The University of Tehran Press

Iranian Journal of Plant Protection Science

Online ISNN: 2008-4781

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

Biodiversity of short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the northern and southern slopes of the Jaghatai mountain range, Khorasan Razavi province, Iran

Tara Pourmatin [1], Marjan Seiedy [2]✉, Masoud Hakimitabar [3], Najmeh Kiany[4], Mahdi Tork[5]

1. School of Biology and Center of Excellence in Phylogeny of Living Organisms, College of Science, University of Tehran; Iran. E-mail: tara.pourmatin.ma@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, School of Biology and Center of Excellence in Phylogeny of Living Organisms, College of Science, University of Tehran; Iran. E-mail: mseyyedi@ut.ac.ir
3. Department of Horticulture and Plant Protection, College of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: hakimitabar@shahroodut.ac.ir
4. School of Biology and Center of Excellence in Phylogeny of Living Organisms, College of Science, University of Tehran; Iran. E-mails: najmeh.kiany@ut.ac.ir
5. Jalal Afshar Zoological Museum, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mtork@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 11 December 2025

Revised: 29 December 2025

Accepted: 30 December 2025

Published online: Atumn and Winter 2025

Keywords:

Orthoptera,

bioindicator,

species richness,

evenness.

ABSTRACT

This study investigates the biodiversity and abundance of short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in relation to slope aspect and altitude in the Jaghatai mountain range, Khorasan Razavi province, northeastern Iran. Sampling was conducted during summer and autumn over two consecutive years (2021-2022) on the northern and southern slopes. On each slope, two sampling sites were selected at altitudes of 900 m and 1500 m. Sampling was carried out using insect nets along two transects (one transect in the northern slope and one transect in the southern slope) from the four designated stations. Specimens were preserved in Falcon tubes containing 75% ethanol, mounted using standard entomological technique, and identified to species level using valid taxonomic keys. Biodiversity was assessed using the Shannon-Wiener diversity index (H′), Margalef richness index (R), and Pielou evenness index (J′). Statistical analyses were performed using SPSS software, and t-test was employed to examine significant differences. A total of 19 species of short-horned grasshoppers were collected and examined in this study. The Shannon-Wiener diversity index showed no significant difference between the two slopes (p-value = 0.2). Comparing different altitudes, the highest Shannon-Wiener diversity was observed at 1500 m altitude in both northern and southern slopes. Margalef richness index was higher in the southern slope (2.66) compared to the northern slope (2.21), while Pielou evenness index was higher in the northern slope (0.98) than in the southern slope (0.8). Regarding altitudinal comparison, the highest species richness was observed at 1500 m altitude (1.83), and the highest evenness was observed at 900 m altitude in the northern slope (0.9) and at 1500 m altitude in the southern slope (0.8). These findings demonstrate that slope aspect and altitude significantly influence the structure of grasshopper communities. The results provide baseline data for ecological monitoring and conservation planning in montane rangelands of northeastern Iran.

Cite this article: Pourmatin, T., Seiedy, M., Hakimitabar, M., Kiany, N. & Tork, M. (2025). Biodiversity of short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the northern and southern slopes of the Jaghatai mountain range, Khorasan Razavi province, Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 56 (2), 301-317. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410747.1007115

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410747.1007115

Extended Abstract

Introduction

Biodiversity, particularly at the species level, is a critical indicator of ecosystem structure, function, and health. Ecosystems undergo significant changes due to environmental conditions and anthropogenic pressures such as habitat destruction and overexploitation. Orthopteran insects, especially short-horned grasshoppers (suborder Caelifera), represent an important group for biomonitoring owing to their high diversity, sensitivity to habitat alterations, abundance, and ease of sampling. The family Acrididae is one of the most species-rich groups within Caelifera. In Iran, long-term studies have documented a marked decline in grasshopper diversity and abundance since the 1960s, largely attributed to habitat degradation, agricultural intensification, and overgrazing. Vegetation cover and elevation are key environmental drivers influencing grasshopper distribution, diversity, and abundance, with intermediate elevations often supporting peak richness due to favorable microclimatic conditions and resource availability. Despite numerous faunistic surveys of Iranian Orthoptera, comparative quantitative data on the spatiotemporal patterns of short-horned grasshopper diversity remain limited, particularly in mountainous regions with contrasting slope aspects. Therefore, the present study aimed to investigate the diversity, species richness, evenness, and abundance of short-horned grasshoppers (Caelifera: Acrididae) along elevational gradients on the northern and southern slopes of the Jaghatai Mountains (Khorasan Razavi Province, northeastern Iran) over two consecutive years (2021–2022), and to evaluate the effects of elevation and slope aspect on these community parameters.

Methods

The study was conducted on the northern and southern slopes of the Jaghatai Mountain range, located between Sabzevar and Jovein plains in western Khorasan Razavi Province, northeastern Iran. This northwest–southeast oriented range (approximately 110 km in length) separates the fertile Jovein plain (to the north) from the drier Sabzevar plain (to the south) and experiences a cold semi-arid climate, with the highest peak (Mount Gar) reaching an elevation of 2958 m. Four sampling stations were established along two transects (one per slope), each at two elevations: 1500 m (mid-slope: stations A – north, C – south) and 900 m (lowland/foothill: stations B – north, D – south). Each station covered a 300 m × 100 m plot .

Sampling was conducted 15 times between July and October in 2021 and 2022 (sampling was interrupted in mid-August 2021 due to COVID-19 restriction). All samplings were performed during fixed daytime hours using standard sweep-netting, supplemented by hand collection. Collected specimens were preserved individually in 75% ethanol, subsequently pinned, and identified at the Animal Biosystematics Laboratory, School of Biology, University of Tehran. Identifications followed valid taxonomic keys and monographs including Bei-Bienko & Mishchenko (1963), Hodjat & Tork (2015), and Usmani & Nayeem (2012).

Community diversity was quantified using the Shannon–Wiener index (H′), Margalef's richness index (d), and Pielou's evenness index (J′). These indices were calculated as follows :

-Shannon–Wiener index: $H' = -\Sigma(P_i \ln P_i)$, where P_i represents the proportional abundance of species i.

-Margalef's richness index: $d = (S - 1) / \ln N$, where S denotes total species number and N represents total individuals.

-Pielou's evenness index: $J' = H' / \ln S$.

Differences in Shannon diversity between slopes and elevations were tested using independent samples t-tests. Variations in abundance patterns were examined using Chi-square tests. All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 22.0.

Results

A total of 235 individuals of short-horned grasshopper belonging to 19 species were collected and identified. The recorded species were as follows: *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836), *Oedaleus decorus* (Germar, 1825), *Oedipoda miniata* (Pallas, 1771), *Sphingonotus (Sphingonotus) nebulosus* (Fischer von Waldheim, 1846), *S. (S.) savignyi* Saussure, 1884, *S. (S.) rubescens* (Walker, 1870), *S. (S.) minutus* Mishchenko, 1937, *Brunnerella mirabilis* Moritz, 1928 , *Helioscirtus moseri* Saussure, 1884, *Dociostaurus (Kazakia) tartarus* Stshelkanovtzev, 1921, *Aiolopus puissanti* Defaut, 2005, *Heteracris litoralis* (Rambur, 1838), *Mioscirtus wagneri* (Eversmann, 1859), *Sphingoderus carinatus* (Saussure, 1888), *Ramburiella (Palaeocesa) turcomana* (Fischer von Waldheim, 1833), *Truxalis eximia* Eichwald, 1830, *Notostaurus albicornis* (Eversmann, 1848), *Acrotylus insubricus* (Scopoli, 1786) and *Hyalorrhipis turcmena* Uvarov, 1926. Notably, nine species (*Aiolopus puissanti*, *Heteracris litoralis*, *Mioscirtus wagneri*, *Sphingoderus carinatus*, *Ramburiella turcomana*, *Truxalis eximia*, *Notostaurus albicornis*, *Acrotylus insubricus* and *Hyalorrhipis turcmena*) represent first provincial records for Khorasan Razavi Province, Iran.

The Shannon–Wiener diversity index was higher on the northern slope than on the southern, but the difference was not statistically significant ($t = 0.28$, $df = 102$, $p = 0.20$). Within slopes, diversity was significantly higher at 1500 m than at 900 m on both the northern ($t = 7.43$, $df = 43$, $p < 0.001$) and southern ($t = 1.56$, $df = 54$, $p =$

0.05) aspects. Overall, Margalef richness index was greater on the southern slope overall (2.66 vs. 2.21 on the northern slope), however, within each slope, richness remained higher at the upper elevation (northern: 1.83 at 1500 m vs. 1.20 at 900 m; southern: 2.61 at 1500 m vs. 1.58 at 900 m). Pielou's evenness index was highest on the northern slope ($J' = 0.98$) compared to the southern slope ($J' = 0.8$), with mixed patterns across elevations . Grasshopper abundance was highest at station A (1500 m, north slope), which can be attributed to the richer vegetation, higher precipitation, and minimal human disturbance in this area. In contrast, abundance was lowest at station D (900 m, south slope) due to arid conditions and poor plant cover. *Calliptamus barbarus* was the dominant species overall (31.91% of all individuals), followed by varying dominant species at each station (e.g., *Mioscirtus wagneri* at B, *Oedipoda miniata* at C). Overall, abundance decreased progressively from July to October.

Conclusion

This study documented 19 species of short-horned grasshoppers in the Jaghatai Mountains, including nine new provincial records for Khorasan Razavi Province, highlighting the continued value of montane habitats as refugia for orthopteran diversity in northeastern Iran. Although overall Shannon diversity showed no significant difference between northern and southern slopes, clear elevational patterns were observed: higher elevations (1500 m) consistently supported greater species diversity and richness, a pattern driven by more favorable climatic conditions, denser vegetation, and reduced anthropogenic pressure (e.g., limited grazing and agriculture). The northern slope exhibited greater evenness, while the southern slope showed marginally higher richness. These findings align with several global studies reporting peak orthopteran diversity at intermediate or mid-montane elevations, while they contrast with patterns in some tropical or heavily disturbed systems. The results of this study underscore the sensitivity of grasshopper communities to slope aspect, elevation, and land-use intensity, emphasizing the urgent need for the conservation of relatively undisturbed high-elevation northern habitats to maintain biodiversity and ecosystem stability in the region. Therefore, sustainable management practices, including reduced overgrazing and the protection of montane vegetation, are recommended to preserve orthopteran diversity and the associated ecosystem services in this semi-arid mountainous region.

Author Contributions

T.P. and M.S. designed the research; T.P.: collected and identified the specimens, wrote the original draft, performed analysis and data curation, conceptualization; M.S.: Writing – review & editing, Validation, Supervision, Resources, Project administration, Methodology, Investigation, Funding acquisition, Formal analysis, Data curation, Conceptualization; M.H., N.K. and M.T.: Re-examined the identified specimens and revised the manuscript.

Data availability statement

Data will be available upon request.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support provided by the College of Science, University of Tehran and the Department of Biology, Hakim Sabzevari University. We would further like to thank the editor and the reviewers for their helpful comments and constructive criticism on previous versions of the manuscript.

Ethical considerations

Not applicable.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، دوره ۵۶، شماره ۲

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۶۸-۲۴۲۳

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

تنوع زیستی ملخ‌های شاخک کوتاه (Orthoptera: Acrididae) در دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای استان خراسان رضوی، ایران

تارا پورمتین[۱] | مرجان سیدی[۲] ✉ | مسعود حکیمی‌تبار[۳] | نجمه کیانی[۴] | مهدی ترک[۵]

۱. دانشکده زیست شناسی و مرکز قطب تبارزایی موجودات زنده، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: tara.pourmatin.ma@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشکده زیست شناسی و مرکز قطب تبارزایی موجودات زنده، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mseyyedi@ut.ac.ir

۳. گروه باغبانی و حفاظت نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. hakimitabar@shahroodut.ac.ir

۴. دانشکده زیست شناسی و مرکز قطب تبارزایی موجودات زنده، دانشکدگان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: najmeh.kiany@ut.ac.ir

۵. موزه جانورشناسی استاد جلال افشار ، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mtork@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ انتشار: پاییز و زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
راست‌بالان، شاخص زیستی، غنای گونه‌ای، یکنواختی.

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع زیستی و فراوانی گونه های ملخ‌های شاخک کوتاه خانواده Acrididae، نمونه برداری‌های منظمی طی فصل‌های تابستان و پاییز در دو سال پیاپی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ از دو دامنه شمالی و جنوبی رشته‌کوه جغتای واقع در استان خراسان رضوی صورت گرفت. در هر دامنه، شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای، دو ایستگاه (یک ایستگاه در ارتفاع ۱۵۰۰ متر و یک ایستگاه در ارتفاع ۹۰۰ متر) انتخاب شد. نمونه‌برداری‌ها با استفاده از تورحشره‌گیری از چهار ایستگاه مشخص شده بر روی دو ترانسکت (یک ترانسکت در دامنه شمالی و یک ترانسکت در دامنه جنوبی) انجام شد. نمونه‌ها در لوله فالکون‌های حاوی الکل ۷۵ درصد به آزمایشگاه منتقل و سپس اتاله شدند. پس از شناسایی ملخ‌ها با کلیدهای شناسایی معتبر، تنوع‌زیستی گونه‌ها با شاخص‌های تنوع شانون- واینر، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو محاسبه و آنالیزها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. برای بررسی معنا داری از تست t استفاده شد. درمجموع در این پژوهش ۱۹ گونه ملخ شاخک کوتاه جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. مقدار شاخص شانون-واینر بین دو دامنه رشته‌کوه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (p-value=۰/۲) . در مقایسه ارتفاع‌های مختلف، بیشترین تنوع شانون- واینر در ارتفاع ۱۵۰۰ متری در هر دو دامنه شمالی و جنوبی مشاهده شد. شاخص مارگالف در دامنه جنوبی (۲/۶۶) بیشتر از دامنه شمالی (۲/۲۱) بود؛ ولی شاخص یکنواختی پیلو در دامنه شمالی (۰/۹۸) بیشتر از دامنه جنوبی (۰/۸) بود. در مقایسه ارتفاع های مختلف، بیشترین غنای گونه‌ای در ارتفاع ۱۵۰۰ متری (۱/۸۳) و بیشترین یکنواختی در ارتفاع ۹۰۰ متری دامنه شمالی (۰/۹) و ارتفاع ۱۵۰۰ متری دامنه جنوبی (۰/۸) مشاهده شد. پژوهش حاضر، وجود تفاوت در شاخص های تنوع زیستی مرتبط با ویژگی‌های زیست‌محیطی دامنه‌ها و ارتفاع های مختلف را نشان می دهد که می‌توان از نتایج حاضر، برای پایش اکوسیستم‌ها و برنامه‌ریزی مدیریت حفاظتی ملخ‌ها در منطقه مورد بررسی، استفاده کرد.

استناد: پورمتین، تارا؛ سیدی، مرجان؛ حکیمی تبار، مسعود؛ کیانی، نجمه و ترک، مهدی (۱۴۰۴). تنوع زیستی ملخ‌های شاخک کوتاه (Orthoptera: Acrididae) در دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای استان خراسان رضوی، ایران. *نشریه دانش گیاهپزشکی ایران*، ۵۶ (۲)، ۳۱۷-۳۰۱. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410747.1007115

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410747.1007115

مقدمه

تنوع زیستی در طول زمان همواره در تعامل با شرایط محیطی دستخوش تغییر شده است، اما فعالیت‌های انسانی نظیر بهره‌برداری بی‌رویه، تغییر کاربری اراضی و نابودی زیستگاه‌ها، این تغییرات را به روندی بی‌سابقه از کاهش، تبدیل کرده است (Magurran & Dornelas, 2010). شواهد فزاینده‌ای از کاهش جهانی جمعیت حشرات وجود دارد (Eggleton, 2020; Wagner, 2020)، این کاهش نه‌تنها تنوع زیستی را تهدید می‌کند، بلکه کارکرد اکوسیستم‌ها و امنیت غذایی انسان را نیز با خطر مواجه می‌سازد (Webster et al., 2023).

در این میان، بندپایان با تشکیل بیش از ۸۰ درصد گونه‌های جانوری شناخته‌شده، نقشی محوری در کارکرد اکوسیستم‌های خشکی ایفا می‌کنند (پاشایی راد و ابراهیمی، ۱۳۹۷). راسته راست‌بالان (Orthoptera) با بیش از ۲۹،۰۰۰ گونه توصیف‌شده در سطح جهان، یکی از متنوع‌ترین گروه‌های حشرات گیاه‌خوار محسوب می‌شود (Song et al., 2018; Eggleton, 2020). این راسته به دو زیرراسته Caelifera (ملخ‌های شاخک کوتاه) و Ensifera (ملخ‌های شاخک بلند، جیرجیرک‌ها و آبدزدک‌ها) تقسیم می‌شود (عارف و همکاران، ۱۴۰۰). خانواده Acrididae به‌عنوان متنوع‌ترین خانواده زیرراسته Caelifera، با بیش از ۶،۷۰۰ گونه توصیف‌شده، پراکنشی جهانی داشته و از علفزارها تا زیستگاه‌های بیابانی، جنگلی و ارتفاعات را در برگرفته است (Song et al., 2018).

ملخ‌های شاخک کوتاه به دلیل فراوانی بالا، نقش کلیدی در انتقال انرژی در زنجیره‌های غذایی، حساسیت به تغییرات ریزاقلیمی و ساختار پوشش گیاهی، به عنوان شاخص‌های زیستی ارزشمندی در اکوسیستم‌های مرتعی مطرح هستند (Andersen et al., 2001). تغییر در ترکیب و تنوع جوامع ملخ‌ها می‌تواند بازتابی مستقیم از آشفتگی‌های انسانی، چرای بی‌رویه دام و تغییرات کاربری اراضی باشد (Ngoute et al., 2023).

ارتفاع و پوشش گیاهی دو عامل اصلی تعیین‌کننده الگوی پراکنش موجودات زنده در اکوسیستم‌های کوهستانی هستند. کوهستان‌ها با ایجاد گرادیان‌های اقلیمی و زیستگاهی در فواصل مکانی کوتاه، آزمایشگاه‌های طبیعی ایده‌آلی برای مطالعه عوامل مؤثر بر تنوع زیستی فراهم می‌آورند (Rahbek et al., 2019). فرضیه تنوع در ارتفاعات میانی (Mid-Domain Effect) پیش‌بینی می‌کند که بیشترین تنوع گونه‌ای در ارتفاعات میانی رخ می‌دهد (Sirin et al., 2010). اگرچه این الگو برای گروه‌های مختلف جانوری گزارش شده است، اما مکانیسم‌های حاکم بر آن؛ شامل برهم‌کنش عوامل تاریخی، تکاملی، محدودیت‌های پراکنش و آشیان بوم‌شناختی، همچنان نیازمند بررسی‌های تجربی بیشتر است (Pachón et al., 2024).

منطقه مورد مطالعه، رشته‌کوه جغتای در شهرستان سبزوار (استان خراسان رضوی)، به دلیل دارا بودن دو دامنه اکولوژیک متمایز شامل دامنه شمالی (دشت جوین با پوشش گیاهی غنی و شرایط مرطوب‌تر) و دامنه جنوبی (دشت سبزوار با شرایط خشک‌تر و پوشش گیاهی استپی)، یک مدل طبیعی کم‌نظیر برای مطالعه اثرات توأم جهت دامنه، ارتفاع و پوشش گیاهی بر تنوع و فراوانی ملخ‌ها فراهم می‌آورد. تفاوت در میزان بارندگی، رطوبت و نوع پوشش گیاهی بین دو دامنه، امکان آزمون فرضیه‌های مرتبط با اثرات منطقه‌ای و محلی را بر جوامع ملخ‌ها میسر می‌سازد.

اگرچه مطالعات فونستیک متعددی روی ملخ‌های ایران انجام شده، اما داده‌های مقایسه‌ای در مورد تأثیر ارتفاع، جهت دامنه و پوشش گیاهی بر تنوع و فراوانی ملخ‌های شاخک کوتاه در اکوسیستم‌های کوهستانی ایران، به‌ویژه در منطقه جغتای، به شدت محدود است. بیشتر پژوهش‌های پیشین صرفاً به گزارش گونه‌ها اکتفا کرده‌اند. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تنوع و فراوانی ملخ‌های شاخک کوتاه در دامنه شمالی و دامنه جنوبی رشته کوه جغتای طی دو سال متوالی و همچنین بررسی الگوی تغییرات تنوع گونه‌ای در امتداد گرادیان ارتفاعی و تاثیر پوشش گیاهی (دامنه شمالی با پوشش گیاهی غنی‌تر و دامنه جنوبی با داشتن پوشش گیاهی استپی) انجام شد.

پیشینه پژوهش

بررسی تغییرات بلندمدت در جوامع ملخ‌ها می‌تواند بازتابی مستقیم از آشفتگی‌های محیطی و انسانی باشد. مطالعات انجام‌شده در مورد فون ملخ‌های ایران را می‌توان به دو دوره تاریخی متمایز تقسیم کرد: دوره نخست شامل پژوهش‌های پیش از سال ۱۹۶۰ است که در آن فراوانی و تنوع گونه‌ای ملخ‌ها در سطح بالایی گزارش شده بود، در حالی که دوره دوم شامل مطالعات پس از سال ۱۹۶۰ است که کاهش قابل‌توجهی در تنوع و فراوانی گونه‌ها را نشان می‌دهد (Hodjat et al., 2019). بررسی تغییرات تعداد گونه‌های خانواده Acrididae در بازه زمانی ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۰، کاهش شدید تنوع گونه‌ای ملخ‌ها را تأیید کرده و بر ضرورت اقدامات مدیریتی فوری برای حفاظت از این راسته تأکید شده است (Hodjat et al., 2019).

هرچند این داده‌ها به دلیل عدم همگنی روش‌های نمونه‌برداری قابلیت تحلیل آماری قطعی را ندارند، اما روند نزولی مشاهده‌شده با الگوهای جهانی کاهش جمعیت حشرات، همخوانی داشته و منعکس‌کننده شرایط واقعی در زیستگاه‌های طبیعی ایران است. عواملی نظیر خشکسالی‌های شدید ناشی از تغییرات اقلیمی، آلودگی زیستگاه‌ها، تخریب محیط زیست برای توسعه شهری و معدنی، و به‌ویژه چرای بی‌رویه دام به عنوان مهم‌ترین دلایل این کاهش مطرح شده‌اند.

در این میان، ملخ‌ها به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی نظیر اهمیت عملکردی در زنجیره غذایی، حساسیت بالا به اختلالات محیطی، تنوع گونه‌ای قابل‌توجه و سهولت نسبی نمونه‌برداری، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخص‌های زیستی (bioindicators) برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌ها و مدیریت اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Andersen et al., 2001). این حساسیت، ملخ‌ها را به ابزاری ارزشمند برای پایش تغییرات محیطی تبدیل کرده است. به‌عنوان مثال، پژوهشی در کامرون نشان داد که استفاده‌های انسانی از زمین‌های رهاشده (زمین‌های آیش) موجب افزایش جمعیت گونه‌های مقاوم به تغییرات نظیر *Zonocerus variegatus* (L.)(Orthoptera: Pyrgomorphidae) و کاهش یا ناپدید شدن گونه‌های جنگلی بومی می‌شود، در حالی که تنوع کلی گونه‌ها ممکن است تقریباً ثابت باقی بماند (Ngoute et al., 2023). این یافته تأکید می‌کند که صرف توجه به شاخص‌های تنوع نمی‌تواند تصویر کاملی از سلامت اکوسیستم ارائه دهد و بررسی ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های حساس و مقاوم ضروری است. پراکنش مکانی و تنوع گونه‌ای ملخ‌ها تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی به‌ویژه پوشش گیاهی و ویژگی‌های توپوگرافیک قرار دارد. پوشش گیاهی نقش تعیین‌کننده‌ای در پراکنش ملخ‌ها ایفا می‌کند، به‌طوری که در مناطقی با گیاهان نامطلوب برای تغذیه یا زیست، حضور آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد. گونه‌های گیاهی می‌توانند جنبه‌های مختلفی از زندگی ملخ‌ها از جمله انتخاب میکروزیستگاه، رفتار تغذیه‌ای و ویژگی‌های تاریخچه زندگی را تحت تأثیر قرار دهند (Squitier and Capinera, 2002).

از سوی دیگر، ارتفاع به عنوان یک عامل توپوگرافیک کلیدی، با ایجاد تغییرات ریزاقلیمی و پوشش گیاهی در امتداد گرادیان ارتفاعی، الگوی پراکنش موجودات را در اکوسیستم‌های کوهستانی شکل می‌دهد. برای مثال، مطالعه‌ای در شمال‌شرق الجزایر نشان داد که بیشترین غنای گونه‌ای ملخ‌ها در ارتفاعات میانی و سپس در ارتفاعات بالا مشاهده می‌شود (Azil and Benzehra, 2020). همچنین سیرین و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنوع ملخ‌ها در مناطق مرتفع و پست کاهش یافته و بیشترین تنوع در ارتفاع‌های حد واسط قابل مشاهده است. رابطه تنگاتنگ بین تنوع زیستی ملخ‌ها با ساختار، کارکرد و سلامت اکوسیستم‌های مرتعی و اهمیت الگوی مکانی آن‌ها در پایداری و مدیریت مراتع نیز مورد تأکید قرار گرفته است (Guo et al., 2006). در ایران نیز مطالعات متعددی به بررسی تنوع ملخ‌ها در زیستگاه‌های مختلف پرداخته‌اند. پاشایی‌راد و ابراهیمی (۱۳۹۷) تنوع ملخ‌ها را در پارک‌های شهر تهران مورد بررسی قرار داده و بیشترین تنوع را در پارک آبشار و بیشترین غالبیت را در پارک سرخه‌حصار گزارش کردند. همچنین مباشری (۱۴۰۴) نشان داد که ملخ‌ها در زیستگاه‌های تالابی و کوهستانی به دلیل محدودیت فعالیت‌های مخرب انسانی مانند کشاورزی فشرده و چرای بی‌رویه دام، از تنوع بالاتری برخوردار هستند. خدایاری (۱۴۰۴) نیز بیشترین تنوع ملخ‌ها را در دشت‌های آبرفتی مجاور رودخانه‌ها گزارش کرد؛ که این مسئله می‌تواند به رطوبت بیشتر و پوشش گیاهی غنی‌تر این مناطق مرتبط باشد. با وجود این مطالعات در زیستگاه‌های شهری، تالابی و دشت‌های آبرفتی،

پژوهش درمناطق کوهستانی با تأکید همزمان بر اثرات متقابل دو عامل کلیدی ارتفاع و پوشش گیاهی و همچنین جهت دامنه (شمالی و جنوبی) بر جوامع ملخ‌های شاخک کوتاه، به ویژه در رشته‌کوه جغتای، کمتر مورد توجه قرار گرفته است و این شکاف تحقیقاتی ضرورت انجام مطالعه حاضر را برای پر کردن این خلأ اطلاعاتی توجیه می‌کند.

روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه

رشته‌کوه جغتای، واقع در غرب استان خراسان رضوی (بین شهرستان‌های سبزوار و جغتای)، با امتداد شمال‌غربی–جنوب‌شرقی و طول تقریبی ۱۱۰ کیلومتر، به عنوان یک سد توپوگرافیکی، دشت جوین (شمال) را از دشت سبزوار (جنوب) جدا می‌کند. این رشته‌کوه در منطقه‌ای با اقلیم سرد و نیمه‌خشک قرار دارد. بلندترین نقطه آن قله گر با ارتفاع حدود ۲۹۴۵ متر است. انتخاب این منطقه برای مطالعه تنوع زیستی ملخ‌های شاخک‌کوتاه به دلیل وجود گرادیان‌های ارتفاعی و تفاوت‌های بارز زیست‌محیطی بین دو دامنه بود.

دامنه شمالی (منتهی به دشت جوین)؛ دارای خاک حاصلخیزتر، دسترسی بهتر به آب زیرزمینی (به دلیل تعداد بالای چاه‌های عمیق) و پوشش گیاهی متراکم‌تر (کشت و صنعت غنی شامل باغات و زمین‌های کشاورزی) است که می‌تواند منابع غذایی بیشتری برای ملخ‌ها فراهم کند؛ اما دامنه جنوبی (منتهی به دشت سبزوار)؛ خشک‌تر، با پوشش گیاهی فقیرتر شامل درختچه‌های تاغ از تیره تاج‌خروسان است (پورمتین و همکاران، ۱۴۰۳). این تفاوت‌ها، که ناشی از جهت‌گیری رشته‌کوه و تأثیر آن بر الگوهای بارش، دما و رطوبت نسبی است، می‌تواند عامل اصلی ایجاد الگوهای متفاوت تنوع زیستی در دو دامنه باشد. به منظور بررسی تنوع¬زیستی ملخ¬های شاخک کوتاه در دامنه¬های شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای واقع در شهرستان سبزوار استان خراسان رضوی، نمونه برداری¬هایی طی دو سال متوالی (۱۴۰۱–۱۴۰۰) از این دو دامنه انجام شد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دو ارتفاع ۱۵۰۰ و ۹۰۰ متر از سطح دریا در هر دامنه انتخاب شدند تا اثر ارتفاع و جهت دامنه با دو پوشش گیاهی متفاوت را برتنوع ملخ‌ها، بررسی شود. نمونه‌برداری در ماه‌های تیر تا مهر (اوایل و اواخر هر ماه) انجام شد. در مجموع ۲ ترانسکت (در هر دامنه یک ترانسکت) که هر ترانسکت شامل ۲ ایستگاه با دو ارتفاع متفاوت بود، انتخاب شد. در مجموع ۴ ایستگاه (۲ ایستگاه در دامنه شمالی و ۲ ایستگاه در دامنه جنوبی) برای نمونه برداری در نظر گرفته شد.

در ارتفاع ۱۵۰۰ متر در هر دو دامنه، دو ایستگاه (ایستگاه A در دامنه شمالی و ایستگاه C در دامنه جنوبی) و در ارتفاع ۹۰۰ متر در هر دو دامنه، دو ایستگاه (ایستگاه B در دامنه شمالی و ایستگاه D در دامنه جنوبی) تعیین شد. مشخصات کامل تمامی ایستگاه ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات کامل ایستگاه‌های نمونه برداری در دامنه‌های شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای

دامنه	ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی	ارتفاع
شمالی	A (جلمبادان)	N: 36°28'27.6" E: 57°25'08.8"	۱۵۰۰ متر
شمالی	B (عباس‌آباد عرب)	N: 36°39'40.6" E: 57°29'10.0"	۹۰۰ متر
جنوبی	C (شاره)	N: 36°22'23.2" E: 57°25'19.7"	۱۵۰۰ متر
جنوبی	D (مسکن)	N: 36°11'47.5" E: 57°31'00.2"	۹۰۰ متر

روش‌های نمونه‌برداری

در مجموع ۱۵ مرتبه نمونه‌برداری در تاریخ‌های ششم، هفتم، ۲۵ و ۲۶ ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، در یک زمان مشخص در ۴ ایستگاه مورد نظر (طول ایستگاه:۳۰۰ متر و عرض ایستگاه: ۱۰۰متر) و با استفاده از یک روش مشخص انجام شد (به علت شرایط قرنطینه در دوارن پاندمی بیماری کرونا و مسدود بودن مسیرها، در تاریخ‌های ۲۵ و ۲۶ مرداد سال ۱۴۰۰ نمونه‌برداری انجام نشد). نمونه برداری ملخ‌های شاخک کوتاه با استفاده از تور حشره‌گیری (دسته تور به طول یک متر و دهانه تور به قطر ۵۰ سانتی متر) و جمع آوری با دست انجام شد. نمونه برداری با تور به این صورت انجام شد که با حرکت در طول یک خط مستقیم و در هر متر یک ضربه تور زده می‌شد. پس از پیمودن مسیر ۳۰۰ متر، مجدد برگشت به سمت مقابل با فاصله ۲ متری از خط مستقیم قبلی انجام می‌شد؛ به طوری که کل زمین پوشش داده شود. زمان تور زدن در هر ایستگاه ۱ ساعت بود. در مجموع ۲۳۵ نمونه از ملخ های شاخک کوتاه جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه بیوسیستماتیک جانوری دانشکده زیست‌شناسی دانشگاه تهران منتقل شدند.

روش‌های آماده‌سازی، نگه‌داری و شناسایی نمونه‌ها

نمونه‌های ملخ روی تخته اتاله حشرات با سوزن حشره شناسی فیکس شدند. روش کار به این صورت است که سوزن حشره (سایز ۳ یا ۴) از بالا وارد پیش گرده (pronotum) شد، کمی به سمت راست خط میانی و نزدیک لبه پشتی پیش گرده، به‌گونه‌ای که حدود ۱۰–۱۲ میلی‌متر از سوزن بالای بدن باقی بماند. پاها و شاخک ها با پنس در موقعیت استاندارد تنظیم شدند (پاهای عقبی کمی باز، شاخک ها رو به جلو) و با سوزن فیکس شدند. علاوه بر این، بال راست جلویی و عقبی، گسترده و با سوزن و کاغذ نازک ثابت گردید تا خشک شود. نمونه‌ها به مدت ۷–۱۰ روز در این موقعیت خشک گردیدند، سپس سوزن‌ها برداشته شد. برای شناسایی ملخ‌ها از کلیدهای شناسایی معتبر همچون آزمایش‌فرد، ۱۳۶۸؛ حجت و ترک، ۱۳۹۴؛ Bei-Bienko & Mishchenko, 1963؛ Usmani and Nayeem, 2012 و سایر کلیدهای معتبر استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها، با نرم‌افزار IBM SPSS Statistics for Windows (Version 22.0) (IBM, 2019) صورت گرفت. ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها، تنوع‌زیستی با استفاده از شاخص شانون–واینر محاسبه شد و سپس مقایسه‌ی دامنه های شمالی و جنوبی از نظر تنوع گونه ای با استفاده از آزمون t و بر اساس مقادیر بحرانی، هر کدام به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه شدند و با اندازه گیری p-value بر اساس مقدار آزمون t و درجه آزادی (df)، محاسبه انجام گرفت. برای مقایسه فراوانی گونه‌ها از آزمون مجذور کای، Chi-square، استفاده شد. تمام فراوانی‌های مورد انتظار بزرگتر از ۵ بودند (۵ ≤ expected frequency). همچنین برای بررسی غنای گونه‌ای و یکنواختی نیز از شاخص غنای مارگالف و شاخص یکنواختی پیلو به ترتیب استفاده شد. شاخص‌های تنوع زیستی به شرح زیر محاسبه شدند:

الف) شاخص تنوع گونه‌ای شانون– واینر: متداول‌ترین شاخصی است که برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای استفاده می‌شود. در این شاخص حتی گونه‌هایی که فراوانی کمی هم دارند، مورد توجه قرار می‌گیرند. این شاخص تعداد گونه‌ها (غنا) و توزیع نسبی هر گونه در جامعه (یکنواختی جامعه) را مدنظر قرار می‌دهد (Tang *et al.*, 2014).

$$H' = -\Sigma\, p_i \, ln\, p_i$$

در این رابطه، H: مقدار عددی شاخص تنوع گونه‌ای، Pi: فراوانی نسبی گونه i در جامعه و S: تعداد گونه‌ها را نشان می‌دهد.

ب) شاخص غنای گونه‌ای مارگالف: این شاخص حضور انواع گونه‌ها را نشان می‌دهد. این شاخص به شدت و حجم نمونه-برداری حساس است (اجتهادی و همکاران، ۱۳۹۲).

$$d = (S - 1) / \ln N$$

در این رابطه، S: تعداد کل گونه‌ها و N: تعداد کل افراد تمامی گونه‌ها را نشان می‌دهد.

ج) شاخص یکنواختی پیلو: میزان توزیع فراوانی افراد در گونه‌ها را نشان می‌دهد (Morris et al., 2014)

$$J' = H' / \ln S$$

در این رابطه، H' : شاخص شانون و S: تعداد گونه‌ها را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

طی نمونه‌برداری‌هایی که در سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد، در مجموع ۲۳۵ نمونه ملخ شاخک کوتاه، متعلق به ۱۹ گونه شناسایی شدند. گونه‌های شناسایی شده شامل:

Calliptamus barbarus (Costa, 1836), *Oedaleus decorus* (Germar, 1825), *Oedipoda miniata* (Pallas, 1771), *Sphingonotus* (*Sphingonotus*) *nebulosus* (Fischer von Waldheim, 1846), *S.* (*S.*) *savignyi* Saussure, 1884, *S.* (*S.*) *rubescens* (Walker, 1870), *S.* (*S.*) *minutus* Mishchenko, 1937, *Brunnerella mirabilis* Moritz, 1928, *Helioscirtus moseri* Saussure, 1884, *Dociostaurus* (*Kazakia*) *tartarus* Stshelkanovtzev, 1921, *Aiolopus puissanti* Defaut, 2005, *Heteracris litoralis* (Rambur, 1838), *Mioscirtus wagneri* (Eversmann, 1859), *Sphingoderus carinatus* (Saussure, 1888), *Ramburiella* (*Palaeocesa*) *turcomana* (Fischer von Waldheim, 1833), *Truxalis eximia* Eichwald, 1830, *Notostaurus albicornis* (Eversmann, 1848), *Acrotylus insubricus* (Scopoli, 1786), *Hyalorrhipis turcmena* Uvarov,1926 هستند.

در این پژوهش گونه‌های *Aiolopus puissanti*, *Heteracris litoralis*, *Mioscirtus wagneri*, *Sphingoderus carinatus*, *Ramburiella* (*Palaeocesa*) *turcomana*, *Truxalis eximia*, *Notostaurus albicornis*, *Acrotylus insubricus*, *Hyalorrhipis turcmena* برای اولین بار از استان خراسان رضوی گزارش شدند.

در این پژوهش، شاخص‌های تنوع (شانون-واینر، مارگالف، پیلو) برای ارزیابی ساختار و توزیع گونه‌ها در دو دامنه و ارتفاع‌های مختلف محاسبه شد.

شاخص تنوع شانون-واینر ملخ‌ها در دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای محاسبه شد و نتایج نشان داد که میزان عددی شاخص تنوع در دامنه شمالی این رشته کوه بیشتر از دامنه جنوبی آن است. با مقایسه اعداد شاخص تنوع شانون-واینر دو دامنه شمالی و دامنه جنوبی با آزمون t (t=۰/۲۸ ، df=۱۰۲، *p*-value=۰/ ۲)، مشخص شد اختلاف معناداری بین این دو دامنه وجود ندارد. اما در مقایسه‌ی شاخص تنوع شانون- واینر ملخ‌ها در دو ارتفاع دامنه شمالی این رشته‌کوه (ایستگاه A با ارتفاع ۱۵۰۰متر و ایستگاه B با ارتفاع ۹۰۰ متر)، بر اساس آزمون t، مشاهده شد که تنوع درایستگاه A به طور معناداری از ایستگاه B بیشتر است (*p*-value=۰/۰۰۱، df=۵/۴۳، t=۷/۴۳). شاخص تنوع شانون-واینر ملخ‌ها در دو ارتفاع دامنه جنوبی این رشته‌کوه (ایستگاه C با ارتفاع ۱۵۰۰ متر و ایستگاه D با ارتفاع ۹۰۰ متر) نیز، بر اساس آزمون t نشان داد که تنوع در ایستگاه C به طور معنی‌داری از ایستگاه D بیشتر است (*p*-value=۰/۰۵، df=۵۴/۲۸، t=۱/۵۶). در پژوهش مباشری در سال ۱۴۰۴ که روی تنوع

زیستی ملخ‌های شاخک‌کوتاه در سه بوم‌سازگان کوهستانی، تالابی و استپی در منطقه البرز مرکزی انجام شد؛ مشخص شد که تنوع گونه‌ای ملخ‌ها در بوم‌سازگان تالابی و کوهستانی بیشتر از استپی است. این نتایج بیانگر آن است که احتمالاً تنوع زیستی بیشتر در بوم‌سازگان تالابی، ناشی از ساختار پیچیده‌تر زیستگاهی، تنوع بیشتر منابع غذایی و دسترسی به منابع آبی (Mitsch and Gosseling, 2015)، و در بوم‌سازگان کوهستانی، به دلیل قرارگیری در مناطق حفاظت‌شده و کاهش میزان دستکاری انسانی حاصل شده است. اما، در پژوهش خدایاری در سال ۱۴۰۴ که به بررسی تنوع گونه‌ای ملخ‌های شاخک کوتاه خانواده‌ی Acrididae در سه بوم‌سازگان مختلف؛ مرتع، دشت آبرفتی و کوهستان در منطقه‌ی ماه‌نشان استان زنجان واقع در البرز غربی انجام شد؛ مقدار شاخص‌های تنوع زیستی آلفا ملخ‌های شاخک‌کوتاه در بوم‌سازگان دشت آبرفتی به دلیل مجاورت با رودخانه قزل‌اوزن بالاتر بود و بوم‌سازگان دشت آبرفتی دارای ساختار جامعه‌ای پایدار و توزیع متوازن گونه‌ها بود. در مقابل، بوم‌سازگان کوهستان، به‌واسطه‌ی سلطه‌ی شدید گونه‌ی غالب (*Oedipoda miniata*) کمترین مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای را نشان داد. همچنین، در مطالعه ای دیگرکه توسط Pudzi et al. 2018 در ارتفاعات مختلف جنگل Gunung Datuk صورت گرفت؛ به این نتیجه رسیدند که ارتفاعات پایین‌تر به دلیل محیط پیچیده و تعامل بین گونه‌ها دارای بیشترین تنوع است ،ولی مقایسه داده ها با آزمون t، این نتایج را تایید نکرد. مطالعه Song et al., 2024 در حوضه رودخانه ایلی چین در ارتفاعات مختلف، نشان داد که تنوع گونه‌ای ملخ‌ها، معمولاً با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. این تفاوت نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع پوشش گیاهی، ارتفاع و شدت فعالیت‌های انسانی در هر منطقه باشد.

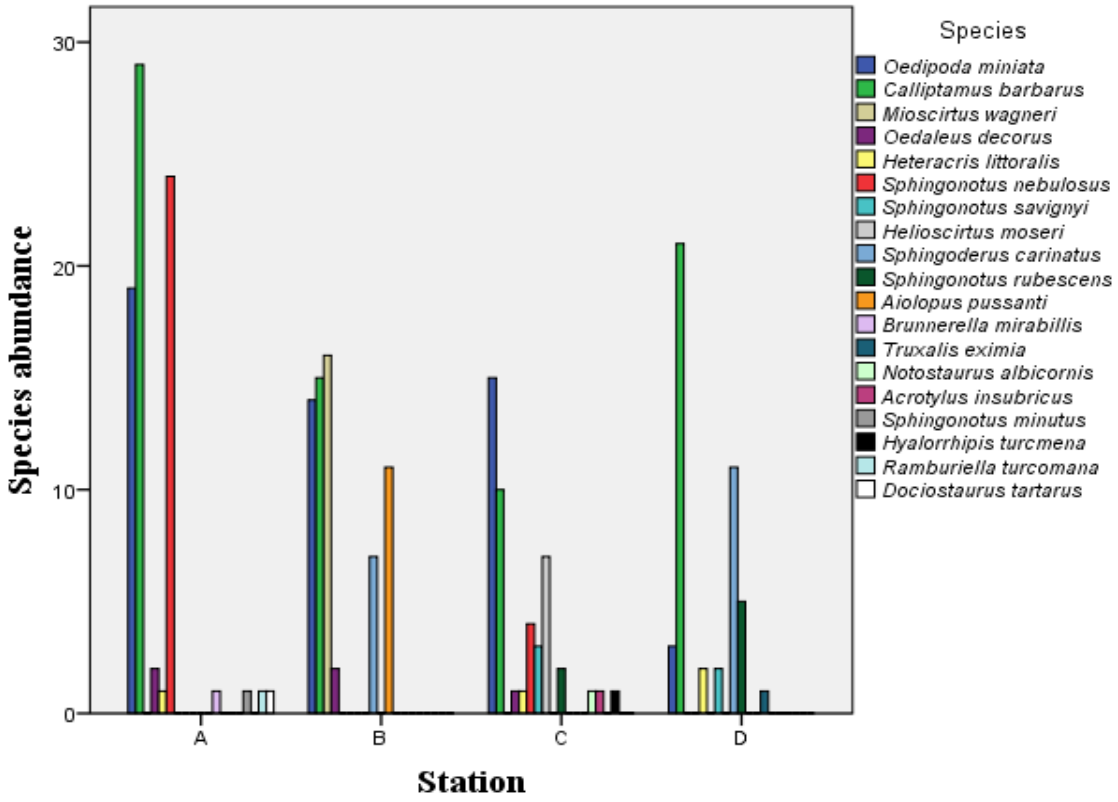
طبق مقایسه شاخص غنای مارگالف در ملخ‌های شاخک کوتاه در دو دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه، (شاخص غنای مارگالف دامنه شمالی و دامنه جنوبی به ترتیب: ۲/۲۱ و ۲/۶۶) مشخص شد که غنای گونه‌ای در دامنه جنوبی بیشتر از دامنه شمالی است. همچنین با مقایسه شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف در ارتفاع های متفاوت دامنه شمالی (ایستگاه A: ۱۵۰۰ متر و ایستگاه B: ۹۰۰ متر) مشخص شد که غنای گونه‌ای در ایستگاه A با عدد شاخص (۱/۸۳) بیشتر از ایستگاه B با عدد شاخص (۱/۲۰) است. مقایسه شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف در ارتفاع‌های متفاوت دامنه جنوبی (ایستگاه C: ۱۵۰۰ متر و ایستگاه D: ۹۰۰ متر) نشان داد که این شاخص در ایستگاه C با عدد شاخص (۲/۶۱) نسبت به ایستگاه D با عدد شاخص (۱/۵۸) بیشتر است. نتایج این پژوهش مطابق با نتایج Azil and Benzehra, 2020 روی ملخ‌ها است. این پژوهش در ارتفاع‌های الجزیره انجام شد و نشان داد که غنای گونه‌ای در ارتفاع‌های بالایی بیشتر از ارتفاع های پایینی است و کمترین غنای گونه‌ای نیز در نواحی کم ارتفاع دیده شد. اما در پژوهش مباشری روی ملخ های شاخک کوتاه در سال ۱۴۰۴ در سه بوم سازگان تالابی، استپی و کوهستانی مشخص شد که غنای گونه‌ای، شاخص‌های مارگالف و منهنیک در بوم‌سازگان تالابی غنی‌تر از استپی و بوم‌سازگان استپی غنی‌تر از کوهستانی است.

مقایسه شاخص یکنواختی پیلو در دو دامنه شمالی و دامنه جنوبی رشته کوه انجام شد که یکنواختی گونه‌ها در دامنه شمالی با عدد شاخص (۰/۹۸) بیشتر از دامنه جنوبی با عدد شاخص (۰/۸) بود. چنین یکنواختی بالایی در برخی جوامع حشرات در کوهستان (به‌ویژه در شرایطی با فشار انسانی کم) مشاهده شده است (Wang et al., 2025). همچنین این شاخص در ارتفاع های متفاوت دامنه شمالی (ایستگاه A: ۱۵۰۰ متر و ایستگاه B: ۹۰۰ متر) مقایسه و مشخص شد که یکنواختی گونه‌ای در ایستگاه B با عدد شاخص (۰/۹) بیشتر از ایستگاه A با عدد شاخص (۰/۸) است. شاخص یکنواختی گونه‌ای پیلو در ارتفاع‌های متفاوت دامنه جنوبی (ایستگاه C: ۱۵۰۰ متر و ایستگاه D: ۹۰۰ متر) نیز مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص شد شاخص یکنواختی گونه‌ای در ایستگاه C با عدد شاخص (۰/۸) نسبت به ایستگاه D با عدد شاخص (۰/۷) بیشتر است. در پژوهش مباشری در سال ۱۴۰۴ مشخص شد که بوم‌سازگان کوهستانی، با وجود تعداد گونه کم (۱۲ گونه) و تعداد نمونه بیشتر (۱۸۰ نمونه)، نسبت به سایر بوم‌سازگان‌ها (استپی و تالابی)، مقدار شاخص یکنواختی بیشتر از دیگر بوم‌سازگان‌ها نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند ناشی از شرایط زیستی پایدارتر، دوری از فشارهای انسانی (مانند کشاورزی یا چرای دام) و بهره‌مندی از مناطق حفاظت‌شده در این بوم‌سازگان باشد؛ عواملی که منجر به توزیع به نسبت متوازن‌تری از فراوانی میان گونه‌های موجود شده‌اند.

در این مطالعه، فراوانی ملخ‌ها در ایستگاه‌های مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفت و بیشترین فراوانی در ایستگاه A مشاهده شد که تعداد نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در آن چندین برابر سایر ایستگاه‌ها بود (۷۹ نمونه). احتمالا دلیل آن پوشش گیاهی غنی، عدم دخالت انسان، سمپاشی و چرای دام می‌باشد. این ایستگاه به دلیل قرارگیری در دامنه شمالی از آب و هوای بسیار خوب و بارش‌های زیادی برخوردار است. همچنین در ایستگاه D شاهد کمترین فراوانی بودیم (تعداد نمونه‌ها کمتر بود، ۴۵ نمونه)، این موضوع احتمالا به دلیل پوشش گیاهی فقیر و کمبود بارش‌ها و خشک بودن این ایستگاه به دلیل قرارگیری در دامنه جنوبی است.

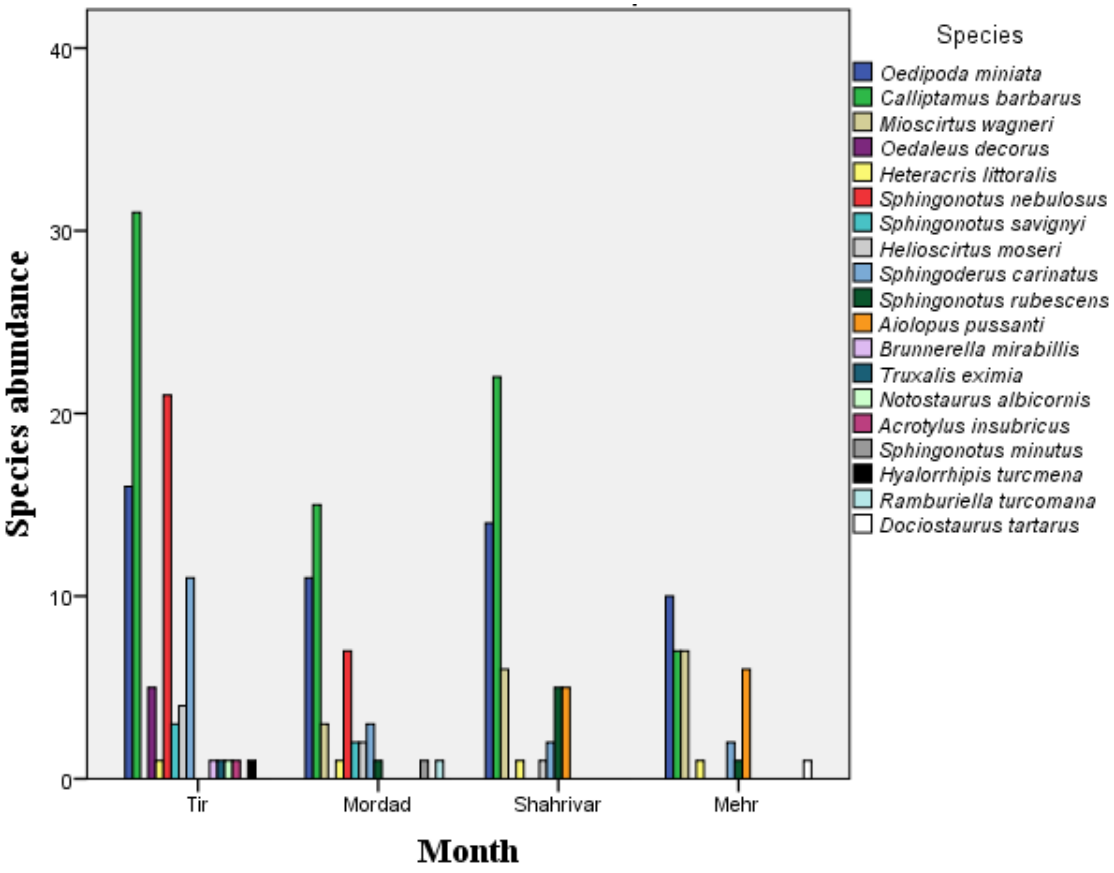
فراوانی ملخ‌ها به تفکیک گونه در ایستگاه‌های مختلف بررسی شد. ایستگاه A بیشترین فراوانی گونه‌ی مربوط به *Calliptamus barbarus* و همچنین کمترین فراوانی مربوط به گونه‌های *Ramburiella turcomana* ، *Dociostaurus tartarus*، *Sphingonotus minutus* ، *Brunnerella mirabilis* و *Heteracris littoralis* بود.

ایستگاه B بیشترین فراوانی مربوط به گونه‌ی *Mioscirtus wagneri* و کمترین میزان فراوانی مربوط به گونه‌ی *Oedaleus decorus* بود. ایستگاه C نیز بیشترین میزان فراوانی مربوط گونه‌ی *Oedipoda miniata* و کمترین میزان فراوانی مربوط به گونه‌های *Hyalorrhipis turcmena* ، *Acrotylus insubricus* ، *Notostaurus albicornis* ، *Heteracris littoralis* و *Oedaleus decorus* بود. همچنین ایستگاه D بیشترین فراوانی مربوط به گونه‌ی *Calliptamus barbarus* و کمترین فراوانی مربوط به گونه‌ی *Truxalis eximia* بود (شکل ۱).



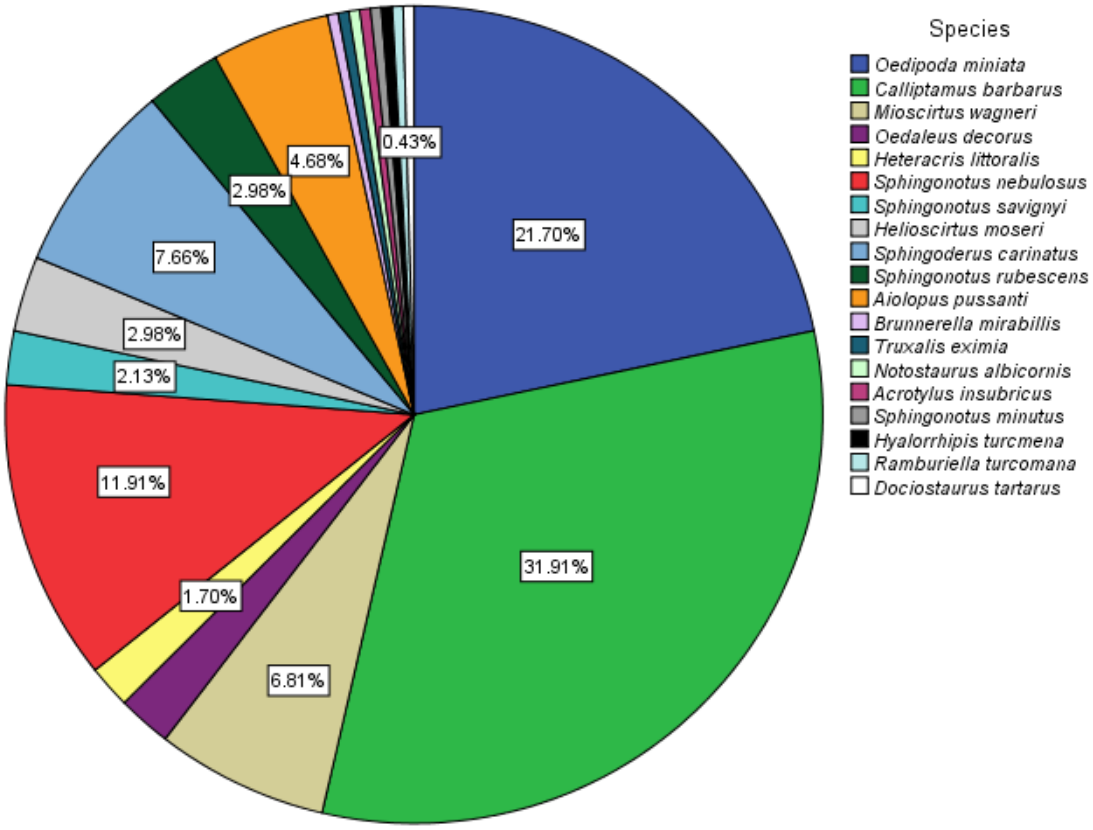
شکل ۱. فراوانی گونه‌های ملخ‌ها در ایستگاه‌های مختلف

طبق نتایج، هرچه از تیرماه به سمت مهرماه نزدیک‌تر می‌شود، فراوانی ملخ‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۲). در مقایسه فراوانی ماهانه ملخ¬ها در بوم¬سازگان کوهستانی در پژوهش مباشری در سال ۱۴۰۴، مشاهده شد که تفاوت معناداری در فراوانی ملخ¬ها بین ماه–های مختلف وجود دارد (p=0.001). فراوانی ملخ¬ها از خرداد تا تیر افزایش یافته و در تیر به حداکثر مقدار ماهانه می¬رسد؛ سپس از مرداد به بعد کاهش یافته و در مهر به کمترین مقدار ماهانه خود می¬رسد. مطالعات نشان می‌دهد دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که بر رشد، بقا و تولیدمثل ملخ‌ها تأثیر می‌گذارد (Ahmed et al., 2025). این امر احتمالاً به دلیل فراهم بودن شرایط دمایی مطلوب برای فعالیت، تولیدمثل و رشد سریع‌تر مراحل لاروی و بلوغ ملخ‌ها است (Joern and Gaines, 1990).



شکل ۲. فراوانی ملخ‌ها در ماه‌های مختلف

همچنین درصد فراوانی ملخ‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که گونه *Calliptamus barbarus* با ۳۱/۹۱ درصد بیشترین فراوانی را در منطقه مورد مطالعه داشت و گونه غالب در منطقه بود. درصد فراوانی گونه‌های دیگر در این پژوهش در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳. درصد فراوانی ملخها

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، ۱۹ گونه از مجموع ۲۳۵ نمونه شناسایی شد که ۹ گونه برای نخستین بار از استان خراسان رضوی گزارش می‌شوند. بنابر نتایج حاصل از این پژوهش تنوع، غنا، یکنواختی و فراوانی ملخهای شاخک‌کوتاه در رشته‌کوه جغتای می تواند تحت تأثیر جهت دامنه (پوشش گیاهی) و یا ارتفاع به صورت معنی داری تحت تاثیر قرار گیرد. همچنین، وجود تنوع و یکنواختی بیشتر در دامنه شمالی و غنای گونه‌ای بیشتر در دامنه جنوبی و به‌ویژه در ارتفاعات بالاتر در این پژوهش مشاهده شد. نتایج شاخص‌های مارگالف و پیلو، نشان دادند که ارتفاع بالاتر با افزایش غنای گونه‌ای و در برخی ایستگاه‌ها با یکنواختی بیشتر همراه است؛ که دلیل آن احتمالاً شرایط مناسب‌تر اقلیمی، پوشش گیاهی غنی‌تر و کاهش فعالیت‌های انسانی و چرای دام است. بیشترین فراوانی و تنوع گونه‌ای در ارتفاع ۱۵۰۰ متری دامنه شمالی و کمترین مقدار در ارتفاع ۹۰۰ متری دامنه جنوبی مشاهده شد؛ که دلیل مشخص آن، کاهش تخریب زیستگاه در ارتفاع های بالا می‌باشد. در مجموع، نتایج این مطالعه بر اهمیت حفاظت از زیستگاه‌های کوهستانی بکر مشابه رشته‌کوه جغتای، به‌ویژه در دامنه‌های شمالی و ارتفاعات بالاتر، برای حفظ تنوع زیستی ملخها تأکید دارد.

با توجه به اینکه طبق نتایج به دست آمده مشاهده شد که تنوع ملخها می‌تواند تحت تاثیر ارتفاع و پوشش گیاهی قرار گیرد و بیشترین تنوع گونه در ارتفاعات بالاتر و مناطق با پوشش گیاهی متراکم‌تر مشاهده می شود، حفاظت از این زیستگاه‌ها برای مدیریت پایدار ملخها و کنترل و حفظ تنوع گونه‌ها پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از دانشکده زیست‌شناسی، دانشکدگان علوم دانشگاه تهران و گروه زیست‌شناسی دانشگاه حکیم سبزواری برای فراهم کردن امکانات لازم برای انجام این پژوهش، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد. همچنین بر خود لازم می‌دانیم از سردبیر و داوران محترم به خاطر نظرات مفید و ارزیابی های سازنده بر نسخه قبلی این مقاله تشکر کنیم.

منابع

آزمایش‌فرد، پروانه. (۱۳۶۸). کلید شناسایی ملخ های *Sphingonotus* Fieb در کرج و حومه. *نامه انجمن حشره شناسی ایران*، ۱۰ (۲-۱)، ۱۷-۳۵.

اجتهادی، حسین؛ سپهری، علی و اکافی، حمید (۲۰۱۲). *روش‌های اندازه‌گیری تنوع زیستی*. مشهد: دانشگاه فردوسی. ۲۲۸ ص.

پاشایی راد، شاهرخ و ابراهیمی، پیمان (۱۳۹۷). بررسی فونستیک و تنوع زیستی ملخ ها (Order: Orthoptera) در پارک های شهر تهران، ایران. *سومین همایش ملی زیست شناسی، دانشگاه پیام نور*، ۷۲۸-۷۳۴.

پورمتین، تارا؛ سیدی، مرجان؛ حکیمی تبار، مسعود و کیانی، نجمه (۱۴۰۳). تنوع زیستی کنه های Parasitengona (Acari: Prostigmata) در دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه جغتای، استان خراسان رضوی. نامه انجمن حشره شناسی ایران، ۴۴(۴)، ۴۲۹-۴۳۸.

حجت، حسین و ترک، مهدی (۱۳۹۴). راهنمای مقدماتی شناسایی ملخ‌های Oedipodinae Walker, 1870 در ایران. *فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره شناسی*، ۷(۳)، ۲۴۹-۲۵۹.

خدایاری، هانیه. (۱۴۰۴). تنوع گونه‌ای ملخ‌های شاخک کوتاه Acrididae (Insecta: Orthoptera: Caelifera) و کنه‌های Parasitengona (Acari: Prostigmata) انگل آنها در بوم‌سازگان‌های کوهستانی، مرتع زراعی و دشت آبرفتی در رشته کوه های البرز غربی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیوسیستماتیک جانوری*، دانشگاه تهران.

عارف، حجت؛ مفیدی نیستانک، محسن؛ شجاعی، محمود و ایمانی، سهراب (۱۴۰۰). بررسی فونستیک ملخ‌های بالاخانوادهٔ شاخک‌کوتاه‌شکلان (Orthoptera: Acridomorpha) در استان ایلام. *تاکسونومی و بیوسیستماتیک*، ۱۳(۴۷)، ۹۷-۱۱۸.

مباشری، ابراهیم. (۱۴۰۴). تنوع گونه‌ای ملخ‌های Acrididae (Insecta: Orthoptera: Caelifera) و کنه‌های Parasitengona (Acari: Prostigmata) انگل آنها در بوم‌سازگان‌های کوهستانی، استپی و تالابی در البرز مرکزی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیوسیستماتیک جانوری*. دانشگاه تهران.

REFERENCES

Ahmed, R., Huang, W., Dong, Y., Guo, J., Dildar, Z., Rahman, Z. U., & Yue, F. (2025). Assessment of Habitat Suitability for *Oedaleus decorus asiaticus* Using MaxEnt and Frequency Ratio Model in Xilingol League, China. Remote Sensing, 17(5), 846.

Andersen, A. N., Ludwig, J. A., Lowe, L. M., & Rentz, D. C. F. (2001). Grasshopper biodiversity and bioindicators in Australian tropical savannas: Responses to disturbance in Kakadu National Park. *Austral Ecology*, 26(3), 213–222. https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2001.01106.x.

Azil, A., & Benzehra, A. (2020). The abundance and diversity of grasshopper (Orthoptera: Caelifera) along an altitudinal gradient in Jijel district, Algeria. *Acta Entomologica Serbica*, 25(2), 11–27. https://doi.org/10.5281/zenodo.4028719.

Bei-Bienko, G., & Mishchenko, L. L. (1963). Locusts and grasshoppers of the USSR and adjacent countries. *Israel Program for Scientific Translations*, 784 pp.

Eggleton, P. (2020). The state of the world's insects. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 61-82. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035

Guo, Z. W., Li, H. C., & Gan, Y. L. (2006). Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) biodiversity and grassland ecosystems. *Insect Science*, 13(3), 221–227. https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2006.00086.x.

Hodjat, S. H., Saboori, A., & Husemann, M. (2019). A view on the historic and contemporary acridid fauna (Orthoptera: Caelifera: Acrididae) of Iran—A call for conservation efforts. *Journal of Crop Protection*, 8(2), 135–142. https://doi.org/10.48311/jcp.2019.1422.

Hodjat, S. H., Tork, M., Seiedy, M., & Defaut, B. (2018). A taxonomic review of recorded species of Caelifera (Orthoptera) in Iran. *Materriaux Orthopteriques et Entomologiques*, 23, 35-75.

IBM. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 22.0) [Computer software].

Joern, A., & Gaines, S. B. (1990). Population dynamics and regulation in grasshoppers. *Biology of grasshoppers*, 415-482.

Magurran, A. E., & Dornelas, M. (2010). Biological diversity in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1558), 3593–3597. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0296.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). Wetlands. 5th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D., Socher, S. A., Sonnemann, I., Wäschke, N., Wubet, T., Wurst, S., & Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution*, 4(18), 3514–3524. https://doi.org/10.1002/ece3.1155.

Ngoute, O. C., Kekeunou, S., & Bilong Bilong, C. F. (2023). Grasshopper (Orthoptera: Acridomorpha) diversity in response to fallow-land use in southern Cameroon with recommendations for land management. *Journal of Insect Science*, 23(2), 5. https://doi.org/10.1093/jisesa/iead011.

Pachón, M. C., Skeels, A., & Cardillo, M. (2024). Disentangling evolutionary, geometric and ecological components of the elevational gradient of diversity. *Evolution Letters*, 9(1), 51-64. DOI: 10.1093/evlett/qrae048

Pudzi, S. A., Aziz, N. N., Shaifuddin, S. J., Ghani, I. A., & Hatta, S. K. (2018). The effect of elevation on diversity and abundance of class Insecta at Gunung Datuk Negeri Sembilan. *Serangga*, 22(2) 47–60.

Rahbek, C., Borregaard, M. K., Colwell, R. K., Dalsgaard, B., Holt, B. G., Morueta-Holme, N., ... & Fjeldså, J. (2019). Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity?. *Science*, 365(6458), 1108-1113. DOI: 10.1126/science.aax0149

Sirin, D., Eren, O., & Çıplak, B. (2010). Grasshopper diversity and abundance in relation to elevation and vegetation from a snapshot in Mediterranean Anatolia: Role of latitudinal position in altitudinal differences. *Journal of Natural History*, 44(21–22), 1343–1363. https://doi.org/10.1080/00222930903528214.

Song, H., Mariño-Pérez, R., Woller, D. A., & Cigliano, M. M. (2018). Evolution, diversification, and biogeography of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Insect Systematics and Diversity*, 2(4), 3. https://doi.org/10.1093/isd/ixy008.

Song, X., Wang, M., Li, C., Jashenko, R., Cao, Z., Liu, H., & Ji, R. (2024). Changes in locusts diversity, niche and interspecific association at different altitudes in the Ili River basin of China. *Ecological Indicators*, 167, 112668. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112668.

Squitier, J. M., & Capinera, J. L. (2002). Habitat associations of Florida grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Florida Entomologist*, 85(1), 235–244. https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0235:HAOFGO]2.0.CO;2.

Tang, L., Cheng, C., Wan, K., Li, R., Wang, D., Tao, Y., Pan., Y., Xie, J., & Chen, F. (2014). Impact of fertilizing pattern on the biodiversity of a weed community and wheat growth. *PLOS One*, 9(1), e84370. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084370.

Usmani, M. K., & Nayeem, M. R. (2012). Studies on taxonomy and distribution of Acridoidea (Orthoptera) of Bihar, India. *Journal of Threatened Taxa*, 4(13), 3190–3204. https://doi.org/10.11609/JoTT.o3010.3190-204.

Wang, M., Song, X., Li, C., Jashenko, R., Cao, Z., Liu, H., Lin, J & Ji, R. (2025). Diversity of grasshoppers in different grassland types in the Western Tianshan Mountains of China and influencing factors. *Environmental Entomology*, 54(4), 877-889. https://doi.org/10.1093/ee/nvaf065.

Wagner, D. L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65, 457-480. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025151

Webster, M. T., Beaurepaire, A., Neumann, P., & Stolle, E. (2023). Population genomics for insect conservation. *Annual Review of Animal Biosciences*, 11, 115-140. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-122221-075025

Yong, T., Zhangfu, L., Jing, X., Hong, J., Hongyan, R., Ke, T., Ge, Ch., Liu, K., & Shigui, L. (2005). Identification of a chitinase-producing bacterium C4 and histopathologic study on locusts. *Pest Management Science*, 61(2), 159–165. https://doi.org/10.1002/ps.965.