

## Research Article

# Three-year monitoring of ground vegetation in the *Pistacia atlantica* Desf.- *Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid. forest stand in Khojir National Park, Iran

Hooman Ravanbakhsh<sup>1\*</sup>, Behnam Hamze'ee<sup>2</sup>, Fatemeh Dargahian<sup>2</sup>

1\* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir](mailto:h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir)

2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 04.05.2025

Revised: 08.06.2025

Accepted: 07.07.2025

## Abstract

**Background and objectives:** Ground vegetation is an important component of forest ecosystems through which many indicators of biodiversity, stand stability, and the effects of global changes caused by human activities can be assessed. Changes in ecosystem components are studied through the process of monitoring. Ground vegetation monitoring is being carried out as part of forest monitoring projects in different regions of the world. However, in the Irano-Turanian forests, such studies have not yet been conducted, and previous studies have generally focused on describing the structural and environmental characteristics of the stands. In this study, ground vegetation in the Irano-Turanian forests of Khojir National Park in Tehran Province, Iran, was investigated and monitored over a three-year period.

**Methodology:** Khojir National Park is located within the Jajrud protected areas complex in the eastern highlands of Tehran Province, approximately 25 km from the Tehran metropolitan area. The forest habitat has a gentle north-northeast slope and an average elevation of 1,500 m above sea level. Permanent sample plots of 100 m<sup>2</sup> were used to study and monitor forest cover and regeneration, while permanent microplots of 1 m<sup>2</sup> were used to monitor ground vegetation cover. The floristic composition, quantitative and qualitative characteristics of vegetation cover, plant species diversity, and regeneration were studied over three consecutive years (2021, 2022, and 2023) during mid-May. All plant species present in the microplots were recorded based on density (individuals per unit area), life form, and phenology. In addition, the cover of ground vegetation, mosses and lichens, shrubs, litter, bare soil, rocky outcrops, and surface gravel was accurately estimated and recorded in the microplots. Comparisons of the studied variables were performed using repeated measures analysis of variance or nonparametric Friedman and Wilcoxon tests.

**Results:** Ground vegetation cover in the microplots during the first year of the study (22.3%) was higher than in the second and third years (17% and 18.7%, respectively); however, comparisons of the means indicated that these differences were not statistically significant. Moss and lichen cover (mainly soil-surface mosses in the study area) showed a decreasing trend and was significantly lower in 2023 (10%) compared to previous years (16.4% and 15.8%). The percentage of litter cover decreased significantly from 2021 to 2023 (from 43% to approximately 16%), whereas the percentages of bare soil and surface gravel increased significantly. Based on the results, among the 79 species recorded in the microplots of the



Khojir site, 62% were annual plants (therophytes), 20% were hemicryptophytes, 13% were chamaephytes, 4% were cryptophytes, and 1% were phanerophytes (seedlings, saplings, or small woody stems). The Asteraceae family, with 15 species, was the largest plant family, followed by Brassicaceae, Poaceae, and Lamiaceae. The density of plant species fluctuated during the three years of the survey, such that no significant difference was observed between the first and third years (average of 242 and 249 individuals per square meter, respectively), whereas density was higher in the second year (average of 344 individuals per square meter). Changes in density were not consistent among all species, and significant interspecific differences were observed. Some therophyte species showed a decrease in density, whereas others showed an increase. The density of hemicryptophytes increased significantly during the study period (average of 2.4, 3.8, and 5.9 individuals per square meter, respectively). Overall, species richness and diversity indices of the ground vegetation showed an increasing trend during the study period, whereas evenness indices did not differ significantly. In the Khojir habitat, only regeneration of mountain almond (*Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid.) was recorded in the sample plots, whereas wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) showed no regeneration. Approximately 80% of almond regeneration occurred without nurse plants. The analysis of abundance across height classes also indicated that the number of saplings and young almond individuals has declined in recent years.

**Conclusion:** Overall, the three-year study of permanent monitoring plots in Khojir National Park revealed that vegetation cover, moss cover, and surface litter decreased during the study period, whereas bare soil, rocks, and surface gravel became more exposed. Changes in the density of different species followed different trends, although species diversity and richness increased overall. The *Pistacia–Prunus* habitat in Khojir was found to be in poor condition with regard to regeneration.

**Keywords:** Alborz, biodiversity, Irano- Turanian, regeneration, woodland.

## پایش سه‌ساله پوشش گیاهی کف در توده جنگلی بنه-بادام (*Pistacia atlantica* Desf.- *Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid.) در پارک ملی خجیر

هومن روانبخش<sup>۱\*</sup>، بهنام حمزه<sup>۲</sup> و فاطمه درگاهیان<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: [h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir](mailto:h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir)

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۶

### چکیده

سابقه و هدف: پوشش گیاهی کف، مؤلفه مهمی از بوم‌سازگان جنگلی است که به‌وسیله آن، بسیاری از شاخص‌های تنوع زیستی، پایداری توده و تأثیر تغییرات جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی، قابل‌ارزیابی هستند. تغییرات مؤلفه‌های بوم‌سازگان طی فرایند «پایش» مطالعه می‌شود. پایش پوشش کف به‌عنوان بخشی از پروژه‌های پایش جنگل در مناطق مختلف جهان در حال انجام است. در محدوده جنگل‌های ایران و تورانی، مطالعات پایش پوشش گیاهی پیش‌ازاین انجام نشده‌اند و پژوهش‌های انجام‌شده اغلب به تشریح وضعیت جنگل‌شناسی و رویشگاهی توده پرداخته‌اند. در پژوهش پیش‌رو، پوشش گیاهی کف در جنگل‌های ایران و تورانی پارک ملی خجیر در استان تهران مورد بررسی و پایش سه‌ساله قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: پارک ملی خجیر در مجموعه مناطق حفاظت‌شده جاجرود در ارتفاعات شرق استان تهران و در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری ابرشهر تهران قرار دارد. رویشگاه جنگلی مورد مطالعه دارای شیب ملایم شمالی و شمال شرقی و ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ متر از سطح دریا است. برای پایش پوشش جنگلی و زادآوری آن از قطعه‌نمونه‌های دائمی مربعی‌شکل یک‌صد متر مربعی و برای پایش پوشش کف از ریزقطعه‌نمونه‌های دائمی مربعی‌شکل به مساحت یک متر مربع استفاده شد. ترکیب فلورستیک، مشخصات کمی و کیفی پوشش گیاهی، تنوع گونه‌های گیاهی و وضعیت زادآوری در سه سال متوالی ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در نیمه اردیبهشت بررسی شد. همه گونه‌های گیاهی موجود در ریزقطعه‌نمونه‌ها براساس ویژگی‌های تراکم (تعداد در واحد سطح)، شکل زیستی و فنولوژی ثبت شدند. همچنین، سطح پوشش گیاهی کف، پوشش خزه و گل‌سنگ، پوشش بوته‌ای، لاش‌برگ، خاک لخت، بیرون‌زدگی سنگی و سنگ و سنگ‌ریزه سطحی به‌طور دقیق در ریزقطعه‌نمونه‌ها برآورد و ثبت شدند. مقایسه متغیرهای مورد مطالعه با به‌کارگیری تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری و یا آزمون‌های ناپارامتریک فریدمن و ویلکاکسون انجام شد.

نتایج: سطح پوشش گیاهی در ریزقطعه‌نمونه‌ها در سال اول مطالعه (۲۲/۳ درصد) بیشتر از سال‌های دوم و سوم (۱۷ و ۱۸/۷ درصد) به‌دست آمد، اما تفاوت این میانگین‌ها، معنی‌دار نبود. پوشش خزه/گل‌سنگ (که در منطقه مطالعه اغلب خزه‌های سطح خاک بودند) روند کاهشی در سال‌های مطالعه داشت. به‌طوری‌که در سال ۱۴۰۲ (۱۰ درصد) به‌طور معنی‌داری کمتر از سال‌های پیشین (۱۶/۴ و ۱۵/۸ درصد) بود. درصد پوشش لاش‌برگ سطح خاک از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ کاهش چشمگیر (۴۳ درصد به حدود ۱۶ درصد) و درصد خاک لخت و سنگ‌ریزه سطحی به‌طور معنی‌داری افزایش داشت. براساس نتایج، از مجموع ۷۹ گونه ثبت‌شده در ریزقطعه‌نمونه‌های رویشگاه خجیر، ۶۲ درصد گیاهان یک‌ساله (تروفیت)، ۲۰ درصد همی‌کریپتوفیت، ۱۳ درصد کامفیت، چهاردرصد

کریپتوفیت و یک درصد فانروفیت (نونهال‌ها، نهال‌ها یا پایه‌های چوبی کوچک) بودند. مرکبان (Asteraceae) با ۱۵ گونه و پس‌از آن، شب‌بو (Brassicaceae)، گندمیان (Poaceae) و نعناعیان (Lamiaceae)، به ترتیب بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی بودند. تراکم گونه‌های گیاهی در سه سال آماربرداری نوسان داشت. به طوری که در سال‌های اول و آخر، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (متوسط ۲۴۲ و ۲۴۹ فرد در متر مربع)، اما تراکم در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر بود (متوسط ۳۴۴ فرد در متر مربع). تغییرات تراکم برای همه گونه‌ها یکسان نبود و تفاوت‌های بارزی در این زمینه مشاهده شد. برخی گونه‌های تروفیت، کاهش و برخی افزایش تراکم داشتند. تراکم همی‌کریپتوفیت‌ها در سال‌های مطالعه، افزایش معنی‌دار نشان داد (به ترتیب، متوسط ۲/۴، ۳/۸ و ۵/۹ فرد در متر مربع). در مجموع، مقادیر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای برای ریزقطعه‌نمونه‌های پوشش کفِ رویشگاه خجیر در سال‌های آماربرداری، روند افزایشی داشتند، اما شاخص‌های یکنواختی، تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در رویشگاه خجیر در قطعه‌نمونه‌های مطالعه‌شده فقط زادآوری بادام کوهی (*Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid.) ثبت شد و بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) فاقد زادآوری بود. هشتاد درصد زادآوری بادام بدون پرستار بود. مطالعه فراوانی بادام در طبقه‌های ارتفاعی مختلف نیز نشان داد که در سال‌های اخیر، تعداد پایه‌های کوچک و جوان این گونه کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی: در مجموع، با مطالعه سه‌ساله قطعه‌نمونه‌های دائمی پایش در پارک ملی خجیر مشخص شد که پوشش گیاهی و خزهای کف و لاش‌برگ سطحی در این دوره کاهش یافته و خاک لخت و سنگ و سنگ‌ریزه بیشتر نمایان شده است. تغییرات تراکم گونه‌های مختلف، روندهای متفاوتی داشتند، اما تنوع و غنای گونه‌ای افزایش یافته بودند. رویشگاه بنه - بادام خجیر از نظر زادآوری، وضعیت مناسبی نداشت.

واژه‌های کلیدی: البرز، ایران و تورانی، تنوع زیستی، درختزار، زادآوری.

## مقدمه

پوشش گیاهی زمینی (Ground Vegetation یا GV) جزء مهمی از بوم‌سازگان جنگلی است که به وسیله آن، شرایط توده جنگلی و بسیاری از شاخص‌های تنوع زیستی و پایداری توده قابل‌ارزیابی هستند (Alberdi et al., 2010). پوشش گیاهی کف جنگل می‌تواند به عنوان یک سیستم هشدار اولیه برای نظارت بر تأثیر تغییرات جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر جنگل‌های معتدل عمل کند (Kermavnar & Kutnar, 2024). این پوشش، نقش مهم و عملکردی در چرخه آب و مواد غذایی دارد و در ارتباط متقابل قوی با زیست‌مندان دیگر به عنوان زیستگاه یا منبع غذایی قرار دارد (Thimonier et al., 2011). بیشترین تنوع گونه‌های گیاهی جنگل در اشکوب کف اتفاق می‌افتد (Johnson et al., 2006). همچنین، پوشش گیاهی کف به عنوان یک معرف محیط‌زیستی عمل می‌کند و ترکیب

گونه‌های گیاهی، شرایط بوم‌شناختی را در یک مکان و زمان مشخص نشان می‌دهد (Diekmann, 2003; Esmailzadeh et al., 2025). مطالعه بلندمدت پوشش گیاهی، تغییرات در مؤلفه‌های اصلی بوم‌سازگان‌های جنگلی را نشان می‌دهد که می‌تواند تغییر شرایط محیطی را آشکار کند (Thimonier et al., 2011). مطالعه این تغییرات تحت عنوان پایش (Monitoring) شناخته می‌شود.

پوشش کف به عنوان یکی از بخش‌های پایش جنگل در پروژه‌های پایش در مناطق مختلف جهان از جمله طرح پایش اروپا در حال انجام است (ICP Forests, 2020). در محدوده جنگل‌های ایران و تورانی که بخش مهمی از جنگل‌های ایران را شامل می‌شوند، تاکنون مطالعات پایش پوشش گیاهی انجام نشده است. مطالعات انجام‌شده در این زمینه اغلب به تشریح وضعیت جنگل‌شناسی و رویشگاهی

علاوه بر کمبود مطالعات پایش، خلأ پژوهشی در زمینه پوشش گیاهی کف جنگل در جنگل‌های ایران و تورانی بنه نیز به وضوح مشهود است، بنابراین این پژوهش سعی دارد تا با استقرار قطعه‌نمونه‌های ثابت (دائمی) در توده جنگلی بنه- بادام در پارک ملی خجیر واقع در منطقه فیتوزئوگرافیک ایران و تورانی و سنجش و تحلیل وضعیت فعلی، ضمن پایش کوتاه‌مدت پوشش گیاهی کف، بستر لازم را برای پایش بلندمدت تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی فراهم کند.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

پارک ملی خجیر با مساحت حدود ۱۰ هزار هکتار در مجموعه مناطق حفاظت‌شده جاجرود در ارتفاعات شرق استان تهران و در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری ابرشهر تهران قرار دارد. اقلیم این منطقه، نیمه‌خشک سرد و میانگین بلندمدت بارندگی سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. آمار هواشناسی منطقه در سال‌های مطالعه (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲) در جدول ۱ آمده است. رویشگاه جنگلی پارک ملی خجیر از ارتفاع حدود ۱۲۰۰ تا بیشتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا گسترش دارد. در ارتفاعات پایین که سواحل رودخانه جاجرود است، رویش‌های کران‌رودی در ارتفاع‌های میانی (۱۸۰۰-۱۳۰۰ متر از سطح دریا) شامل بنه- بادام (*Pistacia atlantica - Prunus lycioides*) و در ارتفاع‌های بالاتر از ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ متر، تیپ ارس (*J. excelsa*) ظاهر می‌شود (Ravanbakhsh & Moshki, 2016) (شکل ۱). این منطقه به‌طور کامل تحت حفاظت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران قرار دارد و پاسگاه محیط‌بانی باغ شاد در محدوده جنگل‌های بنه قرار دارد. به همین دلیل، این رویشگاه از نظر حیات‌وحش غنی است.

توده پرداخته‌اند. در بررسی جنگل‌های بنه- بادام (*Pistacia atlantica* Desf.- *Prunus lycioides*) (Spach) C.K.Schneid. در پارک ملی خجیر، بیشترین تراکم بنه در ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا و کمترین تراکم در جهت جنوبی گزارش شد (Taheri et al., 2013). Ghahari و همکاران (۲۰۱۶) بنه را متعلق به آب‌وهوای معتدل، خشک و نیمه‌خشک حوزه مند واقع در استان‌های فارس و بوشهر دانستند که وارد نواحی مرطوب حوزه نمی‌شود. در بررسی تنوع زیستی جوامع جنگلی و استیپی در رویشگاه‌های ارس البرز جنوبی (منطقه فیروزکوه)، بیشترین تنوع گونه‌های گیاهی برای جامعه بنه- بادام و جامعه ارس- پلاخور (*Juniperus excelsa* M.Bieb.- *Lonicera iberica*) (M.Bieb.) گزارش شد (Ravanbakhsh & Assadi, 2017). طبقه‌بندی جنگل‌های پسته در استان چهارمحال و بختیاری به شش تیپ بیانگر گسترش بیشتر تیپ بلوط- بنه (*Quercus-Pistacia*) بود (Talebi et al., 2017). در بررسی جنگل تحقیقاتی بنه در استان فارس، بیشترین تنوع و غنای گونه‌ای در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و جهت جنوبی مشاهده شد (Negahdarsaber et al., 2019). ارزیابی رویشگاه‌های بنه در استان کرمان بیانگر انتشار این گونه در اقلیم نیمه‌خشک، ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا و اغلب در جهت‌های شمالی و غربی بود (Shekarchian et al., 2020). در بررسی پوشش کف جنگل‌های زاگرس، متوسط درصد پوشش کف و پوشش لاش‌برگ در قطعه‌نمونه‌های قرق (به ترتیب ۵۱/۲ و ۳۴/۳ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از پوشش کف و لاش‌برگ در قطعه‌نمونه‌های معرف (به ترتیب ۳۷/۶ و ۲۵/۲ درصد) بود، اما شاخص‌های تنوع گونه‌های گیاهی کف در قطعه‌نمونه‌های قرق و معرف، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (Ravanbakhsh et al., 2024).

جدول ۱- آمار بارندگی و دما در دوره منتهی به زمان آماربرداری به تفکیک سه سال آماربرداری و یک سال پیش<sup>۱</sup>

**Table 1. Precipitation and temperature statistics in the period leading up to the monitoring time, for monitoring years and one year before<sup>1</sup>**

Year	Precipitation (mm)			Temperature (°C)		
	Total annual precipitation	From September to the monitoring time (8 month)	Winter before the monitoring time	From April 1st to the monitoring time (about one month)	Daily average one month before the monitoring time	Average minimum winter before the monitoring time
2019-2020	327.3	291.8	126	90.4	-	-
2020-2021	219.8	215.6	100.4	20.5	17.5	2.9
2021-2022	197.1	186.3	104.5	18.8	17.6	1.7
2022-2023	165.9	147.6	99.4	18.3	15.9	0.7

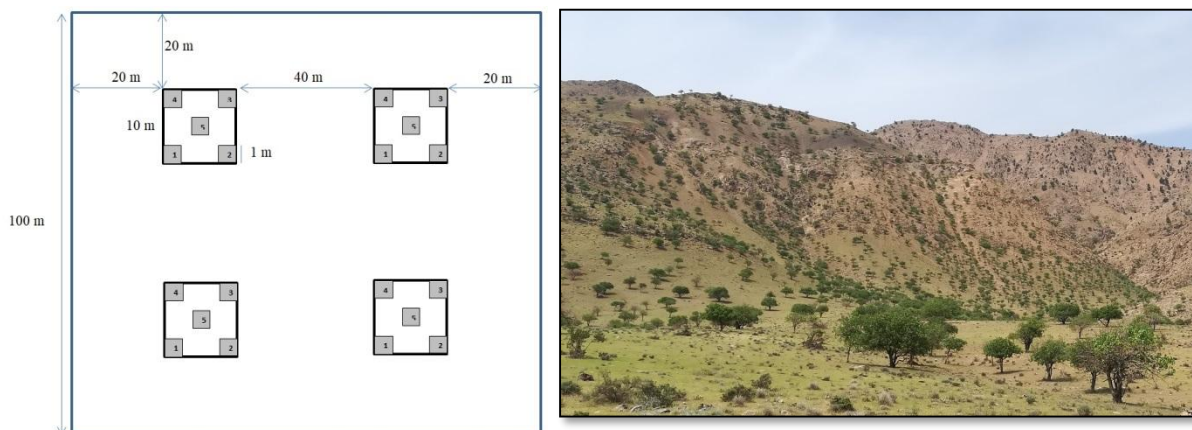
<sup>۱</sup> داده‌های ارائه شده، یک محصول هواشناسی چندمنبعی (Multi-Source Weather (MSWX)) در سطح شبکه‌بندی جهانی یکپارچه است. این داده‌ها با وضوح بیشتر از ۰/۱ درجه و تصحیح اریبی بر روی آن‌ها انجام شده است.

<sup>۱</sup> The data provided is a Multi-Source Weather (MSWX) product at the global integrated grid level. The data has a resolution of 0.1 degrees and is skew-corrected.

برای مطالعه پوشش کف، پیاده و بررسی شد (Thimonier *et al.*, 2011). موقعیت مکانی همه ریزقطعه‌نمونه‌ها ثبت شد. همچنین، این ریزقطعه‌نمونه‌ها با نشانه‌گذاری در عرصه و تهیه تصاویر از قاب قطعه‌نمونه و مشخصه‌های اطراف آن (سنگ، عوارض طبیعی، گیاهان چندساله و درختان)، به‌طور دقیق مشخص شدند. به‌نحوی که بازیابی آن‌ها در سال‌های بعد به‌دقت مقدور باشد.

روش پژوهش

پس از جنگل‌پیمایی، بخش‌هایی از منطقه که دارای شرایط همگن و معرف رویشگاه بودند، مشخص شدند. یک قطعه‌نمونه مربعی شکل یک‌هکتاری به‌عنوان قطعه‌نمونه دائمی پایش به‌صورت تصادفی پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه یک‌هکتاری، علاوه بر ثبت گونه‌های درختی و درختچه‌ای، چهار قطعه‌نمونه مربعی یک‌صد متر مربعی و ۲۰ ریزقطعه‌نمونه یک متر مربعی با الگوی مشخص (شکل ۱)



شکل ۱- الگوی برداشت ریزقطعه‌نمونه‌های پوشش کف (چپ) و تصویری از رویشگاه جنگلی خجیر (راست)

**Figure 1. Plots and ground vegetation microplots pattern (Left) and a view of the Khojir forest habitat (Right)**

پوشش گیاهی کف، درصد پوشش خزه و گل‌سنگ، درصد پوشش بوته‌ها، درصد پوشش لاش‌پرگ، درصد خاک لخت و درصد بیرون‌زدگی سنگی و نیز سنگ و سنگ‌ریزه سطحی

در هر قطعه‌نمونه یک‌صد متر مربعی، همه پایه‌های درختی و درختچه‌ای و زادآوری‌ها ثبت و قطر تاج و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد. در هر ریزقطعه‌نمونه، درصد کل

## نتایج

### تغییرات پوشش در سال‌های آماربرداری

براساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان سطح پوشش گیاهی در ریزقطعه‌نمونه‌ها در سال اول مطالعه، بیشتر از سال‌های دوم و سوم بود، اما اختلاف آن‌ها معنی‌دار نبود. پوشش خزه/گل‌سنگ (که در منطقه مطالعه، اغلب خزه‌های سطح خاک بودند) روند کاهشی داشت. به‌طوری‌که این پوشش در سال ۱۴۰۲ به‌طور معنی‌داری کمتر از سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به‌دست آمد (جدول ۲). درصد پوشش لاش‌برگ سطح خاک از ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ با کاهش معنی‌دار همراه بود (به‌ترتیب ۴۳، ۳۱/۶ و ۱۵/۷ درصد). درمقابل، درصد خاک لخت سطحی در این بازه زمانی، افزایش معنی‌داری داشت (به‌ترتیب ۱۴/۹، ۲۴/۲ و ۴۲/۲ درصد). تغییرات سطح گونه‌های بوته‌ای و نیز درصد بیرون‌زدگی سنگی، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، اما درصد سنگ و سنگ‌ریزه سطحی در طول سه سال، کمی افزایش داشت. این افزایش در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۰ معنی‌دار بود (جدول ۲).

### فلور منطقه خجیر

درمجموع مطالعه سه‌ساله، ۷۹ گونه در داخل ریزقطعه‌نمونه‌ها ثبت شدند که به ۶۹ جنس و ۲۶ تیره گیاهی تعلق داشتند (جدول پیوست ۱). تیره‌های مرکبان (Asteraceae) با ۱۵ گونه، شب‌بو (Brassicaceae) با ۱۱ گونه، گندمیان (Poaceae) با ۱۰ گونه و نعنائیان (Lamiaceae) با پنج گونه، به‌ترتیب بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه بودند. در شکل ۲ سهم هریک از تیره‌های گیاهی به‌تفکیک سه سال آمده است. گونه‌های *Heteranthelium*، *Stellaria sp. piliferum* (Banks & Sol.) Hochst.، *Minuartia hamata* (Hausskn. & Bornm.) Mattf.، *Aegilops kotschy*، *Chardinia orientalis* (L.) Kuntze، *Crupina* و *Androsace maxima* L. Boiss. بودند که اغلب در بیشتر از ۷۰ درصد ریزقطعه‌نمونه‌ها حضور داشتند (جدول پیوست ۱).

به‌طور دقیق برآورد و ثبت شدند (ICP Forests, 2020). همچنین، وضعیت فرسایش خاک برای هر ریزقطعه‌نمونه با رتبه‌دهی (بدون فرسایش: صفر، فرسایش سطحی و کم: ۱، فرسایش شیبی و متوسط: ۲ و فرسایش شیبی-خندقی و قابل‌توجه: ۳) مشخص شد. در مرحله بعد، همه گونه‌های گیاهی موجود در قطعه‌نمونه براساس ویژگی‌های تراکم (تعداد در قطعه‌نمونه)، شکل زیستی (Raunkiaer, 1934) و مرحله فنولوژی ثبت شدند. از همه گونه‌های گیاهی، نمونه (به‌جز گونه‌های نادر) و عکس‌های دقیق تهیه شد. این اندازه‌گیری‌ها در سه سال متوالی شامل ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ (۲۰۲۱، ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ میلادی) در یک بازه زمانی یکسان در دهه دوم اردیبهشت‌ماه تکرار شد.

شناسایی گونه‌ها با استفاده از فلور ایران (Assadi, 1988-2025) *Flora Iranica* (Rechinger, 1963-2005) و با کمک متخصصان بخش تحقیقات گیاه‌شناسی شاغل در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

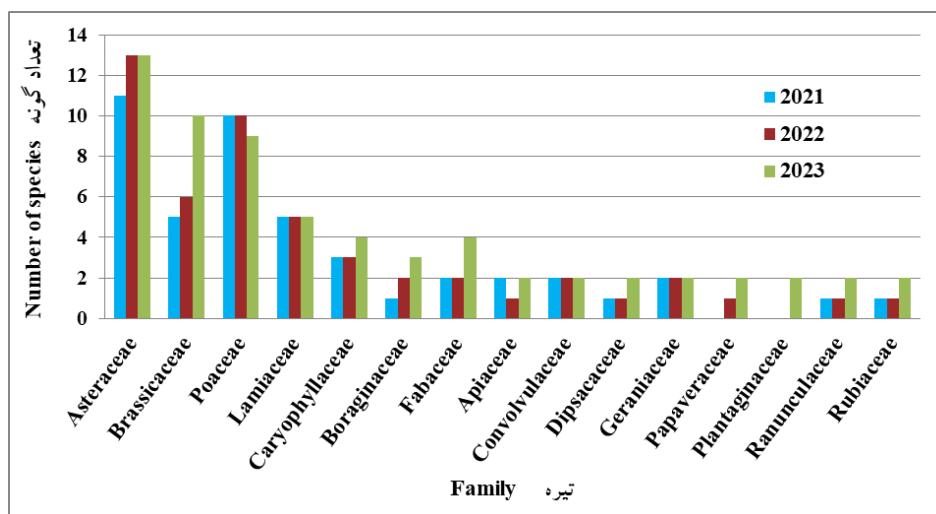
تنوع زیستی گونه‌های گیاهی با استفاده از شاخص‌های تنوع شانون-وینر (Shannon & Weaver, 1949) (پایه لگاریتم طبیعی) و سیمپسون (Simpson, 1949)، شاخص‌های غنای مارگالف (Clifford & Stephenson, 1975) و منهینیک (Whittaker, 1977) و شاخص‌های یکنواختی شلدون و پیلو (Peet, 1974) بررسی شد. برای مقایسه مشخصه‌های پوشش گیاهی و شاخص‌های تنوع زیستی بین سال‌های مختلف و در صورت نرمال بودن داده‌ها از «تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری» و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون بونفرونی استفاده شد. در صورت نرمال نبودن یا رتبه‌ای بودن داده‌ها، آزمون ناپارامتریک فریدمن و برای مقایسه دو گروه، آزمون ویلکاکسون به‌کار برده شد. نرم‌افزارهای Excel و SPSS 22 برای تحلیل متغیرهای کمی و کیفی و رسم نمودارها و نیز نرم‌افزار Past برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی به‌کار گرفته شدند.

جدول ۲- مقایسه پوشش در ریزقطعه نمونه‌ها طی سه سال (۱۴۰۰-۱۴۰۲)

**Table 2 . Comparison of coverage in micro-plots over three years (2021-2023)**

Variable	Year	Average	Standard deviation	Statistical analysis	
Ground vegetation cover (%)	2021	22.3 <sup>1</sup>	11.6	Mauchly's W= 0.707 df= 2 Sig. = 0.044	Greenhouse-Geisser F= 4.83 df= 1.55 Sig. = 0.022
	2022	17	8.6		
	2023	18.7	5.5		
Moss/lichen cover (%)	2021	16.4 <sup>a</sup>	15.9	Friedman Test	Chi-Square = 13.41 df= 2 Sig. = 0.001
	2022	15.8 <sup>a</sup>	14.5		
	2023	10 <sup>b</sup>	14		
Bush cover (%)	2021	4.9 <sup>ns</sup>	7.9	Friedman Test	Chi-Square = 5.027 df= 2 Sig. = 0.081
	2022	6.4 <sup>ns</sup>	9.3		
	2023	4.9 <sup>ns</sup>	8.1		
Litter cover (%)	2021	43 <sup>a</sup>	15.5	Mauchly's W= 0.875 df= 2 Sig. = 0.300	Sphericity Assumed F= 27.32 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	31.6 <sup>b</sup>	15		
	2023	15.7 <sup>c</sup>	6.3		
Bare soil cover (%)	2021	14.9 <sup>c</sup>	11.9	Friedman Test	Chi-Square = 25.605 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	24.2 <sup>b</sup>	13.9		
	2023	42.2 <sup>a</sup>	15.7		
Rock outcrop (%)	2021	3.5 <sup>ns</sup>	4.5	Friedman Test	Chi-Square = 2.667 df= 2 Sig. = 0.264
	2022	3.8 <sup>ns</sup>	4.5		
	2023	3.5 <sup>ns</sup>	4.6		
Surface gravel (%)	2021	5.4 <sup>b</sup>	3.5	Friedman Test	Chi-Square = 16.969 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	7.7 <sup>a</sup>	4.2		
	2023	8.6 <sup>a</sup>	5.3		
Soil erosion rank	2021	0 <sup>ns</sup>	0	Friedman Test	Chi-Square = 2.923 df= 2 Sig. = 0.232
	2022	0.1 <sup>ns</sup>	0.3		
	2023	0.1 <sup>ns</sup>	0.4		

<sup>1</sup> Although analysis of variance indicated a significant difference (P<0.05), Bonferroni mean comparisons did not show a significant difference in three-years. Different letters within each variable indicate a significant difference between means. ns: non-significant.

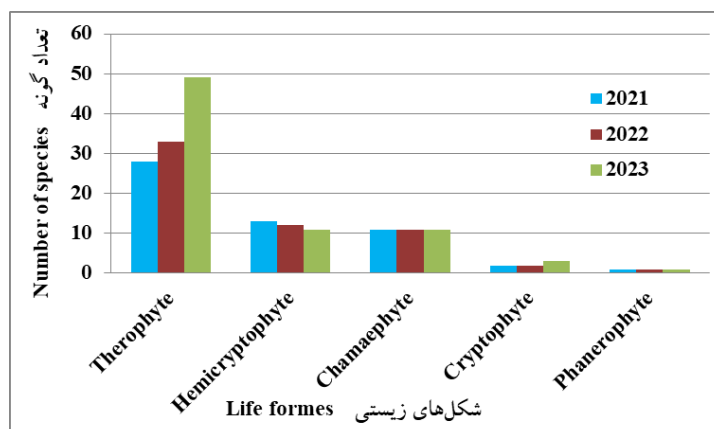


شکل ۲- توزیع فراوانی تیره‌های پوشش کف به تفکیک سال‌های آماربرداری

**Figure 2. Distribution of abundance of ground cover species in plant families by survey years**

گونه‌های تروفیت در سه سال، قابل توجه بود. مقایسه‌ها نشان داد که تعداد گونه‌های تروفیت در قطعه‌نمونه از ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ افزایش معنی‌دار داشتند. تعداد گونه‌های همی‌کریپتوفیت در قطعه‌نمونه نیز در سال ۱۴۰۲ به طور معنی‌داری بیشتر از دو سال دیگر بود. شکل‌های زیستی دیگر، تغییر معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

از مجموع گونه‌های شناسایی شده در مطالعه سه‌ساله، ۶۲ درصد گیاهان یک‌ساله (تروفیت)، ۲۰ درصد همی‌کریپتوفیت و ۱۳ درصد کامفیت (بوته‌ای)، چهارده درصد کریپتوفیت و یک درصد فانروفیت (نونهال‌ها، نهال‌ها یا پایه‌های چوبی کوچک) بودند. شکل‌های زیستی به تفکیک سال‌های مطالعه در شکل ۳ ارائه شده است. تغییرات تعداد



شکل ۳- شکل زیستی گونه‌های گیاهی پوشش کف به تفکیک سال‌های مطالعه

Figure 3. Life forms of ground cover species by survey years

جدول ۳- مقایسه تعداد گونه‌های متعلق به شکل‌های مختلف زیستی در قطعه‌نمونه طی سه سال (۱۴۰۰-۱۴۰۲)

Table 3. Comparison of the number of species belonging to different life forms in the plots over three years (2021-2023)

Variable	Year	Average	Standard deviation	Statistical analysis	
Number of Therophyte species per microplot	2021	10.3 <sup>c</sup>	1.9	Mauchly's W= 0.799 df= 2 Sig. = 0.133	Sphericity Assumed F= 55.34 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	15.4 <sup>b</sup>	3.6		
	2023	20.2 <sup>a</sup>	3.8		
Number of Hemicryptophyte species per microplot	2021	1.3 <sup>b</sup>	1.1	Friedman Test	Chi-Square = 10.73 df= 2 Sig. = 0.005
	2022	1.4 <sup>b</sup>	1.2		
	2023	1.8 <sup>a</sup>	1		
Number of Chamaephyte species per microplot	2021	1.1 <sup>ns</sup>	1.3	Friedman Test	Chi-Square = 6.5 df= 2 Sig. = 0.05
	2022	0.9 <sup>ns</sup>	1.2		
	2023	0.9 <sup>ns</sup>	1.2		

Different letters within each variable indicate a significant difference between means ( $P < 0.01$ ).

ns: non-significant.

تراکم گونه‌های گیاهی پوشش کف بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین تراکم گیاهی در سه سال مطالعه به ترتیب  $242 (\pm 105)$ ،  $344 (\pm 99)$  و  $249 (\pm 72)$  فرد در متر مربع بود (جدول ۴). بیشترین افراد شمارش شده مربوط به گونه‌های *Heterantherium*، *Minuartia hamata*، *Androsace maxima*، *phliferum* و *Draba verna* L. و *Stellaria* sp. بودند که کم‌وبیش در هر سه سال آماربرداری، بیشتر از ۶۰ درصد تراکم گیاهی قطعه‌نمونه‌ها را به خود اختصاص دادند. طی سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ از مجموع افراد شمارش شده در ریزقطعه‌نمونه‌ها به ترتیب ۹۸، ۹۷/۵ و ۹۰/۵ درصد متعلق به فرم رویشی تروفیت بود. متوسط تراکم (تعداد افراد گیاهی

تراکم گونه‌های گیاهی پوشش کف

بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین تراکم گیاهی در سه سال مطالعه به ترتیب  $242 (\pm 105)$ ،  $344 (\pm 99)$  و  $249 (\pm 72)$  فرد در متر مربع بود (جدول ۴). بیشترین افراد شمارش شده مربوط به گونه‌های *Heterantherium*، *Minuartia hamata*، *Androsace maxima*، *phliferum* و *Draba verna* L. و *Stellaria* sp. بودند که کم‌وبیش در هر سه سال آماربرداری، بیشتر از ۶۰ درصد تراکم گیاهی قطعه‌نمونه‌ها را به خود اختصاص دادند. طی سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ از مجموع افراد شمارش شده در ریزقطعه‌نمونه‌ها به ترتیب ۹۸، ۹۷/۵ و ۹۰/۵ درصد متعلق به فرم رویشی تروفیت بود. متوسط تراکم (تعداد افراد گیاهی

در قطعه‌نمونه) در سال دوم آماربرداری (۱۴۰۱) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو سال دیگر به‌دست آمد. تراکم تروفیت‌ها در سال دوم (۱۴۰۱) به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو سال دیگر و تراکم همی‌کریبتوفیت‌ها نیز در سال سوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو سال دیگر بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه تراکم کل و به‌تفکیک شکل‌های زیستی در قطعه‌نمونه طی سه سال (۱۴۰۰-۱۴۰۲)

**Table 4. Comparison of total density and by life forms in the plots over three years (2021-2023)**

Variable	Year	Average	Standard deviation	Statistical analysis	
Density (Number of individuals per square meter)	2021	242 <sup>b</sup>	105	Mauchly's W= 0.628 df= 2 Sig. = 0.015	Sphericity Assumed F= 15.38 df= 1.46 Sig. = 0.000
	2022	344 <sup>a</sup>	99		
	2023	249 <sup>b</sup>	72		
Density of Therophytes per square meter	2021	237 <sup>b</sup>	105	Mauchly's W= 0.637 df= 2 Sig. = 0.017	Greenhouse-Geisser F= 15.26 df= 1.47 Sig. = 0.000
	2022	336 <sup>a</sup>	100		
	2023	238 <sup>b</sup>	71		
Density of Hemicryptophytes per square meter	2021	2.4 <sup>b</sup>	3.5	Friedman Test	Chi-Square = 17.59 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	3.8 <sup>b</sup>	5.9		
	2023	5.9 <sup>a</sup>	4.8		
Density of Chamaephytes per square meter	2021	1.45 <sup>ns</sup>	1.7	Friedman Test	Chi-Square = 3.36 df= 2 Sig. = 0.186
	2022	1.45 <sup>ns</sup>	1.8		
	2023	1.2 <sup>ns</sup>	1.7		

Different letters within each variable indicate a significant difference between means ( $P < 0.01$ ).  
ns: non-significant.

جدول ۵- مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش کف طی سه سال (۱۴۰۰-۱۴۰۲)

**Table 5. Comparison of biodiversity indices of the ground over three years (2021-2023)**

Index	Year	Average	Standard deviation	Statistical analysis	
Species per square meter	2021	13 <sup>c</sup>	2.3	Mauchly's W= 0.826 df= 2 Sig. = 0.179	Sphericity Assumed F= 58.58 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	18.2 <sup>b</sup>	3.7		
	2023	23.3 <sup>a</sup>	3.7		
Dominance	2021	0.28 <sup>a</sup>	0.01	Mauchly's W= 0.55 df= 2 Sig. = 0.005	Greenhouse-Geisser F= 11.11 df= 1.38 Sig. = 0.001
	2022	0.2 <sup>b</sup>	0.04		
	2023	0.19 <sup>b</sup>	0.06		
Simpson	2021	0.71 <sup>b</sup>	0.06	Friedman Test	Chi-Square = 11.7 df= 2 Sig. = 0.003
	2022	0.8 <sup>a</sup>	0.03		
	2023	0.81 <sup>a</sup>	0.1		
Shannon-Wiener	2021	1.67 <sup>c</sup>	0.23	Mauchly's W= 0.642 df= 2 Sig. = 0.019	Greenhouse-Geisser F= 25.6 df= 1.47 Sig. = 0.000
	2022	1.95 <sup>b</sup>	0.17		
	2023	2.22 <sup>a</sup>	0.34		
Menhinick	2021	0.9 <sup>b</sup>	0.25	Mauchly's W= 0.848 df= 2 Sig. = 0.224	Sphericity Assumed F= 45.34 df= 2 Sig. = 0.000
	2022	1.06 <sup>b</sup>	0.32		
	2023	1.55 <sup>a</sup>	0.4		
Margalef	2021	2.2 <sup>c</sup>	0.43	Mauchly's W= 0.58 df= 2 Sig. = 0.007	Greenhouse-Geisser F= 64.21 df= 1.41 Sig. = 0.000
	2022	3 <sup>b</sup>	0.49		
	2023	4.1 <sup>a</sup>	0.79		
Sheldon	2021	0.43 <sup>ns</sup>	0.11	Friedman Test	Chi-Square = 0.7 df= 2 Sig. = 0.705
	2022	0.41 <sup>ns</sup>	0.12		
	2023	0.42 <sup>ns</sup>	0.11		
Pielou J Index	2021	0.66 <sup>ns</sup>	0.09	Mauchly's W= 0.731 df= 2 Sig. = 0.060	Sphericity Assumed F= 2.5 df= 2 Sig. = 0.096
	2022	0.68 <sup>ns</sup>	0.07		
	2023	0.71 <sup>ns</sup>	0.08		

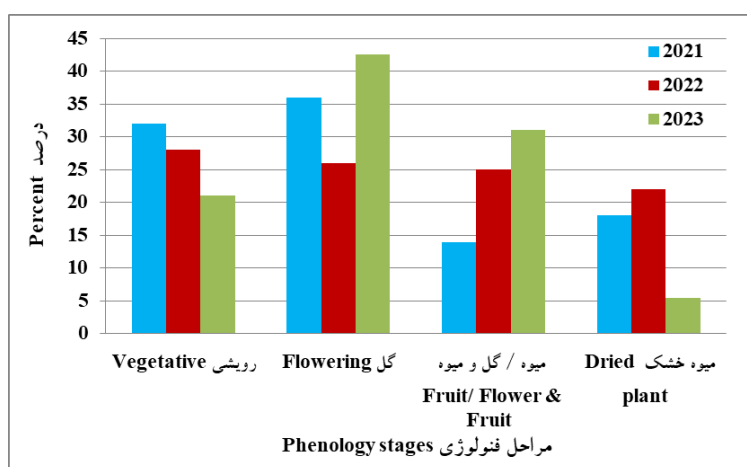
Different letters within each index indicate a significant difference between means ( $P < 0.01$ ).  
ns: non-significant.

## شاخص‌های تنوع پوشش کف

متوسط تعداد گونه در ریزقطعه‌نمونه در طول سه سال آماربرداری، افزایش معنی‌دار داشت (جدول ۵). در مجموع، مقادیر شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای برای ریزقطعه‌نمونه‌های پوشش کف در رویشگاه خجیر طی سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ افزایشی بود. شاخص‌های یکنواختی شلدون و پیلو در طول سه سال، تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

## فنولوژی

در سال ۱۴۰۲ در زمان آماربرداری، فراوانی نسبی گونه‌های در مرحله گل و میوه نسبت به دو سال پیش از آن، بیشتر و فراوانی نسبی گونه‌هایی با اتمام مراحل رویشی و زایشی (خشک‌شده)، کمتر بود (شکل ۴). در مقایسه سال ۱۴۰۰ با ۱۴۰۱، فراوانی نسبی گونه‌های در مرحله گل‌دهی در سال ۱۴۰۰ بیشتر بود. در مقابل، فراوانی نسبی گونه‌های در مرحله میوه، عدد کمتری به‌دست آمد (شکل ۴).



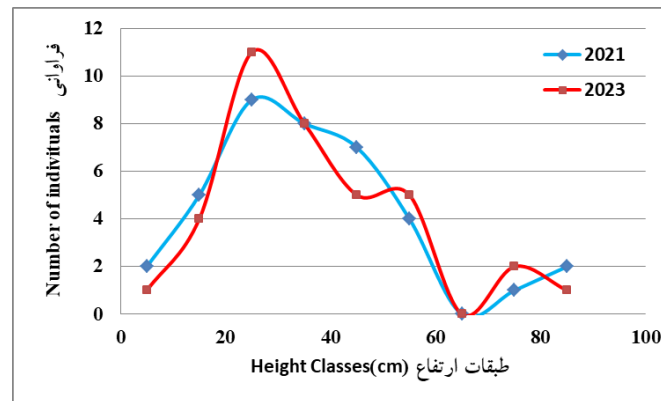
شکل ۴- تغییرات فنولوژی گونه‌های رویشگاه خجیر به تفکیک سال‌های مطالعه

Figure 4. Phenological changes of species at the Khojir site by study years

## گونه‌های درختی و درختچه‌ای

گونه‌های درختی و درختچه‌ای غالب در رویشگاه خجیر شامل بادام کوهی (تنگرس) (*Prunus lycioides*) و بنه (*Pistacia atlantica*) بودند. در قطعه‌نمونه یک هکتاری، ۱۸۶ پایه بادام کوهی و ۵۴ پایه بنه شمارش شد. در قطعه‌نمونه‌های مطالعات پوشش گیاهی، بیشینه ارتفاع بادام کوهی ۹۰ سانتی‌متر و بیشینه قطر تاج ۱۶۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. همچنین، بیشینه مساحت تاج بادام کوهی ۱/۸۸ متر مربع محاسبه شد. منحنی فراوانی در طبقه‌های ارتفاع برای بادام کوهی (که دارای تعداد پایه اندازه‌گیری‌شده کافی - ۳۸ و ۳۷ پایه در سال‌های مختلف - بود) در دو سال

۱۴۰۰ و ۱۴۰۲ در شکل ۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد پایه‌های کوچک و جوان کاهش‌یافته و منحنی به شکل همسال نزدیک شده است. در قطعه‌نمونه‌های مطالعه‌شده فقط زادآوری بادام کوهی به تعداد ۲/۵ فرد در هر ۱۰۰ متر مربع مشاهده شد که این تعداد در سه سال آماربرداری ثابت بود و تغییری ثبت نشد. گفتنی است که هیچ زادآوری برای بنه مشاهده نشد. هشتاد درصد زادآوری بادام کوهی ثبت‌شده فاقد پرستار بود. ۲۰ درصد باقی‌مانده نیز در مجاورت درختان بنه یا صخره قرار داشتند. تغییرات ابعاد زادآوری بادام کوهی در طول سه سال آماربرداری در رویشگاه خجیر در جدول ۶ آمده است.



شکل ۵- منحنی فراوانی در طبقه‌های ارتفاع بادام کوهی

Figure 5. Abundance by height classes curve of *Prunus lycioides*

جدول ۶- تغییرات ابعاد زادآوری بادام کوهی در طول سه سال آماربرداری

Table 6. Changes in regeneration size of *Prunus lycioides* over three years of the survey

Variable	Year	Average	Standard deviation	Statistical analysis	
Longest crown diameter (cm)	2021	20.3 <sup>ns</sup>	8.7	Mauchly's W= 0.984 df= 2 Sig. = 0.939	Sphericity Assumed F= 0.267 df= 2 Sig. = 0.768
	2022	21.7 <sup>ns</sup>	14.4		
	2023	23.5 <sup>ns</sup>	7.7		
Diameter of the crown perpendicular to the longest diameter (cm)	2021	14.5 <sup>ns</sup>	7	Mauchly's W= 0.849 df= 2 Sig. = 0.519	Sphericity Assumed F= 0.344 df= 2 Sig. = 0.714
	2022	14.8 <sup>ns</sup>	11		
	2023	17.2 <sup>ns</sup>	7.8		
Height (cm)	2021	19.3 <sup>ns</sup>	9.4	Mauchly's W= 0.81 df= 2 Sig. = 0.430	Sphericity Assumed F= 0.183 df= 2 Sig. = 0.834
	2022	20.5 <sup>ns</sup>	9.3		
	2023	21.9 <sup>ns</sup>	7.6		

ns: non-significant.

(جدول ۱). متوسط بارندگی سالانه در این سال، نسبت به میانگین بلندمدت افزایش داشت. بارندگی بهاره در آن سال بیشتر از چهار برابر سال‌های آماربرداری بود که به احتمال زیاد سبب ایجاد پوشش متراکم علفی و خزهای در بستر جنگل شده بود. روند کاهش قابل توجه لاش‌برگ سطح خاک در سال‌های آماربرداری را می‌توان از یک‌سو به فاصله‌گرفتن از ترسالی ۹۹-۱۳۹۸ و ازسوی دیگر به خشکی سه سال مطالعه و کاهش پوشش گیاهی -به‌ویژه پوشش خزهای سطح خاک- نسبت داد. افزایش پوشش خاک لخت و سنگ‌ریزه سطحی نیز با کاهش پوشش خز و لاش‌برگ سطحی مرتبط بود. چنانچه به دلیل کاهش میزان خز و لاش‌برگ، سنگ‌ریزه‌های سطحی نمود بیشتری پیدا کرده بودند. در مطالعاتی هفت‌ساله در مراتع (با حضور *Poa L.*, *Stipa L.*, *Artemisia L.* و آرایه‌های دیگر) در

## بحث

پایش سه‌ساله پوشش کف در رویشگاه خجیر نشان داد که سطح پوشش گیاهی در سال ۱۴۰۰ بیشتر از دو سال بعد و پوشش خز/گل‌سنگ (که در منطقه مطالعه، اغلب خزهای سطح خاک بودند) در سال ۱۴۰۲ به‌طور معنی‌داری کمتر از سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بود. درصد پوشش لاش‌برگ سطح خاک از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ کاهش چشمگیر (۴۳ درصد به حدود ۱۶ درصد) و درصد خاک لخت و سنگ‌ریزه سطحی افزایش داشت. در مناطق نیمه‌خشک، میزان پوشش گیاهی کف با شرایط اقلیمی، ارتباط متوسط تا قوی دارد (He, 2014). هر سه سال مطالعه، شرایط کم‌بارشی و خشک‌سالی در استان تهران حاکم بود، اما یک سال پیش از شروع آماربرداری (سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ یا ۲۰۲۰-۲۰۱۹ میلادی) ترسالی رخ داده بود

ایالات متحده که با قراردادن سرپناه پوششی، مانع از رسیدن بارندگی به خاک و پوشش گیاهی تحت تیمارهای مختلف شدند. نتایج نشان داد که تیمار ممانعت بهاره، بیشتر از تیمارهای دیگر سبب ایجاد خاک لخت و کاهش تولید گیاهان می‌شود (Bates et al., 2006). طبق یافته‌های دیگر پژوهش مذکور، بسیاری از تغییرات پوشش گیاهی تا چهار سال پس از اعمال تیمارها آغاز نشدند.

تیره‌های مرکبان با ۱۵ گونه، شب‌بو با ۱۱ گونه، گندمیان با ۱۰ گونه و نعنائیان با پنج گونه، به ترتیب بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه بودند. در بررسی رویشگاه بنه-بادام در پارک بناب از توابع شهرستان ارسنجان در استان فارس، تیره‌های کاسنی (مرکبان) با ۲۶ گونه، بقولات (Fabaceae) و نعنائیان هر یک با ۱۰ گونه و گندمیان با هشت گونه، بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی منطقه بودند (Azizi et al., 2015). در پایش جنگل‌های زاگرس با مطالعه ۳۰ قطعه نمونه دائمی، بیشترین تعداد گونه به ترتیب برای تیره‌های مرکبان، گندمیان، بقولات، چتریان (Apiaceae) و شب‌بو گزارش شد (Ravanbakhsh et al., 2024). طبق نتایج پژوهش پیش‌رو در رویشگاه خجیر، تیره‌های مرکبان و شب‌بو در سال‌های آماربرداری، افزایش گونه داشتند. گونه‌هایی مانند *Alyssum linifolium* و *Alyssum africanum* از تیره شب‌بو و *Anthemis gilanica* و *Epilasia hemilasia* از تیره مرکبان فقط در سال ۱۴۰۲ مشاهده شدند. این تغییرات را می‌توان به شرایط اقلیمی و رقابت نسبت داد که در قسمت غنا و تنوع گونه‌های گیاهی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در مجموع، تراکم گونه‌های گیاهی در رویشگاه خجیر در سه سال آماربرداری نوسان داشت. به طوری که در سال‌های اول و آخر، بدون اختلاف معنی‌داری بود، اما تراکم در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشتر بودن تراکم در سال دوم مربوط به افزایش تراکم برخی گونه‌های تروفیت در این سال بود. گونه‌های یک‌ساله و کوتاه‌زی شامل *Minuartia hamata*، *Buglossoides tenuiflora* و *Litwinowia tenuissima marginatum* و *Malcolmia africana* از تیره شب‌بو و *Epilasia hemilasia* از تیره مرکبان فقط در سال ۱۴۰۲ مشاهده شدند. این تغییرات را می‌توان به شرایط اقلیمی و رقابت نسبت داد که در قسمت غنا و تنوع گونه‌های گیاهی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

بایش سه‌ساله پوشش گیاهی...  
*Boissiera squarrosa Androsace maxima* و *Chardinia orientalis* در سال دوم (۱۴۰۱) تراکم بیشتری نسبت به دو سال دیگر داشتند. از سوی دیگر، تغییرات تراکم برای همه گونه‌ها یکسان نبود و تفاوت‌های بارزی در این زمینه مشاهده شد. تراکم برخی از گونه‌های تروفیت شامل *Heterantherium piliferum*، *Aegilops kotschyi*، *Taeniatherum crinitum* و *Crupina crupinastrum* در طول سه سال مطالعه، روند کاهشی قابل‌توجهی داشت (فرکانس دو گونه اول در طول سه سال ثابت بود و فرکانس دو گونه دیگر کاهش داشت). در حالی که گونه‌های کوتاه‌زی و اغلب بسیار کوچک‌اندام شامل *Androsace maxima*، *Boissiera Arabis nova*، *Alyssum desertorum*، *Crepis sancta*، *Clypeola jonthlaspi squarrosa*، *Nardurus Koelpinia linearis*، *Draba verna subulatus* و *Senecio glaucus* و گونه‌های چندساله *Poa bulbosa* و *Geranium tuberosum* افزایش تراکم داشتند. فرکانس گونه‌های مذکور نیز در طول سه سال افزایشی بود. برخی گونه‌ها مانند *Valerianella Linaria Roemeria hybrida oxyrhyncha* و *Filago griffithii*، *Clypeola jonthlaspi chalepensis* و *Litwinowia tenuissima* در سال اول حضور نداشتند، اما در سال سوم با تراکم به نسبت قابل‌توجهی ثبت شدند. تفسیر دلایل این تغییرات به بررسی‌های طولانی‌مدت پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی نیاز دارد. در پژوهش‌های مختلفی به تغییر در ترکیب پوشش گیاهی تحت تأثیر تغییر در الگوهای بارندگی و فراوانی طوفان‌ها اشاره شده است (Bates et al., 2006). در بررسی پوشش کف در جنگل‌های سوزنی‌برگ سوئد به کاهش قابل‌توجه برخی گونه‌ها مانند *Vaccinium myrtillus* L. و *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. در طول پایش ۱۰ ساله اشاره شد که از دلایل احتمالی آن، توالی در ترکیب با تغییر اقلیم و افزایش ازت ذکر شد (Johnson et al., 2021). در پایش مراتع در غرب ایالات متحده (۲۰۲۰-۱۹۹۱)، افزایش گسترده‌ای در پوشش و تولید گراس‌ها و گونه‌های یک‌ساله

ایالات متحده که با قراردادن سرپناه پوششی، مانع از رسیدن بارندگی به خاک و پوشش گیاهی تحت تیمارهای مختلف شدند. نتایج نشان داد که تیمار ممانعت بهاره، بیشتر از تیمارهای دیگر سبب ایجاد خاک لخت و کاهش تولید گیاهان می‌شود (Bates et al., 2006). طبق یافته‌های دیگر پژوهش مذکور، بسیاری از تغییرات پوشش گیاهی تا چهار سال پس از اعمال تیمارها آغاز نشدند.

تیره‌های مرکبان با ۱۵ گونه، شب‌بو با ۱۱ گونه، گندمیان با ۱۰ گونه و نعنائیان با پنج گونه، به ترتیب بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه بودند. در بررسی رویشگاه بنه-بادام در پارک بناب از توابع شهرستان ارسنجان در استان فارس، تیره‌های کاسنی (مرکبان) با ۲۶ گونه، بقولات (Fabaceae) و نعنائیان هر یک با ۱۰ گونه و گندمیان با هشت گونه، بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی منطقه بودند (Azizi et al., 2015). در پایش جنگل‌های زاگرس با مطالعه ۳۰ قطعه نمونه دائمی، بیشترین تعداد گونه به ترتیب برای تیره‌های مرکبان، گندمیان، بقولات، چتریان (Apiaceae) و شب‌بو گزارش شد (Ravanbakhsh et al., 2024). طبق نتایج پژوهش پیش‌رو در رویشگاه خجیر، تیره‌های مرکبان و شب‌بو در سال‌های آماربرداری، افزایش گونه داشتند. گونه‌هایی مانند *Alyssum linifolium* و *Alyssum africanum* از تیره شب‌بو و *Anthemis gilanica* و *Epilasia hemilasia* از تیره مرکبان فقط در سال ۱۴۰۲ مشاهده شدند. این تغییرات را می‌توان به شرایط اقلیمی و رقابت نسبت داد که در قسمت غنا و تنوع گونه‌های گیاهی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در مجموع، تراکم گونه‌های گیاهی در رویشگاه خجیر در سه سال آماربرداری نوسان داشت. به طوری که در سال‌های اول و آخر، بدون اختلاف معنی‌داری بود، اما تراکم در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشتر بودن تراکم در سال دوم مربوط به افزایش تراکم برخی گونه‌های تروفیت در این سال بود. گونه‌های یک‌ساله و کوتاه‌زی شامل *Minuartia hamata*، *Buglossoides tenuiflora* و *Litwinowia tenuissima marginatum* و *Malcolmia africana* از تیره شب‌بو و *Epilasia hemilasia* از تیره مرکبان فقط در سال ۱۴۰۲ مشاهده شدند. این تغییرات را می‌توان به شرایط اقلیمی و رقابت نسبت داد که در قسمت غنا و تنوع گونه‌های گیاهی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

و کاهش پوشش چندساله گزارش شد (Kleinhesselink et al., 2023). همچنین، افزایش پوشش درختچه‌ای در مناطق مدیترانه‌ای کالیفرنیا و کاهش آن‌ها در بیابان‌های سرد غربی مشاهده شد. نتایج برخی پژوهش‌ها به تأثیر بارش‌های پاییزه بر تراکم پوشش گیاهی اشاره داشتند (Bishop et al., 2024). در پژوهش‌های دیگری، اثرات معکوس دمای خاک بر پوشش گیاهی عنوان شده است (Nassif et al., 2024). همچنین، نقش عوامل دیگری مانند حیات‌وحش و هم‌زیستی‌ها در تغییرات ترکیب گونه‌ای نیز در برخی پژوهش‌ها آمده است (Smith et al., 2012).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو، در مجموع، غنا و تنوع گیاهی پوشش کف در سه سال مطالعه، روند افزایشی داشتند. دلیل این امر را می‌توان کاهش تراکم برخی گونه‌های یک‌ساله هم‌زمان با روند نزولی بارندگی و رطوبت و در نتیجه، کاهش رقابت و باز شدن فضا برای رویش گونه‌های دیگر دانست. Bishop و همکاران (۲۰۲۴) به تأثیر چشمگیر بارندگی به‌ویژه بارش زودهنگام پاییز بر افزایش ارتفاع و تراکم جوامع گیاهی بومی و غیربومی اشاره کردند، در حالی‌که رقابت با گونه‌های مهاجم و غیربومی (در غرب ایالات متحده) مثل *Bromus tectorum* L. مزایای مثبت بارش زودهنگام را برای جامعه گیاهی بومی کاهش می‌دهد. بر اساس داده‌های ایشان، افزایش بارش زودهنگام پاییزی به‌احتمال زیاد با حذف پوشش گیاهی بومی توسط گیاهان یک‌ساله غیربومی مرتبط بود. در منطقه خجیر، مجموع بارش زودهنگام پاییزی (دو ماه اول پاییز) پیش از زمان مطالعه برای سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب ۷۷، ۳۶ و هشت میلی‌متر بود. مجموع بارش هشت‌ماهه پیش از آماربرداری نیز در سه سال، روند کاهشی داشت. کاهش قابل‌توجه بارش سالانه و بارش زودهنگام پاییز در طول سال‌های مطالعه می‌تواند بر کاهش جمعیت و قدرت رقابت گونه‌های با سرشت مهاجمی و قابلیت رشد و تکثیر زیاد و در پی آن، افزایش تنوع گیاهی تأثیرگذار باشد. تراکم گونه‌های گندمیان مانند *Heterantheum piliferum* و *Aegilops kotschy*

*Taeniatherum crinitum* که در سال‌های پربارش با تراکم زیاد، سطح زمین را می‌پوشانند، هم‌زمان با کاهش بارندگی در سال‌های مطالعه، روند کاهشی چشمگیری داشتند. در مقابل، گونه‌هایی مثل *Epilasia Anthemis gilanica* *Malcolmia africana* *Linaria spp. hemilasia* و *Papaver argemone* *Matthiola alyssifolia* در سال‌های دوم و سوم در منطقه ظاهر شدند. این گونه‌های جدید اغلب فرکانس بسیار کمی داشتند و به‌طور معمول در یک یا دو قطعه‌نمونه با تراکم کم ظاهر شدند. به نظر می‌رسد که این گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه، توانایی اشغال گسترده محیط را نداشتند و در هنگام کاهش اثر رقابتی گونه‌های دیگر، امکان رشد و ظهور پیدا کردند. اگرچه گونه‌های مذکور سبب افزایش غنای گونه‌ای شدند، اما در میزان تراکم گیاهی و سطح پوشش کف، روند صعودی ایجاد نکردند. علاوه‌براین، کمینه دمای زمستان در سه سال مطالعه کاهش (متوسط ۲/۹، ۱/۷ و ۰/۷ درجه سانتی‌گراد) و روزهای یخبندان افزایش داشت. از سوی دیگر، در زمستان ۱۴۰۱ بارش و تجمع برف مناسبی در منطقه اتفاق افتاد. این رویدادها به‌احتمال زیاد بر جوانه‌زنی بذرهای خفته و افزایش تنوع اثرگذار بوده است.

یافته‌های مطالعات پوشش گیاهی در آلپاین هیمالیا در هندوستان نشان داد که غنای گونه‌ای در یک دوره پنج‌ساله، افزایش معنی‌داری به میزان ۶/۳ درصد داشت (Sekar et al., 2025). دلیل آن جابه‌جایی برخی گونه‌ها و تغییر در ترکیب جوامع گیاهی به‌دلیل تغییرات اقلیمی ذکر شد. در مطالعات پوشش گیاهی بستر جنگل‌های زاگرس، متوسط شاخص سیمپسون ۰/۶۶ و متوسط شاخص شانون- واینر ۱/۵ محاسبه شد (Ravanbakhsh et al., 2024) که در مجموع اعدادی کمتر از مقادیر جنگل‌های مورد مطالعه در پژوهش پیش‌رو (به ترتیب ۰/۷۷ و ۱/۹۵ برای متوسط سه سال) هستند. حفاظت و قرق طولانی‌مدت در پارک ملی خجیر به‌احتمال زیاد بر تنوع مؤثر بوده است (de Snoo et al., 2012).

و کاهش پوشش چندساله گزارش شد (Kleinhesselink et al., 2023). همچنین، افزایش پوشش درختچه‌ای در مناطق مدیترانه‌ای کالیفرنیا و کاهش آن‌ها در بیابان‌های سرد غربی مشاهده شد. نتایج برخی پژوهش‌ها به تأثیر بارش‌های پاییزه بر تراکم پوشش گیاهی اشاره داشتند (Bishop et al., 2024). در پژوهش‌های دیگری، اثرات معکوس دمای خاک بر پوشش گیاهی عنوان شده است (Nassif et al., 2024). همچنین، نقش عوامل دیگری مانند حیات‌وحش و هم‌زیستی‌ها در تغییرات ترکیب گونه‌ای نیز در برخی پژوهش‌ها آمده است (Smith et al., 2012).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو، در مجموع، غنا و تنوع گیاهی پوشش کف در سه سال مطالعه، روند افزایشی داشتند. دلیل این امر را می‌توان کاهش تراکم برخی گونه‌های یک‌ساله هم‌زمان با روند نزولی بارندگی و رطوبت و در نتیجه، کاهش رقابت و باز شدن فضا برای رویش گونه‌های دیگر دانست. Bishop و همکاران (۲۰۲۴) به تأثیر چشمگیر بارندگی به‌ویژه بارش زودهنگام پاییز بر افزایش ارتفاع و تراکم جوامع گیاهی بومی و غیربومی اشاره کردند، در حالی‌که رقابت با گونه‌های مهاجم و غیربومی (در غرب ایالات متحده) مثل *Bromus tectorum* L. مزایای مثبت بارش زودهنگام را برای جامعه گیاهی بومی کاهش می‌دهد. بر اساس داده‌های ایشان، افزایش بارش زودهنگام پاییزی به‌احتمال زیاد با حذف پوشش گیاهی بومی توسط گیاهان یک‌ساله غیربومی مرتبط بود. در منطقه خجیر، مجموع بارش زودهنگام پاییزی (دو ماه اول پاییز) پیش از زمان مطالعه برای سال‌های ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب ۷۷، ۳۶ و هشت میلی‌متر بود. مجموع بارش هشت‌ماهه پیش از آماربرداری نیز در سه سال، روند کاهشی داشت. کاهش قابل‌توجه بارش سالانه و بارش زودهنگام پاییز در طول سال‌های مطالعه می‌تواند بر کاهش جمعیت و قدرت رقابت گونه‌های با سرشت مهاجمی و قابلیت رشد و تکثیر زیاد و در پی آن، افزایش تنوع گیاهی تأثیرگذار باشد. تراکم گونه‌های گندمیان مانند *Heterantheum piliferum* و *Aegilops kotschy*

منطقه باعث ایجاد آشفتگی و اختلال در پایداری و تجدیدحیات توده شده است. یافته‌های Negahdar Saber و Abbasi (۲۰۱۰) در جنگل تحقیقاتی فیروزآباد در استان فارس نیز نشان داد که قرق پنج‌ساله در این منطقه به اندازه مورد انتظار بر زادآوری بانه مؤثر نبوده است. جوندگان و گرمای شدید در فصل رویش از عوامل اثرگذار در این زمینه ذکر شدند. تداوم قرق کامل در بلندمدت ممکن است تأثیر بهتری بر زادآوری داشته باشد. نقش درختان مادری و تولید بذر سالم و کافی نیز باید بررسی شود (Hamzhepour et al., 2006). در قطعه‌نمونه‌های خجیر، ۸۰ درصد زادآوری بادم کوهی فاقد پرستار بود، اما این گونه خود می‌تواند نقش مهمی به‌عنوان پرستار زادآوری و نهال‌های جوان بانه ایفا کند. اثر قابل‌توجه پوشش درختچه‌ای بر زادآوری بانه اثبات شده است (Hamzhepour et al., 2010; Negahdar Saber & Abbasi, 2006). در مطالعه زادآوری گونه‌های درختی و درختچه‌ای در البرز مرکزی جنوبی، ۶۰ درصد زادآوری بانه تحت حمایت پرستار بود، درحالی‌که ۹۰ درصد زادآوری بادم کوهی فاقد پرستار گزارش شد (Ravanbakhsh et al., 2010).

نتایج پژوهش پیش‌رو علاوه بر پیش کوتاه‌مدت، داده‌های مورد نیاز برای پیش بلندمدت پوشش گیاهی و زادآوری توده‌های جنگلی ایران و تورانی در استان تهران را فراهم می‌کند. با تکرار مطالعات پوشش گیاهی و تحلیل دقیق آن در سال‌های آینده، امکان مقایسه و تجزیه و تحلیل تغییرات بلندمدت فراهم خواهد شد.

### سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از پروژه ملی «سنجش و پیش پوشش گیاهی توده‌های جنگلی ایران و تورانی» با کد مصوب ۰۱۰۱-۰۹-۰۵۳-۰۰۰۲۲-۰۰۰۶۰۳ است که با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شده است. از آقای دکتر مهدی پورهاشمی، رئیس محترم بخش تحقیقات جنگل این مؤسسه برای حمایت‌های پیوسته ایشان در طول انجام پروژه و نیز آقای دکتر ولی‌اله

در سال ۱۴۰۲ در مقطع زمانی آماربرداری، تعداد کمی از گونه‌های یک‌ساله، مراحل رویشی و زایشی خود را کامل کرده و خشک شده بودند. همچنین، تعداد گونه‌هایی که در مرحله گل و میوه بودند، در سال ۱۴۰۲ نسبت به دو سال قبل بیشتر بود. این پدیده با سردتر بودن بهار ۱۴۰۲ نسبت به دو سال قبل (میانگین دمای ۱۵/۴ نسبت به ۱۷/۶ و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد) مطابقت دارد. فعالیت گونه‌های مختلف گیاهی در این سال، دیرتر آغاز شده است.

در رویشگاه خجیر، درختان بالغ و کهن‌سال بانه، تراکم به نسبت قابل‌توجهی داشتند، اما زادآوری فقط برای بادم کوهی ثبت شد و بانه فاقد زادآوری بود. منحنی فراوانی در طبقه‌های ارتفاع برای بادم کوهی نیز نشان داد که تعداد پایه‌های کوچک و جوان کاهش یافته و منحنی به سمت همسال شدن پیش رفته است. توقف زادآوری در رویشگاه خجیر، زنگ خطری است که در صورت ادامه شرایط فعلی، جامعه جنگلی بانه منقرض خواهد شد و این گونه به صورت پراکنده به دامنه‌های سنگی و صخره‌ای محدود خواهد شد. علاوه بر تغییر شرایط اقلیمی و کاهش منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، براساس مشاهده‌های میدانی، جزیره‌ای شدن زیستگاه نیز در کاهش زادآوری درختان و درختچه‌ها مؤثر است. در اثر فعالیت‌های انسانی و گسترش مراکز اداری و شهرک‌ها، سدسازی و جاده‌کشی، مسیرهای مهاجرت حیات وحش مسدود شده که باعث تجمع مکانی و زمانی جمعیت علف‌خواران در محدوده توده‌های جنگلی و چرای بیش‌ازحد ظرفیت و تخریب خاک، پوشش گیاهی و زادآوری درختان شده است. همچنین، اختلال در بوم‌سازگان، کاهش جمعیت گوشت‌خواران و کاهش منابع غذایی سبب افزایش خسارت گونه‌هایی مانند تشی به درختان بانه شده است. در نتیجه، تعداد بسیار زیادی از درختان بالغ و کهن‌سال خجیر دچار پوست‌کنی و زوال تدریجی شده‌اند (Memarzadeh Kiani et al., 2021). بنابراین با وجود حفاظت و قرق طولانی‌مدت منطقه (در گذشته به‌عنوان شکارگاه و امروزه به‌عنوان پارک ملی)، فعالیت‌های انسانی در مناطق اطراف و زون‌های مؤثر بر

حفاظت محیط‌زیست استان تهران، مدیریت مجموعه مناطق حفاظت‌شده جاجرود و نیز محیط‌بانان پرتلاش پارک ملی خجیر و پاسگاه محیط‌بانی باغ شاد سپاسگزاری شود.

مظفریان و آقای دکتر علی‌اصغر معصومی که در شناسایی گونه‌ها، کمک شایسته‌ای داشتند، قدردانی به‌عمل می‌آید. درانتها لازم است که از مسئولان و کارشناسان اداره کل

## References

- Alberdi, I., Condés, S. and Martínez-Millán, J., 2010. Review of monitoring and assessing ground vegetation biodiversity in national forest inventories. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4): 649-676.
- Assadi, M. (Ed.), 1988-2025. *Flora of Iran*, Vols. 1–184. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran (In Persian).
- Azizi, N., Ghorbani Nohooji, M., Arman, M. and Sargazi, F., 2015. Studying of the plant biodiversity in the Arsanjan's Bonab park (Fars province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 2(5): 1-16 (In Persian with English summary).
- Bates, J.D., Svejcar, T., Miller, R.F. and Angell, R.A., 2006. The effects of precipitation timing on sagebrush steppe vegetation. *Journal of Arid Environments*, 64(4): 670-697.
- Bishop, T.B.B., Barnes, A., Nusink, B.C. and St. Clair, S.B., 2024. Earlier fall precipitation increases the competitive advantage of non-native plant communities in a desert ecosystem. *Biological Invasions*, 26(3): 719-731.
- Clifford, H.T. and Stephenson, W., 1975. *An Introduction to Numerical Classification*. Academic Express, New York, USA, 229p.
- de Snoo, G.R., Naus, N., Verhulst, J., van Ruijven, J. and Schaffers, A.P., 2012. Long-term changes in plant diversity of grasslands under agricultural and conservation management. *Applied Vegetation Science*, 15(3): 299-306.
- Diekmann, M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – A review. *Basic and Applied Ecology*, 4: 493-506.
- Esmailzadeh, O., Rahnamazadeh, R. and Amini, T., 2025. Ecological group classification of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* M.Bieb.) in Haraz Valley, Northern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 33(1): 18-35 (In Persian with English summary).
- Ghahari, Gh., Gandomkar, A., Najafpour, B. and Nejabat, M., 2016. Investigating climatic factors affecting the distribution of pistachio forests in Mond Basin. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 27(3): 131-162 (In Persian with English summary).
- Hamzhepour, M., Bordbar, S.K., Joukar, L. and Abbasi, A.R., 2006. The potential of rehabilitation of wild pistacio forests through straight seed sowing and seedling planting. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14(3): 220-207 (In Persian with English summary).
- He, Y., 2014. The effect of precipitation on vegetation cover over three landscape units in a protected semi-arid grassland: Temporal dynamics and suitable climatic index. *Journal of Arid Environments*, 109: 74-82.
- ICP Forests, 2020. *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*, Part VII.1. Assessment of Ground Vegetation, United Nations Economic Commission for Europe, Eberswalde, Germany, 19p.
- Johnson, S.E., Mudrak, E.L. and Waller, D.M., 2006. A comparison of sampling methodologies for long-term forest vegetation monitoring in the Great Lakes Network National Parks. National Park Service, Great Lakes Inventory and Monitoring Network, Technical Report: GLKN/2006/3, Ashland, Wisconsin, USA, 145p.
- Kermavnar, J. and Kutnar, L., 2024. Mixed signals of environmental change and a trend towards ecological homogenization in ground vegetation across different forest types. *Folia Geobotanica*, 58(3): 333-352.
- Kleinhesselink, A.R., Kachergis, E.J., McCord, S.E., Shirley, J., Hupp, N.R., Walker, J., ... and Naugle, D.E., 2023. Long-term trends in vegetation on Bureau of Land Management rangelands in the western United States. *Rangeland Ecology & Management*, 87: 1-12.
- Memarzadeh Kiani, A., Imani Hersini, J. and Karami, M., 2021. Evaluation and development of strategic management plan of *Hystrix indica* in Khojir National Park using a conflict reduction approach. *Journal of Arid Biome*, 11(1): 77-91 (In Persian with English summary).
- Nassif, W.G., Al-Ataby, I.K., Al-Taai, O.T. and Abbood, Z.M., 2024. Impact of soil temperature and precipitation on vegetation cover over selected stations in Iraq. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 21(1): 25-33.

- Negahdar Saber, M.R. and Abbasi, A.R., 2010. Impacts of ground cover vegetation on natural regeneration of wild pistachio (*Pistacia atlantica*) (Case study: wild pistachio experimental forest, Fars province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 630-638 (In Persian with English summary).
- Negahdarsaber, M., Ahmadi, S., Jokar, L. and Abbasi, A., 2019. Investigating the effect of physiographic factors on plant diversity in wild pistachio forests in Fars province (Case study: wild pistachio Research Forest). Journal of Plant Ecosystem Conservation, 6(13): 251-268 (In Persian with English summary).
- Peet, R.K., 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5: 285-307.
- Raunkiaer, C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. Clarendon Press, Oxford, England, 632p.
- Ravanbakhsh, H. and Assadi, M., 2017. Biodiversity of forest and steppe associations in Juniper (*Juniperus excelsa*) habitat of southern Alborz (Firuzkooch, Iran). Journal of Plant Research, 30(3): 591-606 (In Persian with English summary).
- Ravanbakhsh, H., Marvie Mohajer, M.R. and Etemad, V., 2010. Natural regeneration of woody species in woodlands of southern slopes of Elborz mountains (case study: Latian watershed). Iranian Journal of Forest, 2(2): 113-125 (In Persian with English summary).
- Ravanbakhsh, H. and Moshki, A., 2016. The influence of environmental variables on distribution patterns of Irano-Turanian forests in Alborz Mountains, Iran. Journal of Mountain Science, 13: 1375-1386.
- Ravanbakhsh, H., Pourhashemi, M., Hamzeh'ee, B., Rashidi, F., Iranmanesh, Y., Bordbar, S.K., ... and Rahimi, H., 2024. Analysis of ground vegetation of Zagros forests using monitoring plots. Journal of Forest and Wood Products, 77(2): 153-171 (In Persian with English summary).
- Rechinger, K.H. (Ed.), 1963-2005. Flora Iranica, Vols. 1-176. Akademische Druck und Verlagsanstalt, Verlag des Naturhistorischen Museum Wien, Graz and Wien, Austria.
- Sekar, K.C., Thapliyal, N., Bhojak, P., Bisht, K., Pandey, A., Mehta, P., ... and Rawat, R.S., 2025. Early signals of climate change impacts on alpine plant diversity in Indian Himalaya. Biodiversity and Conservation, 34(1): 207-233.
- Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA, 132p.
- Shekarchian, A., Khodashenas, M., Kaduri, M., Poursafari, B., Ghonchepour, M. and Fatahi, M., 2020. Quantitative and qualitative study of *Pistacia* Forests in Kerman Province and suggestions to improve their management. Journal of Iran Nature, 5(1): 27-33 (In Persian with English summary).
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.
- Smith R.W., Statham, M., Norton, T.W., Rawnsley, R.P., Statham, H.L., Gracie, A.J. and Donaghy, D.J., 2012. Effects of wildlife grazing on the production, ground cover and plant species composition of an established perennial pasture in the Midlands region, Tasmania. Wildlife Research, 39: 123-136.
- Taheri Abkenar, K., Salehi, A., Bagheri, J. and Ravanbakhsh, H., 2013. Some ecological properties of *Pistacia atlantica* Desf. in Khojir National Park of Iran. Chinese Journal of Applied Environmental Biology, 19(3): 415-420.
- Talebi, M., Jahanbazy, H., Iranmanesh, Y. and Haghghian, F., 2017. Quantitative and qualitative characteristics of pistachio forests in Chaharmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(2): 254-263 (In Persian with English summary).
- Thimonier, A., Kull, P., Keller, W., Moser, B. and Wohlgemuth, T., 2011. Ground vegetation monitoring in Swiss forests: comparison of survey methods and implications for trend assessments. Environmental Monitoring and Assessment, 174(1-4): 47-63
- Whittaker, R.H., 1977. Evolution of species diversity in land communities: 1-67. In: Hecht, M.K., Steere, W.C. and Prance, G.T. (Eds.) Evolutionary Biology, Vol. 10, Plenum Press, New York, USA.

## پیوست ۱- فهرست گونه‌های گیاهی رویشگاه خجیر

## Appendix 1. Flora of the Khojir site

Scientific name	Family	Life form	Density			Frequency		
			2021	2022	2023	2021	2022	2023
1 <i>Adonis</i> sp.	Ranunculaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
2 <i>Aegilops kotschy</i> Boiss.	Poaceae	Therophyte	394	372	56	16	19	16
3 <i>Ajuga chamaecistus</i> Ging. ex Benth.	Lamiaceae	Chamaephyte	2	2	2	2	2	2
4 <i>Allium scabriscapum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	Cryptophyte	2	5	3	1	3	1
5 <i>Alyssum desertorum</i> Stapf	Brassicaceae	Therophyte	62	103	157	9	14	16
6 <i>Alyssum linifolium</i> Stephan ex Willd. <sup>1</sup>	Brassicaceae	Therophyte	0	0	3	0	0	1
7 <i>Alyssum marginatum</i> Steud. ex Boiss. <sup>2</sup>	Brassicaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
8 <i>Amygdalus lycioides</i> Spach <sup>3</sup>	Rosaceae	Phanerophyte	3	3	3	2	2	2
9 <i>Androsace maxima</i> L.	Primulaceae	Therophyte	370	1576	1463	17	19	20
10 <i>Anthemis gilanica</i> Bornm. & Gauba	Asteraceae	Hemicryptophyte	0	0	1	0	0	1
11 <i>Arabis nova</i> Vill.	Brassicaceae	Therophyte	11	8	69	2	4	14
12 <i>Artemisia sieberi</i> Besser	Asteraceae	Chamaephyte	4	4	4	4	4	4
13 <i>Astragalus macropelmatus</i> Bunge	Fabaceae	Hemicryptophyte	1	1	1	1	1	1
14 <i>Astragalus glaucacanthos</i> Fisch.	Fabaceae	Chamaephyte	2	2	1	2	2	1
15 <i>Boissiera squarrosa</i> (Banks & Sol.) Nevski <sup>4</sup>	Poaceae	Therophyte	4	90	79	2	16	15
16 <i>Bromus danthoniae</i> Trin.	Poaceae	Therophyte	55	45	29	12	14	11
17 <i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae	Therophyte	15	15	27	2	8	10
18 <i>Buglossoides tenuiflora</i> (L.f.) I.M.Johnst.	Boraginaceae	Therophyte	2	284	39	1	18	16
19 <i>Bupleurum gerardi</i> Jacq. <sup>5</sup>	Apiaceae	Therophyte	7	1	3	3	1	1
20 <i>Callipeltis cucullaris</i> (L.) DC.	Rubiaceae	Therophyte	0	0	11	0	0	2
21 <i>Camelina rumelica</i> Velen.	Brassicaceae	Therophyte	0	16	14	0	5	4
22 <i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Cramer <sup>6</sup>	Ranunculaceae	Therophyte	10	3	21	1	1	8
23 <i>Chardinia orientalis</i> (L.) Kuntze	Asteraceae	Therophyte	96	115	105	19	17	19
24 <i>Cleome coluteoides</i> Boiss.	Cleomaceae	Hemicryptophyte	5	4	4	1	1	1
25 <i>Clypeola jonthlaspi</i> L.	Brassicaceae	Therophyte	0	3	67	0	2	12
26 <i>Convolvulus chondrilloides</i> Boiss.	Convolvulaceae	Hemicryptophyte	5	6	11	2	2	2
27 <i>Convolvulus commutatus</i> Boiss.	Convolvulaceae	Hemicryptophyte	1	1	1	1	1	1
28 <i>Cousinia aggregata</i> DC.	Asteraceae	Hemicryptophyte	4	4	4	2	2	2
29 <i>Crepis kotschyana</i> (Boiss.) Boiss.	Asteraceae	Therophyte	4	2	4	3	2	2
30 <i>Crepis sancta</i> (L.) Bornm.	Asteraceae	Therophyte	4	32	87	3	13	13
31 <i>Crucianella gilanica</i> Trin.	Rubiaceae	Chamaephyte	6	8	4	3	2	1
32 <i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.	Asteraceae	Therophyte	218	84	30	16	15	11
33 <i>Draba verna</i> L.	Brassicaceae	Therophyte	132	454	763	8	16	17
34 <i>Echinops</i> sp.	Asteraceae	Hemicryptophyte	1	1	1	1	1	1
35 <i>Epilasia hemilasia</i> (Bunge) C.B.Clarke	Asteraceae	Therophyte	0	0	3	0	0	2
36 <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Geraniaceae	Hemicryptophyte	1	1	26	1	1	8
37 <i>Euphorbia bungei</i> Boiss.	Euphorbiaceae	Hemicryptophyte	1	0	1	1	0	1
38 <i>Filago griffithii</i> (A.Gray) Andrés-Sánchez & Galbany	Asteraceae	Therophyte	0	9	18	0	2	5
39 <i>Gagea</i> sp.	Liliaceae	Cryptophyte	0	0	2	0	0	1
40 <i>Geranium tuberosum</i> L.	Geraniaceae	Cryptophyte	12	59	47	3	3	5
41 <i>Haplophyllum acutifolium</i> (DC.) G.Don	Rutaceae	Chamaephyte	5	4	4	4	3	3
42 <i>Heterantheum piliferum</i> (Banks & Sol.) Hochst.	Poaceae	Therophyte	1855	1636	426	20	19	20
43 <i>Hypericum cf. helianthemoides</i> (Spach) Boiss.	Hypericaceae	Hemicryptophyte	3	2	2	1	1	1
44 <i>Koelpinia linearis</i> Pall.	Asteraceae	Therophyte	12	79	91	5	15	13
45 <i>Linaria chalapensis</i> (L.) Mill.	Plantaginaceae	Therophyte	0	0	34	0	0	4
46 <i>Linaria</i> sp.	Plantaginaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
47 <i>Litwinowia tenuissima</i> (Pall.) Woronow ex Pavlov	Brassicaceae	Therophyte	0	0	21	0	0	5

48	<i>Malcolmia africana</i> (L.) W.T.Aiton <sup>7</sup>	Brassicaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
49	<i>Matthiola alyssifolia</i> (DC.) Bormm. <sup>8</sup>	Brassicaceae	Hemicryptophyte	0	0	1	0	0	1
50	<i>Minuartia hamata</i> (Hausskn. & Bormm.) Mattf.	Caryophyllaceae	Therophyte	697	1129	387	19	19	19
51	<i>Minuartia meyeri</i> (Boiss.) Bormm.	Caryophyllaceae	Therophyte	0	0	9	0	0	5
52	<i>Nardurus subulatus</i> (Banks & Sol.) Bor <sup>9</sup>	Poaceae	Therophyte	27	71	83	9	14	17
53	<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf.	Amaranthaceae	Chamaephyte	1	2	1	1	1	1
54	<i>Nonea caspica</i> (Willd.) G.Don	Boraginaceae	Therophyte	0	0	3	0	0	1
55	<i>Onobrychis aucheri</i> Boiss.	Fabaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
56	<i>Outreya carduiiformis</i> Jaub. & Spach <sup>10</sup>	Asteraceae	Hemicryptophyte	1	2	0	1	1	0
57	<i>Papaver argemone</i> L. <sup>11</sup>	Papaveraceae	Therophyte	0	0	5	0	0	4
58	<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae	Hemicryptophyte	14	40	58	3	6	12
59	<i>Poa</i> sp.	Poaceae	Therophyte	1	8	0	1	3	0
60	<i>Polygala hohenackeriana</i> Fisch. & C.A.Mey.	Polygalaceae	Hemicryptophyte	1	1	1	1	1	1
61	<i>Rochelia disperma</i> (L.f.) K.Koch	Boraginaceae	Therophyte	0	3	3	0	1	2
62	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.	Papaveraceae	Therophyte	0	4	74	0	3	16
63	<i>Scabiosa calocephala</i> Boiss. <sup>12</sup>	Dipsacaceae	Therophyte	0	9	2	0	4	2
64	<i>Scabiosa olivieri</i> Coult. <sup>13</sup>	Dipsacaceae	Therophyte	1	0	13	1	0	8
65	<i>Scandix stellata</i> Banks & Sol.	Apiaceae	Therophyte	0	0	6	0	0	3
66	<i>Scutellaria persica</i> Bormm.	Lamiaceae	Chamaephyte	1	1	1	1	1	1
67	<i>Senecio glaucus</i> L.	Asteraceae	Therophyte	3	28	49	2	7	12
68	<i>Stachys inflata</i> Benth.	Lamiaceae	Chamaephyte	4	4	4	2	2	2
69	<i>Stellaria</i> sp.	Caryophyllaceae	Therophyte	709	516	437	19	19	20
70	<i>Stipa arabica</i> Trin. & Rupr.	Poaceae	Hemicryptophyte	10	10	7	9	7	5
71	<i>Taeniatherum crinitum</i> (Schreb.) Nevski <sup>14</sup>	Poaceae	Therophyte	49	5	1	11	5	1
72	<i>Tanacetum polycephalum</i> Sch.Bip.	Asteraceae	Chamaephyte	3	1	1	2	1	1
73	<i>Teucrium polium</i> L.	Lamiaceae	Chamaephyte	2	2	2	2	2	2
74	<i>Thlaspi arvense</i> L.	Brassicaceae	Therophyte	3	9	13	2	4	4
75	<i>Tragopogon longirostris</i> Bisch. ex Sch.Bip. <sup>15</sup>	Asteraceae	Hemicryptophyte	0	2	0	0	2	0
76	<i>Trigonella</i> sp.	Fabaceae	Therophyte	0	0	1	0	0	1
77	<i>Valerianella oxyrhyncha</i> Fisch. & C.A.Mey. <sup>16</sup>	Caprifoliaceae	Therophyte	0	3	42	0	3	16
78	<i>Velezia rigida</i> L. <sup>17</sup>	Caryophyllaceae	Therophyte	5	8	3	1	6	1
79	<i>Ziziphora tenuior</i> L.	Lamiaceae	Therophyte	3	2	22	2	1	10

Accepted names according to Plants of the World Online (<https://powo.science.kew.org/>):

<sup>1</sup> *Meniocus linifolius* (Stephan ex Willd.) DC.

<sup>2</sup> *Alyssum szovitsianum* Fisch. & C.A.Mey.

<sup>3</sup> *Prunus lycioides* (Spach) C.K.Schneid.

<sup>4</sup> *Bromus pumilio* (Trin.) P.M.Sm.

<sup>5</sup> *Bupleurum affine* Sadler

<sup>6</sup> *Ranunculus falcatus* L.

<sup>7</sup> *Strigosella africana* (L.) Botsch.

<sup>8</sup> *Dvorakia alyssifolia* (DC.) D.A.German

<sup>9</sup> *Festuca orientalis* (Boiss.) B.Fedtsch.

<sup>10</sup> *Jurinea carduiiformis* (Jaub. & Spach) Boiss.

<sup>11</sup> *Roemeria argemone* (L.) C.Morales, R.Mend. & Romero García

<sup>12</sup> *Lomelosia calocephala* (Boiss.) Greuter & Burdet

<sup>13</sup> *Lomelosia olivieri* (Coult.) Greuter & Burdet

<sup>14</sup> *Taeniatherum caput-medusae* (L.) Nevski

<sup>15</sup> *Tragopogon coelesyriacus* Boiss.

<sup>16</sup> *Valeriana oxyrhyncha* (Fisch. & C.A.Mey.)

<sup>17</sup> *Dianthus nudiflorus* Griff.