





Research Paper

<https://doi.org/10.5564/pib.v38i1.2539>

PROCEEDINGS OF
PIB
THE INSTITUTE OF BIOLOGY

Diversity and habitat characteristics of endemic beetles in the semi-desert areas of East Gobi, Mongolia

Batchuluun BUYANJARGAL^{1,*} , Chuluunbaatar GANTIGMAA² , Batjargal BALJNYAM³,
Batsuuri DASHNYAM⁴, Dandarmaa BATAA⁵

^{1,2}Laboratory of Entomology and Ornithology, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

³The Nature Conservancy, Ulaanbaatar, Mongolia

^{4,5}Health, Safety, Environment and Security Department, Oyu Tolgoi LLC, Mongolia

*Corresponding author: buyanjargalb@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0001-9770-4028>

Abstract. Determining the endemic species composition and their relative abundances of the beetle community in the desert and desert steppe of Mongolia is crucial for biodiversity conservation, and it is of great importance to evaluate the current state of the ecosystems. We aimed to determine the species richness, the dominant species composition and relative abundance of the endemic species, and their habitat characteristics around the Khanbogd Massif, which is an important representative of the East Gobi of Mongolia. We identified 1330 individuals of 20 species of 14 genera which belongs to four beetle families. More than 70 percent of them are belonging to the family of Darkling beetles (Tenebrionidae). Five species of Darkling beetles, or 25 percent of the community were endemic species, and their relative abundances in the habitats with different vegetation cover ranges from 0.01 to 0.58. Among these endemic species, the darkling beetle *Anatolica cechiniae* Bogdanov-Katjkov prefers extremely dry habitats while *A. gobialtaica* Kaszab prefers moist meadow habitats. However, abundances of the other three endemic species (*Blaps femoralis rectispinus*, *A. sternalis gobiensis* and *Trigonoscelis sublaevigata granicollis*) in the habitats were relatively low (1-12%). Two species of endemic beetles have been found only in the desert steppe habitat. There is a chance that the original state of nature will change as a result of recent climate change, which could lead to a decline in habitat quality and the loss of biological diversity. Therefore, it is essential to conduct in-depth habitat research in order to protect these endemic species with limited distribution and preserve them in their native ecosystems.

Keywords: Endemic beetles, habitat, Khanbogd, distribution

Received 04 October 2022; received in revised form 20 December 2022; accepted 24 December 2022

© 2022 Author(s). This is an open access article under the [CC BY-NC 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Introduction

Beetles play a significant role in arid ecosystems. While feeding on the plants or invertebrates that favored those plants, some beetle species shelter burrowing into the ground or hiding under the objects such as rocks and vegetation. A significant number of beetle species are closely related to specific plant species and spent their certain developing phase on those plants [1].

Since changes in the diversity of beetle communities are related to changes in plant communities, they are a

reflection of habitat changes [3]. Beetles are therefore regarded as indicator organisms that represent environmental changes [1], [2], [3].

It is highly possible to evaluate ecosystem current condition or quality through the biodiversity research results of beetle community in Mongolia. For instance, it's crucial to study beetle community to understand how biodiversity impacted by human activities such as overgrazing and mining as well as global climate change. Particularly, a detailed study on endemic beetle abundance and their participation into the community is played significant role

to evaluate habitat quality and changes of the ecosystems. This is because endemic beetles tend to have specialized preference for certain habitats. Basic results on this kind of study also help to improve scientific background for solving some biodiversity conservation issues. The aim of the study is to determine species composition of beetle communities in common habitats of East Gobi region of Mongolia and to reveal relative abundances and habitat characteristics of the endemic beetles in the studied habitats.

Materials and Methods

The study was carried out in the Umnugovi Povince, Mongolia. According to the classification of phytogeographical regions of Mongolia, the study area belongs to the desert steppe of the East Gobi Region [4]. The climate of the area is typically continental with cool spring and autumn, warm dry summer, and cold winter. The average maximum temperature in July is 31.1°C; the average minimum temperature in December and January is -15.8°C. The average annual total precipitation is 100.1 mm, and the average number of annual rainfall days is 32 days (averaged from the nearby “Khanbogd” weather station, using data from 1976–2019).

The soil in the study sites is dominated by saline Gobi gray-brown soil.

Sampling was carried out during the plant growing season in May 2011, June 2012, and September 2013. We set 10 pitfall traps each in eight common habitats (Table 1) around the Khanbogd massif along a line transect. The distance between the traps was 10 m and the traps were stayed for one day. Beetles were identified in the Laboratory of Entomology, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences using related identification keys to the corresponding beetle families [5], [6], [7], [8], [9] under binocular VS-1F-5N.

We calculated relative abundance for each species in each habitat. The Serenson’s classic similarity index was used for evaluate beetle similarities between habitats. It was calculated by the EstimateS 7.5.1 program, and cluster analysis was carried out using Statistica 5 software.

Results

A total of 1,330 beetles belonging to 20 species of 14 genera in four families were identified. Darkling beetles (Tenebrionidae) constituted 70% of the total species (14 species) and weevils (Curculionidae) were 20% (4 species) and the remaining 10% was made up of species from the ground beetle (Carabidae) and longhorn beetle (Cerambycidae) families. Therein, five species of darkling beetles, *Anatolica cechinae* Bogdanov-Katjkov;

Table 1. Study area

Study area	Coordinates	Plant community
Valley	43.04622° N 106.78646° E	<i>Potania mongolica</i> , <i>Sympegma regellii</i> , <i>Salsola laricifolia</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Ajania achilloides</i> , <i>Artemisia caespitosa</i> , <i>Oxytropis aciphylla</i> , <i>Allium polyrrhizium</i> , <i>Stipa gobica</i> , <i>Cleistogenes soongorica</i> , <i>Heteropappus hispidus</i> , <i>Asparagus gobicus</i> , <i>Gueldenstaedtia monophylla</i> , <i>Dontostemon sinilis</i>
Hillside	42.96724° N 106.91266° E	<i>Potania mongolica</i> , <i>Sympegma regellii</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Amygdalus pedunculata</i> , <i>Salsola laricifolia</i> , <i>Stipa glareosa</i>
Temporal runoff site	43.06478° N 106.89053° E	<i>Allium polyrrhizium</i> - <i>Anabasis brevifolia</i> - <i>Peganium nigellastrum</i> , <i>Aristida heymannii</i> , <i>Artemisia pectinata</i> , <i>Ennopogon boreale</i>
Gully	43.06623° N 106.81659° E	<i>Sympegma regelli</i> , <i>Reaumuria soongorica</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Salsola passerina</i>
Bank of a dry riverbed	42.94666° N 106.94300° E	<i>Kalidium foliatum</i> - <i>Achnatherum splendens</i> - <i>Reaumuria soongarica</i> , <i>Nitraria sibirica</i>
Desert meadow	42.96947° N 106.77427° E	<i>Kalidium foliatum</i> - <i>Nitraria sibirica</i> , <i>Achnatherum splendens</i> + <i>Iris lactae</i>
Desert steppe	43.37490° N 107.28033° E	<i>Eurota ceratoides</i> - <i>Caragana brachypoda</i> - <i>Potania mongolica</i> - <i>Stipa gobica</i> - <i>Cleistogenes soongorica</i>
Gravelly desert	43.43700° N 107.4538° E	<i>Nitraria sibirica</i> - <i>Salsola passerina</i>

A. gobi-altaica Kaszab; *A. sternalis gobiensis* Kaszab; *Blaps femoralis rectispinus* Kaszab, *Trigonoscelis sublaevigata granicollis*, were defined as endemics to Mongolia and they constituted 25% of the total number of species. From them, *Anatolica cechiniae* and *A. gobi-altaica*, occurred in relatively high numbers (1–133 individuals or relative abundance 0.01–0.58), while *Blaps femoralis rectispinus* occurred in six sites only with 3–11 individuals (relative abundance 0.01–0.12) (Fig. 1).

On the other hand, only one instance of each of *Sternalis gobiensis* and *Trigonoscelis sublaevigata granicollis* was found in the desert steppe habitat (relative abundance, 0.01 each). In the desert steppe, beetle species richness was the highest (Fig. 2). There were four species recorded only in the desert steppe habitat including two of the previously mentioned endemic species and the habitat characterized by specific vegetation cover (*Eurota*

ceratoides - *Caragana brachypoda* - *Potaninia mongolica* - *Stipa gobica* - *Cleistogenes soongorica*) (Fig. 3).

Two species of weevils genus *Stephanocleonus* (*S. gobiensis* Ter-Minasyan 1974, *S. flaviceps* Pallas, 1781) were recorded only in the sites (hillside and valley) which had desert vegetation and small hilly surfaces, while *Coniocleonus excoriatus* Gyllenhal, 1834 was only recorded in the gully habitat, where dominated gravelly soil with vegetation of *Sympegma regelli* - *Reaumuria soongorica* - *Salsola passerina* - *Anabasis brevifolia* - *Salsola passerina* and annual plant species.

The lowest species richness was observed in temporal runoff site only with seven species of beetles (Fig. 2). Beetle abundance varied depending on the type of habitats; for instance, it was three to four times lower in the temporary runoff site, gully, gravelly desert (Fig. 1) than on hillside and desert meadow habitats where recorded

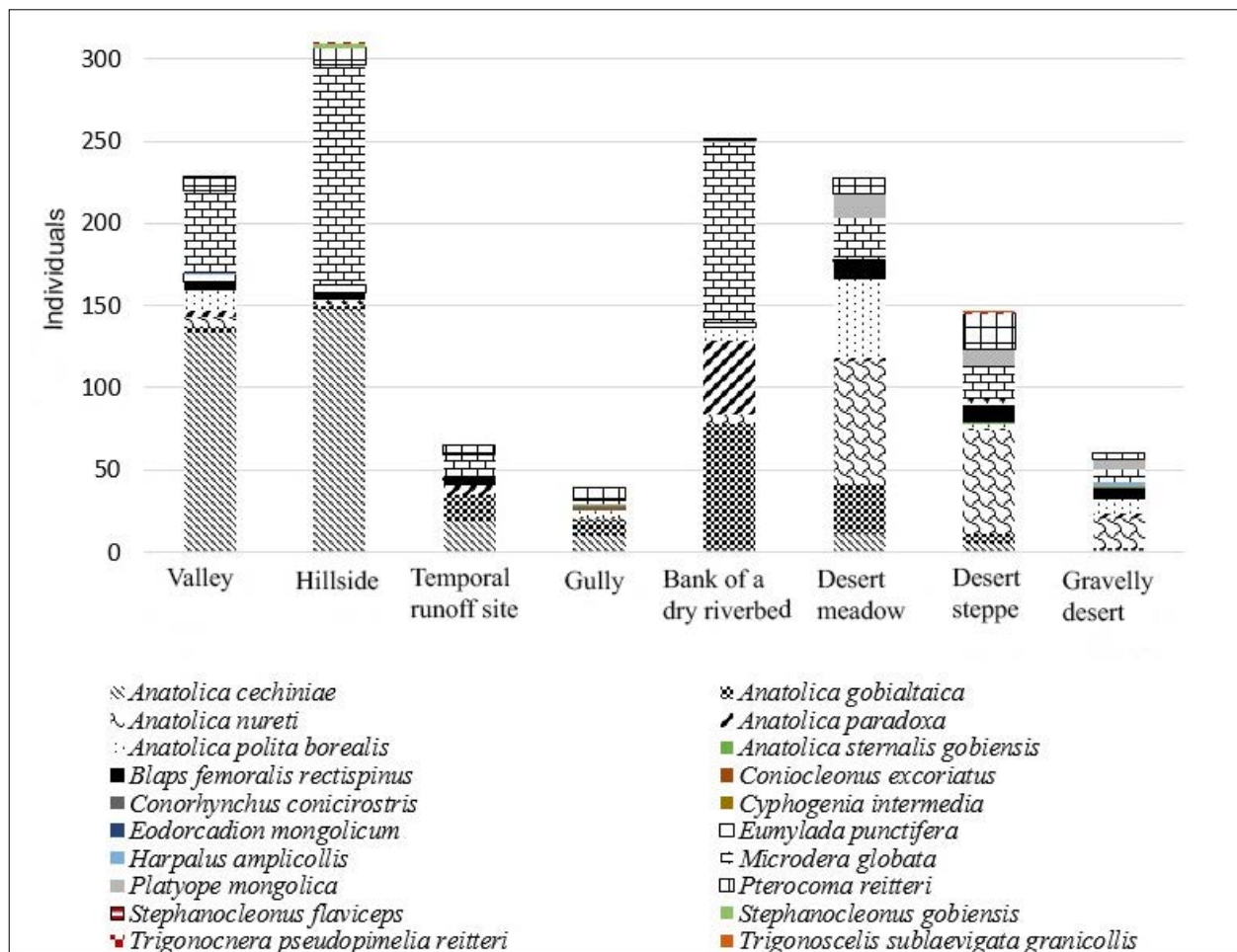


Fig. 1. Species composition and abundance in the study sites

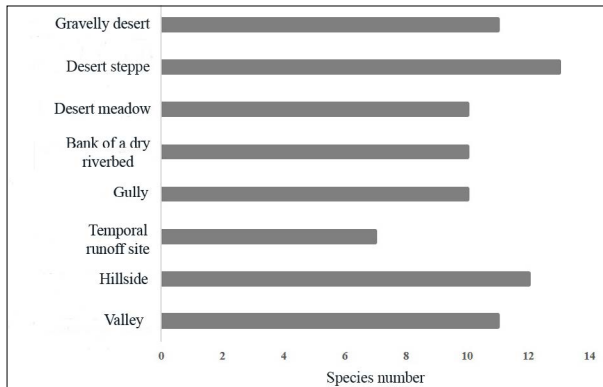


Fig. 2. Beetle species richness in the study sites



Fig. 3. Habitat of endemic beetle species *Anatolica sternalis gobiensis* and *Trigonoscelis sublaevigata granicollis*

highest number of beetles. On the other hand, a high number of endemic darkling beetle species, *A. cechiniaie*, in the hilly habitats indicates that the habitats are suitable environment for the species (Fig. 1). However, the endemic darkling beetle *A. gobi-altaica*, coexisted in all the above mentioned habitats, though it was more prevalent in the meadow habitats like bank of a dry riverbed, desert meadow and temporary runoff site (Fig. 1). According to the species composition, beetle communities of the hillside habitat and desert meadow were grouped together as a most similar group. Their beetle composition were nearly the same (92%) (Fig. 4). Desert meadow and gravelly desert habitat were similar in 86% of species

composition and made a next group in the cluster. Desert meadow habitat, which showed the highest species richness, was 20 percent different in species comparison with above mentioned groups. The most different beetle community observed in the gully (Fig. 4).

Discussion and Conclusion

Numerous studies have demonstrated that darkling beetles are the dominant invertebrate group in arid regions. Darkling beetles are crucial to the health of desert ecosystems, for example, by cycling some soil constituents

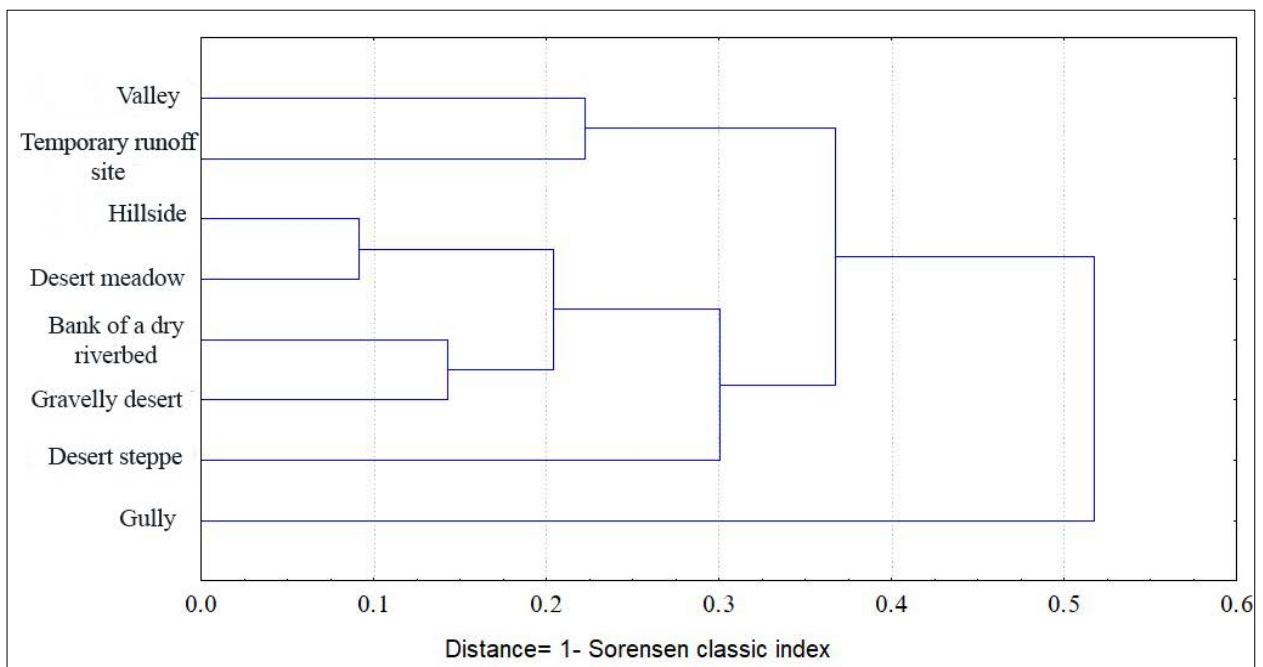


Fig. 4. Similarity of beetle communities in study sites

[10], [11], [12]. From our study results, (70% of the beetle community was darkling beetles), this pattern was also observed in the area of desert steppe in East Gobi of Mongolia. Additionally, the darkling beetle family, which comprises 25% of all species of beetles, is home to all of the endemic beetles that observed in the study. This shows that the research area has a distinctive environment for endemic species. On our planet, there are certain regions, habitats, and environments that are home to a significant number of endemic species, such as coral islands where endemic species make up 20.2% of the total species composition [13].

Moreover, the beetle community around Khanbogd Massif, which is a part of the East Gobi Desert, is very unique because of its high percentage of endemic species (25%) compared to other beetle communities. This is higher than the insect representatives of some European and South American nations (leaf beetle 15% [14] and long-horned beetle 15% [15]). Among the beetle families in Mongolia, darkling beetle (Tenebrionidae) has a greatest number of endemic species [16]. Rare and endemic species are the most valuable for biodiversity conservation because they are most vulnerable to habitat degradation [17], [18], frequent droughts and global warming [19]. For endemic invertebrates, the threat of species extinction is the greatest [20]. Therefore, protecting the habitats of rare and endemic species in any ecosystem is the main objective of conservation biology.

The abundance of beetles varied through the habitats, for instance, the highest number of endemic beetles *Anatolica cechinia* and *A. gobi-altaica* were found in hilly habitats and meadow communities which suggests the perfect habitat for the endemic species. It has been found that the factors that determine the spatial distribution of darkling beetles include plant diversity and vegetation cover [21], microclimate (temperature, precipitation) of habitat [11], and soil structure [10]. A study, which performed in the Gobi region of China, also discovered that the species of shrubby plants and their density played a significant role on beetle spatial distribution [22]. Fewer number of beetles in the certain habitat indicate there were no dominant species.

In conclusion, beetle community in desert steppe in East Gobi of Mongolia characterized as higher number of darkling beetles (Tenebrionidae) and higher portion of endemic species. Among the habitats studied, desert

steppe habitat is the most diverse by the beetle species.

The primary issue facing to the biodiversity conservation today is the extinction of rare and endemic species, so it is necessary to conduct an extensive study of the habitats that support the endemics in Mongolia, assess the risk of extinction of them, and develop scientific background for protection activities.

Acknowledgments

We would like to express our deep gratitude to the Ministry of Education and Science, Mongolia and Oyu Tolgoi LLC for their support in conducting this research.



References

- [1] S. Ghannem, S. Touaylia, and M. Boumaiza, "Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution," *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.*, vol. 24, no. 2, pp. 456–464, Feb. 2018, <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1385387>.
- [2] J. L. Pearce and L. A. Venier, "The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review," *Ecol. Indic.*, vol. 6, no. 4, pp. 780–793, Nov. 2006, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.005>.
- [3] J. E. Bicknell, S. P. Phelps, R. G. Davies, D. J. Mann, M. J. Struebig, and Z. G. Davies, "Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: Evaluating best practice forestry in the neotropics," *Ecol. Indic.*, vol. 43, pp. 154–161, Aug. 2014, <https://doi.org/10.0.3.248/j.ecolind.2014.02.030>.
- [4] V. I. Grubov, Key to the vascular plants of Mongolia: (With an atlas). Science: Leningrad. department, 2002.
- [5] M. S. Baitenov, Weevil beetles (Coleoptera: Attelabidae, Curculionidae) of Central Asia and Kazakhstan. Illustrated guide to genera and catalog of species. Alma-Ata: *Nauka Publishing House of the Kazakh SSR*, 1974. (in Russian)
- [6] M. E. Ter-Minasyan, "Review of weevils of the genus *Stephanocleonus* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae)," *Insects of Mongolia*, vol. 6, pp. 184–342, 1979. (in Russian)
- [7] G. S. Medvedev, "Key to the black beetles of Mongolia," *Proceedings of the Zoological Institute*, vol. 220, p. 254, 1990. (in Russian)
- [8] G. Sh. Lafer, Key to insects of the Russian Far East, vol.

- 3.3. Vladivostok: Dalnauka, 1996. (in Russian)
- [9] O.L. Kryzhanovskiy, Key to insects in the European part of the USSR. Coleoptera and fanoptera. *Sem. Carabidae*, vol. 2. Moscow-Leningrad, 1965. (in Russian)
- [10] R. Baldi, G. Cheli, D. E. Udrizar Sauthier, A. Gatto, G. E. Pazos, and L. J. Avila, “Animal Diversity, Distribution and Conservation,” in *Late Cenozoic of Península Valdés, Patagonia, Argentina: An Interdisciplinary Approach*, P. Bouza and A. Bilmes, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 263–303. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48508-9_11.
- [11] G. H. Cheli, R. Carrara, L. Bandieri, and G. E. Flores, “Distribution and environmental determinants of darkling beetles assemblages (Coleoptera: Tenebrionidae) in Península Valdés (Argentinean Patagonia),” *An. Acad. Bras. Ciênc.*, vol. 93, May 2021, <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120201282>.
- [12] J. Cloudsley-Thompson, “Thermal and water relations of desert beetles,” *Naturwissenschaften*, vol. 88, no. 11, pp. 447–460, Nov. 2001, <https://doi.org/10.1007/s001140100256>.
- [13] M. L. Reaka, P. J. Rodgers, and A. U. Kudla, “Patterns of biodiversity and endemism on Indo-West Pacific coral reefs,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 105, no. supplement_1, pp. 11474–11481, Aug. 2008, <https://doi.org/10.1073/pnas.0802594105>.
- [14] M. Biondi, F. Urbani, and P. D’Alessandro, “Endemism patterns in the Italian leaf beetle fauna (Coleoptera, Chrysomelidae),” *ZooKeys*, vol. 332, pp. 177–205, Sep. 2013, <https://doi.org/10.3897/zookeys.332.5339>.
- [15] R. Perger and F. Guerra, “Longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of the Tucuman-Bolivian forest in the Tariquía Flora and Fauna National Reserve, southern Bolivian Andes, with notes on ecoregion endemism and conservation,” *Pan-Pac. Entomol.*, vol. 89, no. 4, pp. 209–221, Oct. 2013, <https://doi.org/10.3956/2013-19.1>.
- [16] I. Löbl et al., “Tenebrionidae,” in *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, vol. 5, Brill, 2020, p. 670.
- [17] F.-R. Li, J. L. Liu, T.-S. Sun, L.-F. Ma, L. L. Liu, and K. Yang, “Impact of established shrub shelterbelts around oases on the diversity of ground beetles in arid ecosystems of Northwestern China,” *Insect Conserv. Divers.*, vol. 9, no. 2, pp. 135–148, 2016, <https://doi.org/10.1111/icad.12152>.
- [18] C. Noemí Mazía, E. J. Chaneton, and T. Kitzberger, “Small-scale habitat use and assemblage structure of ground-dwelling beetles in a Patagonian shrub steppe,” *J. Arid Environ.*, vol. 67, no. 2, pp. 177–194, Oct. 2006, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.006>.
- [19] C. Robinet and A. Roques, “Direct impacts of recent climate warming on insect populations,” *Integr. Zool.*, vol. 5, no. 2, pp. 132–142, 2010, <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00196.x>.
- [20] L. Deharveng, “Soil Collembola Diversity, Endemism, and Reforestation: A Case Study in the Pyrenees (France),” *Conserv. Biol.*, vol. 10, no. 1, pp. 74–84, 1996, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10010074.x>.
- [21] A. P. Schaffers, I. P. Raemakers, K. V. Sýkora, and C. J. F. Ter Braak, “Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition,” *Ecology*, vol. 89, no. 3, pp. 782–794, Mar. 2008, <https://doi.org/10.1890/07-0361.1>.
- [22] J. L. Liu, F.-R. Li, C.-A. Liu, and Q.-J. Liu, “Influences of shrub vegetation on distribution and diversity of a ground beetle community in a Gobi desert ecosystem,” *Biodivers. Conserv.*, vol. 21, no. 10, pp. 2601–2619, Sep. 2012, <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0320-4>.



Дорнод говийн цөлийн хээрт тохиолдох эндемик цохын олон янз байдал, амьдрах орчны онцлог

Батчулуун Буянжаргал^{1,*} , Чулуунбаатар Гантигмаа¹ , Батжаргал Балжням²,
Батсуурь Дашням³, Дандармаа БАГАА³

¹Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэн, Шувуу, шавж судлалын лаборатори, Улаанбаатар, Монгол Улс

²Дэ Нэйче консерванси байгууллагын Монгол дахь төлөөлөгчийн газар, Улаанбаатар, Монгол Улс

³Оюу Толгой ХХК, Эрүүл мэнд, аюулгүй ажиллагаа, байгаль орчин, аюулгүй байдлын хэлтэс, Монгол Улс

*Холбоо барих зохиогч: buyanjargalb@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0001-9770-4028>

Хураангуй. Монгол орны цөл, цөлөрхөг хээрийн экосистемд тохиолдох цохын бүлгэмдэлд агуулагдаж буй эндемик цохын бүрдэл, уг зүйлүүдийн бүлгэмдэлд эзэлж буй хувийг тодорхойлох асуудал биологийн төрөл зүйлийн хамгаалал талаасаа маш чухал бөгөөд тухайн экосистемийн өнөөгийн төлөв байдлыг үнэлэхэд ихээхэн ач холбогдолтой юм. Бид энэхүү судалгаагаар Монгол орны Дорнод говийн чухал төлөөлөл болох Ханбогд уул орчмын цохын бүлгэмдлийн зүйлийн баялаг, бүлгэмдлийг бүрдүүлэгч гол төрөл зүйлийг тогтоох, бүлгэмдэлд эзлэх эндемик цохын хувь, тэдгээрийн амьдрах орчныг тодорхойлох зорилго тавин ажиллав. Нийт дөрвөн овгийн 14 төрлийн 20 зүйлд хамаарах 1330 бодгаль цох тодорхойлогдсоны 70 хувь нь хар цохын (Tenebrionidae) овогт хамаарч байна. Тус бүлгэмдэл дэх нийт зүйлийн 25 хувь буюу таван зүйл хар цох эндемик зүйлийн бүртгэлд орсон байх бөгөөд ургамлан нөмрөгийн хувьд ялгаатай амьдрах орчны хэлбэрүүдэд тохиолдох уг цохуудын харьцангуй элбэгшил 0.01 – 0.58 байна. Эдгээр эндемик зүйлүүдээс *Anatolica cechinae* Bogdanov-Katjkov хэмээх зүйл хэт хуурай амьдрах орчинд түгээмэл тохиолдож байхад *A. gobialtaica* Kaszab гэх хар цох бол чийг ихтэй нугын амьдрах орчныг шүтэн байршиж байна. Харин *Blaps femoralis rectispinus*, *A. sternalis gobiensis* болон *Trigonoscelis sublaevigata granicollis* гэх эндемик зүйлүүд уг бүлгэмдэлд бага хувь (1-12%) эзэлж байв. Уг бүс нутагт тохиолдох орчны хэлбэрүүдээс шургамал цөлийн хээрт хоёр зүйл эндемик цох тэмдэглэгдсэн. Сүүлийн жилүүдэд илэрч буй уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр байгалийн унаган төлөвт өөрчлөлт орж, улмаар амьдрах орчин чанарын хувьд доройтох, биологийн төрөл зүйл хомсдох эрсдэл бий болоод байна. Иймд эдгээр хязгаарлагдмал тархалттай эндемик зүйлүүдийг хамгаалах, төрөлх экосистемд нь хадгалан авч үлдэхийн тулд цаашид амьдрах орчны судалгааг гүнзгийрүүлэн хийх шаардлагатай байна.

Түлхүүр үгс: Эндемик цох, амьдрах орчин, Ханбогд, тархалт

Хүлээн авсан 2022.10.04; хянан тохиолдуулсан 2022.12.20; зөвшөөрсөн 2022.12.24

© 2022 Зохиогчид. [CC BY-NC 4.0 лиценз](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Оршил

Хуурай, гандуу бүс нутгийн шавжийн бүлгэмдэлд цох хамгийн чухал байр суурийг эзэлдэг. Цохын зарим зүйлүүд хөрсний өнгөн хэсгийг нүхэлж эсвэл газрын гадаргуу дээрх эд юмсын доор шургаж орогнохын зэрэгцээ тухайн орчинд ургаж буй ургамал, уг ургамлыг шүтэн байрших бусад сээр нуруугүй амьтдаар хооллоно. Түүнчлэн тодорхой зүйл ургамалтай нягт харилцан хамааралтай оршиж

хөгжлийнхөө аль нэг үе шатыг уг ургамал дээр өнгөрүүлдэг цохын зүйлүүд цөөнгүй юм [1]. Иймд цох хүрээлэн буй орчны өөрчлөлтийг илэрхийлдэг индикатор организмд тооцогддог [1], [2], [3] ба цохын бүлгэмдлийн олон янз байдалд гарсан өөрчлөлт нь ургамлын бүлгэмдэлд илэрсэн өөрчлөлттэй холбоотой байх тул амьдрах орчны өөрчлөлтийн тусгал болдог [3]. Монгол орны цохын олон янз байдлын судалгааны үр дүнгээр экосистемийн өнөөгийн төлөв байдлыг тандах бүрэн боломжтой

юм. Тухайлбал, бэлчээр талхлалт, уул уурхайн олборлолт хийх зэрэг хүний үйл ажиллагаа болон дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөгөөр үүсэж буй сөрөг үр дагавар биологийн төрөл зүйлд хэрхэн нөлөөлж буйг илрүүлэхийн тулд тухайн орчны цохын судалгааг хийх явдал ихээхэн ач холбогдолтой юм. Тэр дундаа эндемик цох зөвхөн тодорхой амьдрах орчныг шүтэх хандлагатай байх тул тэдгээрийн тоо толгой, бүлгэмдэлд эзэлж буй хувь хэмжээг нарийвчлан судлах нь аливаа амьдрах орчны чанарыг үнэлэх, цаашид экосистемд илрэх өөрчлөлтийг тодорхойлоход чухал үүрэг гүйцэтгэхийн зэрэгцээ байгаль хамгааллын асуудлыг шийдвэрлэх шинжлэх ухааны үндэслэл болно. Энэхүү судалгааны зорилго бол Монгол орны Дорнод говийн экосистем дэх цохын зонхилгч бүлгэмдлүүдийн зүйлийн бүрдлийг тодорхойлох, эндемик цохын элбэгшил, тэдгээрийн бүлгэмдэлд эзлэх хувийг тогтоох, тэдний амьдрах орчны онцлогийг илрүүлэх явдал юм.

Судалгааны материал, аргазүй

Уг судалгааг Өмнөговь аймгийн Ханбогд сум орчимд буюу ургамал, газарзүйн мужлалын хувьд Дорнод говийн цөлөрхөг хээрийн тойрогт

[4] хамрагдах нутаг дэвсгэрт гүйцэтгэсэн. Уур амьсгалын хувьд энэ нутаг хавар, намрын улиралд сэрүүн, зуны улиралд халуун дулаан, хуурай байх ба өвөл хүйтэн байдаг. Долдугаар сарын агаарын дундаж хэм хамгийн дулаандаа 31.1°C, 12 дугаар болон 1 дүгээр сарын агаарын дундаж хэм хамгийн багадаа -15.8°C хүрнэ. Жилийн нийлбэр хур тунадас дунджаар 100.1 мм байдаг бол хур тунадастай байх жилийн дундаж хоног 32 байдаг (“Ханбогд” станц, 1976-2019 оны дундаж үзүүлэлт). Тус бүс нутагт Говийн бор саарал хөрс зонхилох ба ихэнх хэсэгт давсархаг шинж давамгайлна. Судалгааг Ханбогдын тогтоц орчмын найман талбайд (**1-р хүснэгт**) 2011 оны 5 сар, 2012 оны 6 сар, 2013 оны 9 сард буюу ургамал ургалтын хугацаанд трансектийн дагуу нэг талбайд хооронд нь 10 м зайтайгаар 10 бортогон урхийг нэг хоног суурилуулан барих арга ашиглан гүйцэтгэв.

Цуглуулсан дээж материалыг ШУА, Биологийн хүрээлэнгийн Шувуу, шавж судлалын лабораторид VS-1F-5N загварын биноккуляр ашиглан, цохын овог тус бүрд харгалзах түлхүүр бичгүүдийг [5], [6], [7], [8], [9] ашиглан боломжит ангилал зүйн түвшин хүртэл тодорхойлсон.

Тодорхой зүйлийн бүлгэмдэлд эзлэх харьцангуй элбэгшлийг тухайн зүйлийн бодгалийн тоог тухайн

1-р хүснэгт. Судалгааны талбайн мэдээлэл

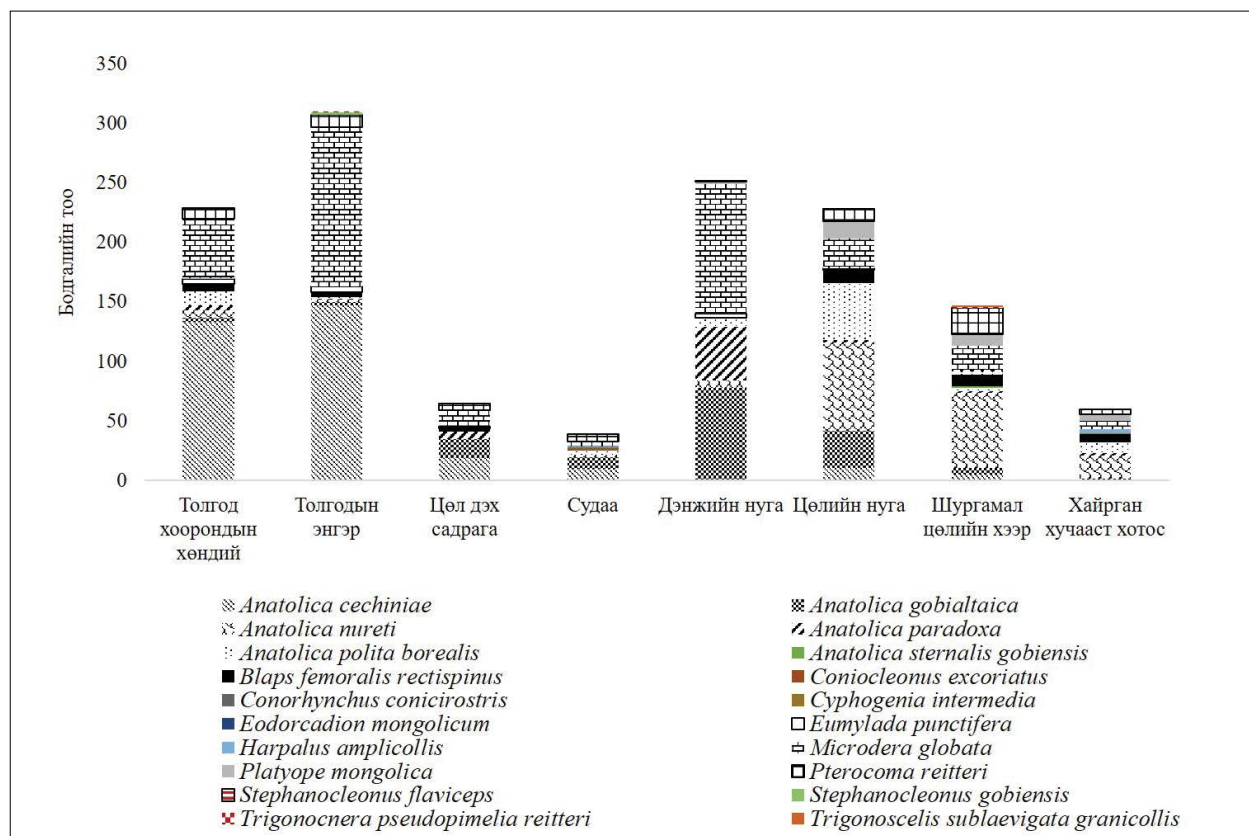
Судалгааны талбай	Байршил	Ургамлын бүлгэмдэл
Толгод хоорондын хөндий	43.04622° N 106.78646° E	<i>Potaninia mongolica</i> , <i>Sympegma regellii</i> , <i>Salsola laricifolia</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Ajania achilloides</i> , <i>Artemisia caespitosa</i> , <i>Oxytropis aciphylla</i> , <i>Allium polyrrhizium</i> , <i>Stipa gobica</i> , <i>Cleistogenes soongorica</i> , <i>Heteropappus hispidus</i> , <i>Asparagus gobicus</i> , <i>Gueldenstaedtia monophylla</i> , <i>Dontostemon sinilis</i>
Толгодын энгэр	42.96724° N 106.91266° E	<i>Potaninia mongolica</i> , <i>Sympegma regelli</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Amygdalus pedunculata</i> , <i>Salsola laricifolia</i> , <i>Stipa glareosa</i>
Цөл дэх садрага	43.06478° N 106.89053° E	<i>Allium polyrrhizium</i> - <i>Anabasis brevifolia</i> - <i>Peganium nigellastrum</i> , <i>Aristida heymanii</i> , <i>Artemisia pectinata</i> , <i>Ennopogon boreale</i>
Судаа	43.06623° N 106.81659° E	<i>Sympegma regelli</i> , <i>Reaumuria soongorica</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Anabasis brevifolia</i> , <i>Salsola passerina</i>
Дэнжийн нуга	42.94666° N 106.94300° E	<i>Kalidium foliatum</i> - <i>Achnatherum splendens</i> - <i>Reaumuria soongarica</i> , <i>Nitraria sibirica</i>
Цөлийн нуга	42.96947° N 106.77427° E	<i>Kalidium foliatum</i> - <i>Nitraria sibirica</i> , <i>Achnatherum splendens</i> + <i>Iris lactae</i>
Шургамал цөлийн хээр	43.37490° N 107.28033° E	<i>Eurota ceratoides</i> - <i>Caragana brachypoda</i> - <i>Potaninia mongolica</i> - <i>Stipa gobica</i> - <i>Cleistogenes soongorica</i>
Хайрган хучааст хотос	43.43700° N 107.4538° E	<i>Nitraria sibirica</i> - <i>Salsola passerina</i>

талбайд баригдсан нийт цохын тоотой харьцуулж гаргасан. Харин бүлгэмдлийн төсөө зүйг тооцохдоо Серенсоны классик төсөө зүйн индексийг ашигласан ба үүнийг EstimateS 7.5.1 програмаар тооцож кластер анализыг Statistica 5 програм хангамжаар гүйцэтгэв.

Судалгааны үр дүн

Судалгаанд нийт дөрвөн овгийн 14 төрлийн 20 зүйлд хамаарагдах 1,330 бодгаль цох цуглуулсан. Зүйлийн бүрдлийг авч үзвэл нийт зүйлийн 70 хувийг (14 зүйл) хар цох (Tenebrionidae) бүрдүүлж байсан ба 4 зүйл (20 %) шөвгөр хошуут (Curculionidae), үлдсэн 10 хувийг жийгээ (Carabidae) болон эвэрт цохын (Cerambycidae) овгийн төлөөлөгчид эзэлж байв. Эдгээрээс монголын эндемик зүйлд бүртгэлтэй *Anatolica cechiniae* Bogdanov-Katjkov; *A. gobialtaica* Kaszab; *A. sternalis gobiensis* Kaszab; *Blaps femoralis rectispinus* Kaszab болон *Trigonoscelis sublaevigata granicollis* Kaszab хэмээх таван зүйл хар цох (Tenebrionidae)

уг судалгаанд ажиглагдсан нийт зүйлийн 25 хувийг бүрдүүлж байна. Үүнээс *Anatolica cechiniae* болон *A. gobialtaica* гэх хоёр зүйл хар цох судалгааны бүх талбайд харьцангуй олон тоогоор (1-133 бодгаль буюу харьцангуй элбэгшил 0.01-0.58) тохиолдож байхад, *Blaps femoralis rectispinus* гэх зүйл зургаан талбайд 3-11 бодгалиар (харьцангуй элбэгшил 0.01-0.12) баригдаж байв (**1-р зураг**). Харин *A. sternalis gobiensis* болон *Trigonoscelis sublaevigata granicollis* хэмээх зүйлүүд зөвхөн шургамал цөлийн хээрийн талбайд нэг, нэг бодгалиар (харьцангуй элбэгшил тус бүр 0.01) тохиолдсон байх боловч уг орчинд орогнох цох зүйлийн баялгийн хувьд хамгийн их байсан (**2-р зураг**). Үүний зэрэгцээ зөвхөн энэ талбайд бүртгэгдсэн цохын дөрвөн зүйл байсны хоёр нь өмнө дурдсан эндемик зүйлүүд байв. Уг талбай ургамалжилтын хувьд ихээхэн өвөрмөц бөгөөд Орогтэсэг - Хойрго харгана - Хулан хойрго - Говь хялгана - Хазаар өвс (*Eurota ceratoides* - *Caragana brachypoda* - *Potaninia mongolica* - *Stipa gobica* - *Cleistogenes soongorica*) зэрэг ургамлаас бүрдсэн



1-р зураг. Цохын бүлгэмдлийн зүйлийн бүрдэл, тэдгээрийн элбэгшил



2-р зураг. Амьдрах орчны хэлбэрүүд дэх цохын зүйлийн баялаг

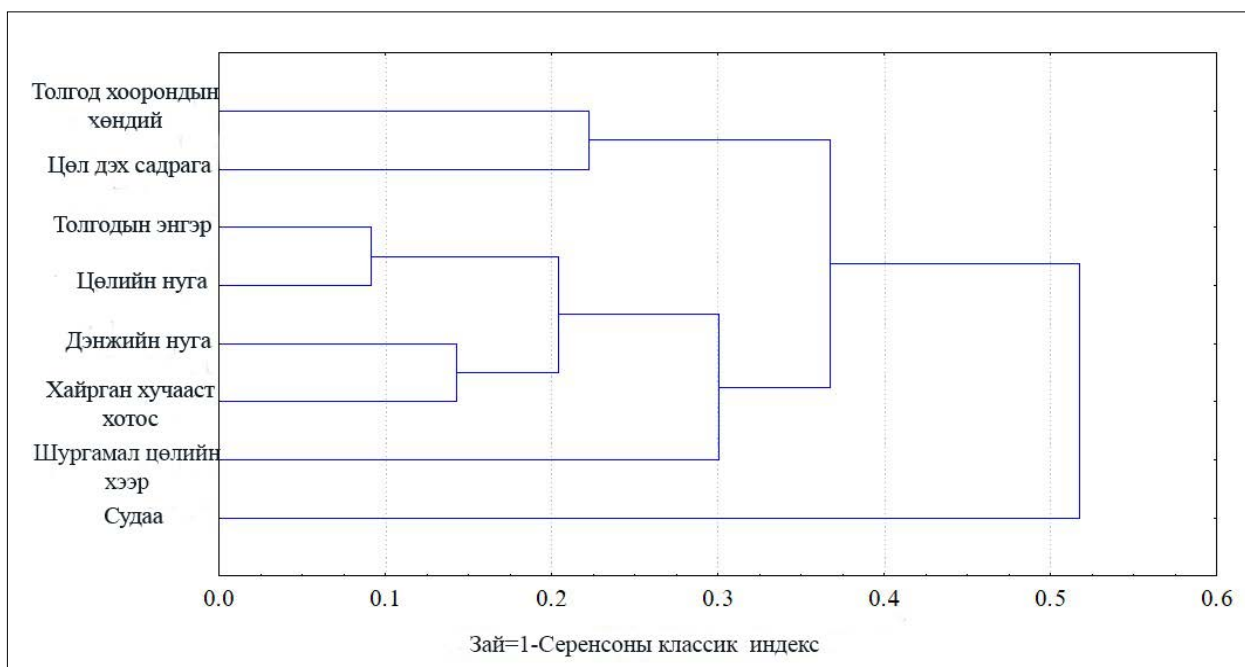


3-р зураг. *Anatolica sternalis gobiensis* болон *Trigonoscelis sublaevigata granicollis* эндемик цохын амьдрах орчин

цөлийн бүлгэмдэлтэй (3-р зураг).

Судалгаанд тэмдэглэгдсэн *Stephanocleonus* төрлийн хоёр зүйл шөвгөр хошуут цох (*S. gobiensis* Ter-Minasyan, 1974, *S. flaviceps* Pallas, 1781) зөвхөн цөлийн ургамалжилттай, намхан цав толгодоор хүрээлэгдсэн толгодын энгэр болоод толгод хоорондын хөндийд тохиолдож байхад *Coniocleonus excoriatus* Gyllenhal, 1834 гэх зүйл шөвгөр хошуут цох зөвхөн Регелийн шар мод - Улаанбударгана - Бор бударгана - Ахар навчит баглуур - Бор бударгана болон нэг наст ургамал бүхий бүлгэмдэл зонхилсон толгод хоорондын хайргат судаа зэрэг орчинд тэмдэглэгдсэн. Цохын зүйлийн баялаг зарим орчинд,

тухайлбал, цөл дэх садрагад нэлээд ядмаг байсан ба энд долоон зүйл тэмдэглэгдсэн (2-р зураг). Цохын тоо толгой амьдрах орчны хэлбэрт харилцан адилгүй, тухайлбал, Цөл дэх садрага, Судаа, Хайрган хучааст хотост цөөн (1-р зураг) байсан ба энэ нь хамгийн олон цох баригдсан Толгодын энгэр, Дэнжийн нуга зэрэг талбайнаас даруй гурваас дөрөв дахин цөөн юм. Нөгөө талаар толгод бүхий орчинд *A. cechiniae* гэх эндемик хар цох олон тоогоор тохиолдож байгаа нь уг орчин тухайн зүйлийн хувьд орогнох хамгийн тохиромжтой амьдрах орчин болохыг илтгэж байна (1-р зураг). Харин *A. gobiaitaica* гэх эндемик хар цох дээрх зүйл тохиолдож байсан бүх орчинд зэрэгцэн



4-р зураг. Ханбогд орчмын цохын бүлгэмдлийн төсөө зүй

оршиж байсан боловч нугын амьдрах орчнуудад, тухайлбал, дэнжийн нуга, цөлийн нуга, садарга зэрэгт харьцангуй олон тоогоор тохиолдож байсан (**1-р зураг**).

Судалгаанд хамрагдсан цохын бүлгэмдлийг зүйлийн бүрдлийн хувьд бүлэглэн үзвэл Толгодын энгэрийг шүтэн байрших цохын бүлгэмдэл Цөлийн нугад нутагших цохын бүлгэмдэлтэй хамгийн их төстэй буюу тус хоёр бүлгэмдэлд агуулагдаж буй зүйлүүд бараг ижил (92%) байна (**4-р зураг**). Харин Дэнжийн нуга, Хайрган хучааст хотгорын бүлгэмдлүүд цохын бүрдлийн хувьд өөр хоорондоо 86% - ийн төсөөтэй байна. Шургамал цөлийн хээр хамгийн олон зүйл цохыг агуулж байсан хэдий ч өмнөх хоёр бүлгэмдэлтэй 30 хувийн ялгаатай байдлаар нэг бүлэгт эрэмбэлэгдсэн.

Дээрх зургаас харахад Судаа бүхий амьдрах орчинд тохиолдох зүйлийн бүрдэл болон түүнд ноогдох бодгалийн тоо бусад амьдрах орчныхоос хамгийн их ялгаатай байна (**4-р зураг**).

Дүгнэлт ба хэлэлцүүлэг

Хуурай гандуу бүс нутгийн сээр нуруугүйтний бүлгэмдэлд хар цохын овгийн төлөөлөгчид голлох байр суурийг эзэлдэг болохыг харуулсан олон судалгаа бий. Хар цох (*Tenebrionidae*) цөлийн экосистемийн үйл ажиллагаанд, тухайлбал, хөрсний зарим элементүүдийн эргэлтэнд чухал үүрэгтэй байдаг [10], [11], [12]. Монголын Дорнод говийн цөлийн хээрт ч мөн энэ зүй тогтол ажиглагдсан. Өөрөөр хэлбэл, энэ судалгааны явцад тухайн бүс нутагт цуглуулсан нийт цохын 70% хар цохын овогт хамаарагдаж байсан. Түүнчлэн тухайн орчинд тэмдэглэгдсэн бүх эндемик цохууд хар цохын овогт харьяалагдаж байсан төдийгүй цохын бүлгэмдэлд эзэлж буй тэдний хувь харьцангуй өндөр (нийт зүйлийн 25%) байна. Энэ нь тухайн судалгаа хийгдсэн нутаг дэвсгэрт эндемик зүйл агуулсан өвөрмөц орчин нөхцөл байгааг илэрхийлж байна. Манай гариг дээр олон тооны эндемик зүйл агуулсан бүс эсвэл нутаг, орчин, тухайлбал, нийт зүйлийн бүрдлийнх нь 20.2%-ийг эндемик зүйл эзэлдэг шүрэн арлууд [13] бий. Харин Дорнод говийн цөлөрхөг хээрийн тойрогт багтах Ханбогд уул орчимд нутагших цохын

бүлгэмдэл ихээхэн онцлог, өөрөөр хэлбэл, эндемик зүйлийн бүрэлдэхүүн ихтэй (25%) байна. Энэ нь Европын болон Өмнөд Америкийн зарим орны шавжийн төлөөлөгчдөөс (навчич цох 15% [14]; эвэрт цох 15% [15] өндөр үзүүлэлт юм.

Монгол орны хувьд овгийн түвшинд Хар цох (*Tenebrionidae*) хамгийн олон эндемик зүйл агуулдаг бүлэгт зүй ёсоор ордог [16]. Биологийн төрөл зүйл хамгааллын хувьд хамгийн үнэ цэнэтэй бүлгэмдлийг ховор болон эндемик зүйлүүд бүрдүүлэх ба эдгээр нь амьдрах орчны чанарын доройтол [17], [18], мөн дэлхийн дулаарал, олон жил дараалан тохиох ган, зуд зэрэг байгалийн үзэгдлүүдэд [19] хамгийн эмзэг байдаг тул зүйл устаж алга болох эрсдэл эндемик сээр нуруугүйтэнд хамгийн өндөр байдаг байна [20]. Иймд байгаль хамгааллын тэргүүн зорилго бол аливаа экосистем дэх ховор болон эндемик зүйлүүдийн амьдрах орчныг хамгаалах явдал юм.

Цохын элбэгшил харилцан адилгүй, тухайлбал, *Anatolica cechiniae* болон *A. gobialtaica* гэх эндемик цохууд нэлээд олон талбайд бүртгэгдсэн боловч толгод бүхий амьдрах орчин болон нугын бүлгэмдлүүдэд хамгийн их тоо толгойтой тохиолдож байсан. Энэ нь дээрх эндемик зүйлүүдийн өсөж үржих хамгийн тохиромжтой амьдрах орчныг илтгэж байна. Хар цохын орон зайн тархалтыг нөхцөлдүүлэгч хүчин зүйлсэд ургамлын зүйлийн олон янз байдал, бүрхэц [21], бичил орчны уур амьсгалын онцлог (температур, хур тунадас) [11], хөрсний бүтэц [10] зэрэг нь чухал нөлөө үзүүлдэг болохыг тогтоосон байдаг. Түүнчлэн БНХАУ-ын нутагт хамаарах говийн бүсэд хийсэн судалгаагаар цохын тархалтанд бутлаг ургамлын зүйл, түүний нягтшил чухал нөлөөтэй болохыг тогтоосон байдаг [22]. Харин цохын тоо толгой цөөн тэмдэглэгдсэн талбайн хувьд дээрх давамгайллагч зүйлийн тоо толгой бага байсны зэрэгцээ илэрхий олон тоогоор тохиолдох зүйл байхгүй байсан.

Дээрхээс дүгнэхэд Монголын Дорнод говийн цөлийн хээрт тохиолдох цохын бүлгэмдэлд хар цох (*Tenebrionidae*) зонхилох хэсгийг бүрдүүлэхийн зэрэгцээ эндемик зүйлийн агууламж өндөртэй байна. Говийн амьдрах орчны хэлбэрүүдээс шургамал цөлийн хээрт цохын олон янз байдал хамгийн өндөр байна.

Монголын эндемик зүйлүүдийн амьдрах орчны судалгааг гүнзгийрүүлэн хийж өнөөгийн байгаль

орчинд нүүрлэж буй гол асуудал болох ховор болон эндемик зүйл устах эрсдэлийг үнэлэх, улмаар хамгаалах шинжлэх ухааны үндэслэл бүхий суурь мэдээллийг бүрдүүлэх шаардлагатай байна.

Талархал

Тус судалгааг хийхэд дэмжлэг үзүүлсэн Шинжлэх ухаан, технологийн сан, Боловсрол, шинжлэх ухааны яам, Оюу Толгой ХХК-д гүн талархал илэрхийлье.

Ашигласан бүтээл

- [1] S. Ghannem, S. Touaylia, and M. Boumaiza, “Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution,” *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.*, vol. 24, no. 2, pp. 456–464, Feb. 2018, <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1385387>.
- [2] J. L. Pearce and L. A. Venier, “The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review,” *Ecol. Indic.*, vol. 6, no. 4, pp. 780–793, Nov. 2006, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.03.005>.
- [3] J. E. Bicknell, S. P. Phelps, R. G. Davies, D. J. Mann, M. J. Struebig, and Z. G. Davies, “Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: Evaluating best practice forestry in the neotropics,” *Ecol. Indic.*, vol. 43, pp. 154–161, Aug. 2014, <https://doi.org/10.0.3.248/j.ecolind.2014.02.030>.
- [4] В. И. Грубов, *Определитель сосудистых растений Монголии*: (С атласом). Наука: Ленингр. отд-ние, 2002.
- [5] М. С. Байтенов, *Жуки-долгоносики (Coleoptera: Atelabidae, Curculionidae) Средней Азии и Казахстана. Иллюстрированный определитель родов и каталог видов*. Алма-Ата: Издательство “Наука” Казахской ССР, 1974.
- [6] М. Е. Тер-Минасян, “Обзор жуков-долгоносиков рода *Stephanocleonus* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae),” *Насекомые Монголии*, vol. 6, pp. 184–342, 1979.
- [7] Г. С. Медведев, “Определитель жуков-чернотелок Монголии,” *Труды Зоологического Института*, vol. 220, p. 254, 1990.
- [8] Г.Ш.Лафер, *Определитель насекомых Дальнего Востока России*, vol. 3.3. Владивосток: Дальнаука, 1996.
- [9] О.Л.Крыжановский, *Определитель насекомых европейской части СССР. Жесткокрылые и веерокрылые. Сем. Carabidae*, vol. 2. Москва-Ленинград, 1965.
- [10] R. Baldi, G. Cheli, D. E. Udrizar Sauthier, A. Gatto, G. E. Pazos, and L. J. Avila, “Animal Diversity, Distribution and Conservation,” in *Late Cenozoic of Peninsula Valdés, Patagonia, Argentina: An Interdisciplinary Approach*, P. Bouza and A. Bilmes, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 263–303. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48508-9_11.
- [11] G. H. Cheli, R. Carrara, L. Bandieri, and G. E. Flores, “Distribution and environmental determinants of darkling beetles assemblages (Coleoptera: Tenebrionidae) in Peninsula Valdés (Argentinean Patagonia),” *An. Acad. Bras. Ciênc.*, vol. 93, May 2021, <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120201282>.
- [12] J. Cloudsley-Thompson, “Thermal and water relations of desert beetles,” *Naturwissenschaften*, vol. 88, no. 11, pp. 447–460, Nov. 2001, <https://doi.org/10.1007/s001140100256>.
- [13] M. L. Reaka, P. J. Rodgers, and A. U. Kudla, “Patterns of biodiversity and endemism on Indo-West Pacific coral reefs,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 105, no. supplement_1, pp. 11474–11481, Aug. 2008, <https://doi.org/10.1073/pnas.0802594105>.
- [14] M. Biondi, F. Urbani, and P. D’Alessandro, “Endemism patterns in the Italian leaf beetle fauna (Coleoptera, Chrysomelidae),” *ZooKeys*, vol. 332, pp. 177–205, Sep. 2013, <https://doi.org/10.3897/zookeys.332.5339>.
- [15] R. Perger and F. Guerra, “Longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of the Tucuman-Bolivian forest in the Tariquía Flora and Fauna National Reserve, southern Bolivian Andes, with notes on ecoregion endemism and conservation,” *Pan-Pac. Entomol.*, vol. 89, no. 4, pp. 209–221, Oct. 2013, <https://doi.org/10.3956/2013-19.1>.
- [16] I. Löbl *et al.*, “Tenebrionidae,” in *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, vol. 5, Brill, 2020, p. 670.
- [17] F.-R. Li, J. L. Liu, T.-S. Sun, L.-F. Ma, L. L. Liu, and K. Yang, “Impact of established shrub shelterbelts around oases on the diversity of ground beetles in arid ecosystems of Northwestern China,” *Insect Conserv. Divers.*, vol. 9, no. 2, pp. 135–148, 2016, <https://doi.org/10.1111/icad.12152>.
- [18] C. Noemí Mazía, E. J. Chaneton, and T. Kitzberger,

- “Small-scale habitat use and assemblage structure of ground-dwelling beetles in a Patagonian shrub steppe,” *J. Arid Environ.*, vol. 67, no. 2, pp. 177–194, Oct. 2006, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.006>.
- [19] C. Robinet and A. Roques, “Direct impacts of recent climate warming on insect populations,” *Integr. Zool.*, vol. 5, no. 2, pp. 132–142, 2010, <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00196.x>.
- [20] L. Deharveng, “Soil Collembola Diversity, Endemism, and Reforestation: A Case Study in the Pyrenees (France),” *Conserv. Biol.*, vol. 10, no. 1, pp. 74–84, 1996, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10010074.x>.
- [21] A. P. Schaffers, I. P. Raemakers, K. V. Sýkora, and C. J. F. Ter Braak, “Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition,” *Ecology*, vol. 89, no. 3, pp. 782–794, Mar. 2008, <https://doi.org/10.1890/07-0361.1>.
- [22] J. L. Liu, F. R. Li, C. A. Liu, and Q. J. Liu, “Influences of shrub vegetation on distribution and diversity of a ground beetle community in a Gobi desert ecosystem,” *Biodivers. Conserv.*, vol. 21, no. 10, pp. 2601–2619, Sep. 2012, <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0320-4>.