Journal of Military Medicine
2024, Volume 26, Issue 2
Pages: 2277-2287
10.30491/JMM.2024.1006643.1156

Evaluation of Geographical Distribution and Establishment Risk of Cockroach Species in Warehouses of Six Date-Producing Provinces of Iran

Maryam Jalili Moghadam [1], Jamasb Nozari [1*], Masoud Latifian [2], Seyed Pezhman Shirmardi [3], Seyed Mohammadali Ebrahimzadeh Mosavi [4]

[1] *Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*
[2] *Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran*
[3] *Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran, Iran*
[4] *Faculty of Food Scince and Engineering & College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*

Received: 28 April 2024 **Accepted:** 9 June 2024

Abstract

Background and Aim: The ability of cockroaches to transmit pathogenic agents to food makes them a threat to the country's food security in terms of use in war and biological terror. In this research, the identification of cockroaches (Blattodea), their geographic distribution, and establishment potential in date warehouses of six important date-growing provinces of Iran, including Kerman, Fars, Khuzestan, Sistan and Baluchistan, Bushehr, and Hormozgan, were carried out to their risk predict.

Methods: The statistical method of factor analysis was used to investigate the variance between several dependent variables based on their description in terms of a few latent variables (factors) effective on the type of population distribution. The cluster analysis was performed using a hierarchical method and its accuracy was evaluated using linear detection techniques and a generalization of Fisher's linear discriminator.

Results: Three species of cockroaches, including the American cockroach Periplaneta americana, the eastern cockroach Blatta orientalis, and the German cockroach Blattella germanica, are active in Iran's date-producing areas. The highest distribution of these cockroaches was in (Kerman, Fars, and Bushehr), (Kerman and Sistan and Baluchistan), (Khuzestan and Sistan and Baluchistan), (Khuzestan and Sistan and Baluchistan), Bushehr and Fars, respectively. The highest relative establishment rate was found in the provinces of Sistan and Baluchistan, Hormozgan, and Khuzestan. The largest unexploited habitat niche was in Hormozgan province, related to the German cockroach. The unanticipated outbreak chance of cockroaches in the warehouses of that province increases with the index of the unexploited habitat niche in that province.

Conclusion: Early detection to prevent the spread of the biological agent is a passive defense against the biological threat. The results of this research are essential in analyzing the risk of cockroaches and determining the hazards caused by them.

Keywords: Biological Risk, Surveillance, Cockroach, Biological Distribution, Population Establishment.

[*]Corresponding author: **Jamasb Nozari,** Email: nozari@ut.ac.ir

مجله طب نظامی
دوره ۲۶، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۴۰۳
صفحات: ۲۲۸۷-۲۲۷۷
10.30491/JMM.2024.1006643.1156

ارزیابی پراکنش جغرافیایی و احتمال استقرار گونه‌های سوسری در انبارهای شش استان خرماخیز ایران

مریم جلیلی مقدم[۱]، جاماسب نوزری[۱*]، مسعود لطیفیان[۲]، سید پژمان شیرمردی[۳]، سید محمد علی ابراهیم‌زاده موسوی[۴]

[۱] گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
[۲] سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، کرج، ایران
[۳] پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران
[۴] گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: باتوجه‌به توانایی سوسری‌ها در انتقال عوامل بیماری‌زا به مواد غذایی، این گروه از حشرات به لحاظ کاربرد در جنگ و ترور زیستی تهدیدی برای امنیت غذایی کشورها محسوب می‌شوند. در این پژوهش شناسایی فون سوسری‌ها (Blattodea)، نحوه پراکنش جغرافیایی و پتانسیل استقرار آن‌ها در انبارهای خرمای شش استان مهم خرماخیز ایران شامل کرمان، فارس، خوزستان، سیستان و بلوچستان، بوشهر و هرمزگان به‌منظور پیش‌بینی احتمال مخاطره آن‌ها در سال ۱۴۰۱ انجام شد.

روش‌ها: از روش آماری تحلیل عاملی (factor analysis) برای بررسی واریانس بین چند متغیر وابسته براساس توصیف آن‌ها برحسب تعداد اندکی متغیر (عامل) نهان مؤثر بر نوع توزیع جمعیت استفاده شد. تحلیل خوشه‌ای به روش سلسله مراتبی و صحت آن با استفاده از تشخیص خطی و تعمیم تفکیک‌کننده خطی فیشر انجام شد.

یافته‌ها: در مناطق خرماخیز ایران سه گونه سوسری شامل سوسری آمریکایی *Periplaneta americana*، سوسری شرقی *Blatta orientalis* و سوسری آلمانی *Blattella germanica* فعال بودند. بالاترین پراکنش این سوسری‌ها به ترتیب در استان‌های (کرمان، فارس و بوشهر)، (کرمان و سیستان و بلوچستان)، (خوزستان و سیستان و بلوچستان)، (خوزستان و سیستان و بلوچستان)، بوشهر و فارس بود. بالاترین نرخ استقرار نسبی مربوط به سوسری شرقی و در استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و خوزستان بود. بیشترین طاقچه زیستگاهی (habitat niche) بهره‌برداری نشده در استان هرمزگان و مربوط به سوسری آلمانی بود. هرچه شاخص طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده بالاتر باشد، احتمال طغیان پیش‌بینی نشده آن سوسری در انبارهای آن استان بالاتر است.

نتیجه‌گیری: تشخیص زودهنگام برای جلوگیری از گسترش عامل بیولوژیکی نوعی پدافند غیرعامل در مقابل تهدید زیستی است. نتایج این پژوهش در فرایند تجزیه‌وتحلیل خطر سوسری‌ها برای تعیین میزان احتمال مخاطره ناشی از آن‌ها ضروری است.

کلیدواژه‌ها: مخاطره زیستی، نظارت، سوسری، پراکنش زیستی، استقرار جمعیت.

*نویسنده مسئول: **جاماسب نوزری**. پست الکترونیک: nozari@ut.ac.ir
دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

مقدمه

خرما یکی از میوه‌های مقوی است که در سبد غذایی مردم ایران جایگاه ویژه‌ای دارد. علاوه بر این خرما به‌عنوان غذای دوره بحران نظیر جنگ، سیل، زلزله و خشکسالی و همچنین غذای اصلی قشر فقیر در مناطق محروم و به‌ویژه در کشورهای جهان سوم که با مشکلات سوءتغذیه و گرسنگی مواجه هستند نقش مهمی را ایفا می‌کند. خرما یکی از محصولات اصلی در بخش بزرگی از آفریقا و اوراسیا است. سوسری‌ها از آفریقا یا آسیای جنوب شرقی منشاء گرفته‌اند و در اوایل قرن شانزدهم در سراسر جهان منتشر و به آفت‌های جهانی تبدیل شده‌اند (۲۴). برخی از گونه‌های سوسری‌ها، به‌ویژه سوسری آمریکایی *Periplaneta americana* و سوسک آلمانی *Blattella germanica* با زندگی در نزدیکی انسان‌ها سازگار شده‌اند و قادر به انتقال ارگانیسم‌های بیماری‌زا مانند باکتری‌ها، تک‌یاخته‌ها و ویروس‌ها هستند. بیش از ۴۰۰۰ گونه سوسری (Order Blattodea) در سراسر جهان گزارش شده، در میان آن‌ها دو گونه سوسری آلمانی و آمریکایی با بروز حساسیت در انسان مرتبط هستند که به ترتیب در مناطق معتدل و گرمسیری غالب هستند (۲۶).

P. americana (سوسری آمریکایی)، *Blatta orientalis* (سوسری شرقی)، *B. germanica* (سوسری آلمانی) و (*Supella longipalpa*) (سوسری با نوار قهوه‌ای) رایج‌ترین سوسری‌های جهان هستند (۲۵). این سوسری‌ها در گروه «۲۲ گونه حشره کثیف جهان» قرار داشته و می‌توانند هر نوع تأسیسات ساختمانی را آلوده کنند (۳۳).

بر اساس گزارش پژوهش‌های انجام شده، ۲۴ گونه سوسری از ۴ خانواده شامل Polyphagidae (۱۲ گونه)، Blattidae (۵ گونه)، Blattellidae (۵ گونه) و Ectobiidae (۲ گونه)، تاکنون در شهرهای ایران شناسایی شده است. سه گونه سوسری آلمانی، سوسری آمریکایی و سوسری شرقی شایع‌ترین گونه‌هایی هستند که در جوامع شهری (مانند ساختمان‌های مسکونی، هتل‌ها، بیمارستان‌ها، رستوران‌ها و مراکز خرید) ایران مشکلات بهداشتی ایجاد کرده‌اند. علاوه‌براین، *Polyphaga indica*، *Periplaneta australasiae* و *Blatta lateralis* از دیگر سوسری‌های مهم ایران هستند (۳۱).

بیوتروریسم به معنی انتشار عمدی ویروس‌ها، باکتری‌ها یا سایر عواملی است که برای ایجاد بیماری یا مرگ در انسان و حیوانات یا گیاهان است. هدف آن ایجاد تلفات، وحشت، اختلالات اجتماعی یا زیان اقتصادی است که با الهام از باورهای ایده‌شناسی، مذهبی یا سیاسی انجام می‌شود. اقدامات پدافند غیرعامل باهدف افزایش قابلیت‌ها و ظرفیت‌های تشخیصی و درمانی در کنار آموزش، توانایی جامعه را برای کنترل شیوع بیماری‌های عفونی و همچنین کاهش اثرات حملات بیوتروریستی بهبود می‌بخشد (۲۱). باتوجه‌به پتانسیل سوسری‌ها در انتقال عوامل بیماری‌زا به مواد غذایی این گروه از حشرات می‌توانند تهدیدی برای کشورها به لحاظ کاربرد در جنگ و ترور زیستی داشته باشند. شناسایی پتانسیل استقرار جمعیت آن‌ها بر روی محصولات مختلف کشاورزی به‌ویژه در شرایط انباری به لحاظ امنیت غذایی حائز اهمیت است (۸).

خرما در انبار توسط مجموعه‌ای از آفات تهدید می‌شود (۱). ۱۳۲ گونه از آفات مرتبط با نخل خرما در سراسر جهان گزارش شده است. این گونه‌ها در هشت راسته و ۳۰ خانواده دسته‌بندی شده‌اند (۱۰،۱۱). براساس مطالعات قبلی سوسری شرقی کمتر از سوسری آلمانی و آمریکایی در انبارهای خرما دیده می‌شود. سوسری آلمانی در درجه دوم اهمیت پس از سوسری آمریکایی در انبارهای خرما برخوردار است (۲۹). سوسری آمریکائی در انبارهای خرمایی که بین ساختمان‌های دیگر مثل انبارهای غذایی و یا خانه‌های قدیمی واقع شده‌اند گزارش شده است. این آفت بندرت در انبارهای مدرن و جدید یافت شده است (۲۳).

در شرایط انباری محصولات کشاورزی عوامل مختلفی مانند اقدامات بهداشتی ضعیف و کنترل نامناسب آفات، شرایط خاص ساختمان‌های قدیمی و بازسازی نشده، دردسترس‌بودن مواد غذایی با مدیریت ضعیف نگهداری، وضعیت اجتماعی- اقتصادی، نوع بسته‌بندی و میزان فراوری محصول، استفاده نادرست حشره‌کش و شرایط فیزیکی محیطی انبار از جمله دما، رطوبت و روشنایی در میزان فراوانی جمعیت سوسری‌ها مؤثر است (۲).

مدل‌سازی توزیع پراکنش گونه‌ها ابزاری برای ارزیابی و پیش‌بینی توزیع بالقوه و تجزیه‌وتحلیل خطر ناشی از آن‌ها است (۱۶). گونه‌های آفت انباری ترجیح می‌دهند در جایی زندگی کنند که تأثیر آب‌وهوا به حداقل برسد (مانند تأسیسات کشاورزی، گلخانه‌ها، تأسیسات ذخیره‌سازی و کارخانه‌های فراوری مواد غذایی) (۲۲). پایش حشرات یک رویکرد استاندارد در مدیریت تلفیقی آفات است زیرا می‌تواند به افزایش کارایی عملیات کنترل کمک کند. اما این موضوع بسیار چالش‌برانگیز است. زیرا پتانسیل پراکنش مکانی حشرات پیچیده و پویا بوده و در مکان‌های جغرافیایی متفاوت است. برنامه پایش برای تعیین مناطقی که جمعیت حشرات پتانسیل افزایش در آن‌ها را دارند و مدیریت کنترل، لازم‌الاجرا است، ضروری است (۲۸). یکی از برنامه‌های پایش که کمتر مورد توجه قرار گرفته، پایش آفات در تأسیسات انباری است. زیرا هر انبار دارای ویژگی‌های فضایی متمایز است که ممکن است پتانسیل زیستی خاصی برای آفات فراهم کند (۹).

تاکنون مطالعه دقیقی در رابطه با پراکنش جغرافیایی، توانایی استقرار و ظرفیت زیستی انبارهای استان‌های مهم خرماخیز برای جمعیت سوسری‌های آفت انباری خرما انجام نشده است. با توجه به نقش احتمالی سوسری‌ها به‌عنوان مخزن عوامل بیماری‌زای انسانی مقاوم به آنتی‌بیوتیک، آلودگی انبارهای خرما به این گروه از آفات باید به‌عنوان یک نگرانی جدی در نظر گرفته شود. با توجه به اهمیت موضوع این پژوهش به‌منظور شناسایی فون سوسری‌های

فعال در انبارهای خرمای استان‌های خرماخیز ایران، نحوه پراکنش جغرافیایی، پتانسیل استقرار و پتانسیل بهره‌برداری آن‌ها از زیست‌بوم انبارهای خرمای کشور انجام شد.

روش‌ها

مکان و زمان نمونه‌برداری

این پژوهش در شش استان مهم خرماخیز ایران شامل کرمان، فارس، خوزستان، سیستان و بلوچستان، بوشهر و هرمزگان در سال ۱۴۰۱ انجام شد. در هر استان ۱۵ انبار خرما به‌صورت تصادفی انتخاب و به روش ذیل از آن‌ها نمونه‌برداری شد.

روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از میوه خرما براساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۴۴ انجام گرفت. برای این منظور از هر انبار یک نمونه مرکب به مقدار ۳ کیلوگرم شامل ۱۰ نمونه ۳۰۰ گرمی به‌صورت تصادفی از توده خرماهای انباری برداشته شد. بعد از نمونه‌برداری از خرماهای آلوده در هر انبار به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از جداسازی مراحل رشدی مختلف آن‌ها در ظروف محتوی جیره غذایی پرورش داده شدند. برای پرورش حشرات از مخلوط آب و مقداری مخمر نانوایی بر روی خرماهایی که هسته‌گیری شده استفاده شد. نمونه‌ها در ظرف‌های پلاستیکی درب که در آن سوراخی که با توری پوشیده شده و در انکوباتور با درجه حرارت ۲ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دور نوری به تاریکی ۱۲ به ۱۲ ساعت قرار گرفتند تا حشرات کامل ظاهر شوند. تعداد سوسری در هر نمونه و از تیپ گونه‌های مختلف به‌صورت جداگانه برای هر انبار ثبت شد.

شناسایی گونه‌ها

شناسایی گونه‌های مختلف سوسری‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر و توصیف‌های ارائه شده توسط سایر پژوهشگران انجام شد (۶،۱۸،۲۰). سپس نمونه‌ها جهت تأیید به سازمان حفظ نباتات و بخش جانورشناسی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور ارسال و از صحت شناسایی اطمینان حاصل گردید.

محاسبه شاخص‌های جمعیت‌شناختی

نرخ فراوانی نسبی استقرار هر یک از گونه‌های سوسری در انبارهای استان‌های خرماخیز (RPR) با استفاده از رابطه یک محاسبه شد. دراین‌رابطه Ci و Cn به‌ترتیب مجموعه تراکم هر گونه سوسری در انبار I ام تا n ام و n کل انبارهای نمونه‌برداری شده در هر استان بود (۳۴).

$$(۱) \quad RPR = \frac{\sum Ci}{\frac{\sum C_i + \cdots \sum C_n}{n}}$$

شاخص رجحان PI هر گونه سوسری در انتخاب انبارهای هر استان با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۴). در این رابطه T متوسط تراکم هر گونه سوسری در هر انبار و P متوسط تراکم هر گونه در کل انبارهای مورد مطالعه بود.

$$(۲) \quad PI = \frac{(T-P)}{(T+P)} \times 100$$

برای ارزیابی میزان بهره‌وری گونه‌های مختلف سوسری‌های آفت انباری خرما از طاقچه زیستگاهی انبارهای مختلف در استان‌های مهم خرماخیز، ابتدا شاخص احتمال وقوع نسبی Oi هریک از سوسری‌های بر اساس رابطه سه محاسبه شد.

$$(۳) \quad Oi = \frac{\sigma(ni)}{Max(ni)}$$

در رابطه سه Oi تراکم جمعیت هر گونه سوسری در هر انبار و Max(ni) حداکثر تراکم ثبت شده در کل انبارهای موردمطالعه در طی فصل بود (۱۳،۱۹). در مرحله بعد پتانسیل طاقچه زیستگاهی قابل بهره برداری توسط هر گونه ei با استفاده از رابطه چهار و میزان طاقچه زیستگاهی بهره برداری نشده توسط هر گونه سوسری (zi) نیز توسط رابطه پنج محاسبه شد (۱۵).

$$(۴) \quad ei = \frac{Max(ni)-ni}{Max(ni)}$$

$$(۵) \quad Zi = \frac{Oi/ei}{Max(ni)}$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تمام داده‌های به‌دست‌آمده از شاخص‌های جمعیت‌شناختی پس از اطمینان از نرمال بودن به کمک آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، تحلیل عاملی به‌منظور تشخیص عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع توزیع جمعیت هر یک از سوسری‌ها بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر و محاسبه شده برای جمعیت سوسری‌ها بود. عامل، متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی نمره‌های اصلی شاخص‌های ارزیابی بر پایه فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$Fj=\sum W_{ji}X_i=W_{j1}X1+W_{j2}X_2+\ldots+W_{jp}X_p$$

که در آن Wها بیانگر ضرایب نمره عاملی و P معرف تعداد شاخص‌های محاسبه شده برای هر شاخص جمعیتی تحت مطالعه است. با ترکیب‌های خطی به‌دست‌آمده نتیجه توصیف ویژگی‌های هر شاخص جمعیت‌شناختی و ارتباط آن با شاخص‌های محاسبه شده با آن امکان‌پذیر شد. استخراج عامل‌ها از ماتریس ضریب همبستگی، چرخش عامل‌ها به‌منظور به حداکثر رساندن رابطه بین شاخص‌ها و عامل‌ها و محاسبه بار عاملی (نمره عامل‌ها) برای تعیین عامل‌های موردنظر انجام شد (۱۷).

تحلیل برای تفکیک استان‌ها براساس شاخص‌های جمعیت شناختی هر یک از سوسری‌های آفات انباری از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده و استان‌هایی که از نظر سطح آلودگی به هریک از سوسری‌های آفات انباری مشابه بودند براساس یک فاصله اقلیدسی مشخص به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی شد. داده‌های برداشت شده در این پژوهش به روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و مورد تجزیه‌وتحلیل و قرار گرفته است. جهت پردازش این داده‌ها

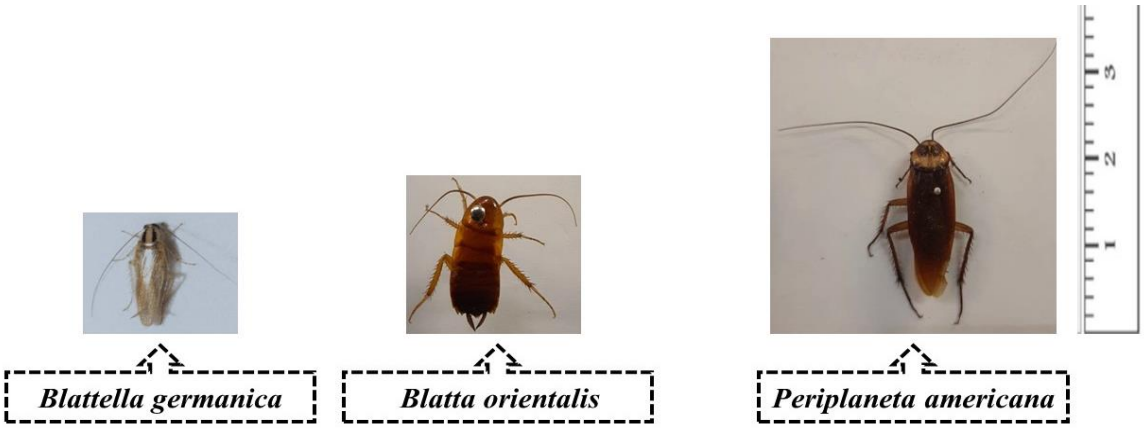
نیاز به انتخاب معیاری مناسب جهت محاسبه شباهت بین متغیرها است. این متغیرها شامل عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع پراکنش گونه سوسری بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر و محاسبه شده برای آن سطح آلودگی به گونه سوسری مربوطه بود که در تحلیل عاملی برآورد شدند. پس از انتخاب معیارهای شباهت، جهت تهیه نمودار درختی (دندروگرام) معرف ساختار درونی متغیرها، نیاز به انتخاب روش مناسبی جهت اتصال خوشه‌ها بود. حضور دو یا چند استان در یک خوشه خاص، حاکی از شباهت بین آن‌ها در سطح آلودگی به سوسری موردنظر بود؛ بنابراین با استفاده از این نمودار اقدام به گروه‌بندی استان‌های خرماخیز شد. باتوجه‌به تئوری روش آنالیز خوشه‌ای و با درنظرگرفتن معیارهای تعیین بهترین مکان برای خط فنون بر اساس فاصله اقلیدس، این موقعیت انتخاب گردید. مناسب‌ترین فاصله اقلیدسی بر اساس رابطه $\sqrt{\frac{n}{2}}$ برآورد شد که n معادل تعداد کل استان‌های نمونه‌برداری شده بود. بر این اساس کل استان‌های مورد مطالعه در گروه‌هایی براساس میزان الودگی به گونه سوسری قرار داده شدند (۱۳).

به‌منظور ارزیابی صحت خوشه‌بندی استان‌های خرماخیز موردمطالعه تجزیه‌وتحلیل تشخیص خطی، تجزیه‌وتحلیل متمایز عادی، یا تجزیه‌وتحلیل تابع متمایز، تعمیم تفکیک‌کننده خطی فیشر استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل تشخیص خطی همچنین ارتباط نزدیکی با تجزیه‌وتحلیل عاملی دارد، زیرا هر دو به دنبال ترکیب‌های خطی متغیرهایی هستند که سطح آلودگی استان‌های مورد بررسی را به بهترین نحوی توضیح دهند. تفاوت بین گروه‌های داده بررسی می‌گردد و به‌این‌ترتیب از صحت خوشه‌بندی اطمینان حاصل شد (۱۴). کلیه تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 انجام شد.

نتایج

فون سوسری‌های فعال در مناطق خرماخیز ایران

در مناطق مورد بررسی در شش استان خرماخیز ایران سه گونه *P. americana*، *B. orientalis* و *B. germanica* در شرایط انبارهای نگهداری میوه خرما فعال بودند (شکل ۱).



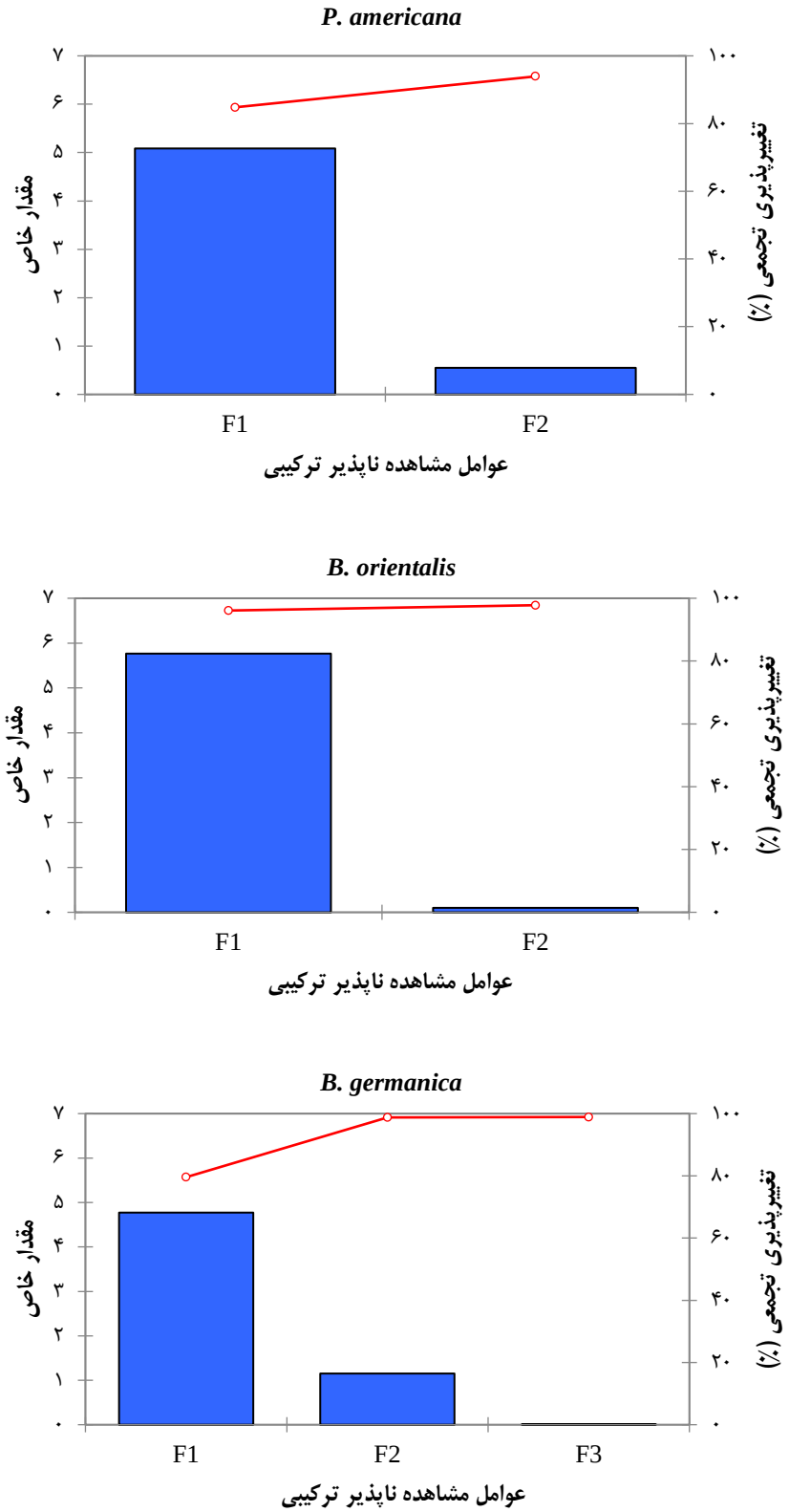
شکل-۱. سه گونه سوسری *P. americana*، *B. orientalis* و *B. germanica* فعال در انبارهای نگهداری میوه خرما

الگوی پراکنش سوسری‌های آفت انباری در مناطق خرماخیز

در این تحقیق، از بررسی هم‌زمان شاخص‌های جمعیت‌شناختی نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص رجحان، احتمال وقوع نسبی، طاقچه زیستگاهی قابل‌بهره‌برداری و میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده و جایگاه آن‌ها در الگوی پراکنش هریک از گونه‌های سوسری‌ها در شش استان مهم خرماخیز ایران شامل کرمان، فارس، خوزستان، سیستان و بلوچستان، بوشهر و هرمزگان استفاده شدند (شکل ۲). در فرآیند تحلیل عاملی، تعداد متغیرها کاهش می‌یابد و دسته‌های مختلفی از متغیرها (عامل) ایجاد می‌شود و عوامل ترکیبی مشاهده‌ناپذیر که برای تفکیک استان‌های مورد مطالعه براساس شاخص‌های اندازه‌گیری شده مناسب هستند، برآورد شده است.

براساس رابطه بین شاخص‌ها سوسری آمریکایی و سوسری آلمانی با دو عامل و سوسری شرقی با یک عامل با داشتن ریشه های بزرگ‌تر از یک معنی‌دار بوده و در تمام موارد بیش از ۹۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۱). باتوجه‌به دوران عامل‌ها با چرخش واریماکس که واریانس بین عوامل را حداکثر و تفسیر عوامل را ساده‌تر می‌کند، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات شاخص‌ها را در الگوی پراکنش سوسری‌های را توجیه کنند، مهم‌تر هستند و باید مورد بررسی قرار گیرند.

نمودار دندروگرام خوشه‌بندی استان‌های خرماخیز مورد مطالعه بر اساس عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع الگوی پراکنش هر یک از سوسری‌های آفت انباری که بر پایه مجموعه شاخص‌های جمعیتی مشاهده‌پذیر محاسبه شده در شکل سه نشان داده شده است. برای سوسری *P. americana* بالاترین میزان



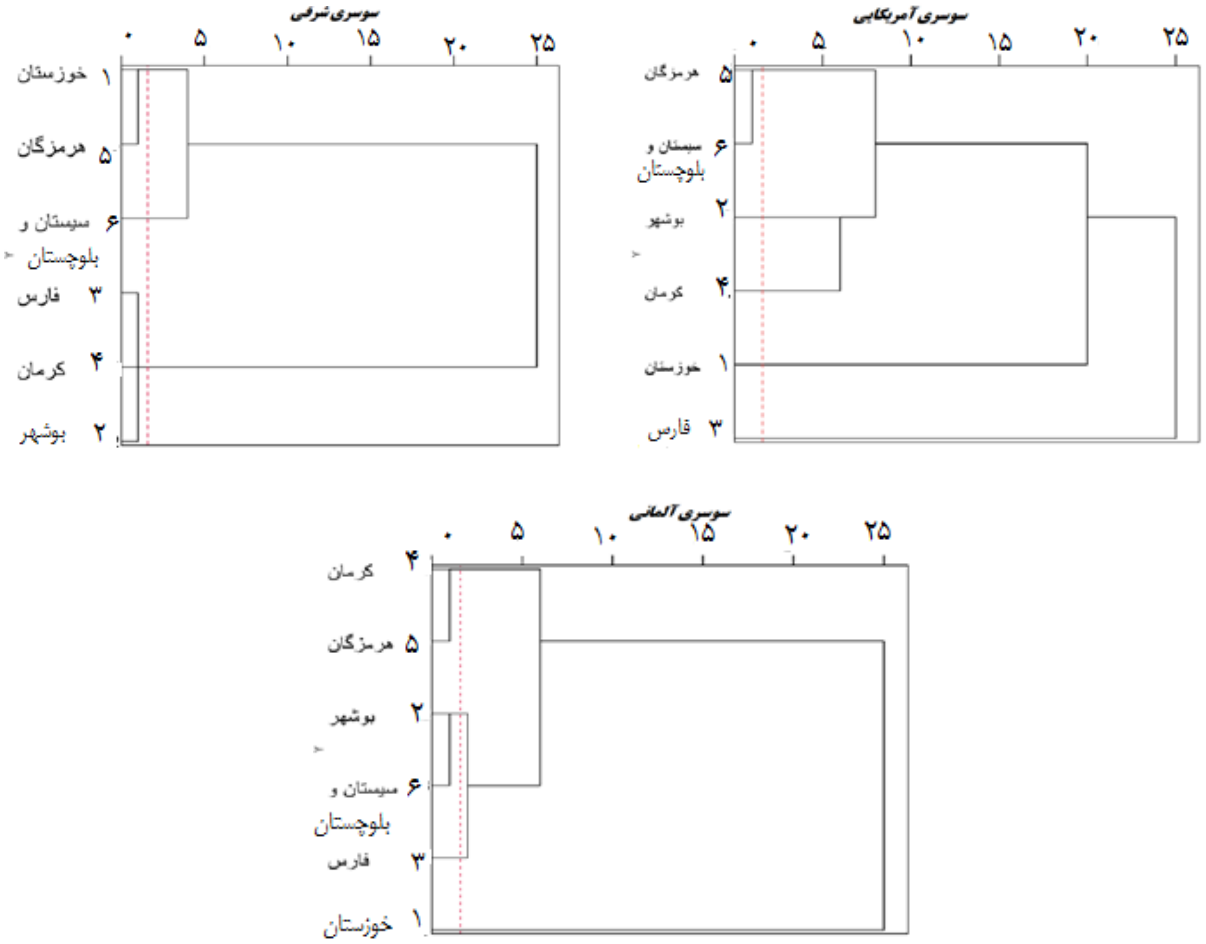
شکل-۲. مقدار ویژه عامل‌های جمعیت شناختی اصلی در الگوی پراکنش سوسری‌های آفت انباری در شش استان خرماخیز ایران

پراکنش جمعیت در استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان بوشهر بود. در این استان‌ها متوسط شاخص‌های جمعیت‌شناختی نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص رجحان، احتمال وقوع نسبی، طاقچه زیستگاهی قابل بهره‌برداری و میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده به ترتیب ۰/۵، ۳۶/۹-، ۰/۰، و ۱/۲ و کمترین میزان پراکنش در استان خوزستان و هرمزگان به ترتیب ۶/۸۵، ۷۰/۴، ۰/۰، ۱/۰، و ۰/۰ بود.

برای سوسری *B. orientalis* بالاترین میزان پراکنش جمعیت

جدول-۱. نتایج تجزیه به عامل‌ها به منظور تشخیص عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر الگوی پراکنش سوسری‌های آفت انباری در مناطق خرماخیز ایران

	مقادیر ویژه اولیه			استخراج مجموع بارهای مربعی		
گونه‌ها	عوامل	کل	درصد واریانس	گونه‌ها	عوامل	کل	درصد واریانس
P. americana	۱	۴/۲۱۴	۷۰/۲۲۸	۷۰/۲۲۸	۴/۲۱۴	۷۰/۲۲۸	۷۰/۲۲۸
	۲	۱/۷۷۸	۲۹/۶۳۷	۹۹/۸۶۵	۱/۷۷۸	۲۹/۶۳۷	۹۹/۸۶۵
	۳	۰/۰۰۵	۰/۰۸۵	۹۹/۹۵۱			
	۴	۰/۰۰۳	۰/۰۴۹	۱۰۰/۰۰۰			
B. orientalis	۱	۵/۶۰۱	۹۳/۳۴۲	۹۳/۳۴۲	۵/۶۰۱	۹۳/۳۴۲	۹۳/۳۴۲
	۲	۰/۳۰۴	۵/۰۶۹	۹۸/۴۱۱			
	۳	۰/۰۹۵	۱/۵۸۶	۹۹/۹۹۷			
	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳	۱۰۰/۰۰۰			
B. germanica	۱	۵/۰۹۲	۸۴/۸۷۰	۸۴/۸۷۰	۵/۰۹۲	۸۴/۸۷۰	۸۴/۸۷۰
	۲	۰/۸۵۷	۱۴/۲۸۴	۹۹/۱۵۷	۱/۸۹۴	۳۱/۵۲۱	۹۸/۸۴۲
	۳	۰/۰۴۰	۰/۶۲۷	۹۹/۸۲۹			
	۱	۰/۰۱۰	۰/۱۷۱	۱۰۰/۰۰۰			



شکل-۳. خوشه‌بندی شش استان خرماخیز کشور براساس شاخص‌های جمعیت‌شناختی مؤثر بر پراکنش جغرافیایی سوسری‌های آفت انباری

در استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و خوزستان بود. در این استان‌ها متوسط شاخص‌های جمعیت‌شناختی نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص رجحان، احتمال وقوع نسبی، طاقچه زیستگاهی قابل‌بهره‌برداری و میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده به ترتیب ۰/۸، ۱۴/۳-، ۰/۱ و ۳/۵ و کمترین میزان پراکنش در استان‌های بوشهر، کرمان و فارس هرمزگان به ترتیب ۰/۰، ۹۴/۷-، ۰/۰ و ۰/۴ بود.

برای سوسری *B. germanica* بالاترین میزان پراکنش جمعیت در استان‌های کرمان و هرمزگان بود. در این استان‌ها متوسط شاخص‌های جمعیت‌شناختی نرخ فراوانی نسبی استقرار،

جدول-۲. گروه بندی استان‌های خرماخیز براساس الگوی پراکنش سوسری‌های آفت انباری خرما

میانگین	خطای استاندارد	شاخص‌ها	گروه‌ها	گونه‌ها	میانگین	خطای استاندارد	شاخص‌ها	گروه‌ها	گونه‌ها
۰/۰۶	.a	RPR	خوزستان	سوسری آلمانی	۰/۰	.a	RPR	فارس	سوسری آمریکایی
-۸۸/۹۰	.a	PI			-۱۰۰/۰	.a	PI		
۰/۰۱	.a	Qi			۰/۰	.a	Qi		
۰/۹۹	.a	Ei			۱/۰	.a	Ei		
۰/۳۱	.a	Zi			۰/۰	.a	Zi		
۰/۵۶	۰/۱۰	RPR	فارس،		۰/۱	.a	RPR	خوزستان	
-۲۸/۳۵	۸/۱۰	PI	سیستان و		-۸۴/۵	.a	PI		
۰/۱۱	۰/۰۵	Qi	بلوچستان،		۰/۰	.a	Qi		
۰/۸۹	۰/۰۵	Ei	بوشهر		۱/۰	.a	Ei		
۶/۰۸	۴/۶۲	Zi			۳/۰	.a	Zi		
۰/۳۱	۰/۰۴	RPR	هرمزگان،		۰/۲	.a	RPR	کرمان	
-۵۲/۲۰	۴/۸۱	PI	کرمان		-۶۶/۵	.a	PI		
۰/۰۴	۰/۰۱	Qi			۰/۰	.a	Qi		
۰/۹۶	۰/۰۱	Ei			۱/۰	.a	Ei		
۱/۹۱	۰/۳۰	Zi			۱/۳	.a	Zi		
۰/۰	۰/۰	RPR	بوشهر،	سوسری شرقی	۰/۳	.a	RPR	بوشهر	
-۹۴/۷	۶/۵	PI	کرمان،		-۵۲/۶	.a	PI		
۰/۰	۰/۰	Qi	فارس		۰/۱	.a	Qi		
۱/۰	۰/۰	Ei			۰/۹	.a	Ei		
۰/۴	۰/۵	Zi			۲/۴	.a	Zi		
۰/۸	۰/۴	RPR	سیستان و		۰/۵	۰/۰	RPR	سیستان و	
-۱۴/۳	۲۲/۷	PI	بلوچستان،		-۳۶/۹	۴/۴	PI	بلوچستان،	
۰/۱	۰/۰	Qi	هرمزگان،		۰/۰	۰/۰	Qi	هرمزگان	
۰/۹	۰/۰	Ei	خوزستان		۱/۰	۰/۰	Ei		
۳/۵	۰/۵	Zi			۱/۲	۰/۱	Zi		

در جدول ۲، علامت‌های RPR، T، PI، Qi، Ei و Zi به ترتیب نشان دهنده نرخ فراوانی نسبی استقرار، فراوانی تجمعی، شاخص رجحان، احتمال وقوع نسبی، طاقچه زیستگاهی قابل‌بهره‌برداری و میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده است. a به معنی نبودن تعداد نمونه کافی برای محاسبه خطای استاندارد است.

شاخص رجحان، احتمال وقوع نسبی، طاقچه زیستگاهی قابل بهره‌برداری و میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده به ترتیب ۰/۳۱، -۵۲/۲، ۰/۰۴ و ۱/۹۱ وکمترین میزان پراکنش در استان خوزستان که مقدار شاخص‌ها به ترتیب ۰/۰۶، -۸۸/۹۰، ۰/۰۱، ۰/۹۹ و ۰/۳۱ بود.

سوسری آمریکایی و سوسری آلمانی به ترتیب در استان‌های (هرمزگان، خوزستان)، (هرمزگان، فارس)، (هرمزگان، فارس)، بوشهر و هرمزگان مشاهده نشدند. مقادیر شاخص‌های جمعیت-شناختی نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص رجحان و احتمال وقوع نسبی برای سه گونه سوسری در سایر استان‌های خرماخیز موردمطالعه در جدول ۲ درج شده است.

بحث

مفهوم سلسله‌مراتب بوم‌شناختی یکی از قدیمی‌ترین مفاهیم سازگاری گونه‌ها است (۳۵). تمایز زیست‌محیطی می‌تواند نیروی محرک اصلی در واگرایی گونه‌ها باشد (۵). تفاوت در اشغال آشیان‌های زیست‌محیطی تا قبل از مطالعه حاضر درارتباط‌با سوسری‌های آفت انباری خرما گزارش نشده بود. پیش‌بینی مناسب‌بودن زیستگاه برای سوسری‌های آفت انباری خرما نشان داد که الگوی توزیع آن‌ها به طور کامل مناطق خرماخیز ایران را پوشانده است (جدول ۲). سه گونه سوسری شناسایی شده در این پژوهش نیازهای اکولوژیکی متفاوتی دارند. مشکلات نظارتی پیچیده در امنیت زیستی مانند اولویت‌بندی گونه‌های مهاجم، مشخص کردن میزان خطر آن‌ها در یک زیست بوم ناهمگن، ترکیب منابع متعدد از داده‌های نظارتی، و اثرات جانبی آن‌ها بر محیط‌زیست از اطلاعات کلیدی در پدافند غیرعامل است (۳). علاوه بر این، تفاوت‌های بیولوژیکی ذاتی بین گونه‌ها منجر به مدل‌های اکولوژیکی متفاوتی می‌شود که زیربنای سیستم‌های نظارت را در پدافند غیرعامل تشکیل می‌دهند. در این پژوهش ما رویکردی را برای رویارویی با چالش طغیان سوسری‌ها در یک طراحی نظارتی جامع و آماری قدرتمند برای انبارهای استان‌های خرماخیز ارائه نموده‌ایم. اطلاعات حاصل از این پژوهش گام اول در تکوین سیستم‌های نظارت برای سوسری‌های مهاجم بالقوه به انبارهای خرما در استان‌های مهم خرماخیز کشور داده است، و

سپس در یک سیستم نظارت کلی که با استفاده از یک مدل آماری ادغام شدند. ما در مورد مبنای اکولوژیکی طراحی، انعطاف‌پذیری طرح نظارت، پیش‌بینی احتمال مواجهه با چالش‌های فوق را به عنوان مبنایی برای مدیریت تطبیقی ارائه نموده‌ایم (۱۲).

نرخ استقرار نسبی در انبارهای مناطق خرماخیز برای پیش‌بینی پراکنش هر سه گونه در سطح کشور با استفاده از نقاط وقوع استفاده شد. دامنه نرخ استقرار نسبی برای سوسری آمریکایی، سوسری شرقی و سوسری آلمانی به ترتیب معادل ۰/۵–۰، ۰/۸–۰ و ۰/۵۶–۰/۰۸ بود. بالاترین نرخ استقرار نسبی مشاهده شده مربوط به سوسری شرقی و در استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و خوزستان بوده است. عوامل مخاطره زیستی حتی در شرایط استقرار کم ابزارهای بالقوه تلفات جمعی خواهند بود. شناسایی جنبه‌های بوم‌شناختی مرتبط با انتشار طبیعی یا عمدی عوامل بیوتروریسم از نرخ استقرار نسبی سوسری‌ها به عنوان عامل انتقال میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا انسانی بسیار مهم است. در این پژوهش سوسری شرقی دارای ضریب مخاطره بالاتری نسبت به دو گونه دیگر بوده است. در این مطالعه، مشخص شد که چه زمانی می‌توانی انتظار داشته که هر یک از سه سوسری در انبارهای خرمای کشور مستقر شده و به عنوان یک پتانسیل مخاطره زیستی و امنیتی مطرح شوند. نتایج حاصل از این پژوهش برای کاهش هزینه‌های کنترل سوسری‌های مهاجم شامل پیشگیری از طریق قرنطینه، تشخیص زودهنگام تهاجم با نظارت، و جلوگیری از تأثیرات بهداشتی حائز اهمیت است. از نتایج این تحقیق برخی از قوانین کلی مدیریت منطقه‌ای جمعیت سوسری‌ها در انبارهای خرما کشور قابل بهره‌برداری است (۸).

دامنه احتمال وقوع برای سوسری آمریکایی، سوسری شرقی و سوسری آلمانی به ترتیب معادل ۰/۱–۰/۰ ، ۰/۱–۰/۰و ۰/۱۱–۰ بود. در محاسبه احتمال وقوع نسبی فرض بر این است که هر گونه سوسری هایی که نمونه‌برداری شده از ابتدا تا انتهای دروه مطالعه در انبار حضور داشته است اما در عمل معمولاً گونه‌هایی قبل از دوره در اثر عوامل مؤثر بر جمعیت از جمله رقابت، دشمنان طبیعی و سایر عوامل زنده و غیر زنده از آن محیط حذف شده و گونه یا گونه‌های جدیدی وارد می‌شوند لذا اگر بخواهیم برآورد درستی از احتمال وقوع نسبی بر حسب میزان جمعیت هر گونه سوسری داشته باشیم از میزان احتمال وقوع نسبی تراکمی (یا چگالی بروز) استفاده می‌گردد (۳۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده بالاترین چگالی بروز مربوط به سوسری آلمانی و در استان‌های فارس، سیستان و بلوچستان و بوشهر بوده است. بنابراین میزان مخاطره زیستی این گونه در استان‌های فوق اشاره بالاتر است.

بوم‌شناسی گروهی رابطه بین افراد از جمعیت‌های گونه‌های مختلف و سازگاری آن‌ها با شرایط محیطی را مطالعه می‌کند. بوم‌شناسان ثابت کرده‌اند که موجوداتی که جوامع زنده را تشکیل می‌دهند به مختصات فضایی خاصی گره‌خورده‌اند که در آن‌ها با یکدیگر و با بخش‌هایی از بستر زیست پیوند زده است. این بخش که بیوژئوسنوز نام دارد، یک طاقچه اکولوژیکی را برای فعالیت هر گونه مشخص می‌کنند (۳۰). در این پژوهش برای اثبات این موضوع است که در هر گونه سوسری آفت انباری در مناطق خرماخیز دارای طاقچه زیستی ذاتی است که نتیجه تعامل با سایر گونه‌های سوسری تشکیل می‌گردد از شاخص طاقچه زیستگاهی قابل بهره‌برداری استفاده شد. دامنه طاقچه زیستگاهی قابل بهره‌برداری برای سوسری آمریکایی، سوسری شرقی و سوسری آلمانی به ترتیب معادل ۱–۰/۹، ۱–۰/۹ و ۰/۹۹–۰/۸۹ بود. بالاترین طاقچه زیستگاهی قابل‌بهره‌برداری در انبارهای خرمای استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان و خوزستان برای سوسری شرقی بود. این موضوع نشان می‌دهد که احتمال مخاطره این‌گونه برای طغیان جمعیت در این استان‌ها بالاتر است.

اصل گاز که به آن قانون طرد رقابتی نیز می‌گویند و برای توصیف دو شکل مبارزه برای هستی – درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای استفاده می‌شود. اگر جمعیت‌ها نیازهای همپوشانی داشته باشند، به‌عنوان‌مثال، تغذیه (یک منبع غذایی مشترک) یا فضایی (زیستگاه‌های همپوشانی – محدوده) که جمعیت آن‌ها به آن بستگی دارد، زمان هم‌زیستی چنین جوامعی محدود است. این در نهایت منجر به اخراج (ازدحام جمعیت کمتر سازگار) و اسکان مجدد ارگانیسم‌های سازگارتر و با سرعت در حال تکثیر گونه‌های دیگر می‌شود. هر گونه تغییر در شرایط بوم‌شناختی منجر به تغییر قابلیت بهره‌برداری گونه‌ها می‌گردد (۲۷)؛ بنابراین هر یک از مناطق خرماخیز دارای پتانسیل بوم‌شناختی برای استقرار گونه‌های سوسری‌های آفت انباری است که به دلیل مجموع نیروهای درون و برون گونه‌ای در زمان انجام مطالعه محدودیت برای استفاده از هر یک از گونه‌ها در بهره‌برداری از طاقچه زیستگاهی انبار نگهداری خرما در مناطق خرماخیز کشور نموده است این موضوع با برآورد شاخص میزان طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده در این پژوهش مورد بررسی واقع شد. دامنه شاخص طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده برای سوسری آمریکایی، سوسری شرقی و سوسری آلمانی به ترتیب معادل ۳–۰، ۳/۵–۰/۴ و ۶/۰۸–۰/۳۱ بود. بیشترین طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده در استان‌های بوشهر، کرمان و فارس و مربوط به سوسری آلمانی بود. هر چه شاخص طاقچه زیستگاهی بهره‌برداری نشده بالاتر باشد، احتمال طغیان پیش‌بینی نشده آن سوسری در انبارهای آن استان بالاتر است.

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی توزیع بالقوه همه آفات (در این مقاله، "آفات" شامل سوسری‌های آفت انباری خرما می‌شود)، چه بومی و چه غیربومی، نقش کلیدی در تعیین اثرات تغییرات جهانی بر اکوسیستم‌های باغبانی و طراحی پدافند غیرعامل آن‌ها ایفا می‌کند. عدم دقت در پیش‌بینی توزیع بالقوه، توانایی ما را برای شناسایی مناطق، کالاها

و اکوسیستم‌هایی که بیشتر آسیب‌پذیر هستند، برای تعیین کمیت تلفات محصول و سایر اثراتی که ممکن است رخ دهد و تدوین استراتژی‌های مدیریت مؤثر آفات ضروری است (۳). این نتایج در فرایند تجزیه‌وتحلیل خطر آفات توسط سازمان‌های حفاظت از گیاهان برای تعیین خطرات ناشی از آفات بومی و غیربومی و توجیه اقدامات بهداشت گیاهی ضروری است. نتایج این پژوهش پیش‌بینی توزیع بالفعل و بالقوه سوسری‌های آفت انباری خرما را در مناطق مهم خرماخیز ایران مشخص کرده است. شواهد علمی مختلفی وجود دارد که نشان دهنده پتانسیل بسیار بالای سوسری‌های برای کاربرد آن‌ها به عنوان سلاح بیولوژیکی است (۲). استفاده از عوامل بیولوژیکی به‌عنوان سلاح برای برهم‌زدن ساختارهای امنیت غذایی، مانند انبارهای محصولات کشاورزی، در طول تاریخ رایج بوده است. وجود سیستم‌های نظارتی پیش‌آگاهی و ردیابی برای شناسایی پتانسیل‌های خطر یک حمله بیوتروریستی در مقیاس بزرگ ضروری است. تشخیص زودهنگام یک عامل مهم برای شروع اقدامات واکنش فوری برای جلوگیری از گسترش بیشتر پس از انتشار یک عامل بیولوژیکی در اولویت بوده و نوعی پدافند غیرعامل در مقابل تهدید زیستی است. تلاش‌های مداوم برای بهبود آمادگی و واکنش به یک حمله بیوتروریستی برای کاهش بیشتر عوارض، مرگ‌ومیر و تأثیر اقتصادی بر سلامت عمومی بسیار مهم است.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- اهمیت مدیریت کنترل سوسری‌ها در بهداشت انبارهای نگهداری محصولات کشاورزی (خرما) و امنیت غذایی براساس مناطق انتشار آن در انبارهای خرمای ایران بسیار زیاد است.
- سیستم‌های نظارتی برای شناسایی پتانسیل‌های خطر حمله بیوتروریستی با استفاده از سوسری‌ها در انبارهای خرمای کشور ضروری است.
- تشخیص زودهنگام عوامل بیولوژیکی (سوسری‌ها) به‌عنوان نوعی پدافند غیرعامل در مقابل تهدید زیستی محسوب می‌شود.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Abo-El-Saad M, El-Shafie H. Insect pests of stored dates and their management. Dates: Postharvest Science, Processing Technology and Health Benefits. 2013:81-104. doi:10.1002/9781118292419.ch4
2. Abudin S, Martini M, Nurjazuli N. Factors that trigger cockroach density: A literature review. Majalah Kesehatan Indonesia. 2023;4(2):71-6. doi:10.47679/makein.2023155
3. Baker RH, Sansford CE, Jarvis CH, Cannon RJ, MacLeod A, Walters KF. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2000;82(1-3):57-71. doi:10.1016/S0167-8809(00)00216-4
4. Baldin EL, Cruz PL, Morando R, Silva IF, Bentivenha JP, Tozin LR, et al. Characterization of antixenosis in soybean genotypes to Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. Journal of Economic Entomology. 2017;110(4):1869-76. doi:10.1093/jee/tox143
5. Barve N, Barve V, Jiménez-Valverde A, Lira-Noriega A, Maher SP, Peterson AT, et al. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. Ecological Modelling. 2011;222(11):1810-9. doi:10.1016/j.ecolmodel.2011.02.011
6. Bell WJ. The laboratory cockroach: Experiments in cockroach anatomy, physiology and behavior. Springer Science & Business Media; 2012.
7. Cock MJ, Burris DH. Neotropical palm-inflorescence feeding moths (Lepidoptera: Batrachedridae, Blastobasidae, Cosmopterigidae, Gelechiidae, Pyralidae, Tineidae): a review of the literature and new records from Trinidad, West Indies. The Journal of Research on the Lepidoptera. 2013;46:1-21.
8. Donkor ES. Cockroaches and food-borne pathogens. Environmental health insights. 2020. doi:10.1177/1178630220913365
9. Duan S, Li Y, Zhu B, Adam B, He Z. Intelligent pest trap monitoring under uncertainty in food industry. Swarm and Evolutionary Computation. 2024;86:101465. doi:10.1016/j.swevo.2023.101465
10. El-Shafie HA. List of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, Phoenix dactylifera L. Agriculture and Biology Journal of North America. 2012;3(12):516-24. doi:10.5251/abjna.2012.3.12.516.524
11. El-Shafie HA, Abdel-Banat BM, Al-Hajhoj MR. Arthropod pests of date palm and their management. CABI Reviews. 2018. doi:10.1079/PAVSNNR201712049
12. Ferrier S, Manion G, Elith J, Richardson K. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. Diversity and Distributions. 2007;13(3):252-64. doi:10.1111/j.1472-4642.2007.00341.x
13. Frades I, Matthiesen R. Overview on techniques in cluster analysis. Bioinformatics Methods in Clinical Research. 2010:81-107. doi:10.1007/978-1-60327-194-3_5
14. Fraley C, Raftery AE. Model-based clustering, discriminant analysis, and density estimation.

Journal of the American statistical Association. 2002;97(458):611-31. doi:10.1198/016214502760047131
15. Ghaedi H, Kocheili F, Latifian M, Nejad RF. Spatial and temporal distribution of rhinoceros beetles Oryctes Hellwig (Col.: Scarabaeidae) in date palm plantations of Khuzestan province. 2020; 10(2):59-72. Plant Pest Research. doi:10.22124/iprj.2020.4292
16. Guisan A, Tingley R, Baumgartner JB, Naujokaitis-Lewis I, Sutcliffe PR, Tulloch AI, et al. Predicting species distributions for conservation decisions. Ecology letters. 2013;16(12):1424-35. doi:10.1111/ele.12189
17. Hamzehzarghani H, Kushalappa AC, Dion Y, Rioux S, Comeau A, Yaylayan V, et al. Metabolic profiling and factor analysis to discriminate quantitative resistance in wheat cultivars against fusarium head blight. Physiological and Molecular Plant Pathology. 2005;66(4):119-33. doi:10.1016/j.pmpp.2005.05.005
18. Hashemi-Aghdam SS, Oshaghi MA. A checklist of Iranian cockroaches (Blattodea) with description of Polyphaga sp as a new species in Iran. Journal of Arthropod-borne Diseases. 2015;9(2):161-75.
19. Hengl T, Sierdsema H, Radović A, Dilo A. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. Ecological Modelling. 2009;220(24):3499-511. doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.06.038
20. Hopkins H. A revision of the genus Arenivaga (Rehn)(Blattodea, Corydiidae), with descriptions of new species and key to the males of the genus. ZooKeys. 2014;(384):1-256. doi:10.3897/zookeys.384.6197
21. Jansen HJ, Breeveld FJ, Stijnis C, Grobusch MP. Biological warfare, bioterrorism, and biocrime. Clinical Microbiology and Infection. 2014;20(6): 488-96. doi:10.1111/1469-0691.12699
22. Jian F. Influences of stored product insect movements on integrated pest management decisions. Insects. 2019;10(4):100. doi:10.3390/insects10040100
23. Khan EA, Hussain I, Ullah MN. A Preliminary Survey of Harmful Date Palm Fauna in DI Khan. International Journal of Plant & Soil Science. 2023; 35(10):101-7. doi:10.9734/IJPSS/2023/v35i102929
24. Li XR, Zheng YH, Wang CC, Wang ZQ. Old method not old-fashioned: parallelism between wing venation and wing-pad tracheation of cockroaches and a revision of terminology. Zoomorphology. 2018;137(4):519-33. doi:10.1007/s00435-018-0419-6
25. Lihoreau M, Costa JT, Rivault C. The social biology of domiciliary cockroaches: colony structure, kin recognition and collective decisions. Insectes Sociaux. 2012;59:445-52. doi:10.1007/s00040-012-0234-x
26. Pomés A, Arruda LK. Cockroach allergy: understanding complex immune responses to develop novel therapies. Molecular Immunology. 2023;156:157-69. doi:10.1016/j.molimm.2023.03.001
27. Rodríguez RA, Herrera AM, Santander J, Miranda JV, Fernández-Rodríguez MJ, Quirós Á, et al. Uncertainty principle in niche assessment: a solution to the dilemma redundancy vs. competitive exclusion, and some analytical consequences. Ecological Modelling. 2015;316:87-110. doi:10.1016/j.ecolmodel.2015.07.032
28. Rustia DJ, Chiu LY, Lu CY, Wu YF, Chen SK, Chung JY, et al. Towards intelligent and integrated pest management through an AIoT-based monitoring system. Pest Management Science. 2022;78(10):4288-302. doi:10.1002/ps.7048
29. Serhane H, Amro L, Sajiai H, Alaoui Yazidi A. Prevalence of skin sensitization to pollen of date palm in Marrakesh, Morocco. Journal of Allergy. 2017;2017(1):6425869. doi:10.1155/2017/6425869
30. Severtsov AS. Fundamental species niche: Mechanism of formation and ecological significance. Russian Journal of Ecology. 2004;35:357-63. doi:10.1023/B:RUSE.0000046970.23100.6a
31. Shahraki GH, Parhizkar S, Nejad AR. Cockroach infestation and factors affecting the estimation of cockroach population in urban communities. International Journal of Zoology. 2013;2013(1): 649089. doi:10.1155/2013/649089
32. Sileshi G. A method for estimating insect abundance and patch occupancy with potential applications in large-scale monitoring programmes. African Entomology. 2007;15(1):89-101.
33. Sulaiman IM, Jacobs E, Simpson S, Kerdahi K. Identification of 18 vector species belonging to Group I, Group II, and Group III 'Dirty 22'species known to contaminate food and spread foodborne pathogens: DNA barcoding study of public health importance. International Journal of Tropical Insect Science. 2017;37(1):1-10. doi:10.1017/S1742758416000217
34. Tu XB, Fan YL, McNeill M, Zhang ZH. Including predator presence in a refined model for assessing resistance of alfalfa cultivar to aphids. Journal of Integrative Agriculture. 2018;17(2):397-405. doi:10.1016/S2095-3119(17)61708-8
35. Warren DL, Glor RE, Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. Evolution. 2008;62 (11):2868-83. doi:10.1111/j.1558-5646.2008.00482.x