تا شناسایی آن‌ها آسان‌تر شود.

جدول ۱- مشخصات مزارع نمونه‌برداری شده طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در شهرستان آزادشهر
Table 1-The characteristics of the sampled fields during 2009 and 2010 in Azadshahr region

محصول Crop	وسعت (هکتار) Area (ha)	تعداد مزارع Number of fields	تعداد کل دفعات نمونه‌برداری Total number of sampling times	محدوده‌ی زمانی نمونه‌برداری Sampling period
گندم Wheat	2	3	20	1 February-8 June ۱۲ بهمن- ۱۸ خرداد
کلزا Rape seed	1	2	10	25 Januray-26 April ۵ بهمن- ۶ اردیبهشت
باقلا Broad bean	0.5	2	10	7 April-24 May ۱۸ فروردین- ۳ خرداد
گوجه‌فرنگی Tomato	1	2	20	25 May-31 August ۴ خرداد-۹ شهریور
سویا Soybean	2	2	12	5 August-6 November ۱۴ مرداد - ۱۵ آبان

سپس با قید تاریخ و محل جمع‌آوری، نمونه‌ها تفکیک و تعدادی از آن‌ها در الکل ۷۵ درصد نگهداری و تعدادی دیگر نیز اتاله شدند. نمونه‌ها با استفاده از منابع معتبر (Lindroth, 1974; Trautner, 1988; Bell, 1990) شناسایی شدند و در موارد نیاز، هویت آن‌ها توسط متخصصان بین‌المللی تأیید گردید.

به منظور پی بردن به تأثیر فاصله از حاشیه‌ی مزرعه بر فراوانی و تنوع سوسک‌های کارابیده، تعدادی از تله‌های گودالیِ در نظر گرفته شده برای هر مزرعه در نزدیک به حاشیه و تعدادی دیگر از آن‌ها در بخش‌های مرکزی مزرعه نصب گردیدند. موقعیت نصب تله‌ها در محصولات مختلف شامل مزارع گندم، ۱۰ عدد تله در فاصله‌ی یک متری و ۲۰ عدد تله در فاصله‌ی ۱۰ متری از حاشیه، مزارع کلزا، ۱۰ عدد تله در فاصله‌ی نیم متری و ۱۰ عدد تله در فاصله‌ی ۲۰ متری از حاشیه؛ مزارع گوجه‌فرنگی، هفت عدد تله در فاصله‌ی نیم متری و هشت عدد تله در فاصله‌ی ۱۵ متری از حاشیه و مزارع سویا، پنج عدد تله در فاصله‌ی یک متری و هفت عدد تله در فاصله‌ی ۲۰ متری از حاشیه بودند.

شاخص‌های تنوع‌زیستی و ضرایب یکنواختی

به منظور محاسبه‌ی تنوع‌زیستی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده از دو شاخص شانون- ویور و معکوس شاخص سیمپسون[1] (به ترتیب، از معادله‌های ۱ و ۲) و به منظور محاسبه‌ی ضریب یکنواختیِ فراوانی گونه‌ها از دو شاخص J_{Pielou} و $E_{Simpson}$ (به ترتیب از معادله‌های ۳ و ۴) استفاده گردید (Waite, 2000; Price, 1997). تمامی محاسبه‌ها و مقایسه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SDR ver. 4.0 (Seaby & Henderson, 2006) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند و به منظور مقایسه‌ی میانگین فراوانی در حاشیه‌ها و بخش‌های مرکزی مزارع از آزمون t با سطح احتمال پنج درصد در نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS institute, 2003) استفاده گردید.

$$H' = -\sum_{i=1}^{s}(p_i)(\log_e p_i) \qquad \text{معادله (۱)}$$

$$\frac{1}{D} = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^{s} n_i(n_i-1)} \qquad \text{معادله (۲)}$$

$$J_{Pielou} = \frac{H'}{Log(S)} \qquad \text{معادله (۳)}$$

$$E_{Simpson} = \frac{1/D}{S} \qquad \text{معادله (۴)}$$

در این معادلات، H': شاخص تنوع شانون، p_i: نسبت تعداد افراد گونه‌ی i ام به تعداد کل افراد (فراوانی نسبی)، D: شاخص تنوع سیمپسون، S: تعداد گونه‌های موجود در جامعه، n_i: تعداد افراد در گونه‌ی i ام و N: تعداد کل افراد جمع‌آوری شده از تمام گونه‌ها می‌باشند. به منظور تعیین گونه‌ی غالب در هر بوم‌نظام از مقدار فراوانی نسبی (p_i) استفاده شد و گونه‌ی دارای بیشترین فراوانی نسبی به عنوان گونه‌ی غالب معرفی گردید.

1- Simpson's reciprocal index

نتایج و بحث

مزارع گندم

طی ۲۰ مرحله نمونه‌برداری از مزارع گندم، در مجموع ۷۳۸ سوسک کارابیده شامل ۲۲ گونه از ۱۰ زیرخانواده جمع‌آوری گردید. گونه‌ی *Agonum dorsale* (Pontoppidan) با فراوانی نسبی ۲۰ درصد، گونه‌ی غالب بود و گونه‌ی *Harpalus distinguendus* (De Geer) با فراوانی نسبی ۱۵ درصد در رتبه‌ی دوم قرار داشت (جدول ۲). مقادیر شاخص‌های شانون (۰/۰۶±۲/۵۷) و معکوس سیمپسون (۱/۰۳±۱۰/۰۹) و نیز ضرایب یکنواختی پیلو (۰/۰۲±۰/۶۶) و سیمپسون (۰/۰۶±۰/۴۲) در مزارع گندم به شکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از محصولات دیگر بزرگ‌تر بودند (جدول‌های ۳ و ۴). میانگین فراوانی (تعداد سوسک در تله در طول فصل رشد گیاهان) جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در حاشیه‌های مزارع گندم به شکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از بخش‌های مرکزی آن‌ها بزرگ‌تر بود، اما تعداد گونه‌ها، ضریب یکنواختی و شاخص تنوع در بخش‌های مرکزی به شکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از حاشیه‌ها بزرگ‌تر بودند (جدول ۵).

تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع گندم آزادشهر (۲۲ گونه) در مقایسه با تعداد گونه‌های گزارش شده توسط همایون و همکاران (Homayoon et al., 2002) از مزارع گندم مرودشت (۱۴ گونه) و گندم‌های بهاری (۱۷ گونه) و پاییزی (۱۲ گونه) ایالت آیداهو (Hatten et al., 2007) بیشتر، اما در مقایسه با تعداد گونه‌های گزارش شده از مزارع گندم لتونی (۴۱ گونه) (Bukejs & Balalaikins, 2008) کمتر بود. همچنین، ضریب یکنواختی پیلوی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در منطقه‌ی آزادشهر (۰/۰۲±۰/۶۶) از ضرایب یکنواختی گزارش شده برای گندم‌های بهاری (۰/۳) و پاییزی (۰/۳۸) در آمریکا (Hatten et al., 2007) به مراتب بزرگ‌تر بود. بیشتر بودن تعداد گونه‌ها و بزرگ‌تر بودن ضریب یکنواختی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در مزارع گندم آزادشهر سبب گردید تا مقدار شاخص تنوع در آن‌ها (۰/۰۶±۲/۵۷) از مقدار این شاخص در مزارع گندم ایالت داکوتای آمریکا (به ترتیب ۰/۹۷۴ و ۰/۸۵۶ در سال‌های اول و دوم یک مطالعه‌ی دوساله) (Ellsbury et al., 1998)، مزارع ارگانیک (۱/۱) و پرنهاده‌ی غلات (۱/۶) در انگلستان (Shah et al., 2003)، مزارع پاییزی (۰/۹۳) و بهاری (۰/۸۵) گندم در ایالت آیداهو (Hatten et al., 2007) بیشتر باشد. در کانادا مقدار شاخص شانون- ویور برای کشت‌های متناوب گیاهان یکساله- غلات و غلات- گیاهان علوفه‌ای به ترتیب ۲/۶ و ۲/۱ گزارش گردید (Melnychuk et al., 2003) که به مقدار محاسبه شده در مزارع گندم آزادشهر نزدیک می‌باشند.

جدول ۲- تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های کارابیده‌ی جمع‌آوری شده از مزارع گندم شهرستان آزادشهر

Table 2- Number and relative frequency of ground beetle species collected from wheat fields of Azadshahr region

فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Number	زیرخانواده Subfamily	نام علمی Scientific name
0.2000	149	Pterostichinae	*Agonum dorsale* (Pontoppidan)
0.1500	111	Harpalinae	*Harpalus distinguendus* Duftchmid
0.0950	71	Scaritinae	*Scarites planus* Bonellis
0.0800	59	Pterostichinae	*Amara aenea* (De Geer)
0.0740	55	Trechinae	*Trechus quadristriatus* (Schrank)
0.0600	43	Brachiniae	*Brachinus brevicollis* Motschulsky
0.0530	39	Harpalinae	*Harpalus subtruncatus* Chaudoir
0.0500	36	Pterostichinae	*Laemostenus caspius* Menetries
0.0440	33	Broscinae	*Broscus karelinii* Zoubkoff
0.0430	32	Brachiniae	*Brachinus psophia* Servile
0.0320	24	Pterostichinae	*Amara similata* Gyllenhal
0.0300	22	Lebiinae	*Microlestes fissuralis* Reitter
0.0260	19	Pterostichinae	*Poecilus cupreus* (L.)
0.0200	14	Cicindelinae	*Cicindela germanica* L.
0.0150	11	Harpalinae	*Ophonus melletii* Heer
0.0070	5	Harpalinae	*Acinopus laevigatus* Menetries
0.0057	4	Trechinae	*Bembidion dalmatinum* Reitter
0.0040	3	Trechinae	*Asaphidion flavicorne* (Solsky)
0.0040	3	Nebriinae	*Notiophilus danieli* Reitter
0.0030	2	Callistinae	*Chlaenius flavipes* Menetries
0.0030	2	Harpalinae	*Harpalus tenebrosus* Dejean
0.0013	1	Callistinae	*Chlaenius vestitus* (Paykull)

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های تنوع، ضرایب یکنواختی و تعداد گونه‌های جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در مزارع مختلف شهرستان آزادشهر

Table 3- Diversity indices, Coefficients of evenness, and species number of ground beetles community in different crops in Azadshahr region

محصول Crop	تعداد گونه‌ها Number of species	ضرایب یکنواختی Coefficients of evenness		شاخص‌های تنوع Diversity indices	
		پیلو J_{Pielou}	سیمپسون $E_{Simpson}$	شانون- ویور Shannon-Weaver	معکوس سیمپسون Simpson's reciprocal index
گندم Wheat	22	0.661±0.016	0.420±0.056	2.574±0.0630	10.09±1.031
کلزا Rape seed	24	0.549±0.029	0.205±0.028	2.160±0.1142	4.930±0.666
باقلا Broad bean	18	0.582±0.036	0.342±0.057	2.217±0.1367	6.159±1.149
گوجه‌فرنگی Tomato	18	0.480±0.050	0.234±0.070	1.806±0.1883	4.214±1.043
سویا Soybean	12	0.504±0.044	0.510±0.103	2.009±0.1776	6.125±1.66

جدول ٤- مقادیر دلتا (Δ) در مقایسه‌ی دو به دوی شاخص تنوع شانون (H') و ضریب یکنواختی (J) در محصولات زراعی مختلف، شهرستان آزادشهر

Table 4- The values of Δ in binomial comparison of Shannon's index and Pielou's J coefficient of evenness in different crops, Azadshahr region

محصول Crop	کلزا Rape seed		گندم Wheat		باقلا Broad bean		گوجه‌فرنگی Tomato		سویا Soybean	
	H'	J_{Pielou}	H'	J_{Pielou}	H'	J_{Pielou}	H'	J_{Pielou}	H'	J_{Pielou}
گندم Wheat	0.414*	0.104*	-	-	0.356*	0.089*	0.759*	0.164*	0.564*	0.141*
کلزا Rape seed	-	-	0.414*	0.104*	0.058	0.058	0.345*	0.060	0.150	0.038
باقلا Broad bean	0.058	0.015	0.356*	0.089*	-	-	0.403*	0.074*	0.208*	0.052
گوجه‌فرنگی Tomato	0.345*	0.060	0.759*	0.164*	0.403*	0.074*	-	-	0.195*	0.022
سویا Soybean	0.150	0.038	0.564*	0.141*	0.208*	0.052	0.195*	0.022	-	-

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

* is significant at 5% probability level

مزارع کلزا

طی ۱۰ مرحله نمونه‌برداری از مزارع کلزا، در مجموع ۱۱۲۳ سوسک کارابیده، شامل ۲۴ گونه از ۱۱ زیرخانواده جمع‌آوری گردید (جدول ۶). گونه‌ی *Harpalus distinguendus* Duftchmid با فراوانی ۳۹ درصد، گونه‌ی غالب مزارع کلزا بود و گونه‌های *Amara aenea* (De Geer) و *Agonum dorsale* (Pontoppidan) به ترتیب با فراوانی‌های ۱۵ و ۱۳ درصد در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند. گر چه محصول کلزا از نظر تعداد گونه (۲۴ گونه) و میانگین فراوانی (۴/۲۴±۰/۴۱) سوسک در تله در بخش‌های مرکزی)، در میان بوم‌نظام‌های نمونه‌برداری شده در رتبه‌ی اول قرار داشت (جدول ۵)، اما با در نظر گرفتن ضرایب یکنواختی، مقدار شاخص تنوع در مزارع کلزا پس از مزارع گندم و در کنار مزارع باقلا و سویا در رتبه‌ی دوم قرار گرفت (جدول ۳). همچنین، با وجود بیشتر بودن تعداد گونه‌های به دام افتاده در مزارع کلزا (۲۴ گونه) نسبت به مزارع گندم (۲۲ گونه)، به دلیل کوچک‌تر بودن ضریب یکنواختی در مزارع کلزا، مقدار شاخص تنوع شانون در آن‌ها به شکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از مزارع گندم کوچک‌تر به دست آمد (جدول‌های ۳ و ۴).

شاخص شانون در مزارع کلزا به شکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از مزارع گوجه‌فرنگی بزرگ‌تر بود، اما با مزارع سویا و باقلا اختلاف معنی‌دار نداشت. همانند مزارع گندم، در مزارع کلزا نیز میانگین فراوانی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در حاشیه‌ها (۷/۱±۰/۸۵)

سوسک در هر تله) به شکل معنی‌دار (p≤۰/۰۵) از بخش‌های مرکزی (۴/۲۴±۰/۴۱) بزرگ‌تر بود. هم‌چنین با وجود آن که تعداد گونه‌های به دام افتاده در حاشیه‌ها (۲۴ گونه) اندکی از بخش‌های مرکزی (۲۲ گونه) بیشتر بود، اما به دلیل یکنواخت‌تر بودن فراوانی‌ها در بخش‌های مرکزی نسبت به حاشیه‌ها، مقدار شاخص شانون در بخش‌های مرکزی (۲/۳۲±۰/۰۶) به شکل معنی‌دار (p≤۰/۰۵) از حاشیه‌ها (۲/۰۸±۰/۰۵) بزرگ‌تر بود (جدول ۵).

مزارع باقلا

طی ۱۰ مرحله نمونه‌برداری از مزارع باقلا، در مجموع ۱۸۸ سوسک کارابیده، شامل ۱۸ گونه از شش زیرخانواده جمع‌آوری گردید (جدول ۷). گونه‌ی *Agonum dorsale* (Pontoppidan) با فراوانی ۳۴ درصد، گونه‌ی غالب بود و گونه‌های *Brachinus brevicollis* Motschulsky و *Amara aenea* (De Geer) با فراوانی‌های ۱۳ و ۱۲ درصد به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند (جدول ۷). در مزارع باقلا، تعداد (۱۸ گونه) و ضریب یکنواختی (۰/۵۸±۰/۰۴) گونه‌ها از تعداد (۲۲ گونه) و ضریب یکنواختی (۰/۶۶±۰/۰۲) گونه‌ها در مزارع گندم کم‌تر بود و در نتیجه، شاخص تنوع در مزارع باقلا (۲/۲۲±۰/۱۴) به طور معنی‌دار (p≤۰/۰۵) از مزارع گندم (۲/۵۷±۰/۰۶) کوچک‌تر به دست آمد.

با وجود کمتر بودن تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع باقلا (۱۸ گونه) نسبت به مزارع کلزا (۲۴ گونه)، به دلیل یکنواخت‌تر بودن فراوانی نسبی گونه‌ها در مزارع باقلا، شاخص‌های تنوع در این دو بوم‌نظام با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). ضریب یکنواختی گونه‌ها در مزارع باقلا از مزارع گوجه‌فرنگی (۰/۴۸±۰/۰۵) بزرگ‌تر بود، لذا با وجود یکسان بودن تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده در این دو بوم‌نظام (۱۸ گونه)، تنوع زیستی مزارع باقلا (۲/۲۲±۰/۱۴) به شکل معنی‌دار (p≤۰/۰۵) از مزارع گوجه‌فرنگی (۱/۸۱±۰/۱۹) بیشتر بود. مقایسه‌ی مزارع باقلا و سویا نیز نشان داد که با وجود معنی‌دار نبودن اختلاف بین یکنواختی این دو بوم‌نظام، به دلیل تفاوت چشم‌گیر تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع باقلا (۱۸ گونه) و سویا (۱۲ گونه)، شاخص تنوع مزارع باقلا به شکل معنی‌دار (p≤۰/۰۵) از مزارع سویا بزرگ‌تر بود (جدول ۴).

مزارع گوجه‌فرنگی

طی ۲۰ مرحله نمونه‌برداری از مزارع گوجه‌فرنگی، در مجموع ۴۴۰ گونه سوسک کارابیده، شامل ۱۸ گونه از هشت زیرخانواده جمع‌آوری گردید (جدول ۸). گونه‌ی *Poecilus cupreus* (L.) با فراوانی ۳۷ درصد، گونه‌ی غالب بود و گونه‌های *Harpalus rufipes* (De Geer) و *Scarites planus* Bonelli به ترتیب با فراوانی‌های ۲۶ و ۱۳ درصد در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند.

جدول ۵- میانگین فراوانی، تعداد گونه، مقدار شاخص تنوع شانون و ضرایب یکنواختی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در حاشیه و عمق بوم‌نظام‌های مختلف زراعی شهرستان آزادشهر

Table 5- Mean abundance, number of species, Shannon-Weaver's index, and coefficients of evenness of ground beetles community in different crops in Azadshahr region

گیاه زراعی Crop	میانگین فراوانی Mean abundance				تعداد گونه Number of species		شاخص شانون- وینر Shannon-Weaver's index		ضریب یکنواختی پیلو Pielou's J coefficient of evenness		
	حاشیه Margin	مرکز Center	t	p	حاشیه Margin	مرکز Center	حاشیه Margin	مرکز Center	دلتا Δ	حاشیه Margin	مرکز Center	دلتا Δ
گندم Wheat	1.70±0.22	0.86±0.09	3.50	0.001*	15	21	2.297±0.066	2.524±0.070	0.2271*	0.5901	0.6485	0.0584*
کلزا Rape seed	7.10±0.85	4.24±0.41	2.99	0.003*	24	22	2.078±0.050	2.232±0.0574	0.1543*	0.5284	0.5676	0.0392*
گوجه‌فرنگی Tomato	1.51±0.24	1.43±0.15	0.32	0.740	15	15	1.930±0.070	1.710±0.077	0.2196*	0.5070	0.4877	0.0577*
سویا Soybean	0.45±0.12	0.50±0.11	0.29	0.770	10	10	1.905±0.185	1.893±0.139	0.0118	0.4775	0.4746	0.0029

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

* is significant at 5% probability level

جدول ٦- تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های کارابیده‌ی جمع‌آوری شده از مزارع کلزای شهرستان آزادشهر

Table 6- Number and relative frequency of ground beetle species collected from rape seed fields of Azadshahr region

فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Number	زیرخانواده Subfamily	نام علمی Scientific name
0.3900	448	Harpalinae	*Harpalus distinguendus* Duftchmid
0.1500	167	Pterostichinae	*Amara aenea* (De Geer)
0.1300	146	Pterostichinae	*Agonum dorsale* (Pontoppidan)
0.0540	61	Harpalinae	*Harpalus subtruncatus* Chaudoir
0.0450	52	Brachininae	*Brachinus brevicollis* Motschulsky
0.0320	36	Pterostichinae	*Poecilus cupreus* (L.)
0.0250	29	Lebiinae	*Microlestes fissuralis* Reitter
0.0240	26	Trechinae	*Trechus quadristriatus* (Schrank)
0.0210	23	Scaritinae	*Scarites planus* Bonellis
0.0180	21	Pterostichinae	*Laemostenus caspius* Menetries
0.0180	21	Trechinae	*Bembidion dalmatinum* Reitter
0.0170	20	Brachininae	*Brachinus psophia* Servile
0.0150	17	Broscinae	*Broscus karelinii* Zoubkoff
0.0120	14	Nebriinae	*Notiophilus danieli* Reitter
0.0100	11	Harpalinae	*Calathus peltatus* Kolenati
0.0080	9	Callistinae	*Chlaenius flavipes* Menetries
0.0070	8	Harpalinae	*Ophonus melletii* Heer
0.0060	6	Pterostichinae	*Amara similata* Gyllenhal
0.0044	5	Harpalinae	*Acinopus laevigatus* Menetries
0.0044	5	Cicindelinae	*Cicindela germanica* L.
0.0030	3	Harpalinae	*Harpalus rufipes* (De Geer)
0.0030	3	Harpalinae	*Harpalus tenebrosus* Dejean
0.0022	2	Callistinae	*Chlaenius vestitus* (Paykull)
0.0009	1	Siagoninae	*Siagona europea* Dejean

جدول ۷- تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های کارابیده‌ی جمع‌آوری شده از مزارع باقلای شهرستان آزادشهر

Table 7- Number and relative frequency of ground beetle species collected from broad bean fields of Azadshahr region

فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Number	زیرخانواده Subfamily	نام علمی Scientific name
0.340	64	Pterostichinae	*Agonum dorsale* (Pontoppidan)
0.130	25	Brachiniae	*Brachinus brevicollis* Motschulsky
0.120	23	Pterostichinae	*Amara aenea* (De Geer)
0.081	15	Harpalinae	*Harpalus subtruncatus* Chaudoir
0.053	10	Brachininae	*Brachinus psophia* Servile
0.048	9	Scaritinae	*Scarites planus* Bonelli
0.048	9	Harpalinae	*Harpalus rufipes* (De Geer)
0.044	8	Pterostichinae	*Poecilus cupreus* (L.)
0.033	6	Harpalinae	*Ophonus melletii* Heer
0.026	5	Broscinae	*Broscus karelinii* Zoubkoff
0.022	4	Pterostichinae	*Laemostenus caspius* Menetries
0.018	3	Lebiinae	*Microlestes fissuralis* Reitter
0.012	2	Harpalinae	*Diachromus germanus* (L.)
0.005	1	Scaritinae	*Scarites terricola* Bonelli
0.005	1	Pterostichinae	*Amara similata* Gyllenhal
0.005	1	Pterostichinae	*Pterostichus macer* (Marsham)
0.005	1	Harpalinae	*Dixus eremita* Dejean
0.005	1	Harpalinae	*Harpalus distinguendus* Duftchmid

ضریب یکنواختی در مزارع گوجه‌فرنگی (۰/۰۵±۰/۴۸) در مقایسه با سایر بوم‌نظام‌ها کوچک‌تر بود، به طوری که ۷۶ درصد فراوانی جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده تنها به سه گونه اختصاص داشت و ۱۵ گونه‌ی دیگر روی هم رفته ۲۴ درصد جامعه را تشکیل دادند (جدول ۸).

این موضوع باعث گردید تا با وجود زیاد بودن نسبی تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع گوجه‌فرنگی (۱۸ گونه)، مقدار شاخص تنوع در این مزارع (۰/۱۹±۱/۸۱) به شکل معنی‌دار ($p\leq0/05$) از بوم‌نظام‌های دیگر کوچک‌تر باشد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۸- تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های کارابیده‌ی جمع‌آوری شده از مزارع گوجه‌فرنگی شهرستان آزادشهر

Table 8- Number and relative frequency of ground beetle species collected from tomato fields of Azadshahr region

فراوانی نسبی Relative frequency	تعداد Number	زیرخانواده Subfamily	نام علمی Scientific name
0.3700	165	Pterostichinae	*Poecilus cupreus* (L.)
0.2600	120	Harpalinae	*Harpalus rufipes* (De Geer)
0.1300	57	Scaritinae	*Scarites planus* Bonelli
0.0600	25	Siagoninae	*Siagona europea* Dejean
0.0400	17	Callistinae	*Chlaenius festivus* (Panzer)
0.0300	12	Pterostichinae	*Pterostichus macer* (Marsham)
0.0300	12	Harpalinae	*Acinopus laevigatus* Menetries
0.0260	11	Cicindelinae	*Cicindela germanica* L.
0.0200	7	Brachininae	*Brachinus brevicollis* Motschulsky
0.0080	3	Pterostichinae	*Agonum dorsale* (Pontoppidan)
0.0080	3	Harpalinae	*Harpalus subtruncatus* Chaudoir
0.0040	2	Lebiinae	*Microlestes fissuralis* Reitter
0.0030	1	Lebiinae	*Zuphium olens* (Rossi)
0.0030	1	Pterostichinae	*Amara aenea* (De Geer)
0.0020	1	Callistinae	*Chlaenius vestitus* (Paykull)
0.0020	1	Harpalinae	*Dixus eremita* Dejean
0.0020	1	Harpalinae	*Harpalus distinguendus* Duftchmid
0.0020	1	Harpalinae	*Harpalus tenebrosus* Dejean

میانگین تعداد سوسک‌های به دام افتاده در حاشیه‌ها و بخش‌های مرکزی مزارع گوجه‌فرنگی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۵) و از نظر تعداد گونه‌های به دام افتاده نیز این دو قسمت از مزارع به طور کامل مشابه بودند (۱۵ گونه)، اما به دلیل بزرگ‌تر بودن معنی‌دار ضریب یکنواختی در حاشیه‌ها (۰/۵۰۷) نسبت به بخش‌های مرکزی (۰/۴۸۸)، شاخص تنوع شانون در حاشیه‌ها (۱/۹۳±۰/۰۷) به طور معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) از بخش‌های مرکزی (۱/۷۱±۰/۰۸) بزرگ‌تر بود (جدول ۵).

در مزارع گوجه‌فرنگی کالیفرنیا (با شرایط مشابه از نظر تعداد و اندازه‌ی تله‌ها و تعداد دفعات نمونه‌برداری) در مجموع، ۳۰۰ سوسک کارابیده شامل ۱۷ گونه جمع‌آوری شدند (Clark, 1999) که با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر (۴۴۰ سوسک شامل ۱۸ گونه) تقریباً مشابه می‌باشد. هم‌چنین، شاخص‌های تنوع شانون و سیمپسون برای جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در مزارع پرنهاده‌ی گوجه‌فرنگی کالیفرنیا به ترتیب ۱/۸۹ و ۵/۲۹ و در مزارع ارگانیک گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱/۸۷ و ۶/۴۸ برآورد شدند (Clark, 1999) که با مقادیر به دست آمده در پژوهش حاضر تا حدی زیاد مشابه می‌باشند.

مزارع سویا

طی ۱۲ مرحله نمونه‌برداری از مزارع سویا، در مجموع ۶۹ سوسک کارابیده شامل ۱۲ گونه از هشت زیرخانواده جمع‌آوری گردید (جدول ۹). گونه‌ی *Harpalus rufipes* (De Geer) با فراوانی ۲۹ درصد گونه‌ی غالب بود و گونه‌های *Microlestes fissuralis* Reitter و *Scarites planus* Bonelli به ترتیب با فراوانی‌های ۲۱ و ۱۶ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۹). در مقایسه با بوم‌نظام‌های دیگر، تعداد گونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع سویا (۱۲ گونه) و میانگین فراوانی آن‌ها (۰/۵±۰/۱۱) سوسک در هر تله در بخش‌های مرکزی) به مراتب کم‌تر بود، اما ضریب یکنواختی آن‌ها (۰/۵±۰/۰۴) در حد نسبتاً بالایی قرار داشت و در مجموع، ضریب شانون در آن‌ها از مزارع گندم و باقلا کوچک‌تر و از مزارع گوجه‌فرنگی بزرگ‌تر بود و با مزارع کلزا تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). مقایسه‌ی داده‌های به دست آمده از حاشیه‌ها و بخش‌های مرکزی مزارع سویا نیز نشان داد که این دو بخش از مزارع از نظر میانگین فراوانی، تعداد گونه، میزان یکنواختی و شاخص تنوع زیستی تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۵).

مقدار شاخص شانون در مزارع سویای آزادشهر (۲±۰/۱۸) در مقایسه با مزارع سویای ایالت داکوتای آمریکا (۰/۸۷ و ۰/۷۵ به ترتیب در سال‌های اول و دوم یک بررسی دوساله) به طور چشم‌گیری بالاتر بود (Ellsbury et al., 1998) که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده‌ی تنوع زیستی بسیار بالای این گروه از سخت‌بالپوشان و توانایی احتمالی آن‌ها در کاهش جمعیت آفات در مزارع آزادشهر باشد. البته، در مزارع سویای این شهرستان گونه‌ی *Harpalus rufipes* (De Geer) از بیشترین فراوانی برخوردار بود، در حالی که در مزارع سویای ایالت نیویورک گونه‌ی *Agonum muelleri* Herbest به عنوان گونه‌ی غالب گزارش شده است (Hajek et al., 2007).

جدول ۹- تعداد و فراوانی نسبی گونه‌های کارابیده جمع‌آوری شده از مزارع سویای شهرستان آزادشهر

Table 9- Number and relative frequency of ground beetle species collected from soybean fields of Azadshahr region

نام علمی Scientific name	زیرخانواده Subfamily	تعداد Number	فراوانی نسبی Relative frequency
Harpalus rufipes (De Geer)	Harpalinae	20	0.290
Microlestes fissuralis Reitter	Lebiinae	15	0.210
Scarites planus Bonelli	Scaritinae	11	0.160
Microlestes plagiatus Duftschmid	Lebiinae	7	0.100
Pterostichus macer (Marsham)	Pterostichinae	4	0.059
Poecilus cupreus (L.)	Pterostichinae	3	0.047
Broscus karelinii Zoubkoff	Broscinae	2	0.031
Calathus peltatus Kolenati	Pterostichinae	2	0.030
Laemostenus caspius Menetries	Pterostichinae	2	0.029
Siagona europea Dejean	Siagoninae	1	0.016
Brachinus brevicollis Motschulsky	Brachininae	1	0.014
Trechus quadristriatus (Schrank)	Trechinae	1	0.014

نوع پوشش گیاهی حاشیه‌ی مزارع بر تنوع و تراکم سوسک‌های کارابیده در درون مزارع مؤثر می‌باشد. به عنوان مثال، در مزارع برخوردار از حاشیه‌های پوشیده شده با علف باغ (*Dactylis glomerata* L.) بیشترین و در مزارع دارای حاشیه‌های پوشیده شده با علف‌هرز سگ‌دم (*Cynosurus cristatus* L.)، کمترین تراکم سوسک‌های کارابیده گزارش شده‌اند (Collins et al., 2003). برخی از گیاهان حاشیه‌ای به دلیل ساختار ویژه‌ی خود، برای پناه‌گرفتن سوسک‌های کارابیده مکانی مناسب می‌باشند و از این طریق، موجب افزایش تنوع زیستی این سخت‌بالپوشان در درون مزارع می‌شوند (Woodcock et al., 2005). در پژوهش حاضر، نوع علف‌های هرز روییده شده در حاشیه‌های مزارع تا حدودی با یکدیگر متفاوت بودند، به طوری که حاشیه‌های مزارع گندم شامل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu)، مَرغ (*Cynodon dactylon* L.) و برروموس (*Bromus tectorum* L.)، حاشیه‌های مزارع کلزا شامل آقطی (*Sambucus nigra* L.)، برروموس و فرفیون (*Euphorbia* sp.)، حاشیه‌های مزارع گوجه‌فرنگی شامل قیاق (*Sorghum halopense* L.) و بوته‌های جارو (*Sorghum vulgar* L.) و گل آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) و حاشیه‌های مزارع سویا شامل گندجارو (*Artemisia annua* L.)، قیاق و علف اسب (*Conyza canadensis* L.) بودند. ویژگی‌های متفاوت ساختاری، گیاه‌شناختی و شیمیایی این پوشش‌های گیاهی ممکن است از جمله دلایل احتمالی متفاوت بودن تنوع زیستی سوسک‌های کارابیده در بوم‌نظام‌های زراعی باشد.

نتیجه‌گیری

مطالعات سوسک‌های کارابیده در ایران بیشتر بر شناسایی گونه‌های آن‌ها متمرکز بوده و تنوع زیستی آن‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. جامعه‌ی سوسک‌های کارابیده در بوم‌نظام‌های زراعی شهرستان آزادشهر از غنای گونه‌ای بالایی برخوردار بودند (در مجموع ۳۲ گونه)، هر چند که از نظر ساختار گونه‌ای،گونه‌ی غالب، تعداد گونه‌ها، میزان یکنواختی، فراوانی و شاخص‌های تنوع زیستی در میان آن‌ها تفاوت‌هایی مشاهده گردید. از میان بوم‌نظام‌های زراعیِ نمونه‌برداری شده، گندم و گوجه‌فرنگی به ترتیب از بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی برخوردار بودند. متفاوت بودن تنوع زیستی ممکن است از نوع محصول، نوع پوشش‌های گیاهی حاشیه‌های مزارع و نوع عملیات کشاورزی اجرا شده در مزارع ناشی شود که اثبات نقش هر کدام از این دلایل به مطالعات بیشتر نیاز دارد. تنوع بخشیدن به پوشش گیاهی منطقه هم در سطح چشم‌انداز و هم در سطح زیستگاه می‌تواند به افزایش تنوع و حفاظت بیشتر از این گروه از سخت‌بالپوشان منجر شود. خوشبختانه، وجود حاشیه‌های بکر و شخم نخورده در اطراف مزارع و نیز نزدیکی آن‌ها به بوم‌نظام‌های جنگلی تا حد زیادی به این تنوع‌بخشی کمک نموده‌اند و این موضوع ممکن است از جمله دلایل احتمالی بالا بودن تنوع زیستی سوسک‌های خانواده‌ی کارابیده در بوم‌نظام‌های زراعی شهرستان آزادشهر باشد. عدم کنترل علف‌های هرز در حاشیه‌های مزارع یا کنترل موضعی آن‌ها (با مد نظر قرار دادن سایر اثرات احتمالی علف‌های هرز) و هم‌چنین عدم سم‌پاشی در زمان اوج جمعیت سوسک‌های کارابیده می‌توانند به حفظ یا افزایش تنوع‌زیستی آن‌ها کمک نمایند.

سپاسگزاری

از دکتر یان موئیلویک از کشور هلند به خاطر شناسایی گونه‌های سوسک‌های کارابیده و از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به دلیل حمایت مالی از این پژوهش قدردانی و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

1- Alichi, M., and Minaei, K. 2002. Study on distribution of the beetles belonging to the family Carabidae in Shiraz region. 15th Iranian Plant Protection Congress, Razi University of Kermanshah, Iran 7-11 September 2002, p. 175. (In Persian with English Summary)
2- Altieri, M.A. 1995. Biodiversity and biocontrol: lessons from insect pest management. Advances in Plant Pathology (11): 191-209.
3- Bell, R.T. 1990. Insecta: Coleoptera, Carabidae (adults and larvae). In: D.L. Dindal (Ed.). Soil Biology Guide. Johan Willey and Sons. p. 1053-1093.
4- Bukejs, A., and Balalaikins, M. 2008. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of wheat agrocenosis in Latvia. Acta Zoologica Lituanica 18(2): 134-138.
5- Clark, M.S. 1999. Ground beetles abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's central valley. Applied Soil Ecology 11(2-3): 199-206.
6- Clark, S., Szlavecz, K., Cavigelli, M.A., and Purrington, F. 2006. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in organic, no-till, and chisel-till cropping systems in Maryland. Environmental Entomology 35(5): 1304-1312.
7- Collins, K.L., Boatman, N.D., Wilcox, A., and Holland, J.M. 2003. Effects of different grass treatments used to create overwintering habitat for predatory arthropods on arable farmland. Agriculture, Ecosystems and Environment 96: 59-67.
8- Ellsbury, M.M., Powell, J.E., Forcella, F., Woodson, W.D., Clay, S.A., and Riedell, W.E. 1998. Diversity and dominant species of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in crop rotation and chemical input systems for the northern great plains. Annals of the Entomological Society of America 91(5): 619-625.
9- Epstein, D.L., Zack, R.S., Brunner, J.F., Gut, L., and Brown, J.J. 2001. Ground beetle activity in apple orchards under reduced pesticide management regimes. Biological Control 21: 97-104.
10- Ghahari, H., Kesdek, M., Samin, N., Ostovan, H., Havaskary, M., and Imani, S. 2009a. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Iranian cotton fields and surrounding grasslands. Munis Entomology and Zoology 4(2): 436-450.
11- Ghahari, H., Wojciech, B., Czkowsi, J., Kesdek, M., Otovan, H., and Tabari, M. 2009b. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) from rice fields and surrounding grasslands of Northern Iran. Journal of Biological Control 23 (2): 105-109.
12- Ghahari, H., Avgin, S.S., and Ostovan, H. 2010. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) collected from different ecosystems in Iran with new records. Turkish Journal of Entomology 34 (2): 179-195.
13- Grafius, E., and Warner, F.W. 1989. Predation by *Bembidion quadrimaculatum* (Coleoptera: Carabidae) on *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae). Environmental Entomology 18 (6): 1056-1059.
14- Hajek, A.E., Hannam, J.J., Nielsen, C., Bell, A.J., and Liebherr, K. 2007. Distribution and abundance of Carabidae (Coleoptera) associated with soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) populations in central New York. Annals of the Entomological Society of America 100(6): 876-886.
15- Hatten, T.D., Bosque-Pérez, N.A., Labonte, J.R., Guy, S.O., and Eigenbrode, S.D. 2007. Effects of tillage on the activity density and biological diversity of Carabid beetles in spring and winter crops. Environmental Entomology 36(2): 356-368.
16- Homayoon, F., Shishehbor, P., and Alichi, M. 2002. Species composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in three different crop plants in Marvdasht region. 15th Iranian Plant Protection Congress, Razi University of Kermanshah, Iran, 7-11 September 2002, p. 176. (In Persian with English Summary)
17- Kromp, B. 1989. Carabid beetle communities (Carabidae: Coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 27: 241-251.
18- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agriculture, Ecosystem and Environment 74: 187-228.
19- Lindroth, C.H. 1974. Handbook for the Identification of British Insects (Coleoptera: Carabidae. Royal Entomological Society publication, London 148 pp.
20- Löbl, I., and Smetana, A. 2003. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume I. Archostemata-Myxophaga-Adephaga. Apollo Books, Stenstrup, Denmark 819 pp.
21- Melnychuk, N.A., Olfert, O., Youngs, B., and Gillott, C. 2003. Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 95: 69-72.
22- Modarres Awal, M. 1997. List of Agricultural Pests and their Natural Enemies in Iran. Ferdowsi University Press, Iran 429 pp. (In Persian)
23- Nash, M.A., Thomson, L.J., Horne, P.A., and Hoffmann, A.A. 2008. *Notonomus gravis* (Chaudoir) (Coleoptera: Carabidae) predation of *Deroceras reticulatum* Müller (Gastropoda: Agriolimacidae), an example of fortuitous

biological control. Biological Control 47(3): 328-334.
24- Navntoft, S., Esbjerg, P., and Riedel, W. 2006. Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. Agricultural and Forest Entomology 8 (1): 57-62.
25- Price, P.W. 1997. Insect Ecology. 3rd Edition. John Wiley Publication, New York 888 pp.
26- Sadeghi, H., Avgin, S.S., and Farahi, S. 2010. New data to the knowledge of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) fauna of Iran. Turkish Journal of Entomology 34(2): 197-210.
27- Sadeghi, H., Saadi, S. H., and Felix, R. 2011. Ground and tiger beetles (Coleoptera: Carabidae) from Kerman and Khorasan provinces of Iran. Munis Entomology and Zoology 6(1): 186-193.
28- Sadeghi, H. 2011. Studies on species composition of Carabid beetles in Northern provinces of Iran (Coleoptera: Carabidae). Munis Entomology and Zoology 6(1): 268-275.
29- SAS Institute. 2003. SAS/Stat User's Guid, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
30- Saska, P., Martinkova, Z., and Honek, A. 2010. Temperature and rate of seed consumption by ground beetles (Carabidae). Biological Control 52(2): 91-95.
31- Scheller, H.V. 1984. The role of ground beetles (Carabidae) as predators on early populations of cereal aphids in spring barley. Journal of Applied Entomology 97(1-5): 451-463.
32- Seaby, R.M., and Henderson, P.A. 2006. Species Diversity and Richness Version 4. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.
33- Shah, P.A., Brooks, D.R., Ashby, J.E., Perry, J.N., and Woiwod, I.P. 2003. Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. Agricultural and Forest Entomology 5(1): 51-60.
34- Shearin, A.F., Reberg-Horton, S.C., and Gallandt, E.R. 2007. Direct effects of tillage on the activity and density of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) weed seed predators. Community and Ecosystem Ecology 36(5): 1140-1146.
35- Suenaga, H., and Hamamura, T. 1998. Laboratory evaluation of Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) as predators of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) larvae biological control. Environment Entomology 27(3):767-772.
36- Trautner, J. 1988. Tiger Beetles, Ground Beetles: Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Unipub Publication, 488 pp.
37- Waite, S. 2000. Statistical Ecology in Practice. Prentice Hall Publication, London, 414 pp.
38- Woodcock, B.A., Westbury, D.B., Potts, S.G., Harris, S.J., and Brown, V.K. 2005. Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 255-266.
39- Work, T.T., Koivula, M., Klimaszewski, J., Langor, D., Spence, J., Sweeney, J., and Hébert, C. 2008. Evaluation of carabid beetles as indicators of forest change in Canada. Canadian Entomologist 140: 393-414.