Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)

48(4), Winter, 2026

10.22055/ppr.2025.50042.1814

Fauna, biodiversity, and population dynamics of terrestrial invertebrates in two citrus orchards with different management practices in Sari country, Mazandaran province

M. Shayanmehr[1]*, A. Kaveh[1], E. Yahyapour[2], Sh. Mahmoudi[1]

1. ***Corresponding Author:** Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran Province, Sari, Iran (m.shayanmehr@sanru.ac.ir)
2. Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arak Branch, Markazi Province, Arak, Iran

Received: 28 June 2025 Revised: 13 August 2025 Accepted: 30 August 2025

Abstract

Background and Objective

Biodiversity plays a crucial role in maintaining the balance and functionality of ecosystems. In agricultural systems, such as citrus orchards, assessing the diversity and population dynamics of terrestrial invertebrates — both pests and beneficial organisms — is essential for effective pest management and sustainable production. This study aimed to investigate the fauna, biodiversity indices, and seasonal population changes of soil-dwelling and foliage-inhabiting terrestrial invertebrates in two adjacent citrus orchards with different management regimes—one managed conventionally and the other abandoned—in Sari Country, Mazandaran Province, northern Iran.

Materials and Methods

The survey was conducted over 16 months from December 2019 to April 2021, in two separate citrus orchards planted with Japanese mandarin and Thompson orange, respectively. The managed orchard (13 ha) and the abandoned orchard (12 ha) were both located in the northern part of Goharbaran village at a similar altitude and under similar ecological conditions. Both orchards shared comparable canopy structure and plant physiology, thus minimizing the confounding effect of crop variety. Soil invertebrates were sampled using pitfall traps—30 traps in each orchard, totaling 60—installed at a depth of 15 cm beneath the tree canopy. Each trap consisted of a glass jar filled with a mixture of water and non-alcoholic beer. Traps were collected after 7 days, and sampling was repeated monthly. Invertebrates were identified and counted under a stereomicroscope. For canopy sampling, five trees were randomly selected in each orchard. From each tree, one 10-cm branch and five leaves were collected from four cardinal directions at a height of 1–1.5 meters, biweekly. During the fruiting period, similar procedures were used to collect fruit samples. All specimens were examined and recorded in the laboratory using a stereomicroscope. Biodiversity indices, including Shannon, Simpson, Margalef richness, and Pielou's evenness, were calculated using PAST software.

Results

A total of 5,373 individual invertebrates were collected from both sampling methods. Among soil-dwelling groups, springtails (Collembola) showed the highest abundance, followed by beetles (Coleoptera), ants (Hymenoptera), and gastropods (Gastropoda). In the foliage samples, 902 individuals belonging to 18 species were identified. Hemiptera (365 individuals, 9 species) was the most diverse and abundant order, followed by Hymenoptera (219 individuals, 3 species)

and mites (Acari) (169 individuals, 2 species). Common pests included citrus red mite (*Panonychus citri*), green citrus aphid (*Aphis spiraecola*), soft scale insects (*Pulvinaria auranti*), and the Mediterranean fruit fly larva (*Ceratitis capitata*). Notably, the brown garden snail (*Caucasotachea lencoranea*) and other mollusks were also frequently encountered. Springtails were more abundant during colder months, while ants and mites peaked in warmer periods. The highest Shannon index (2.34), Margalef richness (2.73), and Pielou's evenness (0.93) were recorded in the managed orchard in November 2020, whereas the highest Simpson index (0.87) was observed in December 2020. In contrast, the abandoned orchard showed peak values for Shannon (2.08) and Simpson (0.85) indices in April 2021, Margalef richness (2.22) in February 2020, and Pielou's evenness (0.94) in November 2020. Regarding foliage-inhabiting invertebrates, the managed orchard had maximum biodiversity in September 2020 (Shannon = 2.12, Simpson = 0.87, Margalef = 2.05) and December 2020 (Pielou = 0.98). The abandoned orchard had the highest values in August 2020 (Shannon = 2.26, Simpson = 0.89), September 2020 (Margalef = 2.68), and November 2020 (Pielou = 0.98), but this difference was not statistically significant.

Discussion

The results indicated that the abandoned orchard supported higher overall biodiversity compared to the managed one. This may be due to the absence of tillage and reduced chemical inputs, which help preserve soil structure and protect beneficial organisms. Frequent tillage in the managed orchard likely disrupted soil fauna habitats, resulting in reduced springtail abundance. Additionally, improper pesticide use and failure to observe pre-harvest intervals may have negatively impacted beneficial arthropods, thereby increasing pest resistance. Seasonal trends in the dominance of taxa also reflected environmental influences, particularly temperature and orchard management practices. Carabid beetles (Carabidae), known for their predatory activity, were frequently recorded in the abandoned orchard, suggesting they may offer pest suppression comparable to chemical controls. Overall, the diversity and abundance of both beneficial and pest invertebrates under different temporal and ecological conditions highlighted their potential as indicators of environmental health and sustainable orchard management. The findings underscore the importance of ecologically based pest management practices that conserve biodiversity and ecosystem services in citrus production.

Keywords: Biodiversity indices, natural enemies, arthropods, citrus, orchard management

Associate editor: A. Rajabpour (Prof.)

Citation: Shayanmehr, M., Kaveh, A., Yahyapour, E., & Mahmoudi, Sh (2026). Fauna, Biodiversity, and Population Dynamics of Terrestrial Invertebrates in Two Citrus Orchards with Different Management Practices in Sari Country, Mazandaran Province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 48*(4), 67-86. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2025.50042.1814.

گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٨، شماره ٤، زمستان ١٤٠٤

10.22055/ppr.2025.50042.1814

بررسی فون، تنوع زیستی و تغییرات جمعیت بی‌مهرگان خشکی‌زی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت در شهرستان ساری، مازندران

معصومه شایان‌مهر*[1]، علی کاوه[1]، علیه یحیی پور[2]، شقایق محمودی[1]

۱- * **نویسنده مسوول**: گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، استان مازندران، ساری
۲- گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، استان مرکزی، اراک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مدیریت باغ بر تنوع زیستی و تراکم بندپایان و سایر بی‌مهرگان خشکی‌زی (گونه‌های خاکزی و ساکن درختان) در دو باغ مرکبات مجزا و مجاور هم، هر دو ۲۰ ساله و به مساحت ۱۲ و ۱۳ هکتار واقع در ساری، در یک دوره ١٦ ماهه (از آذر ۱۳۹۸ تا فروردین ١٤٠٠) انجام شد. شاخص‌های تنوع زیستی با نرم‌افزار PAST محاسبه گردید. در مجموع ۵۳۷۳ فرد متعلق به ۱۷ گروه از جمله Coleoptera، Hymenoptera، Diptera، Acari، Collembola، Gastropoda و Annelida شناسایی شد. در نمونه‌برداری گودالی از خاک، بیشترین تراکم به پادمان‌ها تعلق داشت. تراکم پادمان‌ها در ماه‌های سرد بالاتر و تراکم مورچه‌ها و کنه‌ها در ماه‌های گرم بیشتر بود. بیشترین مقادیر عددی شاخص‌های شانون، سیمپسون، مارگالف و پیلو، در آبان و آذر ۱۳۹۹ در باغ مدیریت‌شده و در بهمن ۱۳۹۸ و فروردین ١٤٠٠ در باغ رهاشده ثبت شدند. در نمونه‌های شاخه، برگ و میوه، نیم‌بالان‌ها (Hemiptera) با ۹ گونه و ٣٦٥ فرد، بیشترین تنوع و تراکم را داشتند؛ مورچه‌ها و کنه‌های قرمز نیز از گروه‌های غالب بودند و شاخص‌های تنوع فون در مرداد و شهریور ۱۳۹۹ بالاترین مقادیر را داشتند که احتمالا ناشی از افزایش دما، وفور منابع غذایی و رشد رویشی در تابستان بود. در هر دو نمونه‌برداری خاکی و اندام‌های هوایی، میانگین مقادیر شاخص‌ها در باغ رهاشده بالاتر بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. به طور کلی، تراکم پادمان‌ها به عنوان شاخص زیستی و سوسک های Carabidae به عنوان شکارگر در باغ رها شده بیش‌تر بود و تغییرات جمعیت گروه‌های عمده اثر دما و مدیریت باغ بر فون منطقه را نشان داد. از این‌رو، شاخص‌های تنوع زیستی و فراوانی فون خاک‌زی، آفات و حشرات مفید می‌توانند ابزار پایش سلامت اکوسیستم و مدیریت تلفیقی آفات باشند و تفاوت‌های دو باغ اهمیت مدیریت پایدار و پرهیز از تغییرات غیرضروری در زیستگاه را برای حفظ تنوع زیستی و پایداری تولید مرکبات برجسته می‌کند.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های تنوع زیستی، دشمنان طبیعی، بندپایان، مرکبات، مدیریت باغ

دبیر تخصصی: دکتر علی رجب‌پور

مقدمه

واژه تنوع زیستی یا گوناگونی زیستی در بر گیرنده تمامی مراحل تنوع و تغییرپذیری موجودات زنده، درون جوامع و بین آن‌هاست. امروزه تنوع زیستی به عنوان یکی از اساسی-ترین موضوعات در اکولوژی مطرح است. حضور گونه‌های مختلف در یک اکوسیستم به عنوان یک خصوصیت کیفی مطرح بوده و اکولوژیست‌ها به منظور کمی کردن و تفسیر هرچه بهتر آن، شاخص‌های متعددی را ابداع کرده‌اند که هریک از آن‌ها به نحوی در تحلیل اکوسیستم و تنوع زیستی دارای کاربرد هستند (Bond & Chase, 2002). مرکبات به دلیل ارزش غذایی بالا و هم‌چنین داشتن ترکیبات زیست فعالی که در سلامتی انسان نقش مهمی را ایفا می‌کنند از اهمیت زیادی برخوردار هستند. مرکبات جزء درختان همیشه سبز و از تیره Rutaceae می‌باشد و یکی از محصولات باغی مهم ایران است که مقام اول در بین تولیدات باغی کشور و مقام هفتم تولید در جهان را دارد (Ahmadi et al., 2021; FAO, 2022). در سال ۱۳۹۹، سطح باغ‌های کشور حدود ۲/۹۸ میلیون هکتار بوده که از این سطح حدود ۲۴/۴ میلیون تن محصولات باغی تولید شده است. در این سال استان مازندران با حدود ۵/۶ درصد سطح بارور محصولات باغبانی در رتبه چهارم و بعد از استان‌های خراسان رضوی، فارس و کرمان قرار گرفته است. هم‌چنین سطح زیر کشت و میزان تولید مرکبات در کشور به ترتیب برابر با ۲۸۸/۱۱۵ هکتار و ۵/۶۰۲/۶۶۶ تن بوده است. سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در استان مازندران به ترتیب ۱۵۱/۰۳۱ هکتار و حدود ۳ میلیون تن بوده است (Ahmadi et al., 2021). این محصول سودآور نیز در خطر عوامل خسارت-زایی همچون آفات می‌باشد که تنوع گونه‌ای بالا و تراکم قابل‌توجه آفات مرکبات در نواحی شمالی، به علت متعادل بودن دما، بالا بودن میزان بارندگی و رطوبت نسبت به جنوب کشور بسیار زیاد است. شناخت دقیق زیست‌شناسی آفات مرکبات و بهره‌گیری از روش‌های کنترل مناسب و به‌موقع، نه‌تنها به مدیریت مؤثر آفات کمک می‌کند، بلکه موجب کاهش مصرف سموم شیمیایی، کاهش اثرات منفی بر دشمنان طبیعی و محدود شدن آسیب‌های زیست‌محیطی نیز می‌شود (Gholamian & HalajiSani, 2005). از آفات مهم و کلیدی مرکبات می‌توان به تریپس مرکبات (*Scirtothrips citri*)، شته سبز مرکبات (*Aphis spiraecola*)، شپشک نرم تن قهوه‌ای (*Coccus hesperidum*)، کنه زنگ مرکبات (*Phyllocoptruta oleivora*)، سپردار قرمز مرکبات (*Aonidiella aurantii*)، مگس میوه مدیترانه‌ای (*Ceratitis capitata*) و پروانه مینوز مرکبات (*Phyllocnistis citrella*) اشاره کرد (Mirabbalou et al., 2012). مطالعات مختلفی در رابطه با جمعیت حشرات مختلف در باغات مرکبات در ایران (Sorkhabi-Abdolmaleki et al., 2021) و سایر نقاط جهان (Aidoo et al., 2016; Flkri et al., 2019 Afzal et al., 2021; Sadegh Nejad et al., 2019) انجام گرفته است، که نتایج آن‌ها نشان می‌دهد باغاتی با مدیریت کم‌نهاده یا بدون استفاده از سموم معمولاً دارای تنوع زیستی بالاتر و فراوانی بیشتر گونه‌های مفید هستند. این پژوهش‌ها همچنین گزارش کرده‌اند که سهم آفات در چنین باغاتی پایین‌تر است و دشمنان طبیعی نقش مهمی در کنترل جمعیت آفات ایفا می‌کنند و بر ضرورت استفاده از روش‌هایی چون کنترل زیستی برای کاهش آسیب به این موجودات تأکید داشته‌اند. لذا با توجه به اهمیت اقتصادی مرکبات در کشور، بررسی دقیق تنوع زیستی و تغییرات جمعیت بندپایان در طول فصل می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد هم‌زمانی ظهور آفات کلیدی و موجودات مفید فراهم کند. این اطلاعات، می‌تواند در شناسایی بازه‌های حساس و پرریسک برای حمله آفات و نیز بازه‌های اوج فعالیت دشمنان طبیعی مؤثر باشد. علاوه بر این، مطالعه بر روی گروه‌هایی مانند تجزیه‌کننده‌های خاک نیز اهمیت دارد، زیرا این موجودات با مشارکت در چرخه مواد آلی و بهبود سلامت خاک، به‌طور غیرمستقیم بر پایداری اکوسیستم باغ و حفظ جمعیت دشمنان طبیعی تأثیر می‌گذارند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی فون، تنوع زیستی و تغییرات جمعیت بندپایان، شامل آفات، دشمنان طبیعی و تجزیه‌کننده‌ها، در دو باغ مدیریت شده و رها شده مرکبات در شهرستان ساری، استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری

به منظور انجام این مطالعه، بندپایان موجود در دوباغ مرکبات به مدت ۱۶ ماه (آذر ۱۳۹۸ تا فروردین ۱۴۰۰) مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه دو قطعه باغ جدا از هم در نظر گرفته شد، که محصول یکی از باغ‌ها نارنگی ژاپنی (*Citrus reticulata* Blanco) و محصول باغ دیگر پرتقال تامسون (*Citrus sinensis* Osbeck) بود. باغ مدیریت شده دارای طول و عرض جغرافیایی ۳۶/۷ و ۵۳/۱۹ درجه و باغ رها شده دارای طول و عرض جغرافیایی ۳۶/۷۲ و ۵۳/۲ درجه بود. منظور از مدیریت‌شده، انجام عملیات زراعی و باغبانی متداول شامل هرس منظم، آبیاری برنامه‌ریزی‌شده و کنترل آفات با استفاده از ۳ تا ۴ نوبت سم‌پاشی سالانه با آفت‌کش‌های رایج بود. در مقابل، باغ رهاشده طی ۵ سال پیش از مطالعه فاقد هرگونه عملیات کنترلی علیه آفات و بیماری‌ها، بدون هرس و آبیاری منظم و بدون مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده و تنها به‌صورت طبیعی از بارندگی و پوشش گیاهی خود تغذیه می‌کرد. ارتفاع از سطح دریا در هر دو باغ تقریباً ۱۵ متر ثبت شد. مساحت باغ مدیریت‌شده ۱۳ هکتار و باغ رهاشده ۱۲ هکتار بود. باغات از نظر موقعیت مکانی در بخش شمالی روستای گهرباران از توابع شهرستان ساری واقع شده بودند. نوع پوشش گیاهی باغ به طور اختصاصی از مرکبات بود اما درصد کمی از پوشش گیاهی نیز مربوط به گیاهان جنگلی مانند کاج و صنوبر که به صورت بومی کاشته شده بودند تعلق داشت. لازم به ذکر است که با وجود تفاوت در نوع گونه‌های مرکبات، هر دو گونه پرتقال تامسون و نارنگی ژاپنی از نظر ساختار عمومی گیاه، فیزیولوژی، نیازهای اکولوژیکی، آفات و الگوی پوشش‌دهی شاخ و برگ شباهت زیادی دارند (Peterson et al., 2006; Cass et al., 2020). بنابراین، با توجه به نزدیکی موقعیت مکانی، ارتفاع، نوع خاک، اقلیم و شباهت پوشش گیاهی، تأثیر تفاوت گونه درخت بر فون و تنوع زیستی نسبت به اثر مدیریت باغ، در این مطالعه حداقل در نظر گرفته شده است.

روش جمع‌آوری نمونه‌ها

نمونه‌های خاکزی: برای جمع‌آوری نمونه‌های بندپایان از روش تله گودالی استفاده شد. در این روش، طی یک دوره ۱۶ ماهه از آذر ۱۳۹۸ تا فروردین ۱۴۰۰، برای هر یک از دو باغ مدیریت شده و رها شده تعداد ۳۰ عدد تله گودالی و در مجموع ۶۰ عدد تله به صورت تصادفی در خاک باغ تعبیه شد. برای ساخت این تله‌ها، از ظروف شیشه‌ای مرباخوری به ارتفاع ۸ سانتی‌متر و قطر دهانه ۵ سانتی‌متر استفاده شد که با مخلوطی از آب و مقدار کمی ماءالشعیر ، به‌منظور بهبود کارایی تله و جلوگیری از خروج نمونه‌های گرفتار شده، پر شده بودند. تله‌ها در پای کانوپی درختان و در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک کار گذاشته شدند و پس از ۷ روز برداشت شدند. این فرآیند به‌صورت ماهانه و در طول دوره نمونه‌برداری تکرار شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، در آزمایشگاه توسط استریو میکروسکوپ مورد بررسی و شمارش قرار گرفتند و شناساییآن‌ها با استناد به منابع و کلیدهای معتبر شناسایی حشرات و بندپایان انجام شد.

نمونه‌های شاخه، برگ و میوه: برای این بخش از نمونه‌برداری، طی یک دوره ۱۲ ماهه از خرداد ۱۳۹۹ تا اردیبهشت ۱۴۰۰، در هر یک از باغ‌های مدیریت‌شده و رهاشده، ۵ درخت به‌صورت تصادفی علامت‌گذاری شد. از هر درخت، در هر یک از چهار جهت اصلی (شمال، جنوب، شرق، غرب)، یک سرشاخه به طول ۱۰ سانتی‌متر و ۵ عدد برگ به‌صورت تصادفی انتخاب شد. نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه و هم‌زمان با برداشت تله‌های گودالی انجام گرفت. ارتفاع نمونه‌برداری از درختان در بازه ۱ تا ۱/۵ متری از سطح زمین در نظر گرفته شد تا نماینده پوشش میانی درخت که معمولاً بیشترین تراکم آفات و حشرات مفید را دارد باشد (Naranjo & Flint, 1995). برای نمونه‌برداری از میوه نیز، در فصل باردهی درختان، همین روش و ارتفاع نمونه‌برداری اعمال گردید. لازم به ذکر است که شروع نمونه‌برداری از شاخه، برگ و میوه با چند ماه تأخیر نسبت به نمونه‌برداری خاکزی انجام شد؛ این تأخیر ناشی از لزوم ورود به مرحله فعال رشدی درختان و ظهور قابل‌توجه آفات برگی و میوه‌ای برای انجام ارزیابی دقیق‌تر بود. کلیه نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، در آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی ساری با استفاده از استریو میکروسکوپ بررسی و ثبت شدند (شکل ۲).

تنوع زیستی و تحلیل داده‌ها

به منظور اندازه‌گیری تنوع زیستی بندپایان باغ مرکبات از شاخص‌های تنوع زیستی استفاده گردید.

الف) شاخص تنوع گونه‌ای شانون–ویور (Shannon & Weaver, 1949).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} \frac{n_i}{N} ln \frac{n_i}{N}$$

n_i: تعداد افراد مشاهده‌شده از گونه‌ی i

N: مجموع کل افراد تمام گونه‌ها

s: تعداد کل گونه‌ها

ب) شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون (Simpson, 1949).

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

Pi: نسبت فراوانی گونه‌ی i

s: تعداد کل گونه‌ها

ج) شاخص غنای مارگالف (Margalef, 1958).

$$D_{mg} = \frac{(S-1)}{lnN}$$

s: تعداد کل گونه‌های شناسایی‌شده

N: مجموع کل افراد شمارش‌شده

د) شاخص یکنواختی پیلو (Pielou, 1975).

$$J = \frac{H'}{lnS}$$

H': مقدار شاخص شانون–ویور

s: تعداد کل گونه‌ها

در پایان، شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از نرم‌افزار PAST (Hammer et al., 2001) محاسبه گردید. همچنین برای بررسی معنی‌داری آماری تفاوت شاخص‌ها بین باغ مدیریت‌شده و رهاشده، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogorov–Smirnov، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون t مستقل در نرم‌افزار SPSS v.23 انجام گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel 2019 ترسیم گردیدند.

نتایج

بخش اول – نمونه‌گیری با تله‌های گودالی

در نمونه‌برداری‌های انجام‌شده با استفاده از تله‌های گودالی، مجموعاً ۴۴۷۱ فرد از بی‌مهرگان خشکی‌زی شناسایی و شمارش شدند (جدول ۱). این نمونه‌ها در مجموع متعلق به ۱۷ گروه شناسایی‌شده بودند که شامل ۶ راسته از حشرات (از جمله Coleoptera، Diptera و Hymenoptera) و سایر بندپایان (ازجمله Chilopoda، Diplopoda، Symphyla، Acari، Collembola) و همچنین دو رده از بی‌مهرگان غیر بندپا شامل Annelida و Gastropoda بودند. بیشترین فراوانی به ترتیب مربوط به پادمان‌ها (Collembola) با ۱۴۶۷ فرد بود. در میان حشرات، راسته قاب‌بالان (Coleoptera) و بال‌غشائیان (Hymenoptera) با دارابودن بیش از ۷۰۰ فرد، بیشترین فراوانی را داشتند. همچنین رده شکم پایان (Gastropoda) با دارابودن ۵۳۹ فرد در رتبه بعدی قرار داشت (جدول ۱). این نتایج نشان‌دهنده تنوع بالای فون خاک‌زی در اکوسیستم باغ‌های مرکبات و اهمیت اکولوژیک زیست‌سازگان‌های زیرزمینی در این زیستگاه‌هاست.

نمودار تغییرات جمعیت بندپایان و سایر بی‌مهرگان مربوط به تله‌های گودالی در شکل ۱ نشان داد که تراکم پادمان‌ها (Collembola) در هر دو باغ رها شده و مدیریت شده بر اساس مقایسه بصری میانگین‌ها، بیش‌تر از سایر بندپایان بود. هم‌چنین الگوهای مشاهده‌شده نشان داد که تراکم پادمان در ماه‌های سرد سال بیش‌تر از ماه‌های گرم سال به دست آمد. در باغ رهاشده، پادمان‌ها در آذر و بهمن ۱۳۹۸، اردیبهشت، خرداد، آذر، دی، بهمن و اسفند ۱۳۹۹ و فروردین ۱۴۰۰، بیشترین فراوانی را داشتند. در همین باغ، مورچه‌ها (راسته Hymenoptera) در تیر تا مهر ۱۳۹۹ و سوسک‌های کارابیده (راسته Coleoptera) در آبان ۱۳۹۹ بیشترین تراکم را نشان دادند. در مقابل، در باغ مدیریت‌شده، کرم خاکی (رده Clitellata) در آذر ۱۳۹۸، پادمان‌ها در ماه‌های بهمن، اردیبهشت، آذر، دی، بهمن و اسفند ۱۳۹۹ و فروردین ۱۴۰۰،

مورچه‌ها از خرداد تا مهر ۱۳۹۹ و سوسک‌های کارابیده (راسته Coleoptera) در آبان ۱۳۹۹ بیشترین جمعیت را داشتند (شکل ۱).

نتایج مربوط به شاخص‌های تنوع زیستی در جدول ۲ نشان داد که میانگین مقادیر هر چهار نوع شاخص در طول کل دوره نمونه‌برداری، در باغ رهاشده اندکی بیشتر از باغ مدیریت‌شده بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج، بیشترین مقدار شاخص شانون (۲/۳۴)، غنای مارگالف (۲/۷۳) و شاخص سیمپسون (۰/۸۷) در آذر ۱۳۹۹ و بیشترین مقدار شاخص یکنواختی پیلو (۰/۹۳) در آبان ۱۳۹۹ در باغ مدیریت‌شده مشاهده شد. همچنین، در باغ رهاشده بیشترین مقدار شاخص شانون (۲/۰۸) و سیمپسون (۰/۸۵) در فروردین ۱۴۰۰، غنای مارگالف (۲/۲۲) در بهمن ۱۳۹۸ و یکنواختی پیلو (۰/۹۴) در آبان ۱۳۹۹ مشاهده شد (جدول ۲).

بخش دوم – نمونه‌برداری از شاخ و برگ و میوه

در این بخش، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده (به غیر از مورچه ها) تا سطح گونه شناسایی شدند. مقایسه میزان فراوانی گونه‌های مربوط به نمونه‌برداری‌های شاخه، برگ و میوه در جدول ۳ و شکل ۲ نشان می‌دهد که در اغلب ماه‌های نمونه‌برداری، تراکم حشرات و سایر بندپایان در باغ رهاشده بیشتر از باغ مدیریت‌شده بود.

در مجموع، در نمونه‌برداری از شاخه، برگ و میوه در دو باغ مورد مطالعه، مجموعاً ۹۰۲ فرد متعلق به ۱۸ گونه شناسایی شدند (جدول ۳). این گونه‌ها به شش راسته از حشرات (Hemiptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Thysanoptera, Diptera) و دو رده از بی‌مهرگان غیرحشره (Acari و Gastropoda) تعلق داشتند. در میان راسته‌های شناسایی‌شده، راسته نیم‌بالان (Hemiptera) با ۹ گونه و ۳۶۵ فرد، بیشترین تنوع و فراوانی را به خود اختصاص داد. پس از

جدول ۱- فهرست بی‌مهرگان خشکی‌زی شناسایی‌شده با استفاده از تله گودالی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت، همراه با سطح طبقه‌بندی و فراوانی نسبی (۱۴۰۰–۱۳۹۸)

Table 1. List of identified terrestrial invertebrates captured by pitfall traps in two citrus orchards under different management practices, with taxonomic classification and relative abundance

Group	Subgroup	Identified species or families	Total abundance
Insects	Coleoptera (Order)	Rove beetle (Family: Staphylinidae) Ground beetle (Family: Carabidae)	757
	Diptera (Order)	*Ceratis capitata* (Wiedemann)	108
	Hymenoptera (Order)	Ant (Family: Formicidae)	703
	Hemiptera (Order)	*Aonidiella aurantia* (Maskell) *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) *Planococcus citri* (Risso) *Aphis spiraecola* Patch *Pulvinaria auranti* Cockerell	58
	Thysanoptera (Order)	*Scritrothrips citri* (Moulton)	3
	Zygentoma (Order)	Lepismatidae	17
Non-insect arthropods	Acari (Class)	*Panonychus citri* (McGregor) *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead)	105
	Collembola (Class)		1467
	Araneae (Class)		169
	Chilopod (Class)		119
	Diplopoda (Class)		139
	Symphyla (Class)		102
	Isopoda (Order)		38
Annelids	Clitellata (Class)	*Lumbricus terrestris* Linnaeus	147
Mollusca	Gastropoda (Class)	*Helix aspersa* (Müller) *Lehmannia rupicola* Lessona & Pollonera	539

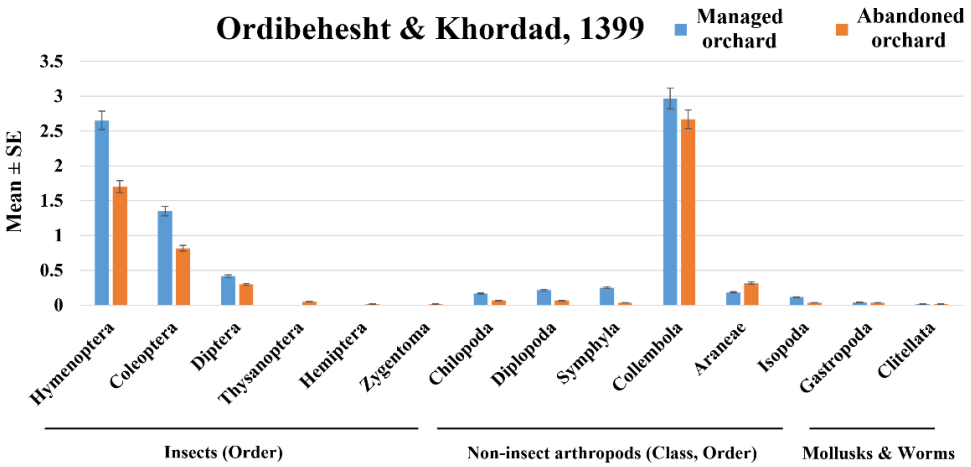
جدول ۲- میانگین شاخص‌های تنوع زیستی بی‌مهرگان خشکی‌زی به‌دست‌آمده از تله‌های گودالی در باغات مرکبات با مدیریت متفاوت در شهرستان ساری (۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Table 2. Mean biodiversity indices of terrestrial invertebrates obtained from pitfall traps in citrus orchards with different management regimes in Sari Country

Date*/Orchard	Shannon		Simpson		Margalef richness		Pielou's evenness	
	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned
Azar 1398	1.77	1.75	0.78	0.76	1.99	1.88	0.74	0.76
Bahman 1398	1.34	1.66	0.61	0.66	1.32	2.22	0.69	0.67
Esfand 1398	1.69	1.79	0.65	0.72	1.59	1.68	0.68	0.79
Farvardin 1399	1.71	1.82	0.69	0.75	1.68	1.70	0.62	0.69
Ordibehesht 1399	1.84	1.46	0.74	0.63	2.31	2.08	0.69	0.58
Khordad 1399	1.67	1.84	0.71	0.80	1.87	1.65	0.72	0.83
Tir 1399	1.60	1.85	0.75	0.81	1.29	1.93	0.77	0.76
Mordad 1399	1.85	1.74	0.81	0.78	1.58	1.44	0.89	0.83
Shahrivar 1399	1.73	1.75	0.78	0.79	1.66	1.37	0.78	0.84
Mehr 1399	1.81	1.83	0.79	0.81	1.58	1.43	0.82	0.88
Aban 1399	2.05	1.96	0.85	0.84	1.60	1.44	0.93	0.94
Azar 1399	2.34	1.99	0.87	0.82	2.73	1.84	0.88	0.86
Dey 1399	1.71	2.01	0.76	0.80	1.49	2.18	0.78	0.81
Bahman 1399	1.24	1.69	0.56	0.72	1.11	1.51	0.63	0.77
Esfand 1399	1.82	1.91	0.77	0.80	1.70	1.73	0.79	0.82
Farvardin 1400	1.86	2.08	0.78	0.85	1.76	1.65	0.81	0.90
Mean ± SE	1.75 ± 0.06	1.82 ± 0.04	0.74 ± 0.02	0.77 ± 0.01	1.70 ± 0.10	1.73 ± 0.07	0.76 ± 0.02	0.80 ± 0.02
***p*-value**	0.456 (ns)		0.438 (ns)		0.852 (ns)		0.488 (ns)	

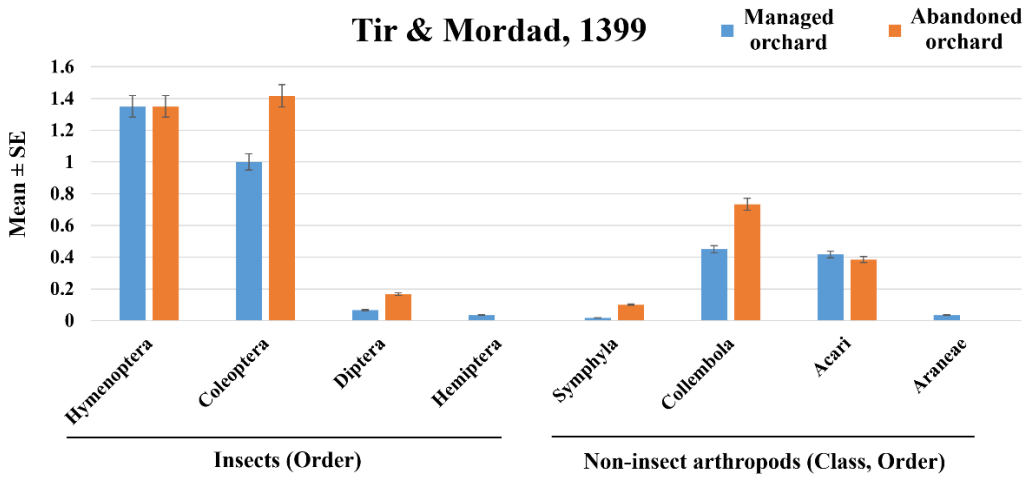
* Dates are in Solar Hijri calendar, corresponding to December 2019 to April 2021 in Gregorian calendar.

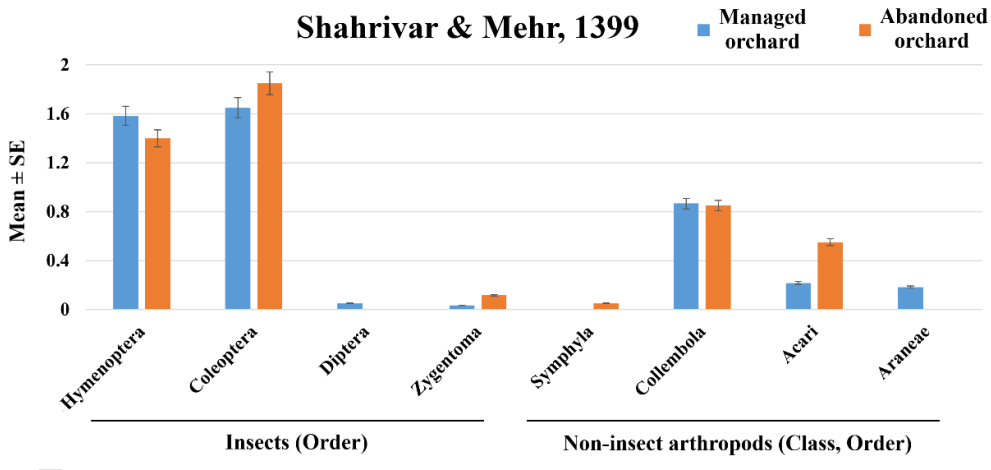


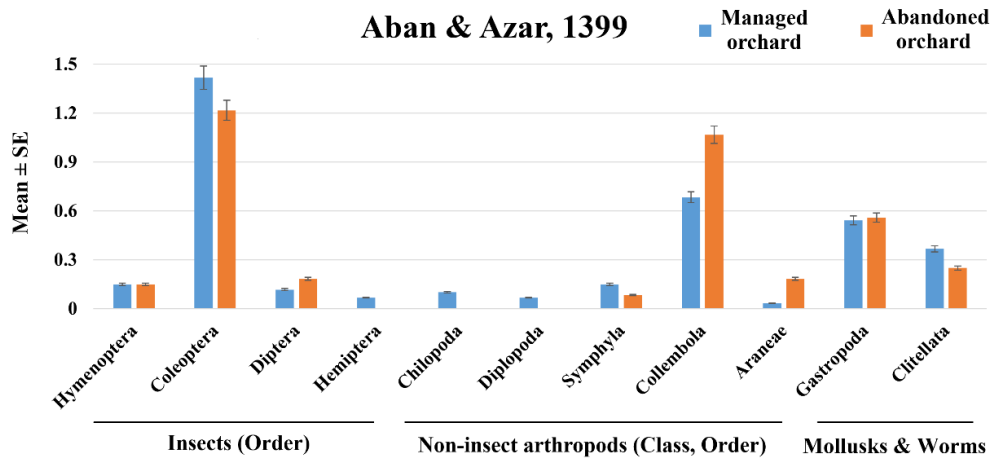


شکل ۱ (بخش ۱)- نمودار تغییرات جمعیت بی‌مهرگان ثبت‌شده به‌ازای هر تله گودالی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت در شهرستان ساری

Figure 1 (Part 1). Population dynamics of terrestrial invertebrates per pitfall trap in two citrus orchards under different management practices in Sari Country (Dates: Azar 1398 to Khordad 1399, corresponding to December 2019 to June 2020)

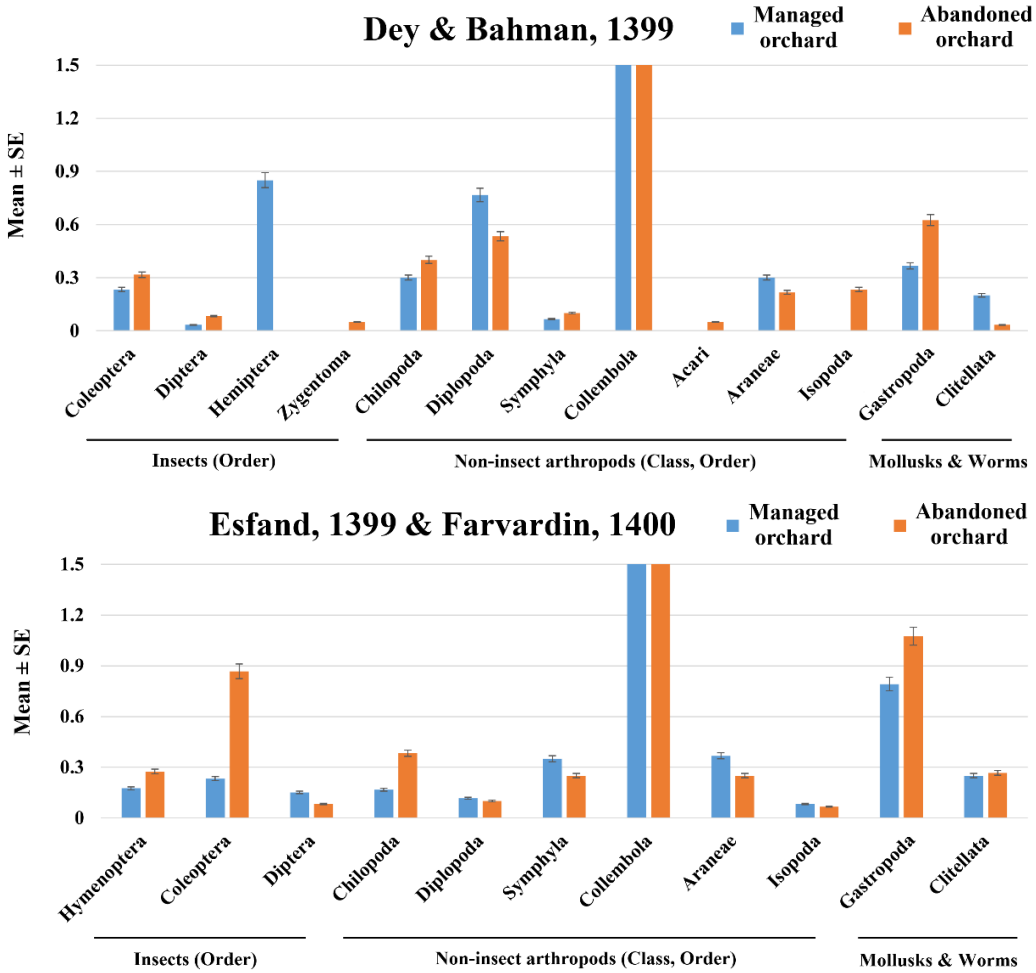






شکل ۱ (بخش۲)- نمودار تغییرات جمعیت بی‌مهرگان ثبت‌شده به‌ازای هر تله گودالی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت در شهرستان ساری

Figure 1 (Part 2). Population dynamics of terrestrial invertebrates per pitfall trap in two citrus orchards under different management practices in Sari Country (Dates: Tir 1399 to Azar 1399, corresponding to July 2020 to December 2020)



شکل ۱ (بخش۳)- نمودار تغییرات جمعیت بی‌مهرگان ثبت‌شده به‌ازای هر تله گودالی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت در شهرستان ساری

Figure 1 (Part 3). Population dynamics of terrestrial invertebrates per pitfall trap in two citrus orchards under different management practices in Sari Country (Dates: Dey 1399 to Farvardin 1400, corresponding to January 2021 to April 2021)

آن، بال‌غشائیان (Hymenoptera) با ۳ گونه و ۲۱۹ فرد، و کنه‌ها (Acari) با ۲ گونه و ۱۶۹ فرد، بیشترین تراکم را داشتند. همچنین، شکم‌پایان (Gastropoda) شامل حلزون و راب با مجموع ۲ گونه و ۶۲ فرد ثبت شدند (جدول ۳).

در باغ رهاشده، بیشترین فراوانی در خرداد ۱۳۹۹ مربوط به مورچه‌ها (خانواده Formicidae) و شته سبز مرکبات (*Aphis spiraecola*) بود. در تیر ۱۳۹۹، تراکم مورچه‌ها بیشتر بود. در مرداد ۱۳۹۹، بیشترین جمعیت مربوط به کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*) و سپردار قهوه‌ای مرکبات (*Chrysomphalus dictyospermi*) بود (شکل ۲). در شهریور ۱۳۹۹، شپشک مومی مرکبات (*Ceroplastes floridensis*) و لارو مگس مدیترانه (*Ceratitis capitata*) بیشترین فراوانی را داشتند. در مهر ۱۳۹۹، کنه قرمز و تریپس مرکبات (*Scirtothrips citri*) غالب بودند. در آبان همان سال، مجدداً کنه قرمز و در آذر ۱۳۹۹، حلزون قهوه‌ای مرکبات (*Caucasotachea lencoranea*) بیشترین فراوانی را داشتند. در دی ۱۳۹۹، کنه نقره‌ای مرکبات (*Phyllocoptruta oleivora*) غالب بود و در بهمن و اسفند همان سال نیز حلزون قهوه‌ای بیشترین تراکم را نشان داد. در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۰ نیز مورچه‌ها بیشترین جمعیت را داشتند. در مقابل، در باغ مدیریت‌شده، بیشترین تراکم در خرداد ۱۳۹۹ به شته سبز مرکبات ، در تیر به مورچه‌ها و در مرداد و شهریور به کنه قرمز اختصاص داشت. در مهر ۱۳۹۹، بالشک مرکبات (*Pulvinaria auranti*)، در آبان، مجدداً شته سبز مرکبات و در آذر و دی همان سال، حلزون قهوه‌ای بیشترین تراکم را داشتند. در بهمن، کنه قرمز غالب بود و در دو ماه پایانی نیز مورچه‌ها مجدداً فراوان‌ترین گروه بودند (شکل ۲).

نتایج شاخص‌های تنوع زیستی (جدول ۴) نشان داد که مقادیر عددی شاخص‌های شانون، سیمپسون، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو در باغ رهاشده بالاتر از باغ مدیریت‌شده بود، هرچند این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. بر اساس داده‌ها، بیشترین مقدار شاخص شانون (۲/۱۲) و سیمپسون (۰/۸۷) در شهریور ۱۳۹۹، غنای مارگالف (۲/۰۵) در خرداد، و یکنواختی پیلو (۰/۹۸) در آذر ۱۳۹۹ در باغ مدیریت‌شده ثبت شد. در مقابل، در باغ رهاشده، بیشترین مقدار شاخص شانون (۲/۲۶) و سیمپسون (۰/۸۹) در مرداد، غنای مارگالف (۲/۶۸) در شهریور، و یکنواختی پیلو (۰/۹۸) در آبان ۱۳۹۹ مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳- فهرست بی‌مهرگان خشکی‌زی شناسایی‌شده روی اندام‌های هوایی درختان (برگ، شاخه و میوه) در باغات مرکبات ساری همراه با سطوح طبقه‌بندی و فراوانی نسبی (۱۴۰۰–۱۳۹۸)

Table 3. List of identified terrestrial invertebrates found on citrus tree leaves in Sari orchards, with taxonomic classification and relative abundance

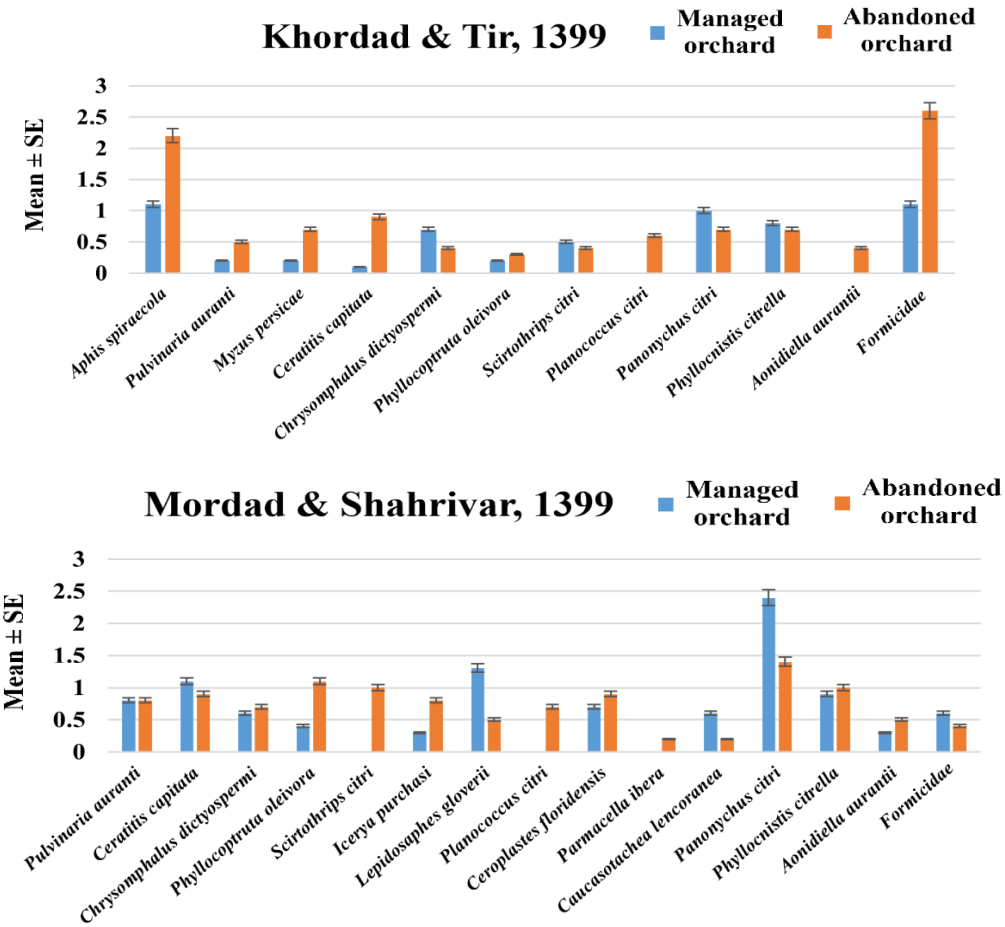
Order / Class	Scientific name	Total abundance
Hemiptera	*Aphis spiraecola* Patch	116
	Pulvinaria auranti Cockerell	30
	Myzus persicae (Sulzer)	33
	Chrysomphalus dictyospermi (Morgan)	51
	Icerya purchasi Maskell	37
	Lepidosaphes gloverii (Packard)	24
	Planococcus citri (Risso)	39
	Ceroplastes floridensis Comstock	16
	Aonidiella aurantia (Maskell)	19
Lepidoptera	*Phyllocnistis citrella* Stainton	56
	Archips rosana (Linnaeus)	2
Hymenoptera	Formicidae (Family)	161
Thysanoptera	*Scirtothrips citri* (Moulton)	47
Diptera	*Ceratitis capitata* (Wiedemann)	38
Acari	*Panonychus citri* (McGregor)	113
	Phyllocoptruta oleivora (Ashmead)	58
Gastropoda	*Caucasotachea lencoranea* (Mousson)	39
	Parmacella ibera (Eichwald)	23

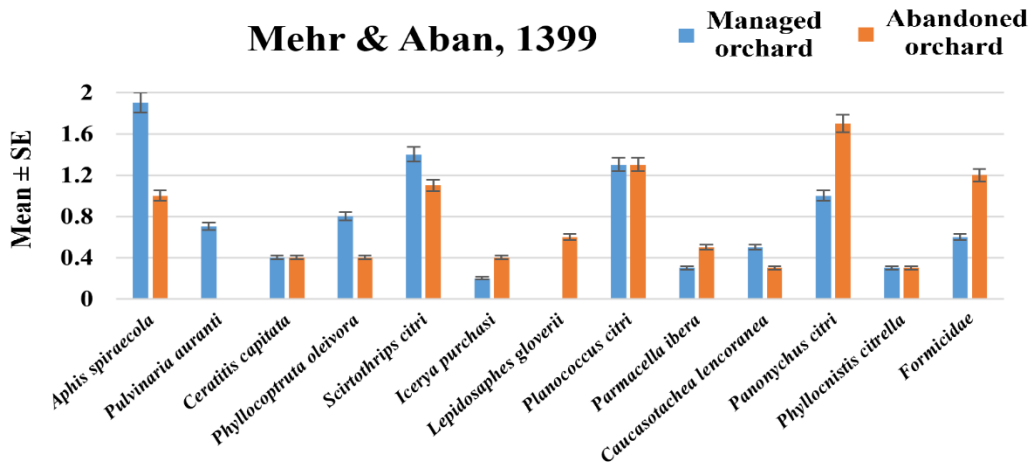
جدول ٤- میانگین شاخص های تنوع زیستی بی‌مهرگان خشکی‌زی روی اندام‌های هوایی درختان (برگ، شاخه و میوه) در باغات مرکبات ساری (١٤٠٠–١٣٩٨)

Table 4. Mean biodiversity indices of terrestrial invertebrates found on tree leaves in citrus orchards in Sari

Date*/Orchard	Shannon		Simpson		Margalef richness		Pielou's evenness	
	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned	Managed	Abandoned
Khordad 1399	1.94	1.77	0.84	0.80	2.05	1.59	0.93	0.91
Tir 1399	1.88	2.25	0.83	0.87	1.78	2.43	0.96	0.94
Mordad 1399	2.05	2.26	0.85	0.89	2.04	2.28	0.93	0.97
Shahrivar 1399	2.12	2.35	0.87	0.88	2.04	2.68	0.96	0.94
Mehr 1399	2.01	2.11	0.85	0.87	2.03	1.93	0.95	0.96
Aban 1399	1.96	1.91	0.84	0.84	1.69	1.78	0.94	0.98
Azar 1399	0.68	1.45	0.48	0.73	0.51	1.35	0.98	0.90
Dey 1399	0.68	0.98	0.47	0.56	0.62	0.80	0.89	0.87
Bahman 1399	0.58	0.95	0.49	0.40	0.64	0.51	0.86	0.86
Esfand 1399	0	0.68	0	0.48	0	0.52	0	0.97
Farvardin 1400	1.66	1.65	0.73	0.76	1.77	1.34	0.80	0.85
Ordibehesht 1400	1.76	1.70	0.79	0.80	1.56	1.10	0.90	0.95
Mean ± SE	1.44 ± 0.21	1.67 ± 0.16	0.67 ± 0.07	0.74 ± 0.04	1.39 ± 0.21	1.52 ± 0.20	0.84 ± 0.08	0.93 ± 0.01
***p*-value**	0.402 (ns)		0.446 (ns)		0.663 (ns)		0.303 (ns)	

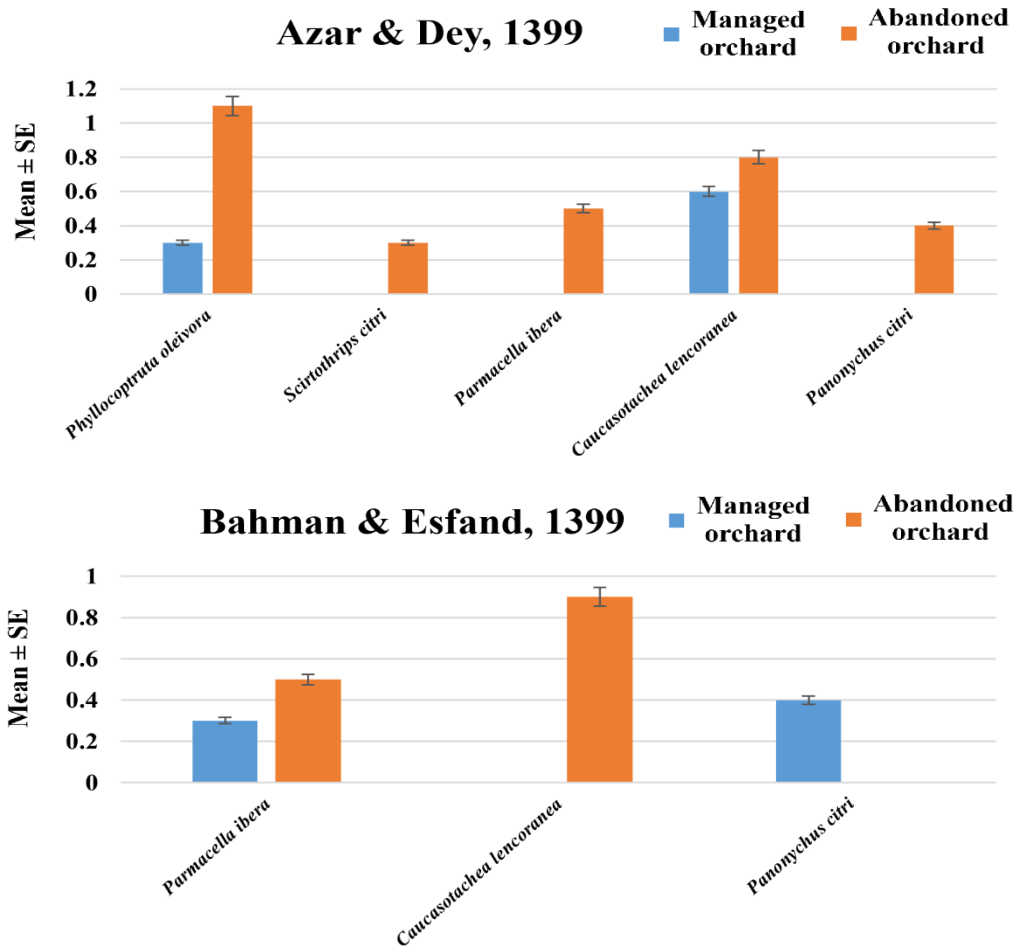
* Dates are in Solar Hijri calendar, corresponding to June 2020 to May 2021 in Gregorian calendar.

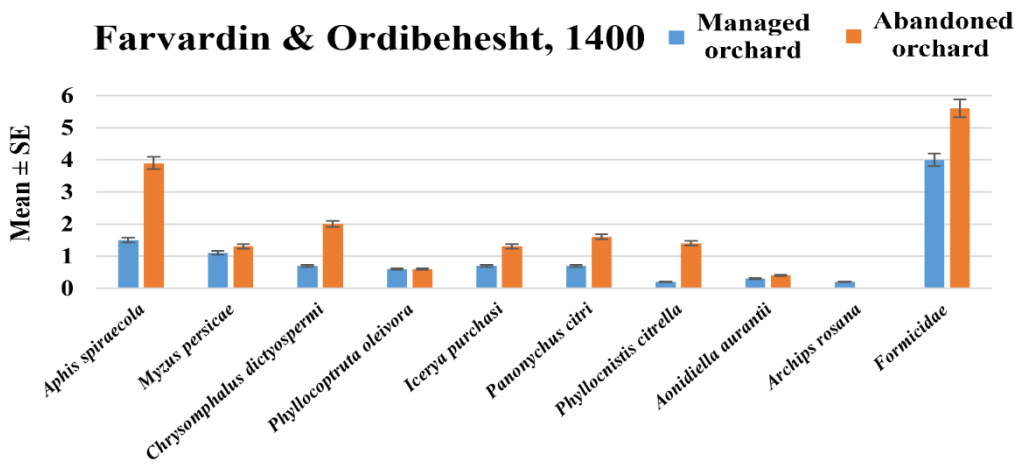




شکل۲ (بخش۱)- نمودار تغییرات جمعیت بی‌مهرگان در هر نوبت نمونه‌برداری از شاخه، برگ و میوه در باغات مدیریت شده و رها شده مرکبات ساری

Figure 2 (Part 1). Population dynamics of terrestrial invertebrates per sampling event on twigs, leaves, and fruits in managed and abandoned citrus orchards in Sari Country (Dates: Khordad 1399 to Aban 1399, corresponding to June 2020 to November 2020)





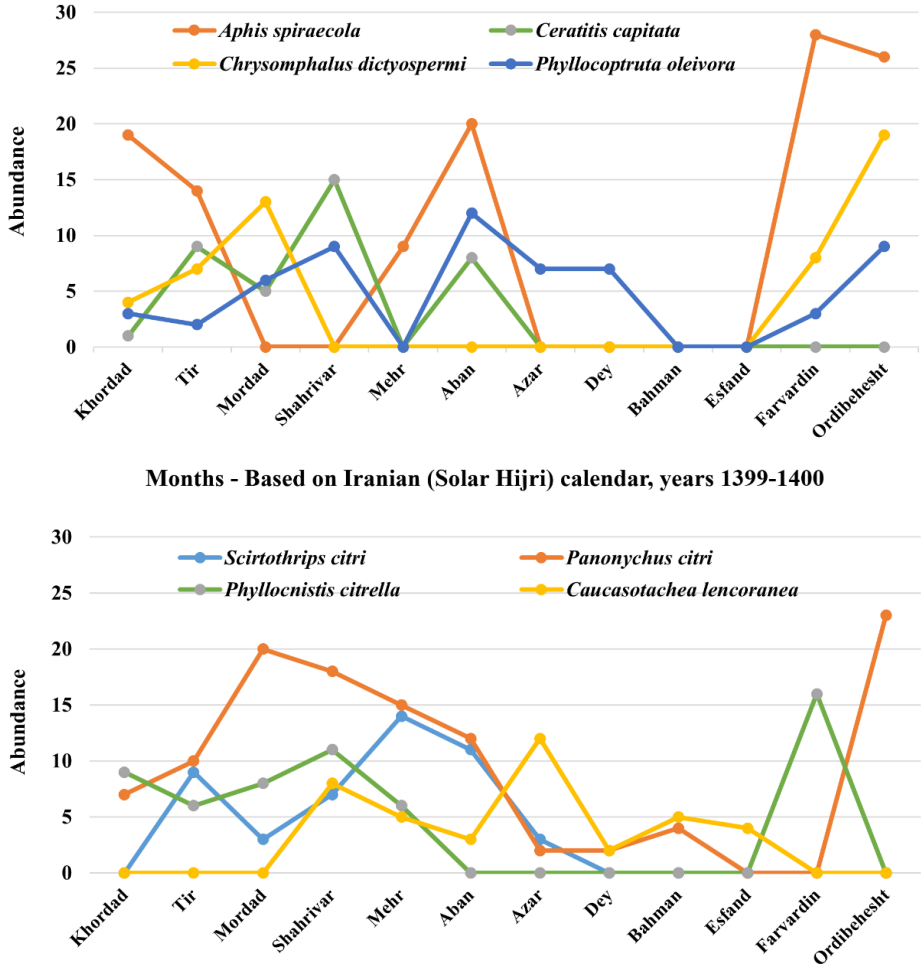
شکل ۲ (بخش۲)- نمودار تغییرات جمعیت بی‌مهرگان در هر نوبت نمونه‌برداری از شاخه، برگ و میوه در باغات مدیریت شده و رها شده مرکبات ساری

Figure 2 (Part 2). Population dynamics of terrestrial invertebrates per sampling event on twigs, leaves, and fruits in managed and abandoned citrus orchards in Sari Country (Dates: Azar 1399 to Ordibehesht 1400, corresponding to November 2020 to May 2021)

بخش سوم: بررسی دینامیسم فصلی آفات کلیدی

نمودار تغییرات جمعیت هشت آفت کلیدی در دوره مطالعه از خرداد ۱۳۹۹ تا اردیبهشت ۱۴۰۰ در شکل ۳ ارائه شده است. طبق نتایج، هر یک از گونه‌ها دارای الگوی فصلی مشخصی در فراوانی بودند. شته سبز مرکبات (*Aphis spiraecola*) بیشترین تراکم را در ماه‌های ابتدایی تابستان (خرداد و تیر) و سپس مجدداً در آبان و آذر ۱۳۹۹ و نیز در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۰ نشان داد. این الگو حاکی از وجود حداقل سه نسل فعال در طول دوره نمونه‌برداری است. سپردار قهوه‌ای مرکبات (*Chrysomphalus dictyospermi*) بیشترین تراکم را در مرداد، و اردیبهشت نشان داد. کاهش جمعیت در ماه‌های پاییز و زمستان می‌تواند ناشی از تأثیر منفی دماهای پایین بر مراحل رشدی این گونه باشد. مگس میوه مدیترانه‌ای (*Ceratitis capitata*) عمدتاً در تیر، مرداد و شهریور و سپس آبان مشاهده شد و اوج جمعیت آن در شهریورماه ثبت شد. این الگو می‌تواند بیانگر فعالیت زادآوری در تابستان و پاییز و وابستگی این گونه به شرایط گرم و میوه‌های رسیده باشد. به‌نظر می‌رسد این گونه نیز دارای دو تا سه نسل در سال است. کنه نقره‌ای مرکبات (*Phyllocoptruta oleivora*) از خرداد تا دی‌ماه به‌طور پیوسته جمعیت نسبتاً پایداری داشت، سپس در بهمن و اسفند غیبت داشت، و مجدداً در فروردین و اردیبهشت ظاهر شد. با توجه به پایداری نسبی جمعیت در نیمه اول سال، این گونه احتمالاً دارای چندین نسل هم‌پوشان است که به‌خوبی با شرایط گرم و مرطوب سازگار شده‌اند. کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri*) در مرداد، شهریور و مهر ۱۳۹۹ و همچنین در اردیبهشت ۱۴۰۰ بیشترین تراکم را نشان داد. این الگو می‌تواند ناشی از تمایل این کنه به شرایط گرم و خشک باشد و بیانگر حداقل دو نسل فعال در سال است. مینوز مرکبات (*Phyllocnistis citrella*) فراوانی نسبتاً یکنواختی از خرداد تا مهر نشان داد و سپس کاهش محسوسی در جمعیت آن مشاهده شد. ظهور مجدد این گونه در فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۰ می‌تواند نشان‌دهنده چند نسل هم‌پوشان باشد که در بازه‌های زمانی معتدل‌تر فعال‌تر می‌شوند. تریپس مرکبات (*Scirtothrips citri*) با اوج جمعیت در ماه‌های تیر، مهر و آبان ظاهر شد و در ماه‌های سردتر (آذر تا اسفند) کاهش یافت. این الگو حاکی از حساسیت این گونه به دما و احتمالاً فعالیت تولیدمثلی بالا در تابستان و اوایل پاییز است. حلزون قهوه‌ای (*Caucasotachea lencoranea*) از مهرماه تا اسفند حضور ناپیوسته‌ای داشت و در آذر و بهمن اوج تراکم مشاهده شد. با توجه به ماهیت زیستی این گونه و ارتباط آن با رطوبت و بارندگی، به‌نظر می‌رسد حضور آن

وابسته به شرایط اقلیمی مرطوب‌تر باشد. در مجموع، این الگوهای جمعیتی نه‌تنها نشان‌دهنده رفتارهای زیستی گونه‌های آفت در پاسخ به شرایط فصلی هستند، بلکه بازتابی از تنوع فون در زیست‌بوم‌های باغی نیز می‌باشند. تحلیل چنین داده‌هایی در کنار بررسی کلی فون، می‌تواند در طراحی برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات بر پایه شناخت دقیق اکولوژی جامعه بی‌مهرگان نقش مؤثری ایفا کند.



شکل ۳ – تغییرات ماهانه و فصلی جمعیت آفات کلیدی در باغات مرکبات شهرستان ساری طی دوره خرداد ۱۳۹۹ تا اردیبهشت ۱۴۰۰

Figure 3. Monthly population dynamics of key Citrus pests in Citrus orchards of Sari Country from Khordad 1399 to Ordibehesht 1400 (June 2020 to May 2021)

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی فون، تنوع زیستی و تغییرات جمعیت بی‌مهرگان خشکی‌زی در دو باغ مرکبات با مدیریت متفاوت انجام شد. در مجموع، ۵۳۷۳ فرد از گونه‌ها و گروه‌های مختلف بی‌مهرگان در نمونه‌برداری‌های تله‌های گودالی، برگ، شاخه و میوه شناسایی و شمارش شد. این فون متنوع شامل حشرات متعلق به شش راسته (از جمله Coleoptera، Hemiptera، Diptera، Hymenoptera) و گروه‌های مختلفی از بندپایان غیرحشره مانند کنه‌ها، پادمان‌ها، صدپایان و هزارپایان، و همچنین بی‌مهرگان غیر بندپا نظیر کرم‌های خاکی و شکم‌پایان (حلزون و راب) بود. با توجه به اینکه نمونه‌برداری از گیاهان چند ماه دیرتر از نمونه‌برداری خاک آغاز شد، مقایسه مستقیم فراوانی این دو بخش از نظر آماری امکان‌پذیر نبود، اما به‌طور توصیفی مشاهده شد که پادمان‌ها (Collembola) و نیم‌بالان‌ها (Hemiptera) به‌ترتیب در نمونه‌برداری‌های خاک و گیاه، بیشترین فراوانی را نشان دادند. شاخص‌های تنوع زیستی در باغ رهاشده به‌طور کلی مقادیر بالاتری نسبت به باغ

مدیریت‌شده داشتند، اگرچه این اختلاف‌ها در اغلب موارد از نظر آماری معنی‌دار نبودند. با این حال، این تفاوت‌های کیفی در الگوهای تنوع، تصویری ارزشمند از تأثیر مدیریت باغ بر ساختار جوامع بی‌مهرگان ارائه می‌دهد و می‌تواند مبنایی برای طراحی پژوهش‌ها و مدیریت‌های آینده باشد. این نتایج اهمیت به‌کارگیری مدیریت تلفیقی آفات (IPM) با رویکردهای پایدار را برجسته می‌کند؛ رویکردی که ضمن کنترل آفات و پرهیز از دست‌کاری غیرضروری عناصر طبیعی باغ، به حفظ گونه‌های مفید و تنوع زیستی کمک کرده و به افزایش عملکرد پایدار اکوسیستم‌های باغی منجر می‌شود (Bozorg AmirKolaee et al., 2017). در عین حال، مشاهده کاهش تراکم فون خاک‌زی در فصل تابستان، به‌ویژه در ماه‌های گرم و خشک، نشان‌دهنده اثرات منفی کاهش رطوبت خاک بر جمعیت بی‌مهرگان مزوفون بوده و با نتایج گزارش‌شده توسط Staley et al. (2007) که کاهش رطوبت تابستانه را عامل افت جمعیت بی‌مهرگان خاک‌زی معرفی کردند، مطابقت دارد.

در پژوهشی توسط Yahya et al. (2020) در منطقه سرگودها (پاکستان)، تنوع و فراوانی میکروآرتروپودهای خاک‌زی شامل پادمان‌ها (Collembola) و کنه‌ها (Acari) در کاربری‌های مختلف زمین از جمله باغ‌های مرکبات، زمین‌های کشاورزی و اراضی طبیعی رهاشده بررسی شد. نتایج نشان داد که بالاترین تراکم فون در خاک‌های زراعی، سپس باغات میوه، و کمترین فراوانی در اراضی طبیعی رهاشده به ثبت رسید. همچنین، بیشترین جمعیت در فصل بهار و کمترین در پاییز ثبت شد. نویسندگان همچنین تأکید کردند که میزان مواد آلی و کربن آلی خاک با جمعیت پادمان‌ها و کنه‌ها رابطه مثبت معنادار داشته و در مقابل، چگالی خاک با آن‌ها رابطه منفی داشته است. این مطالعه اهمیت نقش فصل، نوع مدیریت زمین، و ویژگی‌های خاک در ساختار فون خاک‌زی را نشان داده و استفاده از این بندپایان را به‌عنوان شاخص‌های زیستی وضعیت خاک پیشنهاد می‌کند. در پژوهش حاضر نیز بیشترین فراوانی فون خاک‌زی مربوط به پادمان‌ها بود و تغییرات فصلی جمعیت آن‌ها، به‌ویژه در ماه‌های خشک، کاهش محسوسی نشان داد.

در پژوهشی در باغ‌های مرکبات منطقه La Foa در کالدونیای جدید (مجمع‌الجزایری در جنوب غربی اقیانوس آرام)، Fage et al. (2022) تأثیر چهار نوع مدیریت شامل متداول، مالچ‌پاشی، پوشش گیاهی بین ردیف و بادشکن‌های کناری را بر تنوع و دینامیک جمعیتی بندپایان مفید بررسی کردند. نمونه‌برداری طی سه ماه و با استفاده از چهار روش مکمل (تله گودالی، تله زرد، تور مالایز و جاروبی) انجام شد. نتایج نشان داد که باغ‌های دارای زیرساخت‌های اگرواکولوژیک، به‌ویژه باغ‌های با مدیریت مالچ، تنوع و فراوانی بالاتری از بندپایان داشتند، در حالی‌که باغ‌های تحت مدیریت متداول کمترین تنوع و جمعیت را نشان دادند. پوشش گیاهی بین ردیف‌ها به‌عنوان پناهگاه حشرات مفید و بادشکن‌ها به‌عنوان کریدورهای اکولوژیک عمل کردند. تحلیل شاخص‌های آلفا و بتا با مدل‌های خطی تعمیم‌یافته و شاخص شانون، تأثیر مثبت زیرساخت‌های اکولوژیک بر تنوع فون را تأیید کرد. در نهایت، نویسندگان نتیجه گرفتند که مدیریت متداول باعث افت تنوع زیستی بندپایان می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد.

در پژوهشی در غرب اسپانیا، به بررسی تأثیر مدیریت ارگانیک و رهاسازی باغات زیتون بر تنوع و فراوانی بندپایان مفید از جمله زنبورهای پارازیتوئید، مورچه‌ها، عنکبوت‌ها، کارابیده‌ها و استافیلینیده‌ها توسط de Paz et al. (2022) بررسی شد. نتایج حاصل از چهار نوبت نمونه‌برداری نشان داد که باغ‌های رهاشده از نظر غنای گونه‌ای و تعداد دشمنان طبیعی اندکی بالاتر از باغ‌های ارگانیک بودند، در حالی‌که میان باغ‌های ارگانیک و سنتی تفاوت آشکاری مشاهده نشد. همچنین، ترکیب جمعیتی دشمنان طبیعی بین باغات رهاشده و مدیریت‌شده متفاوت بود، هرچند میزان کلی تنوع زیستی آن‌ها مشابه گزارش شد. نویسندگان تأکید کردند که هر دو نوع باغ می‌توانند به‌عنوان زیستگاه مکمل برای حفظ تنوع زیستی عمل کنند، اما رهاسازی گسترده ممکن است در درازمدت موجب کاهش ناهمگونی اکولوژیک و افت تنوع شود. در مطالعه حاضر نیز تنوع بالاتر در باغ رهاشده با نتایج de Paz و همکاران تطابق دارد.

در پژوهشی میدانی در باغ‌های زیتون شمال‌شرق پرتغال، Gonçalves and Pereira (2012) به مطالعه تنوع و فراوانی بندپایان خاک‌زی در فصل بهار پرداختند. فون شناسایی‌شده شامل پنج رده بود: Chilopoda، Malacostraca، Entognatha، Insecta و Arachnida. پادمان‌ها (Collembola) با ۷۰/۹٪ از کل نمونه‌ها، غالب‌ترین گروه بودند و پس از آن عنکبوتیان (۲۰/۴٪) و حشرات (۹٪) قرار داشتند. در میان شکارگرهای برجسته، عنکبوت‌ها (Araneae)، اوپیلیون‌ها (Opiliones)، و گونه‌هایی از خانواده‌های Formicidae، Carabidae و Staphylinidae بیشترین حضور را داشتند. همچنین ۷۴٪ از نمونه‌ها در طول روز جمع‌آوری شدند، هرچند تنوع و ترکیب فون در شب و روز تفاوت چندانی نداشت. این مطالعه بر اهمیت شناخت تنوع و الگوهای زمانی فعالیت فون خاک‌زی در درک نقش آن‌ها در شبکه‌های غذایی خاک تأکید دارد. در مطالعه حاضر نیز پادمان‌ها به‌عنوان غالب‌ترین گروه شناسایی شدند که نشان‌دهنده نقش کلیدی این گروه در اکوسیستم خاکی باغات مدیترانه‌ای و مشابه آن است.

در مطالعه‌ای پیرامون تأثیر مبارزه بیولوژیکی بر تنوع زیستی حشرات در باغ‌های مرکبات شهرستان بابلسر در استان مازندران، Sorkhabi-Abdolmaleki et al, (2021) گزارش کردند که در فصل تابستان، مقدار شاخص‌های تنوع بریلوویین، غنای گونه‌ای و فراوانی حشرات در باغی با پروتکل بدون استفاده از آفت‌کش‌ها، بیشتر از باغ کم‌نهاده و باغ تحت مدیریت معمول (با مصرف رایج آفت‌کش‌ها) بود. در مقابل، میانگین شاخص تنوع سیمپسون در تابستان در باغ کم‌نهاده بالاتر از دو باغ دیگر گزارش شد. در فصل پاییز نیز، میانگین شاخص‌های تنوع سیمپسون و شانون و همچنین تمامی شاخص‌های یکنواختی در باغ کم‌نهاده بالاتر از دو باغ دیگر بود، با این حال فراوانی افراد در باغ بدون استفاده از آفت‌کش‌ها بیشتر از باغ‌های کم‌نهاده و معمولی بود که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد.

در پژوهشی میدانی در منطقه مالانگ اندونزی، Flkri et al. (2019) تنوع فون بندپایان را در باغ‌های مرکبات مقایسه کردند. نمونه‌برداری در ۶ باغ (۴ متداول و ۲ نیمه‌ارگانیک) با استفاده از تله گودالی و مشاهده مستقیم انجام شد. در مجموع، ۱،۳۶۵ فرد متعلق به ۱۰ راسته و ۲۱ خانواده شناسایی شد. باغ‌های نیمه‌ارگانیک با ۹۶۰ فرد از ۱۳ خانواده فراوانی بیشتری نسبت به باغ‌های متداول با ۴۰۵ فرد داشتند. خانواده‌های غالب شامل Drosophilidae، Formicidae، Chrysomelidae، Lycidae، Anisolabididae و Aphididae بودند. شاخص تنوع در باغ‌های متداول به‌طور میانگین ۲/۸ گزارش شد، اما بیش از ۶۱٪ گونه‌های شناسایی‌شده در این باغ‌ها را آفات تشکیل می‌دادند. یافته‌های این پژوهش که نشان داد باغ نیمه‌ارگانیک دارای فراوانی بالاتر بندپایان است، با نتایج ما در باغ رهاشده هم‌راستاست و بر نقش مدیریت کم‌نهاده یا بدون مداخله در حفظ فون متنوع تأکید دارد.

در مطالعه‌ای در باغ‌های مرکبات منطقه سارگودا، پاکستان، Afzal et al. (2021) به بررسی تنوع و فراوانی گونه‌های کنه در واریته‌های مختلف مرکبات پرداختند. در مجموع ۳۷۹۶۳ نمونه کنه از ۴ خانواده و ۹ گونه جمع‌آوری و شناسایی شدند. گونه‌های غالب شامل *Brevipalpus* sp.، *Tetranychus urticae* Koch و *Brevipalpus californicus* Banks بودند. برخی از گونه‌های شناسایی‌شده، مانند کنه‌های شکارگر از جنس *Neoseiulus*، به‌عنوان دشمنان طبیعی بالقوه برای کنترل زیستی آفات پیشنهاد شدند. نتایج تنوع زیستی نیز نشان داد که بیشترین مقدار شاخص شانون – ویور (۲/۱۰۸) و یکنواختی پیلو (۰/۹۶۰) در منطقه سارگودا مشاهده شد.

تأثیر مدیریت ارگانیک بر کنترل زیستی آفات و گرده‌افشانی در باغ‌های سیب در مطالعه‌ای توسط Porcel et al. (2018) بررسی شد. نتایج نشان داد که مدیریت ارگانیک به‌طور چشم‌گیری کارایی کنترل زیستی را افزایش می‌دهد؛ به‌طوری که سرکوب کلنی‌های شته، تنوع و یکنواختی دشمنان طبیعی و زمان‌بندی ظهور آن‌ها در باغ‌های ارگانیک به‌مراتب بهتر از باغ‌های متداول بود. حشرات شکارگر به‌ویژه سن‌های شکارگر بیشترین پاسخ مثبت را نشان دادند و در مهار زودهنگام جمعیت شته‌ها نقش کلیدی داشتند. در مقابل، گرده‌افشانی و ویژگی‌های وابسته به آن (مانند وزن میوه و

ترکیب مواد مغذی) تحت تأثیر مدیریت ارگانیک تغییر محسوسی نداشت. نویسندگان نتیجه گرفتند که کاهش یا حذف آفت‌کش‌ها در اوایل فصل می‌تواند موجب بهبود کنترل زیستی و کاهش خسارت آفات شود.

تنوع و فراوانی فون حشرات در باغ‌های مرکبات دو منطقه بوم‌شناختی در غنا، در مطالعه‌ای توسط Aidoo et al. (2016) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از تله مالایز، تله پرواز، تله گودالی، روش‌های شیمیایی و مشاهده مستقیم جمع‌آوری شد. در مجموع ۲۰،۲۸۵ فرد متعلق به ۳۸۷ گونه از ۱۰۷ خانواده و ۱۳ راسته شناسایی شد. شاخص‌های تنوع (شانون-ویور، یکنواختی پیلو و غنای مارگالف) در منطقه ساوانای ساحلی نسبت به جنگل نیمه‌برگ‌ریز بالاتر بود. گونه غالب در هر دو منطقه *Oecophylla longinoda* Latreille بود که در جنگل نیمه‌برگ‌ریز فراوانی بیشتری داشت. تنها ۹٪ از گونه‌های شناسایی‌شده آفت مرکبات بودند که نشان می‌دهد باغ‌های مرکبات می‌توانند زیستگاهی برای حفظ تنوع زیستی حشرات باشند. پژوهشگران بر استفاده از مدیریت تلفیقی آفات با کم‌ترین اثر منفی بر دشمنان طبیعی و گرده‌افشان‌ها تأکید کردند.

نتایج این تحقیق در مقایسه با نتایج مطالعات ذکر شده دارای تشابه و تفاوت‌هایی است که از دلایل آن‌ها می‌توان به نوع منطقه مورد مطالعه، شرایط آب و هوایی مختلف، روش نمونه‌برداری و تعداد نمونه، حشرات جمع‌آوری شده، ارقام مختلف باغات و نوع مدیریت باغات اشاره نمود. با توجه به داده‌های تنوع زیستی بندپایان به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که باغ رها شده تنوع زیستی بالاتری نسبت به باغ مدیریت شده داشت. علت‌های مختلفی را برای پایین بودن تنوع زیستی در باغ مدیریت شده در مقایسه با باغ رها شده وجود دارد که یکی از این دلایل انجام مداوم عملیات خاک ورزی و برهم زدن شدید ساختار خاک است که می‌تواند روی تراکم گونه‌های پادمان موجود در خاک موثر باشد، علت بعدی مربوط به تاثیر سوء بعضی از سموم و همینطور استفاده بی موقع با عدم رعایت دوره کارنس هر سم می‌باشد که باعث از بین رفتن حشرات مفید و از طرفی دیگر باعث مقاومت آفات به این دسته از سموم شده که در نهایت باعث کاهش تنوع زیستی و هم‌چنین تاثیرات زیست محیطی بر روی سلامت محیط زیست و انسان می‌گردد. با توجه به نمودارهای رسم شده بر اساس داده‌های شاخه، برگ و میوه و همینطور نمونه‌های خاکزی که نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین دو باغ بود می‌توان گفت حشرات شکارگری همچون سخت بالپوشان خانواده Carabidae دارای فعالیتی هم تراز با سموم شیمیایی بودند و از طرفی دیگر این داده‌های آماری می‌تواند ناکارآمد بودن یا عدم کارآیی مناسب سموم شیمیایی را بیان کند.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع زیستی و فراوانی فون خاک‌زی، آفات و حشرات مفید در زمان‌ها و شرایط مختلف می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای پایش سلامت محیط زیست و پایداری اکوسیستم‌ها به‌کار رود. همچنین، با توجه به نقش گروه‌هایی مانند کنه‌ها و پادمان‌ها به‌عنوان شاخص‌های زیستی، تفاوت‌های مشاهده‌شده در مقادیر شاخص‌های تنوع و فراوانی بین دو باغ مدیریت‌شده و رهاشده، اهمیت رویکردهای مدیریتی پایدار در حفظ تنوع فون را برجسته می‌سازد.

سپاس‌گزاری

نگارندگان این پژوهش از حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در اجرای این طرح پژوهشی صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

Afzal, M., Ullah, M. I., Bashir, M. H., Mukhtar, S. N., Arshad, M., & Altaf, N. (2021). Diversity and Abundance of Mite Species in Citrus Orchards of Sargodha, *Pakistan. Punjab University Journal of Zoology*, *36*(1): 37- 46. https://dx.doi.org/10.17582/journal.pujz/2021.36.1.37.46

AghajanZadeh, S., Tajvar, Y., Raeisi, T., Shahnazari, S., Taheri, H., Ebadi, H., Adouli, B., Gholamian, A., Bani Hashemian, S.M., & Golmohammadi, M. (2020). *Research Program for Technology and Production Management of Citrus, Kiwifruit, Pomegranate, Fig, Olive and*

Other Subtropical Fruits. Publication of Horticultural Sciences Research Institute, 183 pp. (in Persian)

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Mohammadnia Afroozi, Sh., Abbas Taghani, R., Yari, Sh., & Kalantari, M. A. (2021). *Agricultural Statistics Yearbook*. Volume 3: Horticultural Products. Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, 157 pp. (in Persian)

Aidoo, O. F., Kyerematen, R., Akotsen-Mensah, C., & Afreh-Nuamah, K. (2016). Abundance and Diversity of Insects Associated with Citrus Orchards in Two Different Agroecological Zones of Ghana. *American Journal of Experimental Agriculture*, *13*(2): 1-18. http://dx.doi.org/10.9734/AJEA/2016/26238

Bond, E. M., & Chase, J. M., (2002). Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales. *Ecology Letters*, *5*: 467–470. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00350.x

Bozorg AmirKolaee, M., Fathi, S. A. A., Golizadeh, A. & Mahdavian, S. E. (2017). Species diversity of natural enemies of the orange pulvinaria scale, Pulvinaria aurantii (Hem.: Coccidae) on different citrus species of Tonekabon region, Northern Iran. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *39*(4): 1-12. http://doi.org/10.22055/ppr.2016.12397

Cass, B. N., Hack, L. M., Mueller, T. G., Buckman, D., Grafton-Cardwell, E. E., & Rosenheim, J. A. (2020). Arthropod Infestation Levels on Mandarins in California. *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2335–2342. https://doi.org/10.1093/jee/toaa141

de Paz, V., Tobajas, E., Rosas-Ramos, N., Tormos, J., Asís, J. D., & Baños-Picón, L. (2022). Effect of Organic Farming and Agricultural Abandonment on Beneficial Arthropod Communities Associated with Olive Groves in Western Spain: Implications for Bactrocera oleae Management. *Insects*, *13*(1), 48. https://doi.org/10.3390/insects13010048

Fage, E., Leroy, L., & Mille, C. G. (2022). Population Dynamics of Arthropods in New Caledonian Citrus Orchards. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, *23*(6): 127–137. https://doi.org/10.9734/jaeri/2022/v23i6504

FAO. (2022). FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Flkri, G. E., Yanuwiadi, B., & Affandi, A. (2019). The Difference of Arthropods Diversity in Semi-Organic and Conventional Citrus Orchard in Dau, Malang. *J-PAL*, *10*(2): 101-107. https://doi.org/10.21776/UB.JPAL.2019.010.02.04

Gholamian, A., & Halaji Sani, M. (2005). *Major Citrus Pests*. Agricultural Jihad Organization of Mazandaran Province, Extension Media Unit, 15 pp. (in Persian)

Gonçalves, M. F., & Pereira, J. A. (2012). Abundance and Diversity of Soil Arthropods in the Olive Grove Ecosystem. *Journal of Insect Science*, *12*(20), 1–14. https://doi.org/10.1673/031.012.2001

Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). *PAST– Palaeontological Statistics*: Chapman and Hall 31 pp.

Margalef, R. (1958). *Information theory in ecology*. General Systems, 3, 36-71.

Mirabbalou, M., Pourian, H.R., Golabtoonchi, A., & Heidari, P. (2012). *Color Atlas of Fruit Tree Pests*. Marz-e Danesh Publications, 308 pp. (in Persian)

Mohammadnejad Kiasari, Sh., Sagheb Talebi, Kh., Rahmani, R., & Amoo Zadeh, M. (2011). Comparison of soil invertebrate diversity in natural forest and afforestation areas of Sari region. *Journal of Natural Resources Science and Technology*, *6*(2), 55–69. (in Persian)

Naranjo, S. E., & Flint, H. M. (1995). Spatial Distribution of Adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Cotton and Development and Validation of Fixed-Precision Sampling Plans for Estimating Population Density. *Environmental Entomology*, 24(2), 261–270. https://doi.org/10.1093/ee/24.2.261

Peterson, J. J., Dwyer, J. T., Beecher, G. R., Bhagwat, S. A., Gebhardt, S. E., Haytowitz, D. B., & Holden, J. M. (2006). Flavanones in oranges, tangerines (mandarins), tangors, and tangelos: a compilation and review of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, S66–S73. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.12.006

Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*. Wiley, New York.

Porcel, M., Andersson, G. K. S., Pålsson, J., & Tasin, M. (2018). Organic management in apple orchards: Higher impacts on biological control than on pollination. *Journal of Applied Ecology, 55*(6), 2779–2789. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13247

Sadegh Nejad, A., Rajabpour, A. & Cultler, C. (2019). Effect of climate and ecosystem manipulation on biodiversity of Anthocoridae in Hormozgan province (Iran). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 42*(2): 37-49. https://10.22055/ppr.2019.14745

Shannon, C. E., & Weaner, A. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*: University of Illinois Press 350 pp.

Simpson, E. H. (1949). *Measurement of diversity*: Nature 163, 688. Cited in Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 256 pp.

Sorkhabi-Abdolmaleki, S. Sahragard, A. Damavandian, M. R., & Mousawi Toghani, S. Y. (2021). Effects of biological control on biodiversity of insects in citrus orchards of Babolsar, Mazandaran Province, Iran. *Arthropoda, 10*(2): 38-52.

Staley, J., Hodgson, C., Mortimer, S., Morecroft, M., Master, G., Brown, V., & Taylor, M. (2007). Effect of Summer rainfall manipulation on the abundance and vertical distribution of herbivorous soil macro invertebrates. *European Journal of Soil Biology, 43*(3): 189-198. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.02.010

Yahya, M., Afzal, M., Majeed, M. Z., Sarwar, I., Shehzad, K., Luqman, M., & Shahzad, S. M. (2020). Differential Impact of Land-Use, Season and Soil Characteristics on the Abundance of Edaphic Springtails (Insecta: Collembola) and Mites (Arachnida: Acari). *Pakistan Journal of Zoology, 52*(4). https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20190817120809



© 2026 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/.