

Research Paper

Investigation of some morphological and physiological traits of yew leaf in the Arasbaran region to propose some management strategies

Mohammad Esmailpour*

*- (Corresponding author) Associate Professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (m.esmailpour@tabrizu.ac.ir)

Received: 31 May 2025

Revised: 27 September 2025

Accepted: 29 September 2025

Extended Abstract

Background and Objective: The scarcity of English Yew (*Taxus baccata* L.) habitats in the Arasbaran forests, coupled with its low natural regeneration, endangered status, high medicinal value, and critical role in maintaining the region's ecological landscape, underscores the importance of this valuable species and the urgent need for its conservation. Despite its significance, precise data regarding the genetic diversity of Yew in this region is currently unavailable. The primary objective of this study was to identify Yew populations in the Arasbaran region that exhibit lower genetic diversity in order to propose management strategies aimed at enhancing the genetic levels of these vulnerable populations.

Material and Methods: Two primary Yew habitats in the Arasbaran region, Kalaleh-ye Olya village (Khoda Afarin county) and Kuran village (Horand county), were selected for this study. In each habitat, 20 healthy trees were randomly selected. From each tree, 20 healthy leaves were collected from the middle of two-year-old branches (both left and right sides), the middle canopy, and the outer canopy (both northern and southern aspects). A total of 800 leaf samples were imaged. Morphological traits, including leaf area (cm²), perimeter (cm), length (cm), and width at 50% of the length (cm), were measured. Additionally, the leaf index, relative water content (RWC), specific leaf area (SLA, cm²/g), dry weight, and specific leaf weight (g/cm²) were calculated. A nested Analysis of Variance (nested ANOVA) was performed to compare the populations. Subsequently, environmental variance, genetic variance, phenotypic variance, heritability, phenotypic and genetic coefficients of variation, and genetic and phenotypic correlations were calculated. Finally, Principal Component Analysis (PCA) was conducted to identify the traits contributing most significantly to the total observed variance.

Results: The results indicated significant differences (at 95% and 99% confidence levels) for leaf area, Specific Leaf Area (SLA), leaf index, specific weight, and leaf dry weight across the different *Taxus baccata* populations. The mean values for leaf area, SLA, leaf perimeter, and Relative Water Content (RWC) were higher in the Kalaleh population compared to the Kuran population. Conversely, the highest values for leaf index, specific weight, and dry weight were observed in the Kuran population. In both populations, SLA exhibited the highest genotypic variance. In the Kalaleh population, the highest genetic and phenotypic coefficients of variation (GCV and PCV) were recorded for dry weight, while the lowest were found for RWC. The lowest PCV in the Kuran population was associated with the leaf index trait. Heritability exceeding 50% was observed only

for leaf perimeter in the Kalaleh population, whereas in the Kuran population, heritability for both leaf area and perimeter surpassed this threshold. The GCV for the Kalaleh population exceeded 20% only for dry weight, while for the Kuran population, the GCV for all studied traits remained below 20%. The highest significant genetic correlations were observed between SLA and specific weight in both the Kuran ($r = -0.985$) and Kalaleh ($r = -0.981$) populations. Additionally, the Kuran population showed its highest significant positive correlation (0.9808) between leaf area and leaf perimeter. Analysis of genetic and phenotypic correlations across populations revealed that genetic correlation values were generally higher than phenotypic correlations for most traits, with the highest positive genetic correlation (0.9808) recorded between leaf area and leaf perimeter.

Conclusion: Based on the results of this study, field observations, and the premise that populations with lower genetic diversity are inherently more vulnerable, it can be concluded that the Yew population in Kuran exhibits lower genetic diversity compared to the Kalaleh population. Consequently, it is recommended that seeds from at least 30 seed-bearing trees from the superior Kalaleh population be transferred to the Kuran site. This intervention would effectively enhance gene flow between populations and help compensate for the loss of genetic diversity in Kuran. Additionally, installing protective netting around isolated Yew saplings in the weaker Kuran population is advised. For ex-situ conservation efforts, samples from the genetically diverse Kalaleh population should be selected for propagation and planted under the canopy of established trees at the University of Tabriz Botanical Garden and Abbas Mirza Forest Park in Tabriz. Finally, further research into the genetic diversity of seed traits is suggested to identify the optimal seed sources for future restoration projects.

Keywords: Genetic diversity, Genetic erosion, Natural resources management, Phenotypic diversity.

How to Cite This Article: Esmailpour, M. (2026). Investigation of some morphological and physiological traits of yew leaf in the Arasbaran region to propose some management strategies. *Forest Research and Development*, 11(4), 479-497. DOI: [10.30466/jfrd.2025.56235.1758](https://doi.org/10.30466/jfrd.2025.56235.1758)



Copyright ©2024 Esmailpour et al. Published by Urmia University.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

بررسی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ سرخدار منطقه ارسباران با هدف پیشنهاد برخی اقدامات مدیریتی

محمد اسماعیل پور*

- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰

چکیده

مقدمه و هدف: وجود تعداد کم رویشگاه‌های درخت سرخدار (*Taxus baccata* L.) در جنگل‌های ارسباران، زادآوری پایین این گونه، در معرض تهدید بودن، داشتن ارزش بالا از نظر دارویی و نقش مهم در حفظ سیمای طبیعی منطقه بر اهمیت این گونه ارزشمند می‌افزاید و نیاز به حفاظت از آن را شدت می‌بخشد. با این حال اطلاعات دقیقی از سطح تنوع ژنتیکی گونه سرخدار در این منطقه در دسترس نیست. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی جمعیتی از گونه سرخدار در منطقه ارسباران بود که دارای تنوع ژنتیکی کمتری بوده تا بر این مبنای، بتوان اقدامات مدیریتی برای افزایش سطح تنوع ژنتیکی برای آن جمعیت ضعیف پیشنهاد داد.

مواد و روش‌ها: دو رویشگاه عمده درخت مهم سرخدار در منطقه ارسباران، به نام‌های روستای کلالة علیا واقع در شهرستان خداآفرین و روستای کورن واقع در شهرستان هوراند انتخاب شدند. در هر رویشگاه ۲۰ اصله درخت سالم سرخدار به‌طور تصادفی انتخاب و از هر پایه درختی ۲۰ برگ سالم از وسط شاخه‌های دوساله (از سمت راست و چپ شاخه‌ها)، از قسمت میانی تاج درخت و همچنین از قسمت‌های بیرونی تاج (جهت شمالی و جنوبی تاج) جمع‌آوری شدند. در مجموع ۸۰۰ نمونه برگگی تصویربرداری شد. صفات مورفولوژیک برگ شامل سطح برگ (cm^2)، محیط برگ (cm)، طول برگ (cm) و عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ (cm) اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح ویژه (cm^2/g)، وزن خشک و وزن ویژه (g/cm^2) نمونه‌های برگ محاسبه شدند. تجزیه واریانس آشیانه‌ای بین جمعیت‌های مورد بررسی انجام شد. سپس واریانس محیطی، واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی، همبستگی ژنتیکی و همبستگی فنوتیپی صفات محاسبه شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی برای تعیین صفاتی که دارای بیشترین درصد واریانس هستند، انجام شد.

یافته‌ها: نتایج، تفاوت معنی داری را برای صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، شاخص برگ، وزن ویژه و وزن خشک برگ در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد در جمعیت‌های مختلف سرخدار نشان داد. میانگین صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، محیط برگ و محتوای نسبی آب در جمعیت کلاله از جمعیت کورن بیشتر بود. در مقابل، بیشترین مقدار شاخص برگ، وزن ویژه و وزن خشک در جمعیت کورن مشاهده شد. نتایج نشان داد که در هر دو جمعیت، صفت سطح ویژه برگ دارای بالاترین مقدار واریانس ژنوتیپی است. بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در جمعیت کلاله برای صفت وزن خشک و کمترین آن برای صفت محتوای نسبی آب برگ به دست آمد. کمترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی در جمعیت کورن مربوط به صفت شاخص برگ بود. مقدار وراثت‌پذیری بیشتر از ۵۰ درصد در جمعیت کلاله فقط برای صفت محیط برگ مشاهده شد. برای جمعیت کورن مقدار وراثت‌پذیری برای صفات سطح برگ و محیط برگ، بیشتر از ۵۰ درصد بود. ضریب تغییرات ژنتیکی برای جمعیت کلاله فقط برای صفت وزن خشک بیشتر از ۲۰ درصد بود و برای جمعیت کورن، ضریب تغییرات ژنتیکی برای همه صفات مورد پژوهش کمتر از ۲۰ درصد بود. بالاترین مقدار همبستگی ژنتیکی معنی دار در جمعیت کورن ($0/985$) و کلاله ($0/981$) بین صفات سطح ویژه برگ و وزن ویژه مشاهده شد. همچنین در جمعیت کورن نیز بیشترین مقدار همبستگی مثبت و معنی دار ($0/9808$) بین صفات سطح برگ و محیط برگ مشاهده شد. نتایج بررسی همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی در جمعیت‌ها نشان داد که در بیشتر صفات مقادیر همبستگی ژنتیکی بین صفات بیشتر از همبستگی فنوتیپی است؛ به طوری که بیشترین همبستگی ژنتیکی مثبت ($0/9808$) بین صفات سطح برگ و محیط برگ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش، مشاهدات میدانی و همچنین با قبول این پیش فرض که اگر تنوع ژنتیکی جمعیتی کمتر از دیگر جمعیت‌های آن گونه باشد آن جمعیت ضعیف‌تر هست، در مجموع می‌توان پیشنهاد داد از آنجایی که تنوع ژنتیکی درختان سرخدار در جمعیت روستای کورن کمتر از جمعیت روستای کلاله است؛ از این رو، تعدادی بذر (حداقل از ۳۰ درخت بذری) از جمعیت برتر کلاله به جمعیت ضعیف‌تر کلاله منتقل شود که این کار در حقیقت تقویت جریان ژنی در بین جمعیت‌ها بوده و می‌تواند سبب جبران تنوع ژنتیکی از بین رفته در کورن شود. همچنین، نصب توری در اطراف نونهال‌های سرخدار تنهاافتاده در جمعیت ضعیف‌تر کورن توصیه می‌شود. با هدف حفاظت از سرخدار در خارج از رویشگاه طبیعی خود، از جمعیت سرخدار کلاله که تنوع ژنتیکی بالاتری دارد، نمونه‌هایی برای تکثیر انتخاب و زیر سایه درختان بلند در باغ گیاه‌شناسی دانشگاه تبریز و پارک جنگلی عباس میرزای تبریز کاشته شود. پیدا کردن بهترین منبع بذر سرخدار از طریق بررسی تنوع ژنتیکی صفات بذر نیز پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، تنوع فنوتیپی، فرسایش ژنتیکی، مدیریت منابع طبیعی.

تنوع برای هفت جمعیت متعلق به دو بخش جغرافیایی دیناریک و قاره‌ای با نه صفت مورفولوژی برگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد سطوح بالایی از تنوع در درون و بین جمعیت‌های سرخدار وجود دارد و تمایز آشکاری بین گروه‌های دیناریک و قاره‌ای از نظر صفات مورفومتريک برگ وجود داشت. در این پژوهش پیشنهاد شد تا روش‌های حفاظت خارج از محل مورد توجه قرار گیرد (Tumpa et al., 2022). در پژوهشی، تنوع ۱۲ صفت فنوتیپی در نه جمعیت طبیعی از گونه کاج (*Pinus yunnanensis*) که یک گونه جنگلی اصلی در جنوب غربی کشور چین است، بررسی شد. نتایج، تغییرات فنوتیپی فراوانی را در داخل و بین جمعیت‌ها نشان داد. بر اساس آنالیز خوشه‌ای، نه جمعیت مورد بررسی به سه خوشه تقسیم‌بندی شدند (Liu et al., 2022). پژوهشی دیگری با هدف بررسی تنوع در صفات فنوتیپی مخروط و دانه چهار پرووانس از گونه کاج مدیترانه‌ای (*Pinus halepensis*) در منطقه جلغه الجزایر انجام شد. نتایج نشان داد که صفات مخروط و بذر از چهار پرووانس اختلاف معنی‌داری با هم دارند ($P < 0.001$). وجود این حجم از تنوع در صفات مخروط و دانه در بین پرووانس‌های این گونه، این سوال را برای پژوهش‌های آینده ایجاد کرد که آیا اختلاف معنی‌داری بین این پرووانس‌ها از نظر صفات جوانه‌زنی بذور وجود دارد (Nedjimi, 2025). هر چند پژوهش‌هایی مانند تاثیر حفاظت بر ساختار توده‌های جنگلی این گونه در منطقه ارسباران (Ghanbari et al., 2019) و وضعیت زادآوری طبیعی آن در جنگل‌های منطقه درفک استان گیلان (Rostami Shahraji and Yousefpour Rashti, 2003) انجام شده است ولی در مجموع، به نظر می‌رسد پژوهش‌های زیادی در راستای حفاظت و احیای گونه ارزشمند سرخدار در جنگل‌های ایران انجام نشده است.

درخت همیشه‌سبز و سوزنی‌برگ سرخدار (*Taxus baccata* L.) متعلق به خانواده دارتالاییان (Taxodiaceae) است. درخت دارویی سرخدار از گونه‌های ممنوع‌القطع و در معرض انقراض است (Jalili and Jamzad, 1999). اندام‌های این گونه به جز قسمت گوشتی میوه، حاوی آلکالوئیدها، لیگان‌ها، دی‌ترپنوئیدها، رزین‌ها و تانن‌ها بوده که سبب سمیت شدید آنها می‌شوند (Nasiri Madiseh et al., 2009). از این رو، سرخدار برای دام‌ها سمی و کشنده بوده و معمولاً توسط برخی از دام‌داران بومی قطع می‌شود. وجود تعداد کم رویشگاه‌های درخت سرخدار (*Taxus baccata* L.) در جنگل‌های ارسباران، زادآوری پایین این گونه، در معرض تهدید بودن، داشتن ارزش بالا از نظر دارویی و نقش مهم در حفظ سیمای طبیعی منطقه بر اهمیت این گونه ارزشمند می‌افزاید و نیاز به حفاظت از آن را شدت می‌بخشد. با این حال اطلاعات دقیقی از سطح تنوع ژنتیکی گونه سرخدار در این منطقه در دسترس نیست. تعیین جمعیت برتر برای توسعه جنگلکاری، اطلاع از فرسایش ژنتیکی، ارزیابی استعداد جمعیت‌های مختلف و غیره از دیگر اولویت‌های پژوهش‌های رشته جنگلداری است (Esmailpour et al., 2014).

اخیراً پژوهش‌های حفاظت از گونه بر درک هر چه بهتر تنوع ژنتیکی متمرکز شده است (Han et al., 2025)، چون وجود اطلاعات محدود درباره سطح تنوع ژنتیکی گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های در خطر انقراض، مانع تلاش‌های حفاظتی و احیایی می‌شود (Wang et al., 2025). در همین راستا، پژوهشی با هدف بررسی تنوع برگی در رویشگاه‌های درخت سرخدار (*Taxus baccata* L.) در مناطق شمال غربی بالکان انجام شد.

از طریق پرسش از کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی و همچنین بازدیدهای میدانی انجام شده طی این پژوهش، دو رویشگاه عمده درخت سرخدار در منطقه ارسباران (با نام ترکی مال‌گران)، به نام‌های رویشگاه سرخدار روستای کلاله علیا واقع در شهرستان خداآفرین و رویشگاه سرخدار روستای کورن واقع در شهرستان هوراند انتخاب شد (جدول ۱).

هدف اساسی از این پژوهش که برای اولین بار انجام شده است، شناسایی جمعیتی از گونه سرخدار در منطقه ارسباران بود که دارای تنوع ژنتیکی کمتری بوده تا بر این مبنای، بتوان اقدامات مدیریتی برای افزایش تنوع ژنتیکی برای آن جمعیت ضعیف پیشنهاد داد.

مواد و روش‌ها

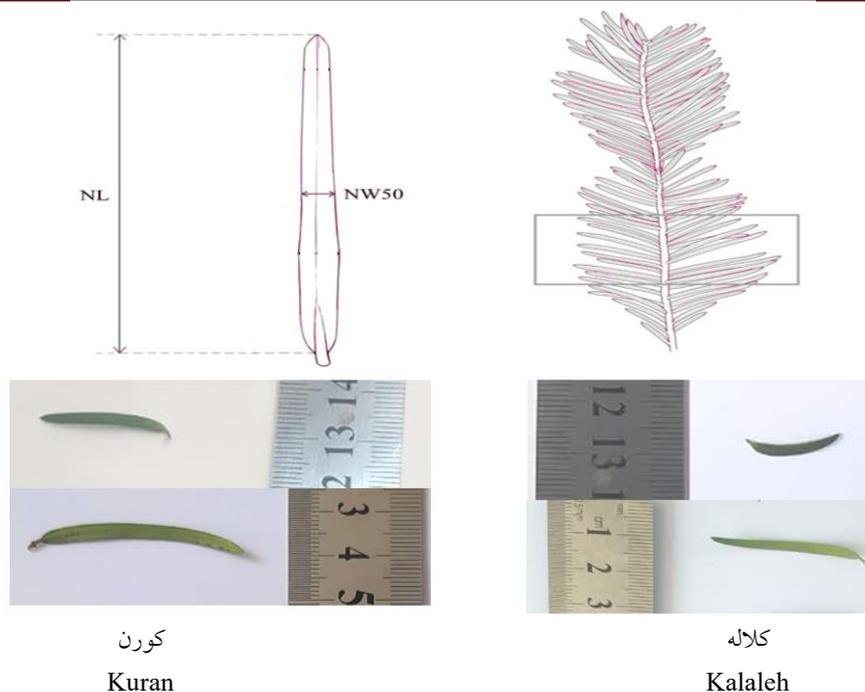
جدول ۱- مشخصات جمعیت‌های سرخدار مورد بررسی

Table 1. Characteristics of the studied yew populations

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین ارتفاع از سطح دریا (متر)	شیب (درصد)	جهت	جمعیت
Longitude	Latitude	Elevation (m)	Slope (%)	Aspect	Population
46° 45' 30" E	38° 56' 14" N	1492	35	شمالی N	کلاله Kalaleh
46° 26' 19" E	38° 56' 41" N	1509	30	شمالی N	کورن Kuran

(Tumpa et al., 2022). در مجموع ۸۰۰ نمونه برگی تصویربرداری شد (شکل ۱). برای حذف اثر سن، سعی شد پایه‌ها از قطرهای شش تا هشت سانتی متری انتخاب شوند. صفات مورفولوژیک برگ شامل سطح برگ (cm^2)، محیط برگ (cm)، طول برگ (cm) و عرض برگ در ۵۰ درصد طول (cm) با نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شد. شاخص برگ از نسبت طول برگ به عرض برگ در ۵۰ درصد طول برگ محاسبه شد.

در هر رویشگاه (جدول ۱) ۲۰ اصله درخت سالم سرخدار به‌طور تصادفی انتخاب و برای جلوگیری از تشابه خویشاوندی، کمینه فاصله بین انتخاب دو درخت ۳۰ متر در نظر گرفته و از هر پایه درختی، از قسمت میانی تاج درخت و همچنین از قسمت‌های بیرونی تاج (جهت شمالی و جنوبی) ۲۰ برگ سالم از وسط شاخه‌های دو ساله (از سمت راست و چپ شاخه‌ها) جمع‌آوری شد (Mohebi Bijarpasi et al., 2020).



شکل ۱- صفات اندازه‌گیری شده روی برگ سرخدار. در این شکل، صفات طول برگ (NL) و عرض در ۵۰ درصد طول (NW50) و همچنین تنوع در اندازه برگ سرخدار در دو رویشگاه کالاله و کورن در جنگل‌های ارسباران نشان داده شده است
 Figure 1. Measured traits on yew leaves. In this figure, needle length (NL) and width at 50% of length (NW50) traits and also the variation in yew leaf size in the two habitats of Kalaleh and Kuran in Arasbaran forests are shown.

واریانس آشیانه‌ای بین جمعیت‌ها انجام شد. سپس واریانس ژنتیکی $(\sigma_g^2 = (MS_g - MS_e) / r)$ ، واریانس محیطی $(\sigma_e^2 = MS_e)$ ، واریانس فنوتیپی $(\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2)$ ، وراثت‌پذیری $(h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2)$ ، ضریب تغییرات فنوتیپی $((\sigma_p^2)^{0.5} / M)$ ، ضریب تغییرات ژنتیکی $R_g(x, y) = ((\sigma_g^2)^{0.5} / M)$ ، همبستگی ژنتیکی $R_p(x, y) = (COV_g(x, y) / (S_x \cdot S_y))$ و همبستگی فنوتیپی $R_p(x, y) = (COV_p(x, y) / (S_x \cdot S_y))$ محاسبه شد که در این فرمول‌ها، r تعداد تکرار، σ_g^2 واریانس ژنتیکی، MS_g میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها در جدول تجزیه واریانس، MS_e میانگین مربعات خطا در جدول تجزیه واریانس، h^2 وراثت‌پذیری، σ_p^2 واریانس فنوتیپی، M میانگین، R_g همبستگی ژنتیکی، R_p همبستگی فنوتیپی، COV_g کوواریانس ژنتیکی، S انحراف معیار و COV_p کوواریانس فنوتیپی هستند (Mohebi Bijarpasi et al.,)

برای اندازه‌گیری مقدار محتوای آب نسبی، وزن تر برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت تقریباً ۱۲ ساعت در میکروتیوب‌های دو سی‌سی برچسب‌دار حاوی آب مقطر قرار داده شدند تا به حالت اشباع خود برسند و در این حالت نیز توزین شدند تا وزن اشباع برگ به دست آید. در نهایت، نمونه‌های برگ‌های اشباع‌شده به مدت تقریباً ۴۸ ساعت در آون با دمای تقریباً ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک اندازه‌گیری و محتوای نسبی آب از رابطه $RWC = (FW - DW) / TW$ محاسبه شد که در این فرمول، RWC مقدار محتوای آب نسبی برگ، FW وزن تر برگ، وزن اشباع برگ TW و وزن خشک برگ DW است. سطح ویژه برگ (cm^2/g) از تقسیم سطح برگ بر وزن خشک برگ محاسبه شد. وزن ویژه خشک برگ (g/cm^2) از تقسیم وزن خشک برگ به سطح برگ به دست آمد. تجزیه

نسخه ۲۶ و بسته Variability در محیط برنامه‌نویسی R آنالیز شدند.

نتایج

تجزیه واریانس آشیانه‌ای بین جمعیت‌ها

نتایج آنالیز واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج تفاوت معنی‌داری را برای صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، شاخص برگ، وزن ویژه و وزن خشک در دو جمعیت نشان داد. دو صفت محیط برگ و محتوای نسبی آب در بین جمعیت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

ذکر است در این پژوهش صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ساده مانند وزن خشک برگ، سطح برگ و غیره مورد بررسی و برای این صفات وراثت‌پذیری با استفاده از طرح آماری محاسبه شده است (فرمول واریانس ژنتیکی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد شد) ولی کار اصلی این پژوهش شناسایی جمعیتی از این گونه جنگلی در معرض خطر انقراض بود که دارای کمترین تنوع باشد و ضریب تغییرات ژنتیکی مورد توجه قرار گرفت. تجزیه به مولفه‌های اصلی برای تعیین صفاتی که دارای بیشترین درصد واریانس هستند انجام شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS

جدول ۲ - تجزیه واریانس آشیانه‌ای بین جمعیت‌های مورد بررسی

Table 2. Nested analysis of variance between the studied populations

وزن خشک Dry weight	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	محتوای نسبی آب Relative water content	محیط برگ Leaf perimeter	شاخص برگ Leaf index	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	سطح برگ Leaf area	درجه آزادی Df	منبع تغییرات Source of variation
0.001 *	0.007**	2882.91 ^{ns}	23.14 ^{ns}	231.60*	149338.14**	4.352**	1	بین جمعیت‌ها Between populations
0.000**	0.00014**	760.84**	17.85**	44.51**	3168.04**	0.372**	38	ژنوتیپ (جمعیت) Genotype (Population)
0.000	0.00001	146.72	0.643	2.34	237.93	0.019	760	خطا Error

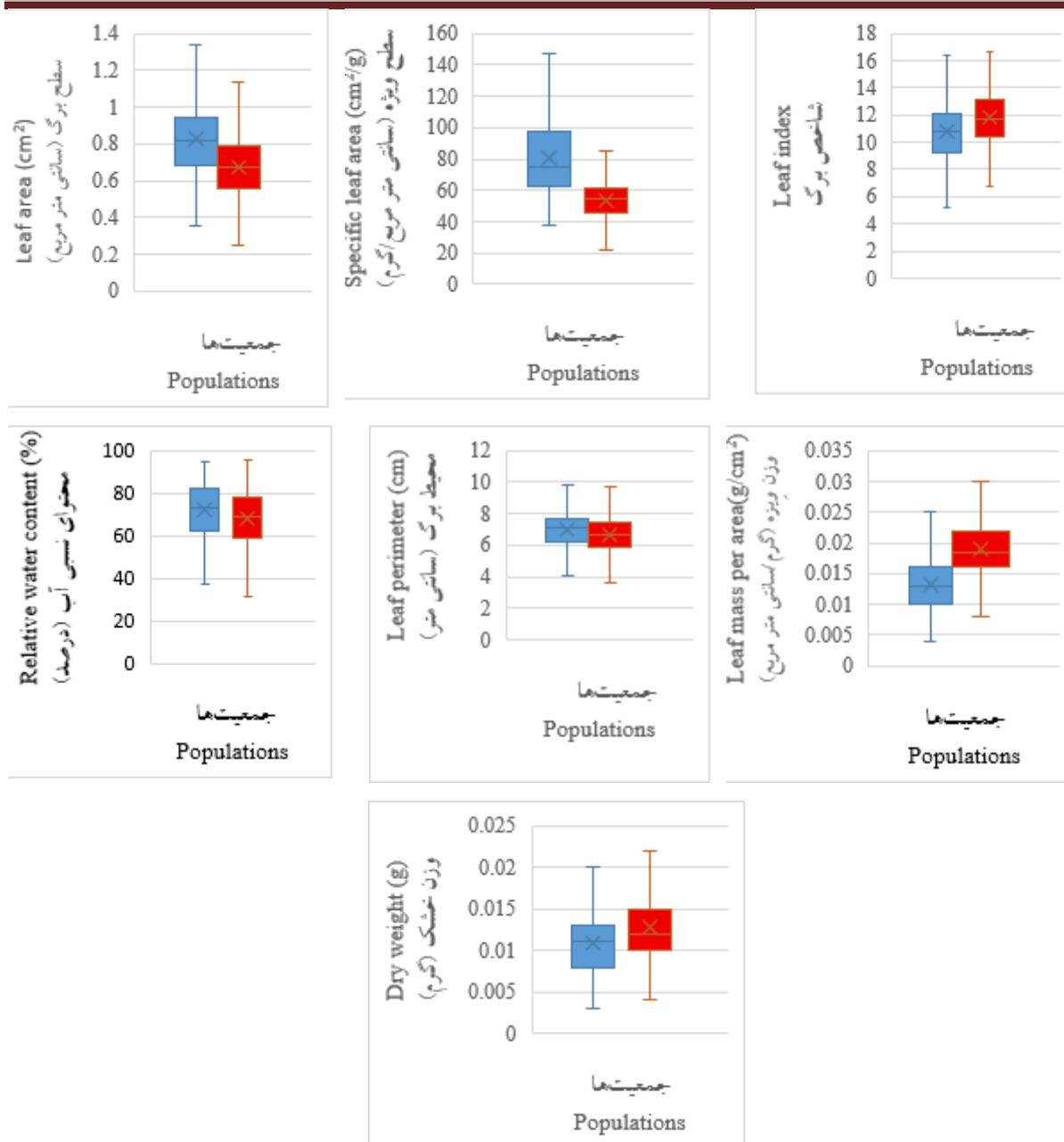
ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری اختلاف در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

**، * and ns indicate a significant difference at the 99%, 95% probability level and no difference, respectively.

جمعیت کورن بیشتر است. در مقابل، بیشترین صفات شامل شاخص برگ، وزن ویژه و وزن خشک در جمعیت کورن مشاهده شد. میانگین صفت سطح ویژه برگ در جمعیت کلالة تقریباً ۱/۵ برابر جمعیت کورن بود.

نمودار جعبه‌ای صفات در جمعیت‌های مورد بررسی

نمودار جعبه‌ای برای تمام صفات در هر یک از دو جمعیت بررسی شده در شکل ۲ نشان داده شده است. عدم وجود داده‌های پرت در این شکل مشخص است. مقدار میانگین صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، محیط برگ و محتوای نسبی آب در جمعیت کلالة از



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای صفات برگ جمعیت‌های سرخدار مورد بررسی. در این شکل، رنگ قرمز برای جمعیت کورن و رنگ آبی برای جمعیت کلاله است.

Figure 2. Box plot of leaf traits of studied yew population. In the figure, the red color for the Kuran population and the blue for the Kalaleh population.

که در جمعیت کلاله، صفت سطح ویژه برگ دارای بالاترین مقدار واریانس محیطی، ژنوتیپی و فنوتیپی و در جمعیت کورن صفت سطح ویژه برگ دارای بالاترین مقدار واریانس ژنوتیپی و صفت محتوای نسبی آب دارای بالاترین واریانس محیطی و واریانس فنوتیپی

برآورد شاخص‌های ژنتیکی در جمعیت‌های مورد بررسی نتایج مربوط به واریانس محیطی، ژنوتیپی و فنوتیپی و همچنین ضریب تغییرات فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی و وراثت‌پذیری در درون هر جمعیت در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد

ار ۲۰ درصد بود و برای جمعیت کورن، ضریب تغییرات ژنتیکی برای همه صفات مورد پژوهش کمتر از ۲۰ درصد بود. مقدار وراثت پذیری بیشتر از ۵۰ درصد در جمعیت کلاله فقط برای صفت محیط برگ مشاهده شد (جدول ۳). برای جمعیت کورن مقدار وراثت پذیری برای صفات سطح برگ و محیط برگ، بیشتر از ۵۰ درصد بود (جدول ۴).

است. در جمعیت کلاله بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی برای صفت وزن خشک و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی برای صفت محتوای نسبی آب بود (جدول ۳). کمترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی در جمعیت کورن در صفت شاخص برگ مشاهده شد (جدول ۴). ضریب تغییرات ژنتیکی برای جمعیت کلاله فقط برای صفت وزن خشک بیشتر

جدول ۳- تجزیه واریانس بین ژنوتیپ‌های کلاله و تخمین شاخص‌های ژنتیکی

Table 3. Analysis of variance between Kalaleh genotypes and estimation of genetic parameters

وزن خشک Dry weight	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	محتوای نسبی آب Relative water content	محیط برگ Leaf perimeter	شاخص برگ Leaf index	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	سطح برگ Leaf area	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variation
0.000132**	0.000117 **	956.764**	16.415**	46.054**	4814.541**	0.39**	19	ژنوتیپ Genotype
0.000008	0.000010	134.869	0.672	2.339	380.356	0.022	380	خطا Error
0.0000062	0.00000535	41.094	0.7871	2.185	221.709	0.0184		واریانس ژنتیکی Genetic variance
0.000008	0.000010	134.869	0.672	2.339	380.356	0.022		واریانس محیطی Environmental variance
0.0000142	0.00001535	175.96	1.459	4.52	602.065	0.0404		واریانس فنوتیپی Phenotypic variance
22.828	17.39	8.88	12.71	13.759	18.36	16.485		ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation
34.54	29.46	18.37	17.30	19.79	30.25	24.42		ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation
43.66	34.85	23.35	53.94	48.30	36.82	45.54		وراثت پذیری Heritability

ns, * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی داری و معنی داری اختلاف در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

** , * and ns indicate a significant difference at the 99%, 95% probability level and no difference, respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس بین ژنوتیپ‌های کورن و تخمین شاخص‌های ژنتیکی

Table 4. Analysis of variance between Kuran genotypes and estimation of genetic parameters

وزن خشک Dry weight	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	محتوای نسبی آب Relative water content	محیط برگ Leaf perimeter	شاخص برگ Leaf index	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	سطح برگ Leaf area	درجه آزادی Degree of freedom	منبع تغییرات Source of variation
0.000113**	0.000161**	564.921**	19.294**	42.970**	1521.544**	0.353**	19	ژنوتیپ Genotype
0.000009	0.000012	158.579	0.614	2.35	95.519	0.016	380	خطا Error
0.0000052	0.00000745	20.317	0.934	2.031	71.301	0.0168		واریانس ژنتیکی Genetic variance
0.000009	0.000012	158.579	0.614	2.35	95.519	0.016		واریانس محیطی Environmental variance
0.0000142	0.00001945	178.896	1.548	4.381	166.82	0.0328		واریانس فنوتیپی Phenotypic variance
17.902	14.309	6.59	14.55	12.05	15.70	19.22		ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation
29.58	23.12	19.55	18.73	17.705	24.019	26.837		ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation
36.61	38.303	11.35	60.33	46.35	42.74	51.293		وراثت‌پذیری Heritability

ns, * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری اختلاف در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

** , * and ns indicate a significant difference at the 99%, 95% probability level and no difference, respectively.

همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی صفات

همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات مورد بررسی برای هر جمعیت و برای کل جمعیت‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. بالاترین مقدار همبستگی ژنتیکی معنی‌دار در جمعیت کورن (۰/۹۸۵-) و کلاله (۰/۹۸۱-) (بین صفات سطح ویژه برگ و وزن ویژه مشاهده شد. همچنین در جمعیت کورن نیز بیشترین مقدار همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۹۸۰۸) بین صفات سطح برگ و محیط برگ مشاهده شد. نتایج بررسی همبستگی ژنتیکی

و فنوتیپی در جمعیت‌ها نشان داد که در بیشتر صفات مقادیر همبستگی ژنتیکی بین صفات بیشتر از همبستگی فنوتیپی است به طوری که بیشترین همبستگی ژنتیکی مثبت (۰/۹۸۰۸) بین صفات سطح برگ و محیط برگ مشاهده شد (جدول ۵). بالاترین مقدار همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار (۰/۸۶۲۸) برای جمعیت‌ها برای سطح برگ و محیط برگ و همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌دار (۰/۹۲۳-) بین وزن ویژه و سطح ویژه برگ مشاهده شد.

جدول ۵- همبستگی ژنتیکی (قطر بالای جدول) و فنوتیپی (قطر پایین) بین صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مختلف

Table 5. Genetic (top diameter) and phenotypic (bottom diameter) correlations between traits measured in different populations

وزن خشک Dry weight	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	محتوای نسبی آب Relative water content	محیط برگ Leaf perimeter	شاخص برگ Leaf index	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	سطح برگ Leaf area	صفات Traits	جمعیت‌ها Populations
0.689 **	-0.1187 ns	0.2421 ns	0.9137 **	0.5536 *	0.1118 ns	1	سطح برگ Leaf area	Kalale
-0.6596 **	-0.981 **	0.1085 ns	0.0758 ns	-0.0599 ns	1	0.0763 ns	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	
0.4872 *	0.0701 ns	0.0135 ns	0.7955 **	1	-0.1345 ns	0.3759*	شاخص برگ Leaf index	
0.6698**	-0.0695 ns	0.107 ns	1	0.6583 **	0.0098 ns	0.8703 **	محیط برگ Leaf perimeter	
0.0636 ns	-0.099 ns	1	0.0391 ns	0.0114 ns	0.0968 ns	0.0678 ns	محتوای نسبی آب Relative water content	
0.7303 **	1	-0.1101 ns	-0.0022 ns	0.165 ns	-0.9591 **	-0.067 ns	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	
1	0.7211 **	-0.039 ns	0.6282 **	0.3983 *	-0.6719 **	0.6295 **	وزن خشک Dry weight	
0.8678 **	-0.4424*	0.3251 ns	0.9808 **	0.4758 *	0.4788 *	1	سطح برگ Leaf area	
-0.0437 ns	-0.985 **	0.0934 ns	0.4142 *	-0.073 ns	1	0.1883 ns	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	
0.5517 **	0.0829 ns	0.0404 ns	0.6272 **	1	-0.0162 ns	0.3634 *	شاخص برگ Leaf index	
0.8812 **	-0.3769 *	0.2795 ns	1	0.5938 **	0.2339 *	0.8961 **	محیط برگ Leaf perimeter	Kuran
0.2985 ns	-0.0745 ns	1	0.053 ns	0.0125 ns	0.0989 ns	0.027 ns	محتوای نسبی آب Relative water content	
0.169 ns	1	-0.067 ns	-0.1985 ns	0.0089 ns	-0.9713 **	-0.153 ns	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	
1	0.4982 *	-0.0089 ns	0.6758 **	0.312 *	-0.4307 *	0.7769 **	وزن خشک Dry weight	

ns و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری اختلاف در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

** , * and ns indicate a significant difference at the 99%, 95% probability level and no difference, respectively.

ادامه جدول ۵.

Continued Table 5.

وزن خشک Dry weight	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	محتوای نسبی آب Relative water content	محیط برگ Leaf perimeter	شاخص برگ Leaf index	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	سطح برگ Leaf area	صفات Traits	جمعیت‌ها Populations
0.4466*	-0.5307**	0.3888*	0.899**	0.243 ^{ns}	0.5074**	1	سطح برگ Leaf area	
-0.5566**	-0.9672**	0.3157*	0.2655 ^{ns}	-0.307*	1	0.2957*	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)	
0.5909**	0.313*	-0.0966 ^{ns}	0.5847**	1	-0.223**	0.2421 ^{ns}	شاخص برگ Leaf index	
0.6468**	-0.2888 ^{ns}	0.227 ^{ns}	1	0.5648**	0.1478 ^{ns}	0.8628**	محیط برگ Leaf perimeter	جمعیت‌ها Populations
0.0129 ^{ns}	-0.301*	1	0.0655 ^{ns}	-0.026 ^{ns}	0.1569 ^{ns}	0.0974 ^{ns}	محتوای نسبی آب Relative water content	
0.527**	1	-0.1532 ^{ns}	-0.1618 ^{ns}	0.2127 ^{ns}	-0.923**	-0.291 ^{ns}	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)	
1	0.577**	-0.059 ^{ns}	0.5975**	0.3987*	-0.5888**	0.545**	وزن خشک Dry weight	

^{ns} و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری اختلاف در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

** , * and ns indicate a significant difference at the 99%, 95% probability level and no difference, respectively.

آنالیز مولفه‌های اصلی نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مولفه اول ۹۹/۲ درصد واریانس تجمعی را به خود اختصاص دادند. در تشکیل مؤلفه اول صفت سطح ویژه برگ نقش مهم‌تری داشت. در رابطه با مؤلفه دوم صفت محتوای نسبی آب نقش مهم‌تری داشت (جدول ۶).

جدول ۶- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هفت صفت برگ سرخدار منطقه ارسباران

Table 6. Principal component analysis for seven yew leaf traits in Arasbaran region

مؤلفه دوم Component 2	مؤلفه اول Component 1	صفات Traits
0.0049	0.004	سطح برگ Leaf area
-0.1103	0.993	سطح ویژه Specific leaf area (SLA)
0.0039	-0.025	شاخص برگ Leaf index

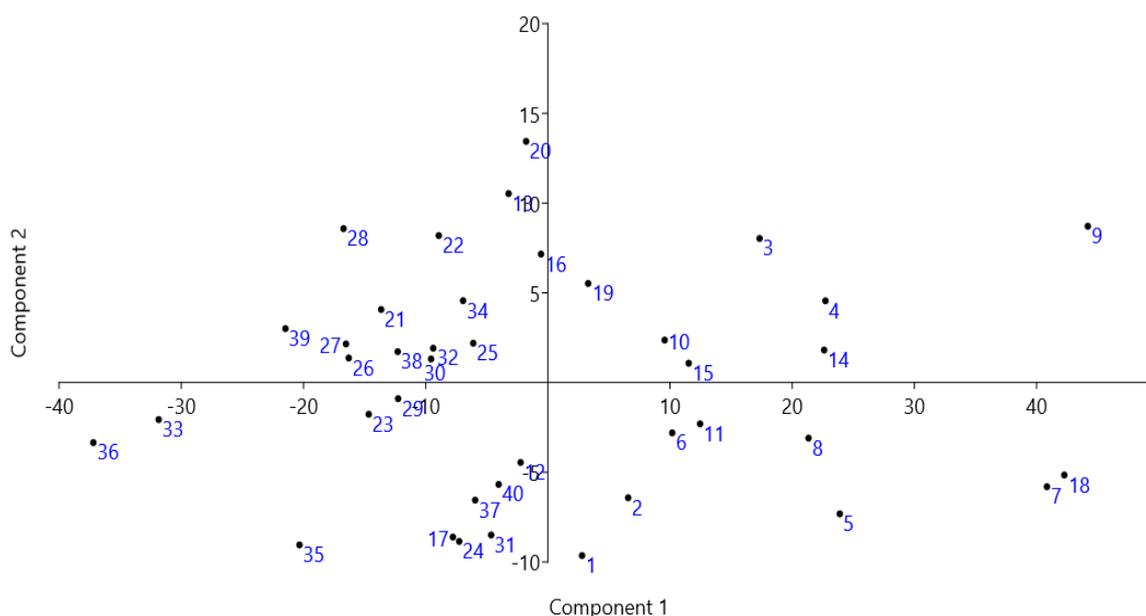
ادامه جدول ۶.

Continued Table 6.

مولفه دوم Component 2	مولفه اول Component 1	صفات Traits
0.0198	0.013	محیط برگ Leaf perimeter
0.993	0.11	محتوای نسبی آب Relative water content
0.000024	-0.0002	وزن ویژه Leaf mass per area (LMA)
0.00008	-0.000075	وزن خشک Dry weight
36.98	349.8	مقدار ویژه Eigenvalue
9.48	89.7	درصد واریانس % of Variance

کلاله و کورن در شکل ۳ نشان داده شده است. مقدار تفکیک ژنوتیپ‌های سرخدار در این شکل نمایان است.

ترسیم گرافیکی بر اساس مولفه‌های اصلی اول و دوم برای ۴۰ ژنوتیپ سرخدار متعلق به دو جمعیت



شکل ۳- ترسیم گرافیکی بر اساس مولفه‌های اصلی اول و دوم. اعداد داخل شکل، شماره ژنوتیپ‌های سرخدار می‌باشند، از شماره یک تا ۲۰ برای ژنوتیپ‌های جمعیت کلاله و از شماره ۲۱ تا ۴۰ برای ژنوتیپ‌های جمعیت کورن است.

Figure 3. Graphical plot based on the first and second principal components. The numbers in the figure are the yew genotype numbers, from 1 to 20 for the Kalale population genotypes and from 21 to 40 for the Kuran population genotypes.

به طوری که هرچه ضریب تغییرات صفتی کمتر باشد، درجه تنوع فنوتیپی نیز کمتر می شود (Liu et al., 2022; Bogdan et al., 2004). پایین بودن ضریب تغییرات ژنتیکی برای بیشتر صفات در جمعیت کورن می تواند به دلیل فعالیت های انسانی باشد که منجر به کاهش تنوع ژنتیکی در بین درختان شده است. امکان دسترسی روستائیان و گردشگران به جمعیت سرخدار کورن به راحتی وجود دارد. رویشگاه کلاله در کنار جاده اصلی بوده، امکان دسترسی راحت تری را برای گردشگران طبیعت فراهم کرده و مشاهدات میدانی نیز نشان دهنده قطع تازه شاخه های سرخدار و روشن کردن آتش در این جمعیت بود. دو موضوع حفظ تنوع زیستی و گردشگری طبیعت باید در کنار یکدیگر مورد توجه قرار گیرد. پژوهشی در جنگل های منطقه ارسباران نشان داده است که گردشگری طبیعت بر شاخص های تنوع زیستی در اشکوب درختی اثر معناداری دارد (Abedi, 2019). دخالت انسان به صورت عملیات های پرورشی و بهره برداری می تواند موجب حذف برخی از آلل های یک جایگاه ژنی شود که شاید این آلل ها دارای مقاومت در برابر حوادث آینده مانند وقوع تنش خشکی و گرما باشند که با توجه به پدیده تغییرات اقلیمی، دارای ارزش زیادی باشد. هر نوع دخالت انسان در جنگل های ارسباران حتی با هدف احیا و غنی سازی باید با رعایت درصد آمیختگی گونه ها انجام شود تا تنوع زیستی منطقه تضمین شود (Ghanbari et al., 2018). در مجموع، می توان بیان کرد که جلوگیری از آشفستگی های با منشا انسانی می تواند سبب تسریع بازگشت بوم سازگان های منطقه ارسباران به وضعیت مطلوب شود. پژوهش انجام شده بر روی سه جمعیت راش شرقی در جنگل های شهرستان ماسال در استان گیلان نشان داد ضریب تغییرات ژنتیکی کمتری در یکی از جمعیت های

با دانستن سطح تنوع ژنتیکی جمعیت های مختلف یک گونه به ویژه در مناطقی که دخالت های انسانی زیاد بوده و در مسیر کاهش تنوع ژنتیکی قرار گرفته است، می توان برنامه های حفاظتی مناسبی را اجرا کرد. امروزه تنوع ژنتیکی گونه های جنگلی را می توان با بررسی تنوع صفات مورفولوژی (Tumpa et al., 2022; Liu et al., 2022; Mohebi Bijarpasi et al., 2020; Golchehreh et al., 2022; Nedjimi, 2025; Aspalter et al., 2025) و نشانگرهای مولکولی (Rostami et al., 2019; Bina et al., 2022) آشکار کرد. نتایج این بررسی، تفاوت معنی داری را در بین جمعیت های سرخدار منطقه ارسباران از نظر صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، شاخص برگ، وزن ویژه و وزن خشک نشان داد. مقادیر میانگین صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، محیط برگ و محتوای نسبی آب در جمعیت کلاله نسبت به جمعیت کورن بیشتر است. این بالا بودن اندازه صفات می تواند ناشی از اثرهای ژنتیکی، تنوع درون گونه ای و محیطی باشد. وجود دره عمیق و پستی و بلندی بیشتر در رویشگاه سرخدار کلاله می تواند سبب ایجاد شرایط رویشگاهی مناسب تر نسبت به رویشگاه کورن شود. کاهش سطح برگ درختان در جمعیت کورن ممکن است سازوکار مفیدی برای مقابله با برخی از تنش ها مانند وجود نور بیشتر در این جمعیت باشد. میانگین صفات مورد بررسی در این پژوهش شامل سطح برگ، طول برگ و عرض برگ بیشتر از میانگین این صفات در رویشگاه های سرخدار در مناطق شمال غربی بالکان (Tumpa et al., 2022) بود که می تواند نشان دهنده عدم تشابه برگ سرخدارهای این دو منطقه جغرافیایی باشد. ضریب تغییرات صفات به عنوان معیار مناسبی در شناسایی جمعیت برتر از نظر تنوع ژنتیکی است؛

ارزش وراثت‌پذیری صفات مشاهده‌شده در این پژوهش از جمعیت کلاله تا جمعیت کورن متغیر بود. تفاوت مقدار وراثت‌پذیری بین جمعیت‌های وحشی امری طبیعی است، زیرا وراثت‌پذیری یک صفت به فراوانی آلل مربوط به آن صفت در جمعیت، عوامل محیطی و اثر متقابل ژن بستگی دارد. بسیاری از صفات مهم، چندژنی بوده و تحت تأثیر عوامل متعدد محیطی و ژنتیکی در طول زمان قرار می‌گیرند، بنابراین برای طرح‌ریزی و ایجاد صفات مطلوب در آنها لازم است مقدار تأثیر هریک از عوامل محیطی و ژنوتیپ یا وراثت‌پذیری مشخص باشد. انتخاب درخت (ژنوتیپ) بر اساس فنوتیپ، زمانی که وراثت‌پذیری کم باشد دشوار است؛ درحالی‌که بازده ژنتیکی با افزایش وراثت‌پذیری، افزایش می‌یابد (Mckeand et al., 2008). مقدار وراثت‌پذیری برای برخی صفات بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴). وراثت‌پذیری بالا نشان می‌دهد که عوامل محیطی تأثیر کمی روی صفات گذاشته است. مقدار وراثت‌پذیری صفت محتوای نسبی آب در دو جمعیت مورد بررسی، کمتر از بقیه صفات مشاهده شد که نشان‌دهنده اثر بالای عوامل محیطی و پایین بودن سهم واریانس ژنتیکی در واریانس فنوتیپی در این صفت است. این صفت به‌عنوان یک شاخص مهم در بررسی تحمل به تنش است، چون نقش کلیدی در حفظ وضعیت آبی گیاه دارد. اگرچه وراثت‌پذیری پایین نشان می‌دهد که تأثیر محیط بر این صفت بالا است، اما تحلیل آن در کنار صفات دیگر می‌تواند به تفسیر جامع‌تری از مکانیسم‌های تحمل به تنش منجر شود. همچنین درج این صفت در ارزیابی‌ها، به پربرتر شدن مجموعه داده‌ها و امکان انجام تحلیل‌های همبستگی کمک می‌کند که در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر مفید خواهد بود. صفت مربوط به

مورد بررسی وجود دارد که می‌تواند به دلیل فعالیت‌های مخرب انسانی باشد که منجر به کاهش تنوع ژنتیکی در این جمعیت شده است (Mohebi Bijarpasi et al., 2020). تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها، خطر کاهش آمیزش بین گونه‌ها را افزایش می‌دهد. در نتیجه، جریان ژن محدود شده و تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها کاهش می‌یابد (Almeida-Rocha et al., 2020). انتقال بذر یا نهال (تقویت جریان ژنی) سبب می‌شود تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های ضعیف‌تر که دچار فرسایش ژنتیکی هستند، افزایش یابد. از این‌رو، وجود سطح کم تنوع ژنتیکی در جمعیت ضعیف‌تر را می‌توان با کمک تبادل ژرم‌پلاسم برطرف کرد (Casier et al., 2024; Šeho et al., 2022; Karimi and Azadfar, 2011). تفاوت در سطوح نور می‌تواند بر تنوع مورفولوژیکی برگ‌ها در جمعیت سرخدار کلاله تأثیر گذاشته باشد، بنابراین افزایش تنوع در این جمعیت را احتمالاً توضیح می‌دهد، همانطور که توسط دیگر نویسندگان نیز گزارش شده است (Iszkuło et al., 2007). بالابودن میانگین صفات برگ‌ی در جمعیت کلاله می‌تواند نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن عوامل محیطی در این رویشگاه باشد. هر چند دلایلی مانند تخریب زیاد این رویشگاه در گذشته و حال می‌تواند سطح تنوع ژنتیکی آن را می‌تواند تغییر دهد.

در این پژوهش، ضریب تغییرات فنوتیپی در همه صفات از ضریب تغییرات ژنتیکی بیشتر بود. این مسئله نشان می‌دهد که عوامل محیطی بخش عمده‌ای از تنوع فنوتیپی صفات را نشان می‌دهند. بنابراین، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر مبتنی بر این ویژگی‌ها، نمی‌تواند عامل مؤثری باشد. صفاتی که دارای وراثت‌پذیری و ضریب تغییرات ژنتیکی بالایی هستند، امکان استفاده از آنها برای بهبود صفات از طریق گزینش مستقیم پایه‌های مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی امکان‌پذیر است.

سطح ویژه برگ دارای بالاترین مقدار واریانس محیطی، ژنوتیپی و فنوتیپی در کلاله بود.

در این پژوهش ضریب تغییرات ژنتیکی برای بیشتر صفات مورد بررسی در جمعیت کورن کمتر از جمعیت کلاله مشاهده شد. بیشترین مقدار وراثت‌پذیری برای صفت محیط برگ مشاهده شد که برای جمعیت کورن (۶۰/۳) و برای جمعیت کلاله (۵۳/۹۴) بود. با توجه به اینکه محیط برگ در هر دو رویشگاه مورد بررسی، بالاترین مقدار وراثت‌پذیری را داشته می‌تواند به‌عنوان صفتی از برگ در امر گزینش ژنوتیپ‌ها استفاده شود. صفات مختلف تأثیرات متفاوتی از شرایط محیط دریافت کرده و مقدار همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات در بین و درون جمعیت‌ها از همدیگر متفاوت بود. بررسی همبستگی ژنتیکی در صفات مورد بررسی در جمعیت‌های مختلف سرخدار نشان داد که بالاترین مقدار همبستگی بین جمعیت‌ها در جمعیت کورن برای بیشتر صفات است (جدول ۵). نتایج این بررسی نشان داد که برای بیشتر صفات مورد بررسی مقدار همبستگی ژنتیکی بیشتر از همبستگی فنوتیپی است. همبستگی فنوتیپی بین صفات در واقع اثرهای بین تعاملات ژنتیکی و محیطی هستند اما این تعاملات ممکن است به‌صورت خطی نباشد. برای صفات با وراثت‌پذیری بالا، همبستگی ژنتیکی در تعیین رابطه همبستگی فنوتیپی مهم‌تر است (Falconer and Mackay, 1996). آنالیز مولفه‌های اصلی می‌تواند مشخص کند که کدام صفات در تبیین واریانس موثرتر هستند. در این پژوهش، دو مولفه اول آنالیز مولفه‌های اصلی ۹۹/۲ درصد واریانس تجمعی را به خود اختصاص دادند. در پژوهشی، آنالیز مولفه‌های اصلی برای استفاده از متغیرهای مهم برای ۱۳ صفت برگ از درختان سفیدپلت در جنگل‌های شمال ایران انجام شد. در صفات برگ،

در مجموع ۸۵/۷ درصد واریانس به پنج مولفه اول اختصاص پیدا کرد (Fallah et al., 2012).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش (جدول‌های ۳ و ۴)، مشاهدات میدانی و با قبول این فرض که اگر تنوع ژنتیکی جمعیتی کمتر از دیگر جمعیت‌های آن گونه باشد آن جمعیت ضعیف‌تر هست، در مجموع می‌توان پیشنهاد داد از آنجایی که تنوع ژنتیکی سرخدار در رویشگاه کورن کمتر از کلاله است، از این رو تعدادی بذر از جمعیت برتر کلاله به جمعیت ضعیف‌تر کورن منتقل شود که این کار در حقیقت تقویت جریان ژنی در بین جمعیت‌ها بوده و می‌تواند سبب جبران تنوع ژنتیکی از بین رفته در کورن شود. می‌توان از حداقل ۳۰ درخت بذری سرخدار که در کل جمعیت توزیع شده باشند، برای جمع‌آوری بذر انتخاب کرد. همچنین، نصب کردن توری فلزی یا چوبی در اطراف نونهال‌های سرخدار تنها افتاده در جمعیت ضعیف‌تر کورن نیز توصیه می‌شود. با هدف حفاظت از سرخدار در خارج از رویشگاه طبیعی خود، از جمعیت سرخدار کلاله که تنوع ژنتیکی بالاتری دارد، نمونه‌هایی برای تکثیر انتخاب و در زیر سایه درختان بلند در باغ گیاه‌شناسی دانشگاه تبریز و پارک جنگلی عباس میرزای تبریز کاشته شود. پیدا کردن بهترین منبع بذر سرخدار از طریق بررسی تنوع ژنتیکی صفات بذر نیز پیشنهاد می‌شود. از آنجایی که صفات مورفولوژیکی برگ تحت تأثیر عوامل محیطی هستند، پیش بردن طرح‌های احیای گونه فقط براساس آن ممکن است کار را با خطا مواجه کند. از این رو، توصیه می‌شود در کنار بررسی صفات مورفولوژیک برگ، پژوهش‌های تکمیلی دیگری با علوم و فنون جدید نیز انجام شود تا با اطمینان بیشتری، طرح‌های احیا را در مناطق جنگلی به پیش برد.

References

- Abedi, R.; The impact of nature-based tourism on structure and biodiversity characteristics of Arasbaran forest. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2019**, 2, 406-416 (In Persian).
- Almeida-Rocha, JM.; Soares, L.A.; Andrade, E.R.; Gaiotto, F.A.; Cazetta, E.; The impact of anthropogenic disturbances on the genetic diversity of terrestrial species: a global meta-analysis. *Molecular Ecology* **2020**, 29, 4812-4822.
- Aspalter, S.; Ciceu, A.; Albis, C.M.L.; Chakraborty, D.; Schueler, S.; Provenance variation in functional traits of European forest trees: Meta-analysis reveals effects of taxa and age despite critical research gaps. *Ecology and Evolution* **2025**, 15, 1-40.
- Bina, H.; Yousefzadeh, H.; Hosseinpour, B.; Abdollahi, H.; Genetic diversity and structure of Iranian wild apples (*Malus orientalis* Uglitzk) distributed in Iran using SSR markers. *Forest Research and Development* **2022**, 7, 671-686 (In Persian).
- Bogdan, S.; Katičić-Trupčević, I.; Kajba, D.; Genetic variation in growth traits in a *Quercus robur* L. open-pollinated progeny test of the Slavonian provenance. *Silvae Genet* **2004**, 53, 198-201.
- Casier, M.; Van Diest, A.; Aerts, R.; Peeters, G.; Van Acker, K.; Hellemans, B.; Honnay, O.; Muys, B.; Genetic diversity and structure of endangered native yew *Taxus baccata* in remnant populations in Belgium. *Forest Ecology and Management* **2024**, 553, 121633.
- Esmailpour, M.; Taheri Abkenar, K.; Aalami, A.; Binoyand, A.; Genetic diversity of birch (*Betula pendula* Roth) populations using microsatellite markers. *Modern Genetics* **2014**, 9, 501-510 (In Persian).
- Falconer, D.S.; Mackay, T.F.C.; *Introduction to quantitative genetics*. Addison Wesley Longman Ltd, London, **1996**; p. 448.
- Fallah, H.; Tabari, M.; Azadfar, D.; Babaie, F.; Investigation of genetic diversity in endangered stands of *Populus capsica* Bornm. of sub-mountain forests in north of Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* **2012**, 19, 289-303 (In Persian).
- Ghanbari, S.; Moradi, G.; Nasiri, V.; Quantitative characteristics and structure of tree species in two different conservation situations in Arasbaran Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26, 355-367 (In Persian).
- Ghanbari, S.; Sefidi, K.; Fathizadeh, O.; Composition and structure of English yew forest stands (*Taxus baccata* L.) in different conservation systems of Arasbaran forests, Iran. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2019**, 26, 31-49 (In Persian).
- Golchehreh, E.; Shirzad, H.; Ghanbari, S.; Ghurbani, B.; Evaluation of morphological and biochemical traits of some genotypes of *Ribes biberistentii* L. in Ilgene Chay watershed of Arasbaran forests. *Forest Research and Development* **2022**, 8, 181-196 (In Persian).
- Han, E.; Tamaki I.; Heo T.; Byeon J.; Gantsetseg A.; Jang Y.; Park J.; Lee J.; Genetic variation and structure shaped by recent population fragmentation in the boreal conifer *Thuja koraiensis*: Conservation perspectives. *Global Ecology and Conservation* **2025**, 59, 1-13.
- Iszkuło, G.; Lewandowski, A.; Jasinska, A.K.; Dering, M.; Light limitation of growth in 10-year-old seedling of *Taxus baccata* L. (European yew). *Polish Journal of Ecology* **2007**, 55, 827-831.
- Jalili, A.; Jamzad, Z.; *Red data book of Iran*. Research Institute of Forests and Rangelands. **1999**; p. 748.
- Karimi, L.; Azadfar, D.; Consideration and comparison of genetic diversity of English yew species (*Taxus baccata* L.) by using branch and leaf peroxidase. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* **2011**, 18: 227-238 (In Persian).
- Liu, Z.; Gao, C.; Li, J.; Miao, Y.; Cui, K.; Phenotypic diversity analysis and superior family selection of industrial raw material forest species-*Pinus yunnanensis* Franch. *Forests* **2022**, 13, 618.
- Mckeand, S.E.; Li, B.; Grissom, J.E.; Isik, F.; Jayawickrama, K.J.S.; Genetic parameter estimates for growth traits from diallel tests of Loblolly pine throughout the Southeastern United States. *Silvae Genetica* **2008**, 57, 101-110.
- Mohebi Bijarpasi, M.; Rostami Shahraji, T.; Samizadeh Lahiji, H.; Genetic and phenotypic variation of *Fagus orientalis* Lipsky. Populations at different elevations of Masal forests, Guilan province, Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant*

- Breeding and Genetic Research* **2020**, 27: 278-290 (In Persian).
- Nasiri Madiseh, Z.; Mofid, M.R.; Ebrahimi, M.; Khayyam Nekoei, S.M.; Khosro Shahi, M.; Isolation of taxol producing endophytes fungi from Iranian yew (*Taxus baccata* L.). *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences* **2009**, 11, 101-107 (In Persian).
- Nedjimi, B.; Provenance variability in cone, seed and wing characteristics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) from Djelfa, Algeria. *Discover Forest* **2025**, 1, 7.
- Rostami Shahraji, T.; Yousefpour Rashti, M.; The study of natural regeneration of *taxus baccata* in Dorfak forest region in Guilan province. *Natural Resources* **2003**, 15, 15-19 (In Persian).
- Rostami, R.; Seyedi, N.; Yousefzadeh, H.; Genetic diversity of wild apple (*Malus orientalis* Uglitz.) in Hyrcanian forests of Iran by SSR markers. *Forest Research and Development* **2019**, 5, 169-179 (In Persian).
- Tumpa, K.; Liber, Z.; Šatović, Z.; Medak, J.; Idžojtić, M.; Vidaković, A.; Vukelić, J.; Šapić, I.; Nikl, P.; Poljak, I.; High level of phenotypic differentiation of common yew (*Taxus baccata* L.) populations in the north-western part of the Balkan Peninsula. *Forests* **2022**, 13: 78.
- Valizadeh M.; Moghadam M.; *Introduction to quantitative genetics*. Academic publishing center, Tehran, **2016**; p. 558.
- Wang, Y.; Wang, X.; Wu, J.; et al. Phylogeography and genetic diversity of *Ulmus elongata* (Ulmaceae), a tertiary relict tree with extremely small populations (PSESP). *BMC Plant Biology* **2025**, 25, 1-13.

