

## Research Paper

# Ten-Year Monitoring of the Vegetation Composition of the Sisangan Forest Park before and after the *Cydalima perspectali* Outbreak

Yeganeh Karimi<sup>1</sup>, Omid Esmailzadeh<sup>2</sup>  and Azam Sadat Nouraei<sup>3</sup>

1- Master's student, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2- Associate Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, (Corresponding author: oesmailzadeh@modares.ac.ir)

3- Ph.D. of Forestry and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: 21 May 2023

Accepted: 3 January 2024

Revised: 2 January 2024

Available online: 13 March 2024

## Extended Abstract

**Background:** The Hyrcanus boxwood is the only type of boxwood in the Hyrcanus forests of Iran and one of the few evergreen broadleaf trees in the Hyrcanus forests. Today, boxwood is included in Iran's red list of endangered plants. On the one hand, a major part of the boxwood forests of the Hyrkani region have been destroyed due to the excessive exploitation of boxwood trees during the past decades. On the other hand, the occurrence of the boxwood leaf burn fungal disease and, more importantly, the outbreak of the boxwood moth pest have destroyed large areas of these forests (more than 80-90 percent of them). Due to the importance of the Caspian boxwood and its high value in terms of biodiversity, forest managers are trying to investigate factors affecting this pest in the forest ecosystem. The present study intends to investigate the effect of the boxwood moth pest on the above-below-ground vegetation in the two monitoring periods, namely 2010 and 2022 (before and after the boxwood moth pest outbreak, respectively) in the *Buxus hyrcanus* Pojark reserve in Sisangan.

**Methods:** The above-ground vegetation was studied with the Braun-Blanquet method at peak vegetation cover by the systematic-selective method in 200 and 400-meter grid dimensions by considering the indicator stand concept in 2010 (and 2022 (before and after the moth pest outbreak, respectively). First, a list of all plant species was recorded in each sample plot by the vegetative form, and then the abundance and predominance of plant species were recorded based on the Brown-Blanke scale. Then, they were accurately identified using the available resources, including Flora Iranica, Persian Flora Collection of Iran, and Color Flora of Iran. The biological form of plants was determined based on the Rankier classification, followed by drawing the biological spectrum. This classification of plants is divided based on the location of regenerating buds where new branches and leaves originate after an unfavorable season. To investigate the geographical distribution or chorology of the plants, their distribution areas were first determined using the mentioned floral sources, and then the chorotypes of the species were divided based on the classification of geographical areas and toxic floristic areas. The geographical distribution spectrum of plants in the region was also drawn in the form of a histogram.

**Results:** The results showed that 52 and 69 species in 2010 and 2022 were respectively identified in the Sisangan boxtree (*B. hyrcanus* Pojark) forest reserve. In 2010, Phanerophytes and Cryptophytes with 44% (23 species) and 19% (10 species) were the most present trees, respectively. In 2022, Phanerophytes and Trophytes with 38% (26 species) and 23% (16 species) were the most important biological spectrums, respectively. The results of examining species diversity, evenness, and species richness indices revealed a significant difference ( $P < 0.001$ ) between the values of species diversity, evenness, and species richness indices in two monitoring periods (2010 and 2022). The indicators of species diversity, uniformity, and species richness of Rosemary cover were significantly different ( $P < 0.001/001$ ) between the values of Rosemary species diversity, uniformity, and species richness indicators in two monitoring periods (2010 and 2022). In the examination of the degree of similarity between past and present vegetation of the Shamshad Sisangan Reservoir using Jaccard and Sorenson functions, the degree of similarity of Rosemary vegetation was small in the two monitoring periods. The occurrence of any natural




disturbance in the forest communities causes a change in the sequence of vegetation and a decrease in the similarity between the vegetation before and after the disturbance. Therefore, the results of this research showed that species richness and diversity increased with the intensity of leaf-eating by the pest of boxwood moth and the opening of the canopy. Because the characteristics of the disturbance regimes strongly affect the dynamics and sequence of the forest, the use of a conservation management strategy can play an important role in reducing its effects. **Conclusion:** This research demonstrates that species richness and diversity increase with the intensity of defoliation by the boxwood pest and opening the canopy. Additionally, because the aboveground in the infected areas is often covered with pioneer and herbaceous species, management strategies should be prioritized to direct the succession path in this reservoir toward the climax stages.

**Keywords:** Aboveground Vegetation, Biodiversity, Defoliation, Hyrcanian Boxwood, Resilience

**How to Cite This Article:** Karimi, Y., Esmailzadeh, O., & Nouraei, A. S. (2024). Ten-Year Monitoring of the Vegetation Composition of the Sisangan Forest Park before and after the *Cydalima perspectali* Outbreak. *Ecol Iran For*, 12(1), 1-15. DOI: 10.61186/ifej.12.1.1

## مقاله پژوهشی

پایش ده‌ساله ترکیب پوشش گیاهی پارک جنگلی سی‌سنگان قبل و بعد از طغیان  
آفت شب‌پره شمشاد (*Cydalima perspectalis* Walker)یگانه کریمی<sup>۱</sup>، امید اسماعیل‌زاده<sup>۲</sup>  و اعظم‌السادات نورائی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، (نویسنده مسؤول: oesmailzadeh@modares.ac.ir)

۳- دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

صفحه: ۱ تا ۱۵

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark) تنها گونه از جنس شمشاد و از معدود درختان پهن‌برگ همیشه سبز جنگل‌های هیرکانی است. هرچند شمشاد در لیست قرمز گیاهان ایران در طبقه حفاظتی در معرض خطر (Endangered) معرفی می‌شود اما انهدام بخش عمده‌ای از جنگل‌های شمشاد ناحیه هیرکانی از یک‌سو به دلیل تخریب رویشگاه و تغییر کاربری زمین در طول دهه‌های گذشته و از سوی دیگر بروز بیماری قارچی سوختگی برگ شمشاد و مهم‌تر از آن طغیان آفت شب‌پره که در طی مراحل استقرار، این گونه ابتدا اپیدرم برگ را مورد تهاجم قرار داده و سپس برگ‌های کامل و پوست تنه شاخه و ساقه را مورد استفاده قرار می‌دهد سبب شده است تا سطوح وسیعی از این جنگل‌ها (بیش از ۸۰-۹۰ درصد آن‌ها) نابود شده و بنابراین می‌توان اذعان داشت که در حال حاضر شمشاد هیرکانی در معرض انقراض (Critically Endangered) است. پژوهش حاضر در نظر دارد تا تأثیر فعالیت برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد بر عملکرد پوشش گیاهی روزمینی را در دو دوره پایش ۱۳۹۰ (قبل از آفت شب‌پره شمشاد) و ۱۴۰۱ (بعد از آفت شب‌پره شمشاد) در ذخیره‌گاه شمشاد هیرکانی سی‌سنگان را مورد ارزیابی قرار دهد.

**مواد و روش‌ها:** نمونه‌برداری از ترکیب پوشش گیاهی در فصل پاییز برای ثبت پوشش پیش‌بهاره و فصل رویش هنگامی که انتظار می‌رود سهم عمده‌ای از ترکیب گیاهی در منطقه حضور داشته و به رشد کامل رسیدند در سال ۱۳۹۰ (قبل از شیوع آفت شب‌پره) و ۱۴۰۱ (پس از شیوع آفت شب‌پره) انجام شد. اندازه قطعات نمونه مطابق با اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه ترکیب پوشش گیاهی رویش‌های جنگلی نواحی معتدله ۴۰۰ متر مربع (۲۰×۲۰ متر) در نظر گرفته شد. در هر قطعه نمونه ابتدا فهرست کلیه گونه‌های گیاهی به تفکیک فرم رویشی ثبت شده و سپس وفور و غلبه (درصد تاج پوشش) گونه‌های گیاهی بر مبنای مقیاس براون-بلانکه ثبت شد. سپس با استفاده از منابع موجود شامل فلور ایرانیاک مجموعه فلورهای فارسی ایران و فلور رنگی ایران به‌طور دقیق مورد شناسایی قرار گرفتند. شکل زیستی گیاهان بر اساس رده‌بندی رانکایر تعیین شده و طیف زیستی ترسیم شد. اشکال زیستی گیاهان منطقه تعیین شده به‌منظور بررسی پراکنش جغرافیایی یا کورولوژی گیاهان ابتدا مناطق انتشار آنها با استفاده از منابع فلوری مذکور تعیین شده و بعد کوروتیپ گونه‌ها بر مبنای تقسیم‌بندی نواحی جغرافیایی و مناطق فلوریستیک زهری تقسیم گردید طیف پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه نیز به‌صورت هیستوگرام ترسیم شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تعداد ۵۲ گونه در سال ۱۳۹۰ و تعداد ۶۹ گونه در سال ۱۴۰۱ در پوشش روزمینی در ذخیره‌گاه شمشاد پارک جنگلی سی‌سنگان شناسایی شد، که ۴۹ گونه (۶۷ درصد) به‌طور مشترک در ترکیب پوشش روزمینی در سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ حضور داشته، ۴ گونه (۵ درصد) تنها در سال ۱۳۹۰ و ۲۰ گونه (۲۷ درصد) تنها در پوشش گیاهی روزمینی در ۱۴۰۱ حضور داشتند. بررسی طیف بیولوژیک عناصر گیاهی پوشش روزمینی در سال ۱۳۹۰ نشان داد که فانروفیت‌ها با ۴۴ درصد (۲۳ گونه)، کریپتوفیت‌ها و همی کریپتوفیت‌ها با ۱۹ درصد (۱۱ گونه) به‌ترتیب بیشترین حضور را به‌خود اختصاص دادند. اما در بررسی طیف بیولوژیک عناصر گیاهی در سال ۱۴۰۱ فانروفیت‌ها با ۳۸ درصد (۲۶ گونه)، تروفیت‌ها با ۲۳ درصد (۱۶ گونه) به‌ترتیب بیشترین حضور را به‌خود اختصاص دادند. در بررسی منطقه پراکنش پوشش گیاهی روزمینی در سال ۱۳۹۰، عناصر اروپا سبیری با ۵۰ و ۴۶ درصد (۳۴ و ۳۸ گونه)، چند منطقه‌ای‌ها با ۱۵ و ۱۹ درصد (۱۵ و ۱۶ گونه) به‌ترتیب بیشترین حضور را به‌خود اختصاص داده‌اند. نتایج بررسی شاخص‌های تنوع گونه‌ای، یکنواختی و غنای گونه‌ای پوشش روزمینی در دو دوره پایش در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ نشان داد که بین مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای روزمینی، یکنواختی و غنای گونه‌ای در دو دوره پایش (۱۳۹۰ و ۱۴۰۱) اختلاف معنی‌دار ( $p > 0.001$ ) وجود دارد. در بررسی درجه تشابه گونه‌ای پوشش گیاهی گذشته و کنونی ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان با استفاده از توابع جاکارد و سورنسون مشخص شد که میزان تشابه پوشش گیاهی روزمینی در دو دوره پایش اندک بوده است. چون بروز هرگونه اختلال طبیعی در جوامع جنگلی موجب بروز تغییر در مسیر توالی پوشش گیاهی روزمینی و کاهش تشابه بین پوشش گیاهی قبل و بعد از اختلال می‌شود در واقع نتایج این تحقیق نشان داد که غنا و تنوع گونه‌ای با افزایش شدت برگ‌خواری بوسیله آفت شب‌پره شمشاد و باز شدن تاج پوشش افزایش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری کلی:** نتایج حاصل از این پژوهش تصریح می‌کند که با توجه به اینکه پوشش گیاهی روزمینی در قطعه نمونه‌های آلوده غالباً از گونه‌های پیشگام و علفی تشکیل شده است بنابراین هرگونه اقدام مدیریتی به‌منظور بازسازی و احیای این ذخیره‌گاه ارزشمند باید در اولویت قرار گیرد تا مسیر توالی در این ذخیره‌گاه ارزشمند به‌سمت مرحله اوج محقق شود. چون ویژگی‌های رژیم‌های اختلال به‌شدت بر پویایی و توالی جنگل تأثیر گذاشته و در این رابطه بهره‌گیری از راهبرد مدیریت حفاظتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات آن ایفا نماید.

**واژه‌های کلیدی:** برگ‌خواری، پوشش روزمینی، تاب‌آوری، تنوع زیستی، شمشاد هیرکانی

## مقدمه

(and Esmailzad., 2014). اگرچه شمشاد در لیست قرمز گیاهان ایران در طبقه حفاظتی در معرض خطر معرفی شده است (Jalili and Jamzad, 1999). اما از یک‌سو انهدام بخش عمده‌ای از جنگل‌های شمشاد ناحیه هیرکانی به‌دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از درختان شمشاد در طول دهه‌های گذشته و از سوی دیگر بروز بیماری قارچی سوختگی برگ شمشاد و مهم‌تر از آن طغیان آفت شب‌پره شمشاد سبب شده است تا سطوح وسیعی از این جنگل‌ها (بیش از ۸۰-۹۰ درصد آنها) نابود

شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark) تنها گونه از جنس شمشاد در جنگل‌های هیرکانی ایران و از معدود درختان پهن‌برگ همیشه سبز جنگل‌های هیرکانی با دیرزیستی بالا (بیشتر از ۵۰۰ سال) است که محدوده پراکنش آن از جلگه تا ارتفاع ۱۷۰۰ متری از سطح دریا (جنگل‌های فریم ساری) و از آستارا تا چشمه‌بلبل بندرگز است (Asadi. et al., 2018; Khabazi and Esmailzadeh., 2020; Soleimanipour

کرده و به شدت بر ساختار و عملکرد این اکوسیستم‌ها تأثیرگذار می‌باشند (Fettig *et al.*, 2007). فرآیند برگ‌خواری با تأثیر بر میزان رقابت بین و درون گونه‌ای ترکیب گیاهی هر منطقه، در تغییر ترکیب پوشش گیاهی آن منطقه تأثیرگذار هستند (Kim *et al.*, 2013). میزان اختلال حاصله از این فرآیند از میزان اختلال ناشی از بروز طوفان‌های شدید، باد، آتش‌سوزی و فعالیت‌های بهره‌برداری در جنگل بیشتر ارزیابی می‌شود (Gandhi *et al.*, 2014). بر این اساس، پژوهش حاضر در نظر دارد تا پایشی ده ساله از پوشش گیاهی روزمینی ذخیره‌گاه شمشاد سی سنگان (قبل و بعد از حمله آفت شب پره شمشاد) که یکی از رویشگاه‌های منحصربه‌فرد شمشاد در جنگل‌های جلگه‌ای هیرکانی محسوب می‌شود را مورد بررسی قرار دهد.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

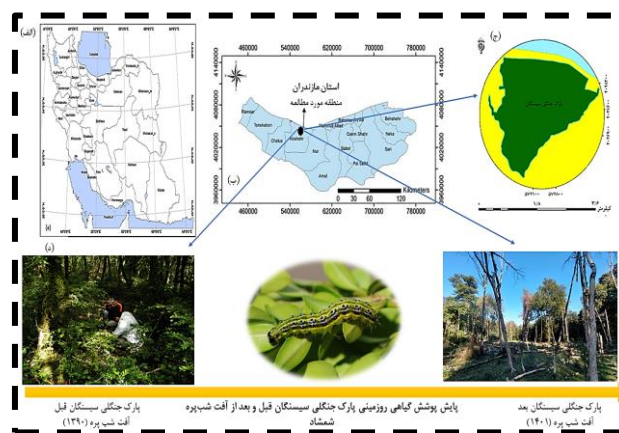
ذخیره‌گاه شمشاد سی سنگان با طول جغرافیایی  $51^{\circ}59'47''$  و عرض جغرافیایی  $36^{\circ}36'45''$  در  $34^{\circ}27'$  کیلومتری جاده نوشهر به نور قرار دارد (Naghi-Njad and Zarezadeh, 2012). مساحت کل پارک جنگلی ۵۹۲ هکتار است که از این میزان، حدود ۵۴۰ هکتار آن به صورت جنگل حفاظت شده شمشاد مدیریت می‌گردد. به‌طور کلی، شیب عرصه در کلاسه ۵-۰ درصد قرار دارد و از ارتفاع ۲۶ متر در بخش ساحلی شروع شده، تا ارتفاع ۱۲۵ متر از سطح دریا به سمت جنگل‌های کوهپایه‌ای ادامه دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۳۰۱ میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه ۱۶/۵ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه خیلی مرطوب با زمستان‌های معتدل محسوب می‌شود (Sekhavat *et al.*, 2015). از جمله مهمترین گونه‌های شاخص جنگل‌های هیرکانی که در این پارک نیز موجودند می‌توان به *Buxus hyrcana*، شمشاد، *Carpinus betulus* (مرمز و *Parrotia persica*) انجیلی اشاره کرد. قسمت عمده این پارک توسط پایه‌های شمشاد پوشانده شده است که متأسفانه به‌دلیل بیماری دچار خشکیدگی شدید شده‌اند (Kargar *et al.*, 2023) (شکل ۱).

شوند. از این‌رو می‌توان اظهار داشت که شمشاد در فهرست گونه‌های به‌شدت در معرض خطر جنگل‌های هیرکانی قرار دارد.

پروانه شب پره شمشاد (*Cydalima perspectalis*) (Walker در ابتدا در اروپا و کشورهای هلند و آلمان در سال ۲۰۰۶، شناسایی (Krüger, 2008) و سپس به‌سرعت در کشورهای سوئیس (Leuthardt and Baur, 2013)، انگلیس (Šumpich, 2012)، فرانسه (Salisbury *et al.*, 2012)، اسلونی (Seljak, 2012)، رومانی (Székely *et al.*, 2011)، بلژیک (Casteels *et al.*, 2011)، ایران (Kazerani *et al.*, 2019) و بسیاری از کشورهای دیگر مشاهده شد. این گونه بومی آسیای شرقی (هند، چین، کره، ژاپن) است و از تمام گونه‌ها و وارسته‌های تیره شمشاد (*Buxaceae*) تغذیه می‌کند (Leuthardt and Baur, 2013). در طی مراحل استقرار، این گونه ابتدا اپیدرم برگ را مورد تهاجم قرار داده و سپس برگ‌های کامل و پوست تنه شاخه و ساقه را مورد استفاده قرار می‌دهد. فضولات رنگ روشن لاروها بین برگ‌ها و شاخه‌ها در جنگل‌های آلوده به‌راحتی قابل مشاهده است (Matsiakh *et al.*, 2018).

آفات و حشرات در جنگل می‌تواند کل چشم‌انداز یک اکوسیستم را مستقیماً تحت تأثیر قرار داده و در پی آن برخی از گونه‌های گیاهی یا کل اکوسیستم را در معرض تهدید قرار دهند (Lynch *et al.*, 2004). ساختار، ترکیب و عملکرد اکوسیستم‌ها به‌واسطه اختلال زیستی ناشی از انهدام تاج پوشش جنگل مختل می‌گردد (Seidl *et al.*, 2017). آسیب ناشی از فعالیت آفات یکی از عوامل موثر بر پویایی اکوسیستم‌های جنگلی و تنوع زیستی نیز محسوب می‌شود (Soja *et al.*, 2007).

حشرات از اجزای اصلی اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شوند که حائز بیشترین تنوع گونه‌ای بوده و تقریباً تمامی فرایندها و کارکردهای یک اکوسیستم جنگلی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. فرآیند برگ‌خواری لارو حشرات با تأثیر بر میزان تولید اولیه، چرخه مواد مغذی و حتی توالی اکولوژیکی نقش تعیین‌کننده‌ای بر اندازه، توزیع و فراوانی درختان جنگلی ایفا



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه، ایران (الف) استان مازندران (ب) نقشه پارک جنگلی سی سنگان (ج) تصاویر منطقه قبل و بعد از برگ‌خواری آفت شب‌پره (د) Figure 1. The study area, (a) Mazandaran province (b) location of Sisangan forest park (c) pictures of the area before and after boxwood moth defoliation (2022)

## روش تحقیق

نمونه‌برداری از ترکیب پوشش گیاهی منطقه در فصل زمستان برای ثبت پوشش پیش‌بهاره جنگل و فصل رویش هنگامی که انتظار می‌رود اکثر گیاهان در منطقه حضور داشته و به رشد کامل رسیدند در سال ۱۳۹۰ (قبل از شیوع آفت شب‌پره) و ۱۴۰۱ (پس از شیوع آفت شب‌پره) انجام شد (Esmailzadeh *et al.*, 2011). اندازه قطعات نمونه مطابق با اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه ترکیب پوشش گیاهی رویش‌های جنگلی نواحی معتدله ۴۰۰ متر مربع (۲۰ × ۲۰ متر) در نظر گرفته شد (Dengler and Boch, 2008). در هر قطعه نمونه ابتدا فهرست کلیه گونه‌های گیاهی به تفکیک فرم رویشی ثبت شده و سپس وفور و غلبه (درصد تاج پوشش) گونه‌های گیاهی بر مبنای مقیاس براون-بلانکه ثبت شد (Mesdaghi, 2011). سپس با استفاده از منابع موجود شامل فلور ایرانیکا (Rechinger *et al.*, 1963)، مجموعه فلورهای فارسی ایران (Assadi *et al.*, 2008) و فلور رنگی ایران به‌طور دقیق مورد شناسایی قرار گرفتند (Ghahraman, 2000). شکل زیستی گیاهان بر اساس رده‌بندی رانکایر تعیین شده و طیف زیستی ترسیم گردید (Raunkiaer, 1934). در این رده‌بندی گیاهان بر اساس موقعیت جوانه‌های تجدید حیات کننده که شاخه‌ها و برگ‌های جدید بعد از فصل نامساعد در آنها منشأ می‌گیرند تقسیم می‌شوند. اشکال زیستی گیاهان منطقه تعیین شده به‌منظور بررسی پراکنش جغرافیایی یا کورولوژی گیاهان ابتدا مناطق انتشار آنها با استفاده از منابع فلوری مذکور تعیین شده و بعد کوروتیپ گونه‌ها بر مبنای تقسیم‌بندی نواحی جغرافیایی و مناطق فلوریستیک زهری تقسیم گردید (Zohary

et al., 1993). طیف پراکنش جغرافیایی گیاهان منطقه نیز به‌صورت هیستوگرام ترسیم شد.

## تنوع زیستی ترکیب گیاهی روزمینی قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از آفت شب‌پره شمشاد

تجزیه و تحلیل‌های تنوع زیستی گیاهی با استفاده از شاخص‌های عددی تنوع زیستی (جدول ۱) برای هر دو بخش ترکیب پوشش گیاهی روزمینی گذشته و کنونی نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی در پوشش گیاهی گذشته و کنونی بر مبنای مقادیر درصد تاج پوشش گونه‌ها برآورد شد. البته در محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی پوشش گیاهی روزمینی ضرورت دارد تا داده‌های رتبه‌ای تاج پوشش (مقیاس براون-بلانکه) به داده‌های کمی درصد تاج پوشش تبدیل شود که برای این منظور ضرایب فروانی-وفور یا مقیاس براون-بلانکه با استفاده از روش میانگین مقادیر کمینه و بیشینه هر طبقه به درصد تاج پوشش تبدیل شد (Esmailzadeh *et al.*, 2009). در این پژوهش از شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف، ماگوران و منهینیک استفاده شد (Esmailzadeh *et al.*, 2011). جهت بررسی شاخص یکنواختی سیمسون، پایلو و شاخص اصلاح‌شده هیل استفاده شد (Ejtihadi *et al.*, 2012). شاخص‌های تنوع گونه‌ای در واقع ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است. این شاخص دو مقدار غنای گونه‌ای و یکنواختی را در یک کمیت جمع‌آوری می‌کند. در این تحقیق بررسی تنوع گونه‌ای از توابع شانون-وینر، هیل و سیمپسون استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع گونه‌ای

Table 1. Indices of richness, evenness and species diversity

منبع References	فرمول Formula	شاخص‌ها Indicators
(Maguran, 1996)	$R = S$	غنای ماگوران Maggioran richness index
(Margalef, 1973)	$R_1 = \frac{s-1}{\ln N}$	غنای مارگالف Margalef richness index
(Menhinick, 1964)	$R_2 = \frac{s}{\sqrt{N}}$	غنای منهینیک Menhinick's richness index
تنوع Diversity		
(Peet, 1974)	$p_i = \frac{n_i}{N}$	شانون-وینر Shannon-Weiner diversity index
(Peet, 1974)	$N_1 = e^H$	هیل Hill diversity index
(Hill, 1973)	$\lambda = 1 - \sum P_i^2$	سیمپسون Simpson diversity index
یکنواختی Evenness		
(Hill, 1973)	$\frac{E_1}{\lambda'} = \frac{1/\lambda'}{s}$	سیمپسون Simpson evenness index
(Peet, 1974)	$J' = \left[ -\sum_i^p \ln(P_i) \right] / \ln s$	پیلو Pillow evenness index
(Hill, 1973)	$E_4 = \frac{N_2}{N_1}$	هیل Hill evenness index

Pi سهم افراد در گونه نام نسبت به کل نمونه که به‌صورت  $P_i = \frac{n_i}{N}$  تعریف می‌شود، S تعداد گونه‌ها است.

Pi is the share of individuals in the i-the species compared to the total sample, which is defined as  $P_i = \frac{n_i}{N}$ , S is the number of species.

(رابطه ۱۱) و سورنسون (رابطه ۱۰) به تفکیک برای هر دوره پایش محاسبه شد (Greig-Smith, 1983).

تشابه بین ترکیب گونه‌ای پوشش روزمینی قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از آفت شب‌پره با استفاده از شاخص تشابه جاکارد

۱۴۰۱، تیره‌های *Asteraceae* (۷ گونه، ۱۰ درصد)، *Poaceae* (۶ گونه، ۹ درصد)، *Rosaceae* (۶ گونه، ۹ درصد) و *Lamiaceae* (۴ گونه، ۶ درصد) به عنوان بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی موجود در منطقه در سال ۱۴۰۱ بودند که در مجموع ۳۳ درصد از کل گونه‌ها را شامل شدند.

در بررسی شکل‌های رویشی ترکیب گیاهی روزمینی در دو دوره پایش قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از آفت شب‌پره در ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان به تفکیک چوبی، علفی، گندمی و سرخس مشخص گردید که گیاهان چوبی با (۴۴ درصد) و گیاهان علفی (۳۷ درصد) بیشترین سهم گونه‌های گیاهی روزمینی در ۱۳۹۰ را تشکیل دادند (جدول ۳)، این در حالی است که در پوشش روزمینی بعد از آفت شب‌پره گیاهان علفی با (۴۲ درصد) و گیاهان چوبی (۳۹ درصد) بیشترین سهم را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). بررسی طیف بیولوژیک عناصر گیاهی پوشش روزمینی در سال ۱۳۹۰ به‌روش رانکایر نشان داد که فانروفیت‌ها با ۴۴ درصد (۲۳ گونه)، کریپتوفیت‌ها با ۱۹ درصد (۱۰ گونه)، همی کریپتوفیت‌ها با ۱۹ درصد (۱۰ گونه) و تروفیت‌ها با ۱۷ درصد (۹ گونه) به‌ترتیب بیشترین حضور را به‌خود اختصاص دادند. اما در بررسی طیف بیولوژیک عناصر گیاهی در سال ۱۴۰۱ فانروفیت‌ها با ۳۸ درصد (۲۶ گونه)، تروفیت‌ها با ۲۳ درصد (۱۱ گونه)، همی کریپتوفیت‌ها با ۲۳ درصد (۱۶ گونه) و کریپتوفیت‌ها با ۱۶ درصد (۱۱ گونه)، به‌ترتیب بیشترین حضور را به‌خود اختصاص دادند (شکل ۳).

$$ISs = [2C / (2C + A + B)]$$

$$ISj = [C / (C + A + B)]$$

ISs = ضریب تشابه سورنسون

ISj = ضریب تشابه جاکارد

A = تعداد گونه‌های که فقط در پوشش گیاهی کنونی حضور می‌یابند.

B = تعداد گونه‌هایی که فقط در بانک بذر خاک حضور می‌یابند.

C = تعداد گونه‌هایی که در هر دو بخش پوشش گیاهی کنونی و بانک بذر خاک حضور می‌یابند.

## نتایج و بحث

به طور کلی بر اساس داده‌های پوشش گیاهی در سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ تعداد ۵۲ گونه در سال ۱۳۹۰ و تعداد ۶۹ گونه در سال ۱۴۰۱ در ذخیره‌گاه شمشاد پارک جنگلی سی‌سنگان شناسایی شد که ۴۹ گونه (۶۷ درصد) به طور مشترک در هر دو سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ حضور داشته، ۴ گونه (۵ درصد) تنها در سال ۱۳۹۰ و ۲۱ گونه (۲۸ درصد) تنها در پوشش گیاهی روزمینی در ۱۴۰۱ حضور داشتند (جدول ۲). در این رابطه تیره‌های *Lamiaceae* (۵ گونه، ۱۰ درصد)، *Rosaceae* (۵ گونه، ۱۰ درصد)، *Poaceae* (۴ گونه، ۸ درصد) و *Asteraceae* (۴ گونه، ۸ درصد) به‌عنوان بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی موجود در منطقه در سال ۱۳۹۰ بودند که در مجموع ۳۳ درصد از کل گونه‌ها را شامل شدند. در این رابطه و در پایش پوشش روزمینی در سال

جدول ۲- ترکیب گیاهی، شکل زیستی، کورولوژی پوشش گیاهی روزمینی قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد  
Table 2. Vegetation composition, life form, and chorology of aboveground vegetation before (2010) and after (2022) boxwood moth defoliation (2022)

Vegetation composition	Biological form	Vegetative form	Geographic distribution	Species name
ترکیب پوشش گیاهی	شکل زیستی	شکل رویشی	پراکنش جغرافیایی	نام گونه
۱۴۰۱	۱۳۹۰			
*	*	فانروفیت	اروپا-سیبری	<i>Acer cappadocicum</i> Gled
		Ph	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	اروپا-سیبری	<i>Acer velutinum</i> Boiss
		Ph	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چندمنطقه‌ای	Swingle.) <i>Ailanthus altissima</i> Mill
		Ph	Plurereg	
	*	همی کریپتوفیت	اروپا-سیبری	<i>Ajuga reptans</i> L.
		He	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	اروپا-سیبری	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz
		Ph	Euro-Sib	
*	*	کریپتوفیت	چندمنطقه‌ای	L. <i>Asplenium adiantum-nigrum</i>
		Cry	Plurereg	
*	*	کریپتوفیت	چندمنطقه‌ای	<i>Asplenium scolopendrium</i> L.
		Cry	Plurereg	
*	*	همی کریپتوفیت	اروپا-سیبری - مدیترانه ای	<i>Atropa belladonna</i> L.
		He	Euro-Sib. Medit.	
*	*	تروفیت	چندمنطقه‌ای	<i>Bidens tripartita</i> L.
		Th	Plurereg	
*	*	همی کریپتوفیت	اروپا-سیبری - ایران - تورانی	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Heds.) P. Beauv
		He	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	فانروفیت	اروپا-سیبری	<i>Buxus hyrcana</i> Pajark
		Ph	Euro-Sib	
*	*	همی کریپتوفیت	اروپا-سیبری - مدیترانه‌ای - ایران - تورانی	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P
		He	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	تروفیت	اروپا-سیبری - ایران - تورانی	<i>Cardamine impatiens</i> L.
		Th	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	کریپتوفیت	اروپا-سیبری - ایران - تورانی	<i>Carex divulsa</i> Stokes
		Cry	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	کریپتوفیت	اروپا-سیبری - مدیترانه ای	<i>Carex sylvatica</i> L.
		Cry	Euro-Sib. Medit	
*	*	همی کریپتوفیت	چندمنطقه‌ای	<i>cernum</i> L. <i>Carpesium</i>
		He	Plurereg	
*	*	همی کریپتوفیت	چندمنطقه‌ای	<i>Carpesium abrotanoides</i> L.
		He	Plurereg.	
*	*	فانروفیت	اروپا-سیبری - مدیترانه ای	<i>Carpinus betulus</i> L.
		Ph	Euro-Sib. Medit.	

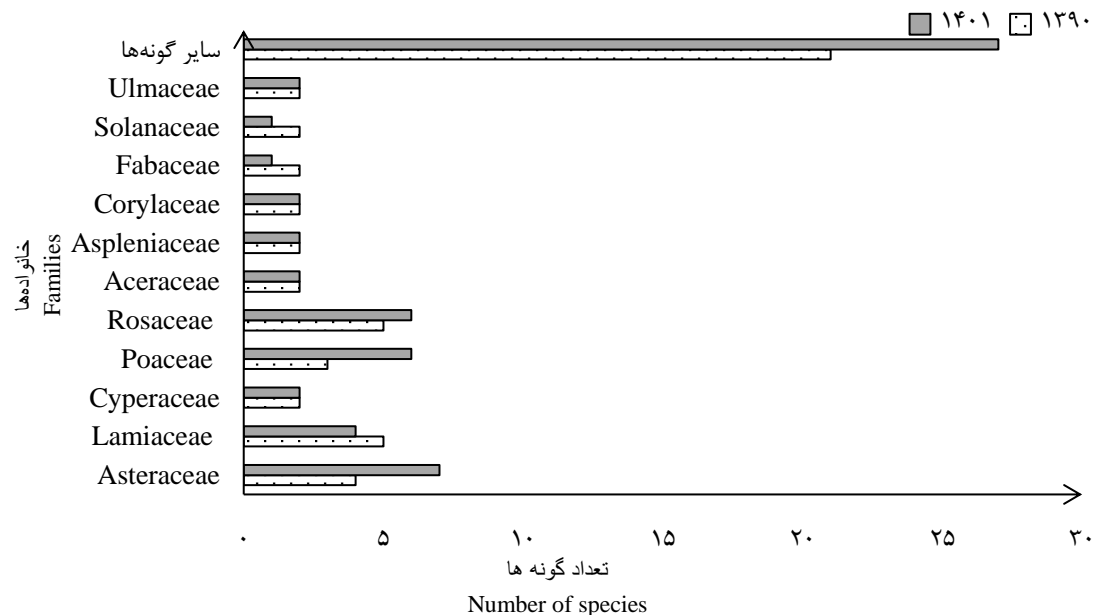
Continued table 2-

*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-ایران-تورانی	<i>Celtis australis</i> L.
		Ph	Wood	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Clinopodinn vulgare</i> L.
		Th	Herb	Scosm.	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Conyza canadensis</i> (L). Cronquist
		Th	Herb	Scosm.	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Conyza squarrosa</i> L.
		Th	Herb	Scosm.	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-ایران-تورانی	<i>Cornus sanguinea</i> subsp. <i>australis</i> (C.A.Mey.) Jáv.
		Ph	Wood	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	فانروفیت	چوبی	ایران-تورانی	<i>Crataegus macrocarpa</i> . Hegetschw
		Ph	Wood	Ir-Tur.	
*	*	کریبتوفیت	سرخسی	اروپا-سیبری-مدیترانه ای	<i>Cyclamen coum</i> Mill.
		Cry	Fern	Euro-Sib. Medit.	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-ایران-تورانی	<i>Diospyrus lotus</i> L.
		Ph	Wood	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	همی کریبتوفیت	همی	اروپا-سیبری-مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Trautv Eryngium caucasicum</i>
		He	Herb	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	(L.) Mill <i>Eunymus latifolus</i>
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	تروفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Euphorbia helioscopia</i> L
		Th	Herb	Plurreg	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Ficus carica</i> L.
		Ph	Wood	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	تروفیت	علفی	اروپا-سیبری	<i>Froriepia subpinnata</i> . (Ledeb.) Baill.
		Th	Herb	Euro-Sib	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	L. <i>Geranium robertianum</i> .
		He	Herb	Plurreg	
*	*	کریبتوفیت	علفی	اروپا-سیبری	L. <i>Geum urbanum</i>
		Cry	Herb	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Gleditschia capsica</i> Desf.
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	تروفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Galium spurium</i> L.
		Th	Herb	Plurreg	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Hedera pastochowii</i> Woronow
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Ilex spinigera</i> . Loes.
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-ایران-تورانی	<i>Jasminum officinale</i> L.
		Ph	Wood	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	اروپا-سیبری-مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Lanium album</i> L.
		He	Herb	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Mentha aquatica</i> L.
		Cry	Herb	Plurreg	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	مدیترانه‌ای	<i>Mentha pulegium</i> L.
		He	Herb	Medit	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری-مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Mespilus germanica</i> L.
		Ph	Wood	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	تروفیت	گندمی	چندمنطقه‌ای	<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A. camus
		Th	Grass	Plurreg	
*	*	فانروفیت	چوبی	چندمنطقه‌ای	<i>Morus alba</i> L.
		Ph	Wood	Plurreg	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard)
		He	Herb	Plurreg	Roemr. & Schultes
*	*	تروفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Oxalis corniculate</i> L.
		Th	Herb	Plurreg	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	C. A. Mey <i>Parrotia persica</i> (Dc.)
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	کریبتوفیت	گندمی	چندمنطقه‌ای	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.
		Cry	Grass	Plurreg	
*	*	کریبتوفیت	سرخسی	چندمنطقه‌ای	<i>Peteris critica</i> L.
		Cry	Fern	Plurreg	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Plantago major</i> L.
		He	Herb	Plurreg	
*	*	تروفیت	گندمی	چندمنطقه‌ای	<i>Poa annua</i> L.
		Th	Grass	Plurreg	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Plantago lanceolata</i> L.
		He	Herb	Plurreg	
*	*	تروفیت	گندمی	جهان وطنی	<i>Poa trivialis</i> L.
		Th	Grass	Scosm	
*	*	کریبتوفیت	سرخسی	چندمنطقه‌ای	<i>Polypodium vulgar</i> L.
		Cry	Fern	Plurreg	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	اروپا-سیبری-ایران-تورانی	<i>Potentilla reptans</i> L.
		He	Herb	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	کریبتوفیت	علفی	چندمنطقه‌ای	<i>Prunella vulgaris</i> L.
		Cry	Herb	Plurreg	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Quercus castaneifoila</i> C.A. Mey
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	تروفیت	علفی	اروپا-سیبری-مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Ranunculus constantinopolitanus</i> Dc.
		Th	Herb	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Rubus anatolicus</i> Focke
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Rubus hyrcanus</i> Juz.
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	همی کریبتوفیت	علفی	اروپا-سیبری	<i>Rumex acetosella</i> L.
		He	Herb	Euro-Sib	

Continued table 2-

*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Ruscus hyrcanus</i> Woronow
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*		کریپتوفیت	علفی	اروپا-سیبری - مدیترانه‌ای-ایران تورانی	<i>Sambucus ebulus</i> L.
		Cry	Herb	Euro-Sib. Medit. Ir- Tur	
*		تروفیت	علفی	اروپا-سیبری - ایران-تورانی	<i>Senecio vulgaris</i> L.
		Th	Herb	Euro-Sib./ Ir-Tur.	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Smilax excelsa</i> Duham.
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Solanum nigrum</i> L.
		Th	Herb	Scosm	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.
		Th	Herb	Scosm	
	*	کریپتوفیت	سرخسی	اروپا-سیبری - مدیترانه ای	<i>Tamus communis</i> L.
		Cry	Fern	Euro-Sib. Medit.	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop
		Ph	Wood	Euro-Sib	
*	*	تروفیت	علفی	جهان وطنی	<i>Veronica persica</i> Poir.
		Th	Herb	Scosm	
*	*	همی کریپتوفیت	علفی	اروپا-سیبری	<i>Viola alba</i> Besser
		He	Herb	Euro-Sib	
*	*	فانروفیت	چوبی	اروپا-سیبری	<i>Zelkova carpinifolia</i> (pall) K Koch
		Ph	Wood	Euro-Sib	

(Euro-Sib: European-Siberian, Plurreg: multi-regional, Ir-Tur: Iranian Turanian, Medit: Mediterranean, Cosm: cosmopolitan, Cry: cryptophyte, Ph: phanerophyte, He: hemicryptophyte, Th: trophite)



شکل ۲- تعداد گونه‌های مربوط به هر تیره گیاهی موجود در ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد

Figure 2. The number of species related to each family in the Sisangan boxwood reserve before (2010) and after (2022) the boxwood moth defoliation (2022)

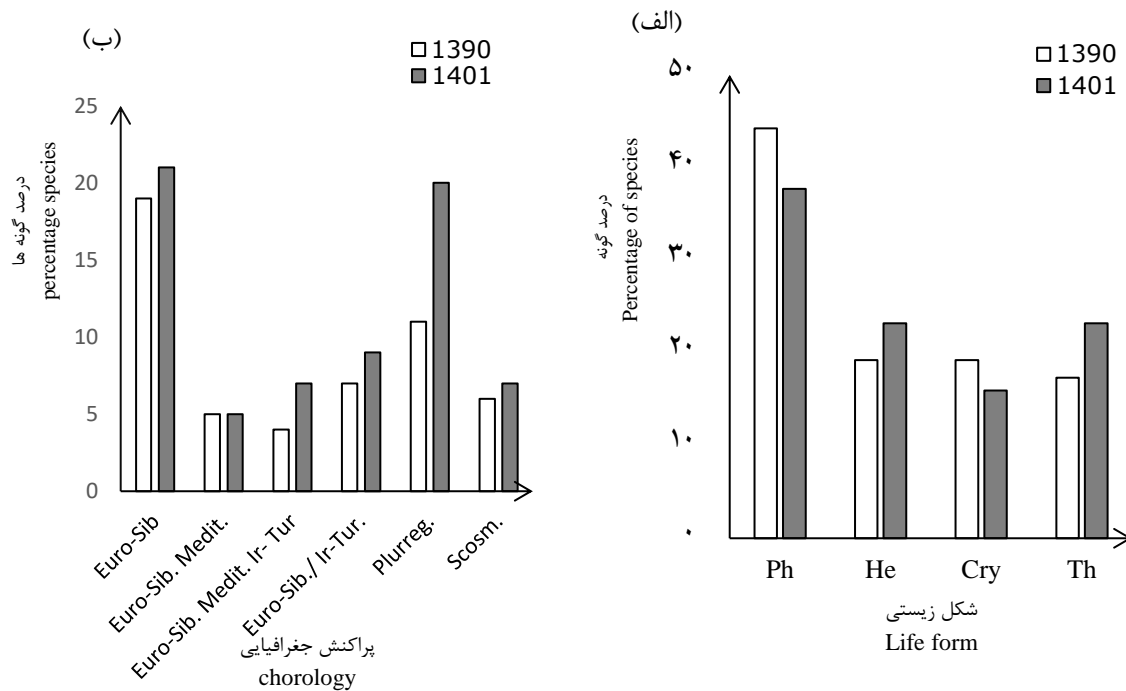
جدول ۳- طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی پوشش روزمینی ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از آفت شب‌پره  
Table 3. Classification of plant species in Sisangan reservoir before (2010) and after (2022) the boxwood moth pest

بعد از آفت شب‌پره شمشاد (۱۴۰۱)		قبل آفت شب‌پره شمشاد (۱۳۹۰)		Vegetative form شکل رویشی
Percent درصد	Number of species شمار گونه‌ها	Percent درصد	Number of species شمار گونه‌ها	
39	27	44	23	Woody plants گیاهان چوبی
42	29	37	19	Herbs علفی‌ها
12	8	8	4	Grass گندمی‌ها
7	5	12	6	Ferns سرخسی‌ها
100	69	100	52	All species کل گونه‌ها

اروپا سیبری - ایرانی تورانی با هر کدام با ۱۳ درصد (۷ و ۹ گونه)، به ترتیب بیشترین حضور را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳).

در بررسی منطقه پراکنش پوشش گیاهی روزمینی در سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰، عناصر اروپا سیبری با ۳۶ و ۳۰ درصد (۱۹ و ۲۱ گونه)، چند منطقه‌ای‌ها با ۲۱ و ۲۹ درصد (۱۱ و ۲۰ گونه)،



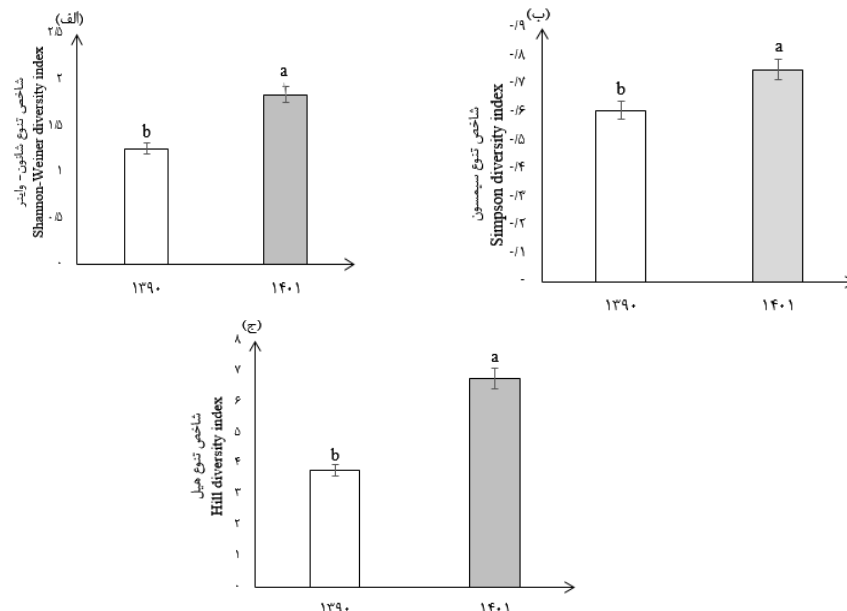


شکل ۳- طیف زیستی (الف) و پراکنش جغرافیایی (ب) عناصر گیاهی روزمینی ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد

Figure 3. life form (a) and chorology (b) of plant composition of Sisangan Reserve before (2010) and after (2022) boxwood moth defoliation (2022)

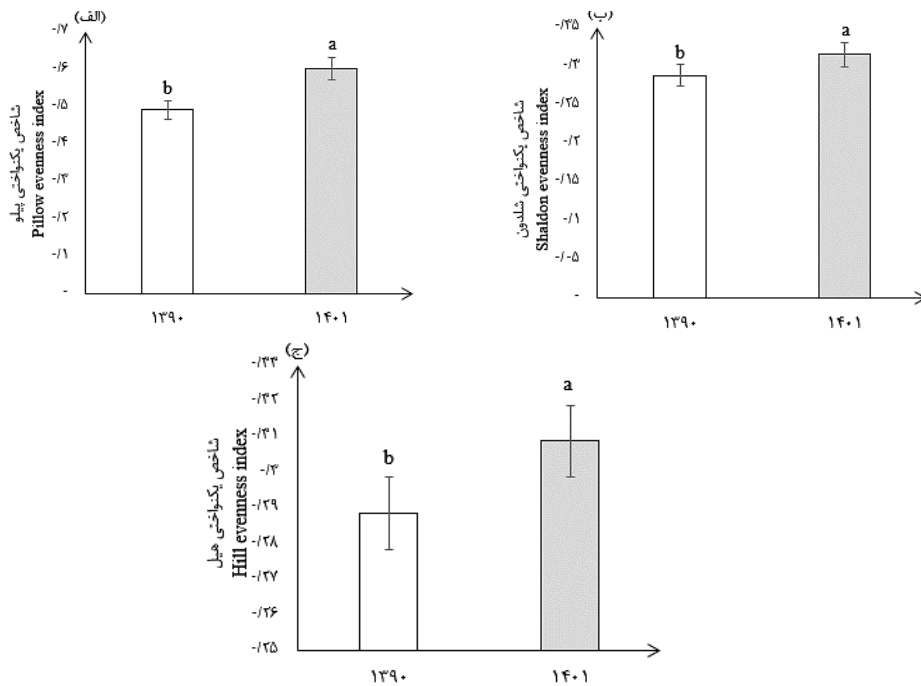
و (۱۴۰۱) اختلاف معنی‌دار ( $P > 0.001$ ) وجود دارد. در واقع نتایج این تحقیق تصریح می‌کند که غنا و تنوع گونه‌ای با افزایش شدت برگ‌خواری بوسیله آفت شب‌پره شمشاد و باز شدن تاج پوشش افزایش می‌یابد.

نتایج بررسی شاخص‌های تنوع گونه‌ای، یکنواختی و غنای گونه‌ای پوشش روزمینی در ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ نشان داد که بین مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای روزمینی (شکل ۴)، یکنواختی (شکل ۵) و غنای گونه‌ای (شکل ۶). در دو دوره پایش (۱۳۹۰)



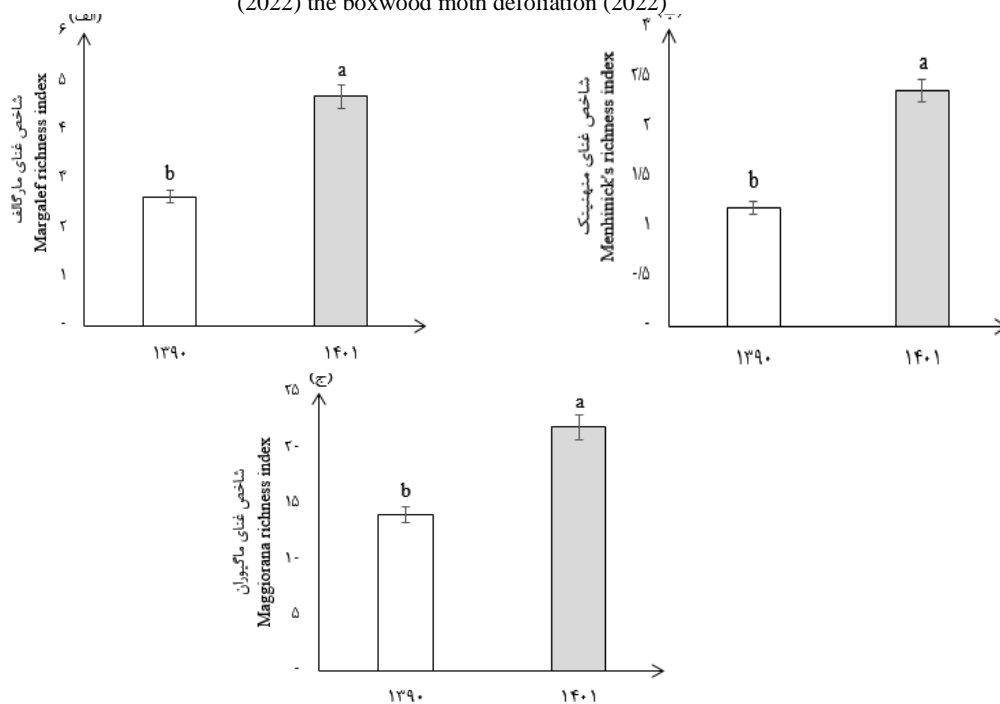
شکل ۴- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار) پوشش روزمینی در دو دوره پایش قبل (۱۳۹۰) و بعد از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد (۱۴۰۱)

Figure 4. Comparison of species diversity indices (mean  $\pm$  standard error) in two monitoring periods before (2010) and after boxwood moth defoliation (2022)



شکل ۵- مقایسه شاخص‌های یکنواختی (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار) پوشش روزمینی در دو دوره پایش قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد

Figure 5. Comparison of evenness indices (mean  $\pm$  standard error) in two monitoring periods before (2010) and after (2022) the boxwood moth defoliation (2022)

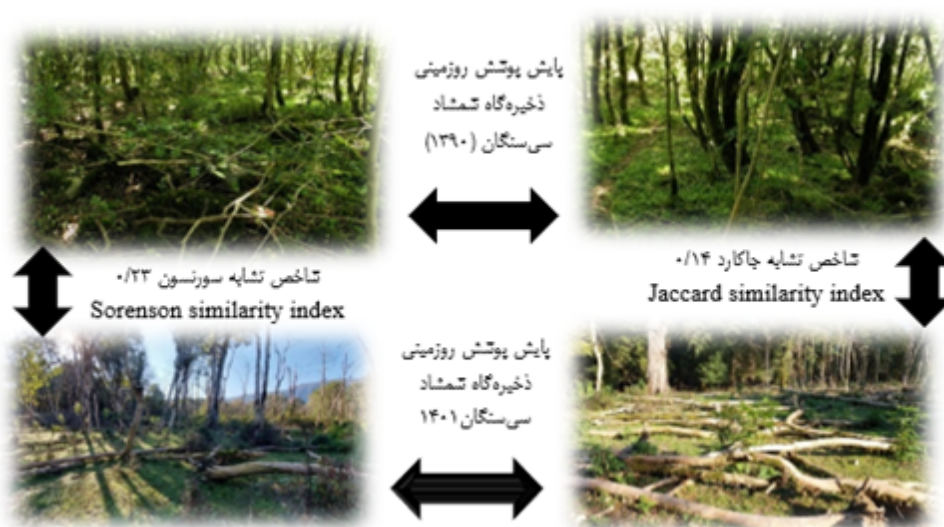


شکل ۶- مقایسه شاخص‌های غنای گونه‌ای (میانگین  $\pm$  اشتباه معیار) پوشش روزمینی در دو دوره پایش قبل (۱۳۹۰) و بعد از برگ‌خواری آفت شب‌پره شمشاد (۱۴۰۱)

Figure 6. Comparison of species richness indices (mean  $\pm$  standard error) in two monitoring periods before (2010) and after the boxwood moth defoliation (2022)

و بعد از آفت شب‌پره شمشاد شباهت اندکی وجود دارد (شکل ۷). (Esmailzadeh *et al.*, 2009)

نتایج بررسی ضریب تشابه جاکارد و سورنسون (ضریب تشابه بین پوشش گیاهی برای هر قطعه نمونه در دو دوره پایش) نشان داد که بین پوشش روزمینی ذخیره گاه شمشاد سی سنگان قبل



شکل ۷- مقایسه شاخص تشابه جاکارد و سورنسون پوشش روزمینی در دو دوره پایش قبل (۱۳۹۰) و بعد (۱۴۰۱) از آفت برگ‌خواری شب‌پره شمشاد

Figure 7. Comparison of Jaccard similarity index and Sorenson index of in two monitoring periods before (1390) and after the boxwood moth defoliation (2022)

رویشگاه شمشاد منطقه حفاظت شده سی‌سنگان، آتشگاهی و همکاران (Ateshgahi *et al.*, 2018) در رویشگاه شرق دودانگه ساری به‌عنوان مهمترین تیره‌های گیاهی شناسایی شدند. در بررسی طیف زیستی عناصر گیاهی قبل از آفت شب‌پره (۱۳۹۰)، فانروفیت‌ها و کریپتوفیت‌ها بیشترین سهم را به‌خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که بررسی طیف زیستی عناصر گیاهی بعد از آفت شب‌پره (۱۴۰۱) نشان داد که فانروفیت‌ها و تروفیت‌ها به‌عنوان فراوان‌ترین اشکال زیستی در ترکیب پوشش گیاهی روزمینی بودند و با توجه به اینکه تروفیت‌ها بیشتر شامل گونه‌های علفی و پیشگام و دارای بذور ریز و بادوام (با قابلیت ماندگاری بالا در خاک) می‌باشند (Basri *et al.*, 2013). لذا پس از بازشدن تاج پوشش و ایجاد شرایط محیطی مناسب فرصت حضور بیشتر در ترکیب پوشش گیاهی روزمینی را پیدا نمودند، چراکه تروفیت‌ها در مناطق با آشفستگی زیاد و دارای اختلال از فراوانی بالایی برخوردار می‌باشد (Khan *et al.*, 2018).

در مطالعه (Matsiakh *et al.*, 2018) گزارش دادند که همی‌کریپتوفیت‌ها و تروفیت‌ها در مناطقی با جنگل‌زدایی و اختلالات طبیعی و انسانی شدید که منجر به کاهش رشد درختان و درختچه‌ها گردیده است، بیشترین فراوانی را به‌خود اختصاص داده‌اند. حضور گسترده بذور تروفیت‌ها به‌همراه کریپتوفیت‌ها و همی‌کریپتوفیت‌ها در مطالعات بانک بذر خاک در جوامع جنگلی راش اسماعیلزاده و همکاران (Esmailzadeh *et al.*, 2011)، شمشاد هیرکانی اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2011) و سفیدپلت در پارک جنگلی نور یوسفوند و همکاران (Yusefvand *et al.*, 2016)، نورایی و همکاران (Norai *et al.*, 2013)، نیز نشان دهنده بذور ریز، بادوام و فراوان این شکل رویشی است. حضور فراوان این عناصر رویشی در ترکیب پوشش روزمینی در این ذخیره‌گاه ویژگی‌های یک جنگل معتدله را به نمایش می‌گذارند. همچنین

جنگل‌ها به‌عنوان یک بوم‌سازگان پویا در معرض تغییرات مداوم هستند. آشفستگی‌های طبیعی به دفعات در بوم‌سازگان جنگل اتفاق می‌افتد و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم باعث تغییر محیط، پوشش گیاهی، ساختار جوامع و فرآیندهای آن می‌شود (Akbari Massadi *et al.*, 2021). همچنین تنوع زیستی جهانی دستخوش تغییرات شگرفی است (Ehrlich and Ehrlich, 1981). و علم تاکنون قادر به پیش‌بینی پیامدهای این تغییرات بر بوم‌سازگان‌های طبیعی نبوده است. این مسئله موجب پیدایش این سوال گردیده که یک جامعه زیستی متنوع تا چه میزان در برابر فرآیندهای اثرگذار بر تنوع زیستی تغییرپذیر است. در این رابطه آفات و حشرات در جنگل می‌تواند کل چشم‌انداز یک اکوسیستم را مستقیماً تحت تأثیر قرار داده و متعاقب آن برخی از گونه‌های گیاهی یا کل اکوسیستم را در معرض تهدید قرار دهند (Lynch *et al.*, 2004). پژوهش حاضر تأثیر آفت شب‌پره شمشاد بر عملکرد پوشش گیاهی روزمینی را در یک دوره پایش ده ساله در جنگل‌های شمشاد هیرکانی مورد ارزیابی قرار داده است.

در بررسی مهمترین تیره‌های موجود در منطقه قبل و بعد از آفت شب‌پره تیره‌های *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Poaceae* به‌عنوان بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی موجود در منطقه در سال ۱۳۹۰ و تیره‌های *Asteraceae*, *Poaceae*, *Rosaceae* و *Lamiaceae* به‌عنوان بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی حاضر در منطقه در سال ۱۴۰۱ شناسایی شدند. خانواده *Rosacea* و *Cyperaceous* در مطالعه اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2011) در جنگل حفاظت شده خیبوس و خانواده *Poaceae* و *Rosacea* در مطالعه اسماعیلزاده و همکاران (Esmailzadeh *et al.*, 2011) در جنگل راش دارابکلا و خانواده *Rosacea* در مطالعه اکبری‌نیا و همکاران (AKabirnia *et al.*, 2013) در رویشگاه توس سنگده، اصغرزاده و همکاران (Asgharzadeh *et al.*, 2008) در

به ۴۳ درصد افزایش یافت. این درحالی است که سهم گیاهان چوبی از ۴۲ درصد به ۳۹ درصد کاهش یافته است که این مسئله، سهم اندک بانک بذر خاک در بازسازی و احیای ترکیب گیاهی جوامع اوج در جنگل‌های معتدله را رهنمون می‌سازد (Bordon et al., 2019).

نتایج پژوهش حاضر از این نظر همسو با نتایج مطالعات (Petrov, 1977) و (Thompson and Grime, 1979) است که بر این نکته تأکید داشتند، در صورت هرگونه اختلال در منطقه و باز شدن تاج پوشش گیاهی، گونه‌های علفی با قابلیت تولید بذور ریز و پایدار قادر به جوانه‌زنی بوده و در پوشش گیاهی روزمینی حاضر شده و موجب بازسازی و احیای جوامع آسیب دیده می‌شوند. در این رابطه نتایج بررسی اندازه و غنای گونه‌های بانک بذر خاک در جوامع جنگلی راش اسماعیلزاده و همکاران (Esmailzadeh et al., 2011)، شمشاد هیرکانی اسدی و همکاران (Asadi et al., 2011)، سخاوت و همکاران (Sekhavat et al., 2015)، سفیدپلت در پارک جنگلی نور نورایی و همکاران (Norai et al., 2013)، یوسفوند و همکاران (Yusefvand et al., 2016) نیز نشان داد که درختان جنگلی جوامع اوج به دلیل تولید بذور درشت و کم دوام قابلیت تشکیل بانک بذر دائمی خاک را نداشته و این درحالی است که گونه‌های علفی و گونه‌های چوبی پیشاهنگ بخش عمده‌ای از ترکیب گیاهی بانک بذر خاک جوامع جنگلی هیرکانی را تشکیل می‌دهند.

در بررسی درجه تشابه گونه‌ای پوشش گیاهی گذشته و کنونی ذخیرگاه شمشاد سی‌سنگان با استفاده از توابع جاکارد و سورنسون مشخص شد که میزان تشابه پوشش گیاهی روزمینی در دو دوره پایش اندک بوده است. چون بروز هرگونه اختلال طبیعی در جوامع جنگلی موجب بروز تغییر در مسیر توالی پوشش گیاهی روزمینی و کاهش تشابه بین پوشش گیاهی قبل و بعد از اختلال می‌شود (Cárdenas et al., 2021). باتوجه به اینکه پوشش گیاهی روزمینی در قطعه نمونه‌های آلوده غالباً با گونه‌های پیشگام و علفی پوشیده شده است بنابراین هر گونه اقدام مدیریتی به منظور بازسازی و احیای این ذخیره‌گاه ارزشمند باید در اولویت قرار گیرد تا مسیر توالی در این ذخیره‌گاه ارزشمند به سمت مرحله اوج حرکت نماید. چون ویژگی‌های رژیم‌های اختلال به شدت بر پویایی و توالی جنگل تأثیر گذاشته و در این رابطه بهره‌گیری از راهبرد مدیریت حفاظتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات آن ایفا نماید.

کاهش حضور فانروفیت‌ها در ترکیب پوشش روزمینی بعد از اختلال نیز موید این مسئله است که سهم عمده‌ای از گونه‌های چوبی منطقه که در طیف زیستی فانروفیت قرار می‌گیرند قادر به تشکیل بذور با قابلیت ماندگاری بالا و احیای خود پس از هرگونه آشفتگی و اختلال طبیعی نمی‌باشند. در بررسی پراکنش جغرافیایی پوشش گیاهی روزمینی، عناصر اروپا سیبری و چند منطقه‌ای به ترتیب بیشترین حضور را به خود اختصاص دادند. حضور بالای عناصر گیاهی اروپا سیبری در ترکیب پوشش روزمینی منطقه بیانگر اختصاص داشتن جنگل حفاظت شده شمشاد سی‌سنگان به این ناحیه رویشی می‌باشد (Yusefvand et al., 2016).

نتایج بررسی شاخص‌های مختلف تنوع و غنای گونه‌ای نشان داد که تمامی شاخص‌های تنوع زیستی در ۱۴۰۱ و بعد از برگ‌خواری ناشی از آفت شب‌پره به طور معنی‌داری ( $P < 0.00$ ) بیشتر از ۱۳۹۰ بوده است. افزایش شاخص‌های تنوع گونه‌ای پس از اختلالات طبیعی در مطالعه (Kirkman and Giencke, 2017) نیز مشاهده شد. در رابطه با این نتایج می‌توان اظهار داشت نور غالباً به عنوان یک منبع محدود کننده برای درختان در اشکوب غالب محسوب نمی‌شود، بلکه عامل محدود کننده اصلی به منظور رشد گونه‌های موجود در اشکوب زیرین می‌باشد (Axmanová et al., 2012; Landuyt et al., 2019). در نتیجه کاهش پوشش درختی در طی فرایند برگ‌خواری و بازشدن تاج پوشش، موجب افزایش دسترسی اشکوب زیرین به نور و گسترش آنها گردیده است (Valladares and Guzmán, 2006). با این حال، افزایش دسترسی به نور، بر غنا، فراوانی و ترکیب پوشش گیاهی زیرزمینی تأثیر می‌گذارد (Zangy et al., 2021). همچنین افزایش دسترسی اشکوب علفی به نور در نتیجه اختلالات طبیعی مانند برگ‌خواری و متعاقب آن بازشدن تاج پوشش، این فرصت را به گونه‌های موجود در بانک بذر خاک می‌دهد که در بازسازی و احیای رویشگاه‌های آسیب دیده ایفای نقش نمایند. در این رابطه نتایج بررسی اثر اختلالات و آشفتگی‌های طبیعی بر تراکم، غنا و ترکیب گونه‌ای بانک بذر در آمازون نیز بروز اختلال طبیعی در جوامع جنگلی اوج سبب افزایش غنا (۲۰ درصد) و تراکم (۳۰ درصد) بانک بذر خاک می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سهم گونه‌های علفی در پوشش گیاهی روزمینی علفی پس از برگ‌خواری از ۳۴ درصد

## References

- Akbarinia, M., Zare, H., Hosseini, S. M., Ejtiad, H. (2013). Examination of flora, vegetative structure and chorology Plant elements of birch communities in Sangde Sari. *Research and construction*, 64, 84-96 (In Persian).
- Akbari Massadi, R. A., Mataji, A., & Faleh, A. (2021). The structure of the clearings and its relationship with the reproduction status in the beech forests of Haftkhal area of Sari. *Ecology of Iran's forests*, 9(18), 209-196 (In Persian).
- Asadi, H., S. M. Hosseini., & Esmailzadeh., O. (2011). Plant composition of permanent soil seed bank in Khybos protected forest. *J. For wood prod*, 65(2), 131-145 (In Persian).
- Asadi H., S.M. Hosseini, O., E., & Ahmadi., A. (2018). Investigating the flora, morphology and ecology of boxwood habitats in the protected forest of Khaybus, Mazandaran. *Journal of Plant Biology*, 3(8), 27-40 (In Persian).

- Asgharzadeh, P., H. Zare, & Hosseini, S. M. (2008). The Study of Flora, Vegetation Structure, and Chorology of the Plant Elements of Sisangan Forest Park. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 3(1), 13-25 (In Persian).
- Assadi, M., Massoumi, A. A., Khatamsaz, M., & Mozaffarian, V. (2008). Flora of Iran. *Research Institute of Forest Publication, Tehran* (In Persian).
- Ateshgahi, Z., Ejtihadi, H., & Zareh, H. (2018). Introduction of flora, biological form and geographical distribution of plants in the forests of eastern Sari Dodangeh, Mazandaran province. *Iranian Journal of Biology*, 22(2), 193-203 (In Persian).
- Axmanová, I., Chytrý, M., Zelený, D., Li, C. F., & Vymazalová, M. (2012). The species richness-productivity relationship in the herb layer of European deciduous forests. *Glob Ecol Biogeogr*, 21(6), 667-657.
- Basri, F., Akbarinia, M., & Esmailzadeh, O. (2013). Introducing the flora, morphology and chorology of the soil seed bank of boxwood reserve (*Buxus hyrcana* Pojark) Sisangan Forest Park. *Iranian Plant Biology*, 21(6), 9-22 (In Persian).
- Bordon, N. G., Nogueira, A., Leal Filho, N., & Higuchi, N. (2019). Blowdown disturbance effect on the density, richness and species composition of the seed bank in Central Amazonia. *Forest ecology and management*, 453, 117633.
- Braun-Blanquet, J. (2013). *Pflanzensoziologie: grundzüge der vegetationskunde*. Springer-Verlag.
- Cárdenas, A. M., Toledo, D., Gallardo, P., & Guerrero-Casado, J. (2021). Assessment and distribution of damages caused by the trunk-boring insects *Coraebus undatus* (Fabricius) (Coleoptera: Buprestidae) and *Reticulitermes grassei* Clément (Blattodea: Rhinotermitidae) in Mediterranean restored cork-oak forests. *Forests*, 12(11), 1501.
- Casteels, H., Witters, J., Vandierendonck, S., Van Remoortere, L., & Goossens, F. (2011). First report of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Belgium. 63rd International Symposium on Crop Protection (poster presentation).
- Dengler, J., & Boch, S. (2008). Forest-edge communities (*Trifolio-Geranietea sanguinei*) on the island of Saaremaa (Estonia): Phytosociology and biodiversity patterns. *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holstein Hamb*, 65, 257-286.
- Ehrlich, P., & Ehrlich, A. (1981). Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species.
- Ejtihadi, H., Sepehri, A., & Akafi, H. R. (2012). *Methods of measuring biodiversity* (P. Rezvani, Ed. Vol. 2). Mashhad Ferdowsi University (In Persian).
- Esmailzadeh, Hosseini, S. M., Tabari, M., Baskin, C. C., & Asadi, H. (2011). Persistent soil seed banks and floristic diversity in *Fagus orientalis* forest communities in the Hyrcanian vegetation region of Iran. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(4), 365-372 (In Persian).
- Esmailzadeh, O., Hosseini, S. M., Masadaghi, M., Masoud, T. K., & Mohammadi, J. (2009). Is the plant composition of the soil seed bank capable of describing terrestrial plant communities? *Environmental Science*, 7(2), 41-62 (In Persian).
- Fettig, C. J., Klepzig, K. D., Billings, R. F., Munson, A. S., Nebeker, T. E., Negrón, J. F., & Nowak, J. T. (2007). The effectiveness of vegetation management practices for prevention and control of bark beetle infestations in coniferous forests of the western and southern United States. *Forest ecology and management*, 238(1-3), 24-53.
- Gandhi, K. J., Smith, A., Hartzler, D. M., & Herms, D. A. (2014). Indirect effects of emerald ash borer-induced ash mortality and canopy gap formation on epigaeic beetles. *Environmental Entomology*, 43(3), 546-555.
- Ghahraman, A. (2000). *Floras of Iran* (Vol. 22). Research Institute of Forests and Pastures.
- Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative plant ecology* (Vol. 9). Univ of California Press.
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.
- Jalili, A., & Jamzad, Z. (1999). *Red data book*. Research Institute of forest and Rangelands (In Persian).
- Kargar, M. R., Khabazi, F., & Hesabi, A. (2023). Evaluation Crown Height Model Extracted from the UAV in Individual Tree Detection in Sisangan Forest Park.
- Kazerani, F., M.E., F., M. Alazmani, S. Farahani, S.N. Khaleghi, M. Kord Mohammadi, S. Zeinali, M. Kouhjani Gorji, & Y. Ahangaran. (2019). Sex pheromone traps for detection of *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae) in Hyrcanian forests, Iran. *Journal of Crop Protection*, 8(2), 222-215 (In Persian).

- Khabazi, F., & Esmailzadeh, O. (2020). Classification of plant communities of *Buxus hyrcana* Pojark in Cheshme Belbel forest (Bandargaz, Golestan). *Forest Research and Development*, 6(3), 503-491 (In Persian).
- Khan, W., Khan, S. M., Ahmad, H., Alqarawi, A. A., Shah, G. M., Hussain, M., & Abd\_Allah, E. (2018). Life forms, leaf size spectra, regeneration capacity and diversity of plant species grown in the Thandiani forests, district Abbottabad, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1), 94-100.
- Kim, T. N., Underwood, N., & Inouye, B. D. (2013). Insect herbivores change the outcome of plant competition through both inter-and intraspecific processes. *Ecology*, 94(8), 1753-1763.
- Kirkman, L. K., & Giencke, L. M. (2017). Restoring and managing a diverse ground cover. In *Ecological restoration and management of longleaf pine forests* (pp. 207-232). CRC Press.
- Krüger, E. (2008). *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859)-new for the European fauna (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Zeitschrift mit Insekten-Börse*, 118(2), 81-83.
- Landuyt, D., De Lombaerde, E., Perring, M. P., Hertzog, L. R., Ampoorter, E., Maes, S. L., De Frenne, P., Ma, S., Proesmans, W., & Blondeel, H. (2019). The functional role of temperate forest understorey vegetation in a changing world. *Global Change Biology*, 25(11), 3625-3641.
- Leuthardt, F. L., & Baur, B. (2013). Oviposition preference and larval development of the invasive moth *Cydalima perspectalis* on five European box-tree varieties. *Journal of Applied Entomology*, 137(6), 437-444.
- Lynch, J. A., Hollis, J. L., & Hu, F. S. (2004). Climatic and landscape controls of the boreal forest fire regime: Holocene records from Alaska. *Journal of Ecology*, 477-489.
- Maguran, A. E. (1996). *Ecological diversity and its measurement*. Chaman and Hall.
- Margalef, R. (1973). Information theory in ecology.
- Matsiakh, I., Kramarets, V., & Mamadashvili, G. (2018). Box tree moth *Cydalima perspectalis* as a threat to the native populations of *Buxus colchica* in Republic of Georgia. *Journal of the Entomological Research Society*, 20(2), 29-42.
- Menhinick, E. F. (1964). A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45(4), 859-861.
- Mesdaghi, M. (2011). *Description and analysis of vegetation*. Academic Jihad, Mashhad branch (In Persian).
- Naghi-Njad, A., & Zarezadeh, S. (2012). Investigating plant sociology of Noor and Sisangan floodplain forests, Mazandaran province. *Plant Biology*, 5(16), 103-121 (In Persian).
- Norai, A., o., E., & S. G., J. (2013). Classification of permanent and temporary soil seed bank of Sefid Pelet protected forest, Noor Jungle Park. *journal of forest and wood produt*, 67(2), 215-231 (In Persian).
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5, 285-307.
- Petrov, V. (1977). Reserve of viable plant seeds in the uppermost soil layer beneath the canopies on coniferous and small leaved forests. *Moscow University biological sciences bulletin*.
- Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*.
- Rechinger, K. H. (1963). Flora Iranica. vols. 1-178. *Akademische Druck-U Verlagsanstalt, Graz*.
- Salisbury, A., Korycinska, A., & Halstead, A. (2012). The first occurrence of larvae of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in private gardens in the UK. *British Journal of Entomology and Natural History*, 25(1), 1.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., & Honkaniemi, J. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7(6), 395-402.
- Sekhvat, S., O. Esmailzadeh, & Asadi., H. (2015). Flora, morphology and chorology of Rosemary vegetation and soil bank of (*Albizzia julibrissin* Durazz) habitats in the forests of Mazandaran province, *Iran's Forest Ecology*, 4(8), 39-28 (In Persian).
- Seljak, G. (2012). Six new alien phytophagous insect species recorded in Slovenia in 2011. *Acta entomologica slovenica*, 20(1), 31-44.
- Soja, A. J., Tchebakova, N. M., French, N. H., Flannigan, M. D., Shugart, H. H., Stocks, B. J., Sukhinin, A. I., Parfenova, E., Chapin III, F. S., & Stackhouse Jr, P. W. (2007). Climate-induced boreal forest change: predictions versus current observations. *Global and planetary change*, 56(3-4), 274-296.

- Soleimanipour, S., & Esmailzad., O. (2014). Introduction of flora, morphology and chorology of boxwood (*Buxus hyrcana*) habitats in Frame Sari forests. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 7(23), 56-39 (In Persian).
- Šumpich, J. (2012). *Blastobasis sardinica* sp. nov.-a new species from the Mediterranean region (Lepidoptera, Blastobasidae). *Entomologische Zeitschrift*, 122, 229-232.
- Székely, L., Dinc, V., & Mihai, C. (2011). *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), a new species for the Romanian fauna (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae). *Buletin de informare Entomologica*, 22(3-4), 73-77.
- Thompson, K., & Grime, J. P. (1979). Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *The Journal of Ecology*, 893-921.
- Valladares, F., & Guzmán, B. (2006). Canopy structure and spatial heterogeneity of understory light in an abandoned Holm oak woodland. *Annals of Forest Science*, 63(7), 749-761.
- Yusefvand, s., O. Esmailzadeh, Jalali, S. G., & Asadi., H. (2016). Introduction of flora, biomorphology and chorology of Rosemary vegetation and Noor Jungle Park soil seed bank. *Plant Research Journal Iranian Biology Journal Scientific*, 30(1), 245-232 (In Persian).
- Zangy, E., Kigel, J., Cohen, S., Moshe, Y., Ashkenazi, M., Fragman-Sapir, O., & Osem, Y. (2021). Understory plant diversity under variable overstory cover in Mediterranean forests at different spatial scales. *Forest ecology and management*, 494, 119319.
- Zohary, M., Heyn, C. C., & Heller, D. (1993). *Conspectus florum orientalis/7 Umbelliflorae: Cornaceae-Umbelliferae (Apiaceae)*.