

Diagnostic analysis of leaf morphology of Beech, Hornbeam and Oak in altitude gradients

Mohammad Ali Talebi¹, Davoud Azadfar^{*2}, Mohammadreza Kavosi³,
Hamid Jalilvand⁴, Mehdi Meftah⁵, Zohreh Saedi⁶

1. Ph.D. Student, Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: talebisanami@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: azadfar.d@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: kavosi.reza66@gmail.com
4. Professor, Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: hj_458_hj@yahoo.com
5. Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: meftah_20@yahoo.com
6. Ph.D. Graduate, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan Province, Gorgan, Iran. E-mail: saeedizohre@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.17.2022
Revised: 09.17.2022
Accepted: 09.18.2022

Keywords:
Altitude gradient,
Beech,
Hornbeam,
Leaf morphology,
Oak

ABSTRACT

Background and Objectives: The impacts of global climate change are influencing terrestrial ecosystems especially forest resources in Iran and other countries. It is a serious threat to the extinction of a number of species. Assessing changes in plant functional traits along height gradients is very useful for understanding the adaptation of vegetation communities and their response to the environment in climate change. The aim of this study was to understand the evolutionary trend of leaf morphological traits and to investigate the segregation of three important populations of hardwood species from Hyrcanian forests across elevational gradients.

Materials and Methods: Five populations were selected at altitudes of 300, 600, 1200, 900 and 1500 m above sea level in the forests of Neka area, according to the natural distribution of the studied species. Sampling of leaves were carried out in four directions and in the middle of treetops to determine seven leaf morphological traits. Data were processed using analysis of variance, Duncan's multiple comparisons and diagnostic analysis.

Results: The results showed that the characteristics of the leaves and their evolutionary tendencies were significantly different across various elevation gradients for the three species. The diagnostic analysis of traits made it possible to group the individuals with a high level of precision for the three species. Leaf area, perimeter, length and width were the best indicators, among other morphological traits, for separating leaf morphological traits of three species across various elevation gradients.

Conclusion: Natural selection in the direction of adaptation and evolution of the population of population of studied species in altitude gradients has strongly affected the characteristics of leaf morphologies and therefore the separation of populations. Leaf area was suggested as the most effective functional trait and 300-m elevation was proposed as hypothetical limit for

the altimetric separation of the three species provenances. Findings of this study can help to assess the stability of isolated populations of the tree species in the face of certain consequences of climate change, and also to choose the optimal method of forest management in order to protect genetic variations as well as improve risk prevention and management.

Cite this article: Talebi, Mohammad Ali, Azadfar, Davoud, Kavosi, Mohammadreza, Jalilvand, Hamid, Meftah, Mehdi, Saeedi, Zohreh. 2022. Diagnostic analysis of leaf morphology of Beech, Hornbeam and Oak in altitude gradients. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (3), 113-133.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19835.1958

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تحلیل تشخیصی ریخت‌شناسی برگ گونه‌های راش، ممرز و بلندمازو در گرادیان ارتفاع از سطح دریا

محمدعلی طالبی^۱، داوود آزادفر^{۲*}، محمدرضا کاوسی^۳، حمید جلیوند^۴، مهدی مفتاح^۵، زهره سعیدی^۶

۱. دانشجوی دکتری گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: talebisanami@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: azadfar.d@gmail.com
۳. دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: kavosi.reza66@gmail.com
۴. استاد گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: hj_458_hj@yahoo.com
۵. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mefteh_20@yahoo.com
۶. دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: saedizohre@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: پیامدهای تغییرات اقلیمی جهانی که اکنون ایران و سایر کشورها با آن مواجه هستند، فشار و تنش‌هایی است که بر اکوسیستم‌های خشکی، به‌خصوص جنگل‌ها وارد شده است. این موضوع تهدیدی جدی برای انقراض تعدادی از گونه‌ها می‌باشد. ارزیابی تغییرات
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷	صفت‌های عملکردی گیاه در طول گرادیان ارتفاع از سطح دریا در جهت درک سازگاری جوامع
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶	و پاسخ آن‌ها به محیط در تغییرات اقلیمی بسیار مفید است. هدف از این پژوهش درک روند
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۷	تغییرات صفت‌های ریخت‌شناسی برگ و هم‌چنین بررسی تفکیک جمعیت‌های سه گونه پهن‌برگ مهم جنگل‌های هیرکانی در گرادیان ارتفاع از سطح دریاست.
واژه‌های کلیدی: بلندمازو، راش، ریخت‌شناسی برگ، گرادیان ارتفاعی، ممرز	مواد و روش‌ها: پنج جمعیت در ارتفاع‌های ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا در جنگل‌های حوزه نکا با توجه به پراکنش طبیعی گونه‌های مورد مطالعه انتخاب گردید. نمونه‌گیری برگ در چهار جهت و میانه تاج درختان انجام و هفت صفت ریخت‌شناسی برگ اندازه‌گیری و محاسبه شد. داده‌ها به کمک تجزیه واریانس، مقایسات چندگانه دانکن و تحلیل تشخیصی مورد پردازش قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که همه صفت‌های برگ هر سه گونه دارای اختلاف معنی‌داری بین طبقه‌های مختلف ارتفاع از سطح دریا هستند. روند تغییرات صفت‌های سه گونه در گرادیان ارتفاع از سطح دریا با هم متفاوت بود. تحلیل تشخیصی صفت‌ها در طبقه‌های ارتفاعی، گروه‌بندی پایه‌ها را با درصد صحت بالایی برای هر سه گونه انجام داد. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین صفت‌های ریخت‌شناسی برگ هر سه گونه بلندمازو، ممرز و راش در پاسخ به گرادیان ارتفاع از سطح دریا، صفت‌های مساحت، محیط، طول و عرض برگ به‌عنوان مؤثرترین صفت‌ها در هر سه گونه به‌شمار می‌آیند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی با توجه به روند تغییرات صفت‌های ریخت‌شناسی برگ گونه‌ها در گرادیان ارتفاع از سطح دریا بر اساس سرشت گونه‌ای در منطقه مورد مطالعه و آشکارسازی خوب تفاوت‌های فنوتیپی جمعیت‌ها توسط تحلیل تشخیصی نتیجه‌گیری می‌شود که نیروهای انتخاب طبیعی در جهت سازگاری و تکامل جمعیت‌های این سه گونه در گرادیان ارتفاعی این منطقه، به‌خوبی بر ویژگی‌های برگ تأثیر گذاشته و باعث تفکیک جمعیت‌ها شده‌اند. هم‌چنین صفت مساحت برگ به‌عنوان مؤثرترین صفت عملکردی معرفی و اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری به‌عنوان مرزهای فرضی تفکیک پروانانس ارتفاعی هر سه گونه پیشنهاد گردید. بنابراین به کمک یافته‌های این پژوهش می‌توان پایداری جمعیت‌های تفکیکی هر سه گونه را در مقابل برخی پیامدهای تغییرات اقلیمی ارزیابی و هم‌چنین در انتخاب روش بهینه مدیریت جنگل در جهت حفاظت منابع ژنتیکی گونه‌ها استفاده نمود و مدیریت پیشگیری خطر را در جنگل بهبود بخشید.

استناد: طالبی، محمدعلی، آزادفر، داوود، کاوسی، محمدرضا، جلیلود، حمید، مفتاح، مهدی، سعیدی، زهره (۱۴۰۱). تحلیل تشخیصی ریخت‌شناسی برگ گونه‌های راش، ممرز و بلندمازو در گرادیان ارتفاع از سطح دریا. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۹ (۳)، ۱۳۳-۱۱۳.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19835.1958



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

پیامدهای تغییرات اقلیمی جهانی که اکنون ایران و سایر کشورها با آن مواجه هستند، فشار و تنش‌هایی است که بر اکوسیستم‌های خشکی، به‌خصوص جنگل‌ها وارد شده است. این موضوع تهدیدی جدی برای انقراض خیلی از گونه‌ها می‌باشد. گیاهان برای سازگاری با پیامدهای تغییرات اقلیمی مانند افزایش گرما، کاهش و تغییر رژیم بارندگی و به تبع آن خشکی، عکس‌العمل‌های متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که ممکن است در قدرت رقابتی آن گونه در مقابل سایر گونه‌ها مؤثر باشد. گسترش جغرافیایی هر گیاه به‌طور طبیعی در درجه اول به‌وسیله عوامل آب و هوایی کنترل می‌شود بنابراین پراکنش هرگونه درختی در محدوده‌های خاصی امکان‌پذیر است (۱، ۲).

ارزیابی تغییرات صفات عملکردی گیاه در طول گرادیان ارتفاعی برای درک سازگاری جوامع گیاهی و پاسخ آن‌ها به تغییرات اقلیمی بسیار مفید است. همراه با افزایش ارتفاع، عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، فشار هوا و مقدار تابش نور خورشید تغییر می‌کنند. همراه با تغییر در عوامل محیطی، تغییر در ساختار و فیزیولوژی گیاهان نیز در طول گرادیان ارتفاعی مشاهده شده است (۳). تغییرات ارتفاعی، عامل بسیار مهمی برای بررسی ویژگی‌های گیاهان در راستای پی بردن به ماهیت سازش‌پذیری درازمدت آن‌ها است. با توجه به این‌که تأثیرپذیری از محیط باعث پایداری افراد یک جمعیت در برابر نوسانات کوتاه‌مدت محیطی می‌شود، ممکن است بتواند افراد جمعیت را در مقابل اثرات درازمدت تغییرات اقلیمی نیز حفظ کند (۴). صفات مورفولوژیکی که همان صفات ظاهری گیاه هستند از اولین مدارکی بودند که براساس آن طبقه‌بندی گیاهان صورت گرفته است. برخی از

این صفات مثل صفات برگ، شاخه و جوانه در سنین اولیه رویش و برخی دیگر مثل صفات بذر و میوه در سنین بالاتر قابل‌مطالعه هستند (۵، ۶). برگ به‌عنوان اصلی‌ترین بخش فتوسنتزی گیاهان، سریع‌ترین واکنش را نسبت به تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهد. پاسخ ویژگی‌های عملکردی برگ می‌تواند استراتژی‌های انطباق‌پذیری ویژه گیاهان را در شرایط خاص محیطی نشان دهد. ارتفاع اثر عمده‌ای بر مورفولوژی برگ و فیزیولوژی درون یک گونه دارد. گونه‌ها در ارتفاعات بالا از لحاظ مورفولوژی و فیزیولوژیکی از گونه‌های ارتفاع پایین متمایزند و به‌طورکلی صفات‌های برگ مانند طول، عرض، محیط و مساحت با افزایش ارتفاع کاهش و ضخامت برگ افزایش می‌یابد (۷). پژوهش‌گران قسمتی از تنوع صفات‌های مورفولوژیک برگ را ناشی از تفاوت شرایط اقلیمی و خاکی رویشگاه مانند میانگین رطوبت و دمای سالیانه، طول فصل خشک و میزان حاصلخیزی خاک و قسمتی را ناشی از وجود تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها می‌دانند (۸). برگ به‌عنوان یکی از اندام‌های اصلی در گیاهان با قدرت تطابق‌پذیری بالا و پراکنش وسیع، به‌راحتی در مقابل تغییرات شرایط محیطی از جمله نور و درجه حرارت از خود واکنش نشان می‌دهند و صفات ریخت‌شناسی برگ تحت تأثیر نوسانات محیطی قرار می‌گیرند و این تغییرات در جهت سازگاری‌های اکولوژیکی گونه می‌باشد (۹، ۱۰).

پژوهش‌های گوناگونی نشان داده‌اند که ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ درختان در پاسخ به تغییرات ارتفاعی تغییر می‌کنند. صفات ریخت‌شناسی برگ‌ها نقش‌های کلیدی در عملکردهای گیاهی ایفا می‌کنند و تغییرات سازگاری‌های تکاملی را متناسب با محیط

ارتفاع از سطح دریا، برگ‌های قسمت پایینی تاج پوشش به کسب صفات مشابه بالای تاج پوشش تمایل داشتند. پژوهش‌گران نامبرده بیان کردند که تأثیرپذیری برگ‌ها می‌تواند منجر به تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در فستتوز کل تاج پوشش و تعادل کربن جنگل شود (۹). محبی (۲۰۱۹) تغییرات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی برگ گونه راش را در سه ارتفاع ۷۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۷۰۰ متری از سطح دریا در جنگل‌های ماسال استان گیلان مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ در بین جمعیت‌ها و ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ در بین درون جمعیت‌ها، اختلاف معنی‌داری داشتند. مقدار سطح برگ، سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی نمونه‌ها با افزایش ارتفاع از سطح دریا، افزایش یافت، اما از ارتفاع دوم به بعد، از مقدار این ویژگی‌ها کاسته شد. بیش‌ترین میانگین تأثیرپذیری از محیط در بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی در نیمه‌های شمالی و جنوبی تاج درختان در محتوای آب نسبی مشاهده شد. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که جمعیت‌های راش با تغییر در ویژگی‌های برگ در ارتفاعات مختلف به تغییرات محیطی پاسخ می‌دهند (۱۴).

امروزه نشانه‌های تغییر اقلیم در ایران و به‌خصوص در جنگل‌های هیرکانی مشهود است به‌طوری‌که گزارش شده درجه حرارت در این مناطق به‌خصوص در گیلان و گرگان طی نیم‌قرن گذشته بیش از یک درجه افزایش را نشان می‌دهد. تغییر بی‌سابقه اقلیم می‌تواند توانایی جنگل‌ها را جهت اقلیم‌پذیری و سازگاری با شرایط آینده به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. به‌طورکلی پیش‌بینی شده که اثرات تغییر اقلیم، رویش و زنده‌مانی را کاهش داده و جنگل‌ها را مستعد اختلالات از طریق آتش‌سوزی‌ها،

اطرافشان نمایش می‌دهند. برای آشکار کردن حالت تطبیقی و مکانیسم‌های گیاهان در پاسخ به گرم شدن کره زمین، ساختار ریخت‌شناسی برگ در سه گونه مختلف *Epilobium amurense* Hausskn. و *Pedicularis densispica* Franch. در امتداد *Potentilla fulgens* Wall. ex Hook در شیب ارتفاعی (۳۰۰۰ تا ۴۶۰۰ متر) در کوه‌های Yulong مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که طول و عرض برگ کاهش درحالی‌که ضخامت برگ با افزایش ارتفاع در هر سه گونه افزایش یافته است (۱۱). آگاهی از تنوع در مقیاس محلی در صفات برگ برای یک گونه واحد و روابط بین این صفات و وابستگی آن‌ها به ارتفاع ممکن است برای برون‌یابی فرایندهای اکوفیزیولوژیک از برگ به سطح اکوسیستم ضروری باشد. صفات عملکردی برگ و روابط آلومتریکی برگ *Pleioblastus amarus* را در سه ارتفاع مختلف (۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ متر) در پژوهشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها بیانگر آن است که این گونه پتانسیل بالایی در رشد و انعطاف‌پذیری ریخت‌شناسی دارد (۱۲). گائو و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی سازگاری *Abies georgei* var. *smithii* در ارتفاعات مختلف (۳۷۰۰ تا ۴۳۰۰ متر) گزارش کردند که اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های عملکردی برگ این گونه در ارتفاع‌های مختلف وجود داشته و ارتفاع ۴۱۰۰ متر، مناسب‌ترین ارتفاع برای رشد این گونه است (۱۳). راجس نرووا و همکاران (۲۰۱۵) نیز پاسخ‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی راش اروپایی را در قسمت‌های بالایی و پایینی تاج پوشش درختان از ارتفاع ۴۰۰ تا ۱۱۰۰ متر بررسی کردند. نتایج این پژوهش، سازگاری زیاد درختان راش را نسبت به عوامل محیطی نشان داد. هم‌چنین، همراه با افزایش

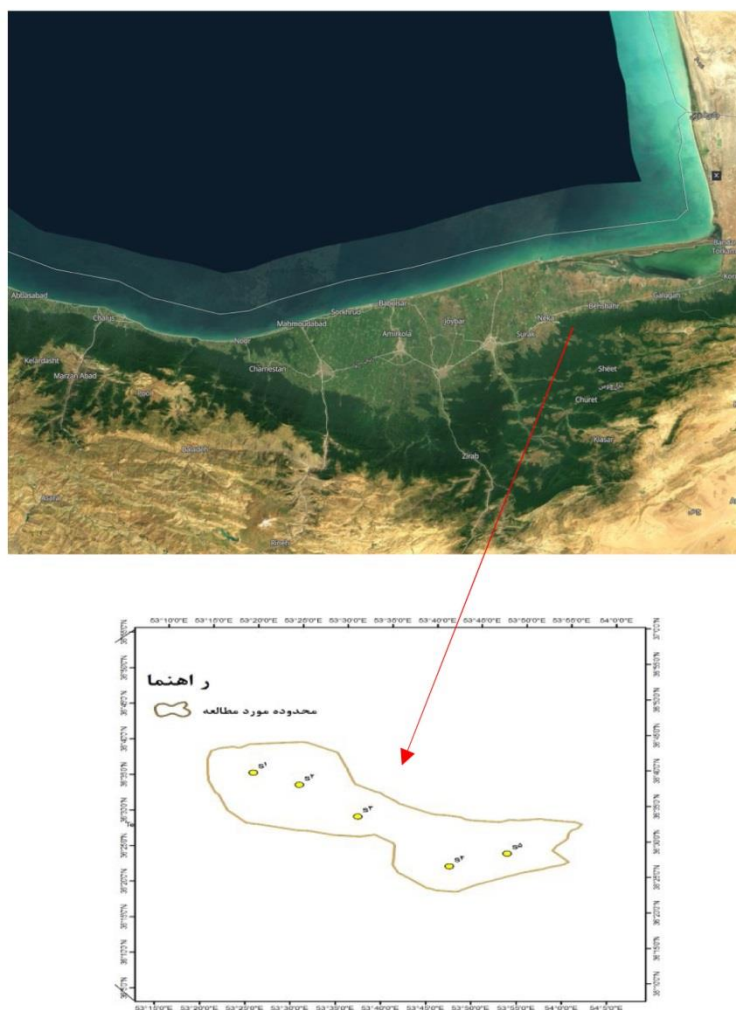
پاسخ اکولوژیکی گونه‌های مختلف نسبت به شرایط تغییرات اقلیمی بسیار مهم بوده و به کمک آن‌ها، سیاستمداران، مدیران و برنامه‌ریزان جنگل و سایر نهادهای وابسته می‌توانند برای مدیریت رویش و بهره‌برداری با حفظ و توسعه الگوی پایدار از جنگل‌ها اقدام نمایند.

مواد و روش‌ها

منطقه و گونه‌های مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های حوضه نکارود و ظالم‌رود شهرستان نکای استان مازندران می‌باشد که مختصات جغرافیایی آن در پایین‌ترین ارتفاع حدود ۱۸۰ متر برابر ۷۱۱۳۶۹ طول شرقی و ۴۰۵۵۴۸۶ عرض شمالی و در بالاترین ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متر برابر ۷۵۶۸۶۶ طول شرقی و ۴۰۳۷۹۷۵ عرض شمالی می‌باشد. پنج ایستگاه با اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری شامل ایستگاه‌های ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بر اساس محدوده پراکنش ارتفاعی گونه‌های مورد مطالعه انتخاب گردیدند. جهت شیب غالب شمالی و درصد شیب بین ۵ تا ۱۵ درصد به جهت حذف تأثیر سایر عوامل توپوگرافی در تمامی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شدند (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه دارای تیپ‌های غالب درختی شامل ممرز-بلندمازو، ممرز-راش، راش-ممرز است. منشأ خاک منطقه مورد مطالعه عمدتاً از سنگ‌های آهکی، اسیدپته خاک عمدتاً خستی تا قلیایی و تیپ‌های خاک منطقه مورد مطالعه شامل راندزین تکامل نیافته، قهوه‌ای جنگلی و قهوه‌ای شسته شده است.

حشرات و بیماری‌ها کند و سرانجام ساختار و ترکیب جنگل را در مقیاس کلی تغییر دهد؛ بنابراین در راستای مدیریت پایدار جنگل‌ها، درک این موضوع که اکوسیستم‌های جنگلی چگونه نسبت به تغییرات آب‌وهوا واکنش نشان می‌دهند نیازی ضروری می‌باشد. پژوهش‌گران تغییر اقلیم دریافتند که با توجه به وجود ارتباط بین تغییرات درجه حرارت و عرض جغرافیایی یا ارتفاع از سطح دریا، مناطق کوهستانی آزمایشگاه ایده‌آل طبیعی برای پژوهش در مورد تغییرات اقلیم و تغییر پراکنش گونه‌ها در پاسخ به افزایش درجه حرارت هستند. بر طبق یافته‌ها، تغییرات سریع اقلیمی باعث تغییر در گونه‌ها و به ضرر بعضی از آن‌ها عمل خواهد کرد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی پاسخ احتمالی سه گونه غالب درختی جنگل‌های هیرکانی به تغییرات اقلیمی در یک گرادیان ارتفاع از سطح دریا در جنگل‌های حوزه شهرستان نکا از نظر ساختار برگ طراحی و انجام گردید.

بنابراین سؤال اساسی این تحقیق میزان واکنش‌های تطبیقی جمعیت‌های مختلف گونه‌های راش *Quercus*، بلندمازو *Fagus orientalis Lipsky* و ممرز *Carpinus betulus* در گرادیان ارتفاع از سطح دریا از نظر ساختار برگ بوده تا بتوان جمعیت‌ها و یا گونه‌های در معرض خطر احتمالی پیامدهای تغییرات اقلیمی را مشخص نمود. تشخیص، حفظ بقا و تنوع جمعیت‌ها از مؤلفه‌های ضروری جنگلداری پایدار بوده و رصد و پیش‌بینی تغییرات آن در بوم نظام‌های جنگلی آینده بسیار مهم می‌باشد؛ بنابراین نتایج این پژوهش برای ارزیابی



شکل ۱- منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه.

Figure 1. Study area and stations.

تاج متقارن و سالم باشند (۲۰). وسعت هر ایستگاه بستگی به میزان فراوانی گونه‌های مورد مطالعه اندکی متفاوت بود و در خصوص بعضی از گونه‌ها با توجه به شروع یا پایان ارتفاع رویش، محدودیت انتخاب ۱۰ پایه وجود داشت. نمونه‌گیری برگ از چهار طرف و میانه تاج و به تعداد ۱۰ برگ از هر جهت در اواسط مرداد که برگ‌ها کامل بودند، انجام شد (احمدی). سپس نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter) مدل CI-202 ساخت شرکت CID اسکن شدند. هفت ویژگی ساختاری برگ شامل ۱- مساحت

گونه‌های مورد مطالعه از مهم‌ترین گونه‌های جنگل‌های هیرکانی و عرصه مورد مطالعه شامل ممرز (*Carpinus betulus* L.)، راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) انتخاب شدند (۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹).

روش نمونه‌گیری و اندازه‌گیری برگ: انتخاب درختان در هر ایستگاه بر اساس پراکنش طبیعی گونه‌ها و به تعداد ۱۰ پایه از هرگونه با فاصله بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر انجام گرفت تا پایه‌ها کم‌ترین میزان خویشاوندی را داشته و هم‌چنین میانسال، سیلندریک،

۲- طول ۳- عرض ۴- محیط ۵- نسبت طول به عرض ۶- ضریب شکل برگ ۷- طول دمبرگ به کمک دستگاه (دقت صدم میلی‌متر)، خط‌کش میلی‌متری (دقت نیم میلی‌متر) و محاسباتی مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه واریانس داده‌ها بعد از تست نرمال بودن و همگنی واریانس به ترتیب توسط آزمون لون و کولموگروف-اسمیرنوف به کمک ANOVA و مقایسات چندگانه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. سپس تحلیل تشخیصی جهت تعیین صفت‌های مؤثرتر و گروه‌بندی پایه‌ها در طبقه‌های ارتفاعی در نرم‌افزار PAST صورت پذیرفت.

نتایج

تجزیه واریانس صفت‌های مساحت، طول، عرض، محیط، نسبت طول به عرض، ضریب شکل و طول دمبرگ بلندمازو در طبقه‌های مختلف ارتفاع از سطح دریا، اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد خطا نشان داد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که صفت‌های مساحت، طول، عرض، محیط، ضریب شکل و طول دمبرگ بلندمازو با افزایش ارتفاع از ۳۰۰ به ۱۵۰۰ متر از سطح دریا کاهش یافته درحالی‌که صفت نسبت طول به عرض با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند افزایشی را نشان دادند (جدول ۲).

هم‌چنین تجزیه واریانس همه صفت‌های برگ مورد مطالعه بر روی ممرز نیز اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد خطا بین ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا نشان داد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین

صفت‌ها بین ارتفاع‌های مختلف به‌طورکلی نشان داد که صفت‌های مساحت، طول، عرض و محیط برگ ممرز ابتدا با افزایش ارتفاع از ۳۰۰ به ۶۰۰ متر روند کاهشی و سپس از ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ متری روند افزایشی و در ارتفاع ۱۵۰۰ متر دوباره کاهش می‌یابد. صفت نسبت طول به عرض برگ ممرز نیز از ارتفاع ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر ثابت و سپس افزایش تا ارتفاع ۱۲۰۰ متر و بعد از آن روند کاهشی را نشان داد. صفت ضریب شکل برگ نیز به‌طور نسبی روند هماهنگی را با نسبت طول به عرض نشان داد. صفت طول دمبرگ ممرز نیز ابتدا تا ارتفاع ۶۰۰ متر ثابت و سپس روند افزایش تا ۱۲۰۰ متر و بعد از آن روند کاهشی را نشان داد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس صفت‌های مساحت، طول، عرض، محیط، نسبت طول به عرض، ضریب شکل و طول دمبرگ راش در طبقه‌های ارتفاعی مختلف، اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد خطا نشان داد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های صفت‌های مساحت، طول، عرض و محیط برگ راش به‌طورکلی نشان داد که این صفت‌ها از ارتفاع ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ متری روند افزایشی و بعد از آن تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری روند کاهشی دارند. صفت نسبت طول به عرض برگ راش نیز ابتدا در ارتفاع ۶۰۰ و ۹۰۰ متری ثابت و سپس تا ارتفاع ۱۲۰۰ متری روند کاهشی و بعد از آن ثابت باقی ماند. صفت ضریب شکل برگ نیز از ارتفاع ۶۰۰ تا ۹۰۰ متری کاهشی و بعد از آن تا ۱۲۰۰ متری افزایش و سپس تا ۱۵۰۰ متری کاهش را نشان داد؛ اما طول دمبرگ راش از ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ متر روند افزایش و سپس ثابت باقی ماند (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات برگ گونه‌های راش، ممرز و بلندمازو در طبقه‌های ارتفاعی مختلف.

Table 1. Analysis of variance of leaf morphological traits of hornbeam, beech and oak species in different altitude classes.

Trait صفت	Squares Mean میانگین مربع‌ها		
	Oak بلندمازو	Hornbeam ممرز	Beech راش
Area مساحت	21385.506**	5338.246**	4942.661**
Length طول	201.508**	314.627**	129.703**
Wide عرض	149.738	59.379**	29.178**
Perimeter محیط	1488.231**	1927.804**	277.032**
Length/Wide ratio نسبت طول به عرض	5.459**	1.066**	1.248**
Shape factor ضریب شکل	0.210**	0.659**	0.236**
Petiole length طول دم‌برگ	2.117**	8.757**	1.769**

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد خطا

** Significant at 1 percent error level

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات برگ گونه‌های بلندمازو، ممرز و راش در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا به روش دانکن.

Table 2. Comparison of mean leaf traits of oak, hornbeam and beech species at different altitudes by Duncan method.

گونه Species	صفت Trait	ارتفاع از سطح دریا Height from sea level				
		300	600	900	1200	1500
بلندمازو <i>Quercus castaneifolia</i>	Area (cm ²) مساحت	54.3 ^a	52.7 ^a	-	-	37.3 ^b
	Length (cm) طول	12.8 ^a	12.6 ^a	-	-	11.2 ^b
	Wide (cm) عرض	6.4 ^a	6.4 ^a	-	-	5 ^b
	Perimeter (cm) محیط	34.4 ^a	34 ^a	-	-	29.9 ^b
	Length/Wide ratio نسبت طول به عرض	2.1 ^b	2.1 ^b	-	-	2.3 ^a
	Shape factor ضریب شکل	0.57 ^a	0.56 ^a	-	-	0.52 ^b
	Petiole length (cm) طول دم‌برگ	0.71 ^a	0.64 ^{ab}	-	-	0.54 ^b
ممرز <i>Carpinus betulus</i>	Area (cm ²) مساحت	21.5 ^b	17.9 ^c	20.7 ^b	23.3 ^a	13.1 ^d
	Length (cm) طول	7.8 ^b	7.1 ^c	7.9 ^b	8.4 ^a	5.9 ^d
	Wide (cm) عرض	4 ^a	3.7 ^c	3.9 ^b	4.1 ^a	3.1 ^d
	Perimeter (cm) محیط	18.7 ^b	17.3 ^c	18.9 ^b	20 ^a	13.9 ^d
	Length/Wide ratio نسبت طول به عرض	2 ^b	2 ^b	2.1 ^a	2.1 ^a	2 ^b
	Shape factor ضریب شکل	0.77 ^b	0.75 ^c	0.73 ^d	0.72 ^d	0.83 ^a
	Petiole length (cm) طول دم‌برگ	0.91 ^d	0.94 ^d	1.2 ^b	1.3 ^a	1.1 ^c
راش <i>Fagus orientalis</i>	Area (cm ²) مساحت	-	32.2 ^b	32.6 ^b	38.8 ^a	30.7 ^c
	Length (cm) طول	-	10 ^b	10.1 ^b	10.8 ^a	9.4 ^c
	Wide (cm) عرض	-	5 ^b	5 ^b	5.6 ^a	5 ^b
	Perimeter (cm) محیط	-	23.4 ^c	24.2 ^b	25.3 ^a	23.4 ^c
	Length/Wide ratio نسبت طول به عرض	-	2.1 ^a	2.1 ^a	2 ^b	1.9 ^b
	Shape factor ضریب شکل	-	0.73 ^b	0.71 ^c	0.75 ^a	0.70 ^c
	Petiole length (cm) طول دم‌برگ	-	0.41 ^c	0.52 ^b	0.59 ^a	0.58 ^a

حروف همنام نشان‌دهنده گروه مشابه است

The same letters present the same group

تأثیرگذار در تابع ۲ هستند (جدول ۳). همچنین گروه‌بندی پایه‌های بلندمازو در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا با صحت ۸۰ درصد نشان داد که به ترتیب فقط ۷۰ و ۸۰ درصد پایه‌های بلندمازو موجود در ارتفاع‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ متری مختص همان ارتفاع بوده و بقیه پایه‌ها به لحاظ ویژگی‌های برگ‌گی مشابه ارتفاع‌های به ترتیب بعدی و قبلی خود هستند و فقط در ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، ۱۰۰ درصد پایه‌ها در همین طبقه قرار گرفتند (جدول ۴).

نتایج تحلیل تشخیصی صفت‌های هفت‌گانه برگ بلندمازو در سه ارتفاع از سطح دریا نشان داد که تابع کانونی ۱ توانایی تشخیص ۸۸/۶۴ درصد و تابع کانونی ۲ توانایی تشخیص ۱۱/۳۶ درصد واریانس کمیت‌های مستقل مورد مطالعه را دارند. تعیین ضرایب رگرسیونی برای هر کمیت در هر تابع کانونی نمایان کرد که صفت‌های مساحت، محیط، طول و عرض برگ به ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در تابع ۱ و صفت‌های نسبت طول به عرض، ضریب شکل و طول دم‌برگ به ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های

جدول ۳- ضرایب رگرسیونی صفت‌های برگ بلندمازو در توابع کانونی.

Table 3. Regression coefficients of oak leaf traits in canonical functions.

صفت Trait	تابع ۱ Function 1	تابع ۲ Function 2
Area مساحت =A	3.42	-3.17
Length طول =B	0.33	-0.32
Wide عرض =C	0.30	-0.11
Perimeter محیط =D	0.91	-0.80
Length to wide ratio نسبت طول به عرض =E	-0.06	0.001
Shape factor ضریب شکل =F	0.01	-0.01
Petiole length طول دم‌برگ =G	0.03	-0.06

جدول ۴- گروه‌بندی پایه‌های بلندمازو در طبقه‌های ارتفاعی.

Table 4. Grouping of oak individuals in altitude classes.

ارتفاع از سطح دریا (متر) Height from sea level (m)	گروه‌های پیش‌بینی شده Predicted groups			کل Total
	300	600	1500	
300	7	3	0	10
600	2	8	0	10
1500	0	0	5	5
درصد				
300	70	30	0	100
600	20	80	0	100
1500	0	0	100	100

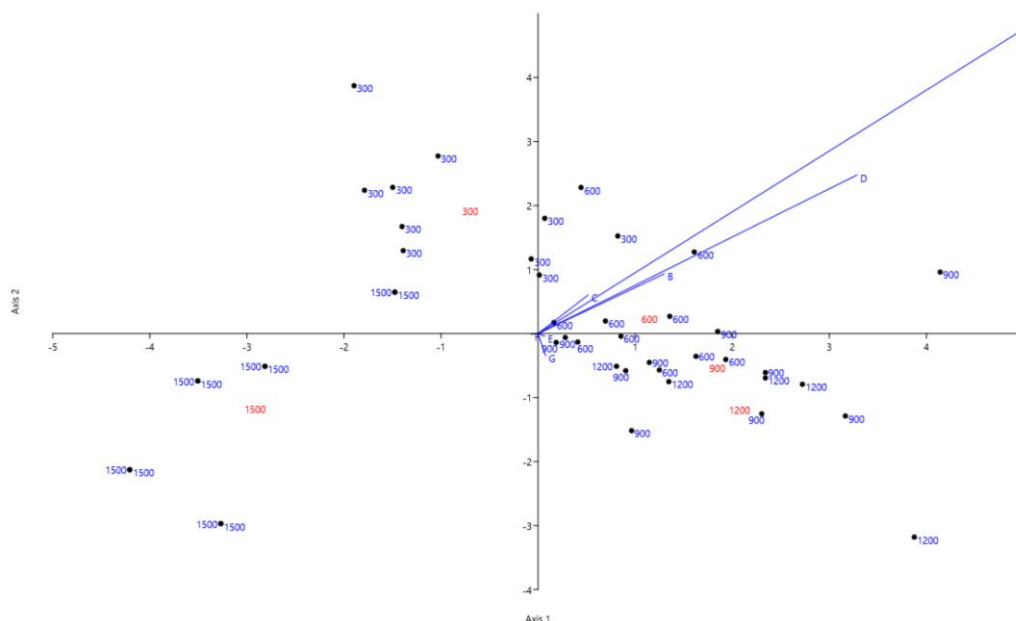
صحت ۷۷/۷۸ درصد نشان داد که به ترتیب فقط ۹۰ و ۷۰ درصد پایه‌های ممرز موجود در ارتفاع‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ متری مختص همان ارتفاع بوده و بقیه پایه‌ها به لحاظ ویژگی‌های برگ، مشابه ارتفاع بالاتر هستند. هم‌چنین فقط ۶۰ درصد پایه‌های موجود در ارتفاع ۹۰۰ متری مختص همین ارتفاع بوده و بقیه پایه‌های موجود مشابه ارتفاع قبلی و بعدی هستند و فقط در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا، ۱۰۰ درصد پایه‌ها در همین طبقه قرار گرفتند. گروه‌بندی پایه‌ها در ارتفاع ۱۵۰۰ متر نیز نشان داد که ۸۰ درصد پایه‌ها مختص همین طبقه بوده و بقیه پایه‌ها مشابه ارتفاع ۳۰۰ متری هستند (شکل ۲ و جدول ۶).

هم‌چنین نتایج تحلیل تشخیصی صفت‌های مورد مطالعه برگ ممرز در پنج ارتفاع از سطح دریا نشان داد که تابع کانونی ۱ توانایی تشخیص ۶۳/۱۳ درصد و تابع کانونی ۲ توانایی تشخیص ۲۳/۴۵ درصد و در کل ۸۶/۵۷ درصد واریانس تجمعی کمیت‌های مستقل مورد مطالعه را دارند. تعیین ضرایب رگرسیونی برای هر کمیت در هر تابع کانونی نمایان کرد که صفت‌های مساحت، محیط، طول و عرض برگ به ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در تابع ۱ و صفت‌های ضریب شکل، نسبت طول به عرض و طول دم‌برگ به‌ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در تابع ۲ هستند (جدول ۵ و شکل ۲). هم‌چنین گروه‌بندی پایه‌های ممرز در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا با

جدول ۵- ضرایب رگرسیونی صفت‌های برگ ممرز در توابع کانونی.

Table 5. Regression coefficients of hornbeam leaf traits in canonical functions.

صفت Trait	تابع ۱ Function 1	تابع ۲ Function 2
Area = مساحت = A	1.36	1.30
Length = طول = B	0.36	0.26
Wide = عرض = C	0.14	0.17
Perimeter = محیط = D	0.91	0.68
Length to wide ratio = نسبت طول به عرض = E	0.018	-0.01
Shape factor = ضریب شکل = F	-0.020	-0.003
Shape factor = طول دم‌برگ = G	0.021	-0.10



شکل ۲- پراکنش درختان ممرز ارتفاع‌های مختلف بر اساس توابع ۱ و ۲.

Figure 2. Distribution of hornbeam trees of different elevations based on functions 1 and 2.

جدول ۶- نتایج طبقه‌بندی پایه‌های ممرز در طبقه‌های ارتفاع از سطح دریا.

Table 6. Results of classification of hornbeam individuals in altitude classes.

ارتفاع از سطح دریا (متر) Height from sea level (m)	گروه‌های پیش‌بینی شده Predicted groups					کل Total
	300	600	900	1200	1500	
300	9	1	0	0	0	10
600	0	7	3	0	0	10
900	0	2	6	2	0	10
1200	0	0	0	5	0	5
1500	2	0	0	0	8	10
300	90	10	0	0	0	100
600	0	70	30	0	0	100
900	0	20	60	20	0	100
1200	0	0	0	100	0	100
1500	20	0	0	0	80	100

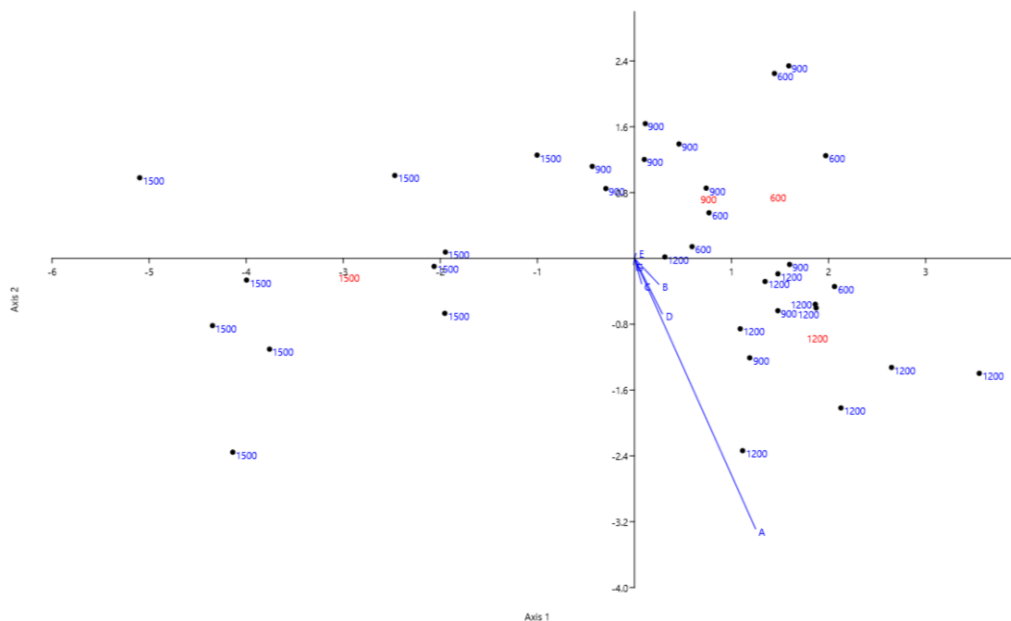
صحت ۷۷/۱۴ درصد نشان داد که فقط ۶۰ درصد پایه‌های ارتفاع ۶۰۰ متر مختص همین ارتفاع بوده و بقیه پایه‌ها مشابه پایه‌های ارتفاع‌های ۹۰۰ و ۱۲۰۰ متری هستند. گروه‌بندی پایه‌ها در ارتفاع ۹۰۰ بیانگر اختصاص فقط ۶۰ درصد از پایه‌ها به این گروه بوده و بقیه پایه‌ها مشابه ارتفاع‌های قبلی و بعدی هستند. هم‌چنین نتایج نشان داد که ۹۰ درصد پایه‌ها مختص همین ارتفاع بوده و بقیه پایه‌های موجود در این ارتفاع مشابه ارتفاع قبلی خود هستند و بالاخره در ارتفاع ۱۵۰۰ متری فقط ۹۰ درصد پایه‌ها مختص همین طبقه بوده و بقیه پایه‌ها مشابه ارتفاع ۹۰۰ متری هستند (شکل ۳ و جدول ۸).

نتایج تحلیل تشخیصی صفت‌های هفت‌گانه برگ راش در چهار ارتفاع از سطح دریا نشان داد که تابع کانونی ۱ توانایی تشخیص ۸۶/۶۸ درصد و تابع کانونی ۲ توانایی تشخیص ۱۱/۰۵ درصد و در کل ۹۷/۷۳ درصد واریانس جمعیت‌های مستقل مورد مطالعه را دارند. تعیین ضرایب رگرسیونی برای هر کمیت در هر تابع کانونی نمایان کرد که صفت‌های مساحت، محیط، طول و عرض برگ به ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در تابع ۱ و صفت‌های نسبت طول به عرض، ضریب شکل و طول دم‌برگ به‌ترتیب بیش‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در تابع ۲ هستند (جدول ۷ و شکل ۳). هم‌چنین گروه‌بندی پایه‌های راش در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا با

جدول ۷- ضرایب رگرسیونی صفت‌های برگ راش در توابع کانونی.

Table 7. Regression coefficients of beech leaf traits in canonical functions.

صفت Trait	تابع ۱ Function 1	تابع ۲ Function 2
Area = مساحت = A	1.18	-3.12
Length = طول = B	0.24	-0.30
Wide = عرض = C	0.07	-0.29
Perimeter = محیط = D	0.27	-0.64
Length to wide ratio = نسبت طول به عرض = E	0.015	0.06
Shape factor = ضریب شکل = F	0.009	-0.02
Petiole length = طول دم‌برگ = G	-0.008	-0.07



شکل ۳- پراکنش درختان راش ارتفاع‌های مختلف بر اساس توابع ۱ و ۲.

Figure 3. Distribution of beech trees of different elevations based on functions 1 and 2.

جدول ۸- نتایج طبقه‌بندی پایه‌های راش در طبقه‌های ارتفاع از سطح دریا.

Table 8. Results of classification of beech individuals in altitude classes.

	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height from sea level (m)	گروه‌های پیش‌بینی شده Predicted groups				کل Total
		600	900	1200	1500	
فراوانی Frequency	600	3	1	1	0	5
	900	2	6	2	0	10
	1200	0	1	9	0	10
	1500	0	1	0	9	10
درصد Percentage	600	60	20	20	0	100
	900	20	60	20	0	100
	1200	0	10	90	0	100
	1500	0	10	0	90	100

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات ارتفاعی می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای سنجش پاسخ‌های اکولوژیکی و تکاملی جامعه گیاهی به تغییر شرایط محیطی در نظر گرفته شود (۷) در طول یک گرادیان ارتفاعی، غالباً تغییرات زیاد عوامل محیطی در فواصل ارتفاعی کوتاه اتفاق می‌افتد که منجر به تغییر آشکار در ویژگی‌ها و سازگاری‌هایی می‌شود که در طول تاریخ به آن رسیده‌اند (۲۱) و به دلایل مختلف تغییر در ویژگی‌های گیاه در طول یک گرادیان ارتفاعی می‌تواند منعکس‌کننده روند تغییر در تغییرات آب و هوایی باشد (۲۲).

نتایج این پژوهش نشان داد که در بین صفت‌های ریخت‌شناسی برگ هر سه گونه بلندمازو، ممرز و راش در پاسخ به گرادیان ارتفاع از سطح دریا، صفت‌های مساحت، محیط، طول و عرض برگ به‌عنوان مؤثرترین صفت‌ها در هر سه گونه به شمار می‌آیند. هم‌چنین مقایسه صفت‌های چهارگانه نامبرده در بین گونه‌ها نشان داد که گونه‌های بلندمازو، راش و ممرز به ترتیب دارای بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان هستند. با توجه به این‌که پیامدهای تغییرات اقلیمی مانند افزایش دما و کاهش آب در دسترس گیاه می‌تواند بیش‌ترین فشار خود را در یک گرادیان ارتفاعی بر جمعیت‌های ارتفاع‌های پایین‌تر گونه‌ها وارد نمایند، جمعیت‌های ارتفاعی هرگونه با مساحت برگ بزرگ‌تر، دارای پتانسیل تبخیر و تعرق بیش‌تر بوده و از این‌رو با تنش کم‌آبی بیش‌تری روبه‌رو بوده و در اثر ضعف فیزیولوژی مورد آسیب بیش‌تر آفات و امراض قرار می‌گیرند. پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهند که صفت‌های طول، عرض، مساحت و محیط برگ با دما و بارندگی همبستگی قوی و معنی‌داری داشته و با افزایش ارتفاع (کاهش دما و بارندگی) کاهش می‌یابند (۲۳، ۲۴). مطالعه روند تغییرات مساحت، محیط، طول و عرض برگ در گرادیان ارتفاع از سطح دریا نشان

داد که روند تغییرات و پاسخ سه گونه با هم متفاوت می‌باشد به‌طوری‌که صفت‌های چهارگانه گونه بلندمازو با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند کاهشی داشته ولی این روند در گونه ممرز به‌صورت سینوسی یعنی ابتدا کاهشی سپس افزایشی و دوباره کاهشی است و بالاخره این روند در گونه راش برای اکثر صفت‌ها تقریباً به‌صورت زنگوله‌ای، ابتدا ثابت و سپس افزایشی و در انتها کاهشی است. کاهش مقادیر سطح برگ، طول، عرض و محیط برگ، ضخیم‌تر شدن برگ‌ها و افزایش بهره‌وری از نور در ارتفاع‌های بالاتر از سطح دریا می‌تواند تنش‌های ناشی از عوامل فیزیکی مانند دمای کم و اشعه ماوراءبنفش را در این ارتفاع‌ها کاهش دهد (۱۳). مطالعه روند تغییرات صفت‌های برگ سه گونه به‌ویژه مساحت برگ به‌خوبی نشان می‌دهد که گونه گرمادوست بلندمازو با افزایش ارتفاع از سطح دریا و پیرو آن کاهش دما، مساحت برگ‌های خود را کوچک‌تر نموده است ولی دو گونه ممرز و راش با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا ۱۲۰۰ متر و بهتر شدن شرایط ریشی به‌علت کاهش دما و افزایش بارندگی، به‌طورکلی مساحت برگ‌های خود را افزایش داده و بعداً این ارتفاع با نامساعد شدن شرایط محیط ریشی با توجه به سرشت گونه‌ها، روند کاهش شدید مساحت برگ را انتخاب نموده‌اند. نتایج پژوهش محبی (۲۰۱۹) نیز نشان داد که جمعیت‌های راش با تغییر در ویژگی‌های برگ در ارتفاع‌های مختلف به تغییرات محیطی پاسخ می‌دهند (۱۴). کاهش معنی‌دار مساحت برگ‌های گونه ممرز در ارتفاع ۶۰۰ متر نسبت به ۳۰۰ متری می‌تواند علل دیگری مانند رقابت نوری گونه‌ای باشد چراکه در این ارتفاع سه گونه بلندمازو و راش و ممرز با هم حضور دارند؛ بنابراین مشاهده می‌گردد که هر سه گونه در پاسخ به گرادیان ارتفاع از سطح دریا با توجه به سرشت خود واکنش خوبی را در ویژگی‌های برگ

ریخت‌شناسی یکی از اولین نشانگرهای مورد استفاده در شناسایی و مدیریت ژرم‌پلاسم هستند (۲۷). گروه‌بندی پایه‌های گونه‌های مورد مطالعه در طبقه‌های مختلف ارتفاع از سطح دریا به کمک تحلیل تشخیصی هفت صفت برگ بیانگر این مطلب است. که گروه‌بندی با درصد صحت بالایی امکان‌پذیر است. نتایج گونه بلندمازو نشان داد که به ترتیب ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پایه‌های موجود در طبقه‌های ارتفاعی ۳۰۰، ۶۰۰ و ۱۵۰۰ متر مختص همان طبقه بوده و سایر پایه‌های موجود در آن طبقه‌ها به لحاظ ویژگی‌های برگ مشابه سایر طبقه‌های بالاتر یا پایین‌تر خود هستند. وجود تشابه فنوتیپی در یک محیط مشابه به‌طور معمول می‌تواند اشاره به شباهت ژنتیکی و پیوند خویشاوندی نزدیک پایه‌های یک گونه در آن محیط داشته باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد جمعیت‌های گونه بلندمازو با افزایش ارتفاع از سطح دریا با کاهش تنوع فنوتیپی مستعد آسیب بیش‌تری در صورت وجود حساسیت به عوامل تنش‌زای محیطی باشند. جیتونگا و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی نشان دادند که ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ و میوه برای تشخیص ارقام ماکادامیا در کنیا قابل‌اعتماد هستند (۲۷).

اما نتایج گروه‌بندی پایه‌های گونه ممرز نشان داد که به ترتیب ۹۰، ۷۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد پایه‌های موجود در طبقه‌های ارتفاعی ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ متر فقط متعلق به همان طبقه ارتفاعی بوده و سایر پایه‌های موجود از نظر ویژگی‌های برگ مشابه طبقه بالاتر خود هستند و فقط در ارتفاع‌های ۹۰۰ و ۱۵۰۰ متری تداخلات پایه‌ای با طبقه‌های پایین‌تر خود نیز مشاهده می‌شود؛ بنابراین مشاهده می‌گردد که جمعیت ممرز در ارتفاع میان‌بند ۹۰۰ متری با بیش‌ترین تنوع فنوتیپی می‌تواند بیش‌ترین پایداری را در مقابل عوامل تنش‌زای محیطی داشته باشد. آمین و

از خود نشان داده‌اند و می‌توان بیان نمود که پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی مانند خشکی می‌تواند جمعیت‌های دو گونه بلندمازو و ممرز را در ارتفاع ۳۰۰ متری بیش‌تر از جمعیت‌های ارتفاع ۶۰۰ متری با توجه به ویژگی‌های برگ به‌ویژه مساحت برگ تحت تأثیر قرار دهد.

روند تغییرات سایر صفت‌ها نیز در گرادیان ارتفاع از سطح دریا برای سه گونه مورد مطالعه متفاوت بود به‌طوری‌که در گونه بلندمازو با افزایش ارتفاع، نسبت طول به عرض برگ روند افزایشی و طول دم‌برگ روند کاهشی داشت اما در گونه ممرز با افزایش ارتفاع، نسبت طول به عرض و طول دم‌برگ ابتدا ثابت سپس افزایشی و در انتها کاهشی بود و بالاخره در گونه راش با افزایش ارتفاع، نسبت طول به عرض ابتدا ثابت و سپس روند کاهشی و دوباره ثابت و طول دم‌برگ ابتدا افزایش و سپس ثابت باقی ماند؛ بنابراین به‌طور کلی مشاهده می‌گردد که گونه‌های بلندمازو و ممرز با افزایش ارتفاع از سطح دریا برگ‌های خود را کشیده‌تر ولی گونه راش دایره‌ای شکل‌تر نموده‌اند که با توجه به سرشت گونه‌ای راش و شرایط مساعدتر رویش آن در ارتفاعات بالاتر نسبت به دو گونه دیگر طبیعی به نظر می‌رسد. دم‌برگ‌ها یکی از اندام‌هایی هستند که نقش هدایت مواد به برگ را بر عهده دارند به دلیل کوتاه بودن فصل رویش در ارتفاع‌های بالا، گیاهان در آغاز فصل رویش فعالیت فتوسنتزی و انتقال مواد را افزایش می‌دهند؛ بنابراین، هرچه طول دم‌برگ بلندتر باشد سبب انتقال بیشتر مواد غذایی به برگ‌ها می‌شود (۲۵). نتایج پژوهش امیدبگی (۲۰۰۰) در زمینه تأثیر ارتفاع بر خصوصیات ریخت‌شناسی برگ نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، ضریب شکل برگ کاهش می‌یابد که با نتایج دو گونه بلندمازو و ممرز در این پژوهش هم‌خوانی دارد (۲۶).

توانایی شناسایی تنوع ژنتیکی برای مدیریت مؤثر و استفاده از منابع ژنتیکی ضروری است. صفت‌های

همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود بیان داشتند که تنوع ریخت‌شناسی برگ عمدتاً ناشی از مواد ژنتیکی بوده و تجزیه و تحلیل تنوع می‌تواند مبنای خوبی برای پرورش منابع برتر ژرم پلاسم فراهم کند (۲۸).

نتایج گروه‌بندی پایه‌های گونه راش نیز نشان داد که به ترتیب ۶۰، ۶۰، ۹۰ و ۹۰ درصد پایه‌های موجود در طبقه‌های ارتفاعی ۶۰۰، ۹۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ متر فقط متعلق به همان طبقه ارتفاعی بوده و سایر پایه‌های موجود از نظر ویژگی‌های برگ‌گی مشابه طبقه بالاتر خود هستند و فقط در ارتفاع‌های ۹۰۰ و ۱۵۰۰ متری تداخلات پایه‌ای با طبقه‌های پایین‌تر خود نیز مشاهده می‌شود؛ بنابراین مشاهده می‌گردد که جمعیت‌های راش ارتفاعات پایین‌تر با تنوع فنوتیپی بیشتر می‌توانند پایداری بیشتری را در مقابل عوامل نامساعد محیطی داشته باشند. جتروکنگگافک و همکاران (۲۰۲۱) پژوهشی را به منظور برآورد تنوع مورفولوژیکی برگ برخی از توده‌ها/کلون‌ها از مجموعه ژرم پلاسم جنس *Hevea* و هم‌چنین به منظور تعیین اهمیت توصیف‌گرهای مورفولوژیکی برگ در افتراق توده‌ها/کلون‌ها انجام دادند. نتایج امکان تفکیک کلون‌های جنس *Hevea* را در گروه‌های مختلف با استفاده از توصیف‌کننده‌های مورفولوژیکی برگ را نشان داد. از این رو این نتایج برای تولید ژنوتیپ‌های متنوع در برنامه‌های اصلاحی برای گسترش منابع ژنی جنس *Hevea* مفید خواهد بود (۲۹).

آگاهی از تنوع در هر گونه برای درک روابط تکاملی، توسعه استراتژی‌های کارآمد برای حفظ منابع ژنتیکی و هدایت مؤثر اصلاح نژاد و انتخاب برای بهبود ژنتیکی ضروری است. پلی‌مورفیسم ژنتیکی منبع اولیه برای تنوع فنوتیپ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است. انتخاب طبیعی به نفع یا علیه یک فنوتیپ خاص منجر به تغییرات تکاملی در درون و بین گونه‌ها و در نهایت تنوع ژنتیکی در گونه می‌شود

که به‌نوبه خود زمینه سازگاری با تغییرات شرایط محیطی را فراهم می‌کند. میزان و ساختار تنوع ژنتیکی یک جمعیت، توانایی آن جمعیت را برای انطباق با محیط خود را از طریق انتخاب طبیعی تعیین می‌کند (۳۰). وجود تشابه بیش‌تر پایه‌های ممرز نسبت به بلندمازو در ارتفاع ۳۰۰ متری می‌تواند بیانگر حساسیت بیش‌تر گونه ممرز در صورت وقوع عوامل نامساعد محیطی نسبت به گونه بلندمازو باشد. به عبارت دیگر تنوع فنوتیپی کم‌تر گونه ممرز نسبت به بلندمازو در ارتفاع ۳۰۰ متری بیانگر احتمال صدمه‌پذیرتر بودن ممرز در مقابل عوامل تنش‌زای محیطی باشد. هم‌چنین مقایسه تشابه فنوتیپی برگ سه گونه مورد مطالعه در ارتفاع ۶۰۰ متری نیز نشان می‌دهد که گونه بلندمازو، ممرز و راش به ترتیب دارای بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان تشابه هستند و از طرف دیگر تداخلات گروه‌بندی سایر پایه‌های باقی‌مانده بلندمازو با ارتفاع پایین‌تر، ممرز با ارتفاع بالاتر و راش با دو طبقه ارتفاعی بالاتر نیز نشان‌دهنده میزان تنوع فنوتیپی بالاتر راش نسبت به ممرز و آن هم بیش‌تر از بلندمازو است. وجود تنوع فنوتیپی ناشی از تنوع ژنتیکی می‌تواند جمعیت گونه را در مقابل عوامل نامساعد محیطی پایداری بیش‌تری بخشیده و صدمات را به حداقل برساند. زنگ و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نشان دادند که تفاوت‌های فنوتیپی و تنوع ژنتیکی می‌تواند در یافتن منابع ژنتیکی برای توسعه ارقام با بهبود مقاومت به خشکی و کارایی مصرف آب مورد استفاده قرار گیرند (۳۱). با توجه به پیامدهای تغییرات اقلیمی مانند افزایش دما، کاهش بارندگی، تغییر رژیم بارندگی و یا طغیان و گسترش آفات و امراض در جنگل‌های هیرکانی به نظر می‌رسد این پیامدها با توجه به صدمات پیش‌آمده در درجه اول، حد پایین پراکنش گونه‌ها را بیش‌تر تحت تأثیر خود قرار می‌دهد از این رو با توجه به نتایج تنوع فنوتیپی برگ می‌توان

بوده و گونه ممرز نسبت به راش نیز هرچند دارای اندکی تنوع فنوتیپی بیش‌تر بوده اما تداخل گروهی سایر پایه‌های آن با ارتفاع پایین‌بند، این گونه را مستعد صدمه‌پذیری بیش‌تر نسبت به گونه راش نشان می‌دهد.

به‌طورکلی می‌توان بیان داشت که تغییرات ارتفاع از سطح دریا در مقیاس محلی با کنترل عوامل آب و هوایی، تأثیر معنی‌داری بر صفات برگ به‌ویژه مساحت برگ گونه‌های مورد مطالعه داشت. هر سه گونه بر اساس سرشت خودپاسخ متفاوتی را از نظر ویژگی‌های برگ به روند تغییرات ارتفاع از سطح دریا نشان دادند که به پایداری جمعیت‌های گونه‌ها در مقابل پیامدهای تغییرات اقلیمی کمک خواهد نمود؛ اما وجود میزان متفاوت تنوع فنوتیپی برگ گونه‌های مورد مطالعه در ارتفاع‌های مختلف و هم‌چنین میزان این تنوع در مقایسه بین‌گونه‌ای می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که در صورت وجود حساسیت به پیامدهای تغییرات اقلیمی، جمعیت‌های گونه‌های مورد مطالعه با شدت‌های متفاوتی آسیب خواهند دید.

بیان داشت که گونه‌های بلندمازو و ممرز مستعد صدمه بیش‌تری نسبت به گونه راش در ارتفاعات پایین‌بند ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا هستند. گسترش بیماری زغالی بلندمازو و فتیله نارنجی ممرز نیز در ارتفاعات پایینی‌تر نیز می‌تواند دلیل دیگری بر این مطلب باشد. پژوهش بر پراکنش بیماری زغالی بلندمازو در جنگل‌های هیرکانی نشان داد که گسترش و شدت این بیماری با ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین رابطه دارد (۳۲). هم‌چنین پژوهش‌ها نشان داده است که پاپایای معمولی تغییرات فنوتیپی متوسط تا زیادی را در خصوصیات مورفولوژیکی برگ، گل و شکل میوه نشان می‌دهد. تنوع فنوتیپی بالا در پاپایا برای صفات مهم باغبانی مانند ویژگی‌های میوه و واکنش به آفات و عوامل بیماری‌زا مهم است (۳۰). وجود تنوع فنوتیپی بیش‌تر گونه راش نسبت به ممرز در ارتفاعات میان‌بند ۹۰۰ و ۱۲۰۰ متر از سطح دریا نیز می‌تواند بیانگر پایداری بیش‌تر جمعیت راش در این ارتفاع‌ها باشد و بالاخره در ارتفاع بالای ۱۵۰۰ متر گونه بلندمازو با کم‌ترین تنوع فنوتیپی دارای بیش‌ترین خطر صدمه‌دیده‌گی نسبت به سایر گونه‌ها

منابع

1. Gratani, L. 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany J.* 17p.
2. Ehsani, A., Yeganeh, H., Sur, A., Saghafi Khadem, F., Abarsaji, Q., and Akbarpour, H. 2013. Investigation of changes in phenological stages of *Poa bulbosa* species in semi-steppe regions of Golestan and Khorasan Razavi provinces. *J. of Plant Science Research*, 29: 1. 17-27. (In Persian)
3. Lykholat, Y., Khromyk, N., Ivan'ko, I., Kovalenko, I., Shupranova, L., and Kharytonov, M. 2016. Metabolic responses of steppe forest trees to Altitude-Associated local environmental changes. *Agriculture & Forestry J.* 62: 2. 163-171.
4. Jump, A.S., and Peñuelas, J. 2005. Running to stand still: adaptation to the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters J.* 8: 9. 1010-1020.
5. Bruschi, M.L., Cardoso, M.L., Luchesi, M.B., and Gremiao, M.P.D. 2003. Gelatin microparticles containing propolis obtained by spray-drying technique: preparation and characterization. *International J. Pharmaceutics.* 264: 45-55.
6. Delagrang, S., 2011. Light and seasonal-induced plasticity in leaf morphology, N partitioning and photosynthetic capacity of two temperate deciduous species. *Environmental and Experimental Botany J.* 70: 1-10.

7. Koike, N., Takeyoshi, I., Ohki, S., Tsutsumi, H., Matsumoto, K., and Morishita, Y. 2003. Growth characteristics of root-shoot relations of three birch seedlings raised under different water regimes. *J. of Plant Soil*. 255: 303-310.
8. Liu, W., Zheng, L. and Qi, D. 2020. Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes. *Ecology and Evolution J.* 10: 8166-8175.
9. Rajsnerová, P., Klem, K., Holub, P., Novotná, K., Večeřová, K., Kozáčiková, M., Rivas-Ubach, A., Sardans, J., Marek, M.V., Peñuelas, J., and Urban, O. 2015. Morphological, biochemical and physiological traits of upper and lower canopy leaves of European beech tend to converge with increasing altitude. *Tree Physiology J.* 35: 1. 47-60.
10. Evans, J.R., and Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment J.* 24: 755-767.
11. Korner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution J.* 22: 11. 569-574.
12. Guo, Q.Q., Li, H., and Zhang, W.H. 2016. Variation in leaf functional traits and physiological characteristics of *Abies georgei* var. *smithii* along the altitude gradient in the southeastern Tibetan Plateau. *J. of Mountain Science*. 13: 10. 1818-1828.
13. Guo, Z., Lin, H., Chen, Sh. And Yang, Q. 2018. Altitudinal Patterns of Leaf Traits and Leaf Allometry in Bamboo *Pleioblastus amarus*. *Frontiers in Plant Science J.* 9: 1110.
14. Mohebbi Bijarpsi, M., Rostami Shahraji, T., and Samizadeh Lahiji, H. 2019. The effect of altitude on the morphological and physiological responses of beech leaves (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the forests of Gilan. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 26: 4. 577-590. (In Persian)
15. Saeedi, Z., Azadfar, D., and Sagheb Talebi, Kh. 2015. Variety of eastern beech leaf stomata characteristics in Hyrcanian forests. *J. of Wood & Forest Science and Technology*. 22: 1. 167-183. (In Persian)
16. Sabeti, H. 2008. *Trees and Shrubs of Iran*. Yazd University Press, Third Edition, 886p. (In Persian)
17. Nasiri, S., Poor Tahmasebi, K., and Oladi, R. 2014. Seasonal dynamics of long radial growth of *Quercus castaneifolia*. *Iranian Forest J.* 6: 3. 351-361. (In Persian)
18. Amiri, M., Dargahi, D., Habashi, H., and Mohammadi, J. 2008. The effect of physiographic factors on natural regeneration of *Q. castaneifolia*. *J. of Research and Construction*. 21: 116-123. (In Persian)
19. Aghajani, H., Mohajer, M.R.M., Asef, M.R., and Shirvani, A. 2014. Prevalence of macroscopic fungi causing wood rot on hornbeam trees (*Carpinus betulus* L.) (Case study: Kheyroud forest, Nowshahr). *Iranian J. of Forest and Range Protection Research*. 12: 1. 55-65. (In Persian)
20. Ahmadi Mazracheh, A. azadfar, D. and Saeedi, Z. 2021. Ecotypic diversity changes of *Quercus castaneifolia* populations in drought gradient (west-east) in Golestan Province. *J. of Wood and Forest Science and Technology*. 28: 4. 65-81.
21. Bresson, C.C., Vitasse, Y., Kremer, A., and Delzon, S. 2011. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree Physiology J.* 31: 1164-1174.
22. Read, Q.D., Moorhead, L.C., Swenson, N.G., Bailey, J.K., and Sanders, N.J. 2014. Convergent effects of elevation on functional leaf traits within and among species. *Functional Ecology J.* 28: 37-45.
23. Royer, D.L., Meyerson, L.A., Robertson, K.M., and Adams, J.M. 2009. Phenotypic Plasticity of Leaf Shape along a Temperature Gradient in *Acer rubrum*. *PLOS ONE J.* 4: 10. e7653.

24. Royer, D.L., McElwain, J.C. Adams, J.M., and Wilf, P. 2008. Sensitivity of leaf size and shape to climate within *Acer rubrum* and *Quercus kelloggii*. *New Phytologist J.* 179: 3. 808-817.
25. Walls, R.L. 2011. Angiosperm leaf vein patterns are linked to leaf functions in a global-scale data set. *American J. of Botany.* 98: 2. 244-25.
26. Omidbeigi, R. 2000. Approaches to the production and processing of medicinal plants, Publishing Designers Publications, Mashhad, Volume 1, Second Edition. 283p. (In Persian)
27. Gitonga, L., Kahangi, E., Muigai, A., Ngamau, K., Gichuki, S., Cheluget, W., and Wepukhulu, S. 2008. Assessment of phenotypic diversity of *Macadamia* spp. Germplasm in Kenya using leaf and fruit morphology. *African J. of Plant Science.* 2: 9. 086-093.
28. Ai-Min, L., Min-Li, L., and Chun-Ming, Z. 2018. Phenotypic diversity analysis of leaf traits in cultivated *Houttuynia cordata* Thunb. populations from Hunan province. *Plant Science J.* 36: 1. 73-85.
29. Jetro Nkengafac, N., and Claurence Nkumbe, N. 2021. Analysis of leaf phenotypic diversity of some Hevea Accessions/clones conserved at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) Ekona, Cameroon. *World J. of Advanced Research and Reviews.* 12: 2. 372-378.
30. Ming, R., and Moore, P.H. 2013. *Genetics and Genomics of Papaya*, Springer, New York, pp. 35-45.
31. Zhang, T., Kesoju, S., Greene, S.L., Fransen, S., Hu, J., and Yu, L.X. 2018. Genetic diversity and phenotypic variation for drought resistance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) germplasm collected for drought tolerance. *Genetic Resources and Crop Evolution J.* 65: 471-484.
32. Karami, J., Kavoci, M.R., and Babanejad, M. 2015. A relationship between some environmental variables and the spread of charcoal disease in Oak trees. *Iranian J. of forest and rang protection research.* 13: 1. 34-45. (In Persian)

