تنوع ریختی برگ و میوه ممرز در جنگل‌های هیرکانی و ارسباران

یونس عصری: دانشیار پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

سونا آخوندنژاد✉: استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران (sona.akhondnezhad@iau.ac.ir)

محمدحسن جعفری صیادی: استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

مَمرَز (*Carpinus betulus*) متعلق به تیره توس (Betulaceae) درختی به ارتفاع حدود ۳۰ متر است که در اروپا، قفقاز، ترکیه و ایران انتشار دارد و با پراکنش وسیع، همواره دستخوش تغییراتی در صفات ظاهری خود بوده است. به همین منظور، تنوع صفات ریخت‌شناسی برگ و میوه در ۱۳ جمعیت گونه ممرز واقع در چهار استان گلستان، مازندران، گیلان و آذربایجان‌شرقی مورد بررسی قرار گرفت. از رویشگاه‌های طبیعی، تعداد ۱۰ پایه درخت با فاصله حداقل ۱۰۰ متر از یکدیگر انتخاب شد و نمونه‌های برگ، شاتون، برگه و میوه از خارج تاج به صورت تصادفی جمع‌آوری شد. از میان صفات ریخت‌شناسی اندازه‌گیری شده بین جمعیت‌ها به جز تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه، سایر صفات تفاوت معنی‌داری داشتند. تجزیه داده‌ها به روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در مؤلفه اول مساحت برگ، طول و عرض برگه، عرض منقارک و عرض دانه، در مؤلفه دوم عرض برگ، عرض شاتون، طول دمبرگ و طول منقارک و در مؤلفه سوم طول شاتون، وزن دانه و تعداد شیار دانه اهمیت بیشتری در مقایسه با سایر صفات داشتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد که با توجه به تغییرات واریانس تشکیل خوشه‌ها، پایه‌های نمونه‌گیری شده از ۱۳ جمعیت به پنج گروه مجزا تفکیک شدند. براساس نتایج به دست آمده در گونه ممرز از نظر صفات ریخت‌شناسی برگ، دانه، برگه و شاتون تنوع درون‌گونه‌ای وجود دارد. همچنین می‌توان از صفات تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه به دلیل تأثیرپذیری کمتر از عوامل محیطی به عنوان صفات متمایزکننده در تفکیک گونه ممرز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پلاستیسیتی، ترانسکت ارتفاعی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، تنوع درون‌گونه‌ای

Not Final

Morphological variation of *Carpinus betulus* leaf and fruit in Hyrcanian and Arasbaran forests (Iran)

Younes Asri: Associate Prof., Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Sona Akhondnezhad✉**:** Assistant Prof., Department of Biology, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, Azadshahr, Iran (sona.akhondnezhad@iau.ac.ir)

Mohamad Hasan Jafari Sayadi: Assistant Prof., Department of Natural Resources and Environmental Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran)

Abstract

Carpinus betulus L. (Betulaceae), a tree about 30 meters high that is distributed in Europe, the Caucasus, Turkey and Iran. These trees, with their wide distribution, are always undergoing changes in their appearance traits. For this purpose, the variation of leaf and fruit morphological traits in 13 populations of the *C. betulus* located in four provinces (Golestan, Mazandaran, Guilan, and E. Azarbaijan) of Iran was investigated. In July 2005, 10 trees were selected from natural habitats, maintaining a minimum distance of 100 meters between them. Random samples of leaves, catkins, bracts, and fruits were collected from the outer parts of the crown. The evaluation of morphological traits across populations revealed significant differences in most traits, except for the number of veins, beak length and width, seed weight, and the number of seed sulcate. Principal component analysis indicated that the first component placed greater emphasis on leaf area, bract length and width, beak width, and seed width. The second component highlighted leaf width, catkin width, petiole length, and beak length as key traits, while the third component prioritized catkin length, seed weight, and the number of seed sulcate. Cluster analysis of the studied traits revealed that the trees sampled from 13 populations were grouped into five distinct clusters, based on variance changes in cluster formation. The findings indicated intraspecific variation in *Carpinus* species regarding morphological traits of leaves, seeds, bracts, and catkins. Additionally, traits such as the number of veins, beak length and width, seed weight, and the number of seed sulcate showed lower sensitivity to environmental influences, making them valuable distinguishing traits for identifying Hornbeam species.

Keywords: Altitudinal transect, cluster analysis, intraspecific variation, plasticity, principal component analysis

مقدمه

تیره توس (Betulaceae) یک تیره شناخته شده قدیمی با شش جنس و ۱۳۰ گونه است. بیشتر گونه‌های این تیره در نواحی معتدل جهان در نیمکره شمالی پراکنده شده است و بومی مناطق غربی، مرکزی و جنوبی اروپا، شمال آمریکا، شرق آسیا، اکراین، روسیه، قفقاز و ایران می‌باشند. برخی تاکسونومیست‌ها این تیره را به دو زیرتیره تقسیم کرده‌اند (Thorne 1992) و برخی نیز جنس‌های آن را در دو تیره توس (*Alnus* Miller, *Betula* L.) و فندق (Corylaceae) (*Ostrya* Scop., *Carpinus* L., *Corylus* L., *Ostryopsis* Decne.) در نظر گرفته‌اند (Dahlgren 1983). طبق نظر تختجان (Takhtajan 1997)، تیره فندق که یک تیره مجزا از تیره توس می‌باشد، خود به دو زیرتیره Carpinoideae (*Carpinus*, *Ostrya*, *Ostryopsis*) و Coryloideae (*Corylus*) طبقه‌بندی می‌شود. ممرز (*Carpinus*) بزرگترین جنس Coryloideae است که تقریبا ۳۵ گونه در کل دنیا دارد. این جنس در اروپا، آمریکای شمالی و در شرق آسیا پراکنش دارد (Chen & Li 2004). طبق آخرین مطالعات انجام شده جنس ممرز در دنیا ۴۳ گونه، ۱۰ واریته و چهار زیرگونه دارد (Hassler 1994–2025).

مشخصات ریخت‌شناسی برگ و بررسی میزان تغییرات آن در شرایط محیطی مختلف از جمله صفاتی است که از دیرباز مورد توجه متخصصان رده‌بندی گیاهی بوده است. اگرچه صفات ریخت‌شناسی تحت شرایط محیطی متفاوت دارای تنوع می‌باشند، اما برخی از صفات ریخت‌شناسی ثابت بوده و کمتر دستخوش تغییرات می‌شوند (Bice 2020). شناسایی و به کارگیری چنین صفاتی در رده‌بندی زیستی گیاهان و تفکیک گونه‌های مختلف از یکدیگر از اهداف اصلی متخصصان سیستماتیک گیاهی است. یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مطالعه تنوع ژنتیکی گونه‌ها، مطالعه براساس صفات ریخت‌شناختی به ویژه صفات برگ و میوه می‌باشد (Fereidoonfar *et al.* 2018).

تنوع درون و بین‌جمعیتی انجیلی [*Parrotia persica* (DC.) C.A.Mey.] براساس صفات ریخت‌شناسی برگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که بعضی از صفات کمترین و برخی بیشترین تاثیرپذیری (plasticity) را نسبت به تغییرات شرایط محیطی نشان می‌دهند (Yousefzadeh *et al.* 2008). تنوع صفات درشت‌ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی برگ ممرز در امتداد شیب ارتفاعی ۱۱۵۰-۱۰۰ متر در طول دو ترانسکت استقرار یافته در جنگل هیرکانی استان‌های مازندران و گلستان بررسی شد (Chapolagh Paridari *et al.* 2013). نتایج نشان داد که درختان ارتفاعات بالاتر نسبت به درختان ارتفاعات پایین‌تر برگ‌های کوچک‌تری داشتند. در مقابل، وزن برگ در واحد سطح در ارتفاعات پایین بیشتر از ارتفاعات بالاتر بود. ابعاد روزنه با ارتفاع همبستگی منفی داشت، درحالی که تراکم روزنه با ارتفاع همبستگی مثبت داشت. همچنین، ساخت برگ بیشترین تغییرپذیری و تعداد رگبرگ کمترین تغییرپذیری را نشان دادند. بررسی تأثیر ارتفاع بر ریخت‌شناسی برگ ممرز در جنگل‌های شصت‌کلاته در استان گلستان نشان داد که تمامی صفات اندازه‌گیری شده با نوسانات دما و بارندگی تغییر می‌کنند. در این میان، بیشترین تغییرات مربوط به طول دمبرگ و کمترین آن مربوط به تعداد رگبرگ بود (Ghorbanli *et al.* 2014).

در بررسی ۲۶ صفت دانه و برگه جمع‌آوری شده از ۲۸ پایه ممرز در مازندران و ارسباران (آذربایجان‌شرقی) مشخص شد که صفات مربوط به طول لوب‌های برگه، عرض لوب وسط، روزنه برگه، ابعاد دانه و برآمدگی‌های سطح آن بیشتر از سایر صفات در تفکیک فنوتیپ‌های مختلف آن نقش داشتند (Chapolagh Paridari *et al.* 2012a). ارزیابی تنوع ریخت‌شناسی برگ، روزنه و کرک در جنس ممرز (*C. betulus* L., *C. orientalis* Mill., *C. schuschaensis* H.Winkl) از ۴۴ نمونه جمع‌آوری شده از مازندران و ارسباران نشان داد که این صفات نه تنها در ارتباط نزدیک با شرایط بوم‌شناختی رویشگاه بوده، بلکه ارزش تاکسونومیک قابل‌توجهی ندارند (Chapolagh Paridari *et al.* 2012b). مطالعه دیگری در دو منطقه درازنو کردکوی و هزارجریب نکا (استان مازندران) بین جمعیت‌های ممرز، لور و کچف (*C. betulus*، *C. orientalis* و *C. schuschaensis*) حاکی از آن بود که به جز تعداد دندانه برگ؛ شکل برگ، طول دمبرگ و وزن دانه، سایر پارامترها، از جمله طول و عرض برگ، طول و عرض منقارک، تعداد رگبرگ و طول و عرض دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (Khoshandam Sarvineh Baghi *et al.* 2022). اخیرا در پژوهشی جدید در زمینه سیستماتیک جنس ممرز، عامل اصلی تفکیک ممرز از لور، تعداد لوب برگه، حاشیه کامل یا دندانه‌دار و فاصله بین رأس لوب میانی تا پایین لوب کناری عنوان شده است (Riahee *et al.* 2022). طبق این مطالعه، ممرز دارای برگ‌های بزرگتر (۶ تا ۱۰ و به ندرت ۵ تا ۱۲ سانتی‌متر) و لور واجد برگ‌های کوچک‌تری (۴ تا ۶ سانتی‌متر) بود. در این مطالعه، کچف به عنوان مترادف واریته *C. orientalis* var. *macrocarpa* ذکر شده است.

Not Final

نتایج بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع زیستی اشکوب درختی با برخی مشخصه‌های ریخت‌شناسی درختان ممرز در جنگل اسالم (استان گیلان) نشان داد که بین شاخص‌های غنا و تنوع با صفات طول برگ، طول دمبرگ، فاصله رگبرگ، ضخامت برگ، مساحت برگ و تعداد دندانه برگ همبستگی معنی‌داری وجود ندارد، اما بین میزان حداکثر پهنای برگ، وزن تر و خشک برگ با شاخص‌های مزبور همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (Moradi *et al.* 2017). ارزیابی ریخت‌شناسی برگ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindel.) در جنگل‌های استان کرمانشاه نشان داد که در بالاترین ارتفاعات برخی صفات برگ، مانند طول و عرض برگ و مساحت و محیط آن بیشترین مقادیر را داشتند (Sekhavati & Yaghotipoor 2020). در حالی که بررسی صفات ریخت‌شناسی برگ راش اروپایی (*Fagus sylvatica* L.) در امتداد گرادیان ارتفاعی نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، طول و عرض برگ کاهش یافته بود (Adamidis *et al.* 2021). بررسی عوامل اقلیمی مؤثر بر ریخت‌شناسی برگ بلوط آلپ (*Q. aquifolioides* Rehder & E.H.Wilson) در جنگل‌های غرب منطقه سیچوان حاکی از آن بود که تفاوت‌های ریخت‌شناسی برگ بیشتر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی قرار داشت و کمتر به عوامل آب و هوایی و جغرافیایی مرتبط بود (Li *et al.* 2021).

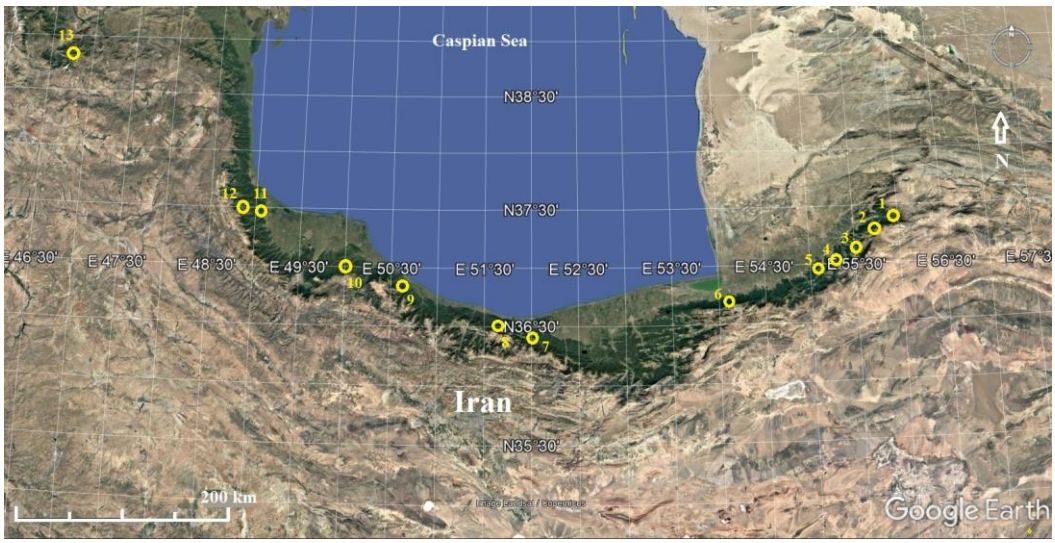
نتایج بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ بلوط ایرانی و بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در ۱۵ رویشگاه جنگلی استان ایلام حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تمام صفات مورد مطالعه (شاخص مساحت برگ، محیط برگ، طول و عرض پهنک، طول دمبرگ، طول رگبرگ اصلی و تعداد دندانه‌های حاشیه برگ) به تغییرات ارتفاع بود. پژوهشگران براین باورند که از میان صفات بررسی‌شده آن‌هایی که تأثیرپذیری کمتری نسبت به تغییرات محیطی دارند، می‌توانند در تفکیک گونه‌ها به عنوان صفات متمایزکننده مورد استفاده قرار گیرند (Kianfar *et al.* 2023). فنوتیپ درختان تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش آن‌ها قرار دارد (Yuan *et al.* 2021). درجه بالایی از ناهمگنی فنوتیپی برگ درختان ممرز هم در داخل و هم در میان جمعیت‌های مورد مطالعه در زیستگاه‌های طبیعی ترکیه مشاهده شد. نتایج حاکی از آن بود که ارتفاع از سطح دریا عامل اصلی مؤثر بر تنوع اکثر صفات برگ این گونه بود (Atar *et al.* 2024).

ممرز درختی به ارتفاع حدود ۳۰ متر است که در اروپا، قفقاز، ترکیه و ایران انتشار دارد. این گونه در جنگل‌های شمال کشور اغلب از جلگه تا ارتفاعات متوسط میان‌بند (۰- تا ۱۴۰۰ متر) و در مواردی ارتفاعات بالاتر، نظیر سیاه‌بیشه و سنگده (۲۶۰۰-۲۵۰۰ متر) و از ارسباران و آستارا تا گلی‌داغی انتشار دارد (Assadi 2023). این درختان با پراکنش وسیع همواره دستخوش تغییراتی در صفات ظاهری خود هستند. با توجه به تخریب وسیع رویشگاه‌های ممرز در شمال کشور جهت حفاظت و مدیریت اصولی رویشگاه‌های این گونه، شناخت نیازهای بوم‌شناختی و مطالعه تنوع ژنتیکی آن ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر براساس صفات ریخت‌شناسی برگ و میوه و با استفاده از روش‌های آنالیز چندمتغیره، تنوع جغرافیایی این گونه در بین جمعیت‌های مختلف آن مورد مطالعه قرار گرفت.

Not Final

روش بررسی

برای انجام این پژوهش، ۱۳ رویشگاه طبیعی گونه ممرز در چهار استان کشور انتخاب شد (شکل ۱). مختصات جغرافیایی رویشگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است. در هر یک از رویشگاه‌ها تعداد ۱۰ پایه با ویژگی‌های متفاوت و با فواصل حداقل ۱۰۰ متر از یکدیگر (Chapolagh Paridari *et al.* 2013) انتخاب شدند. سپس، از هر درخت در هر یک از رویشگاه‌ها تعداد ۲۰ عدد برگ و ۲۰ عدد میوه از قسمت بیرونی تاج جمع‌آوری شد. در مرحله بعد برخی از صفات ریخت‌شناسی شامل طول و عرض برگ، تعداد رگبرگ فرعی، طول دمبرگ، طول و عرض برگه، طول و عرض منقارک، تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر میانی برگ، طول و عرض شاتون و طول، عرض، تعداد شیار و وزن دانه اندازه‌گیری شد (شکل ۲). اندازه‌گیری صفات برحسب مورد با استفاده از کولیس و خط‌کش و همچنین وزن دانه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ انجام شد. مساحت برگ طبق مدل رگرسیونی $Y = 1.823\,X^{0.489}$ (Nowghani *et al.* 2016) برآورد شد.



شکل ۱- موقعیت مکانی رویشگاه‌های مورد مطالعه (کد مکان‌ها در جدول ۱ ارایه شده است).

Fig. 1. Location of study habitats (The location codes are presented in Table 1).

Not Final

شکل ۲- برگ، برگه و میوه و گل‌آذین ممرز (برگرفته از: Assadi 2023).

Fig. 2. Leaves, fruits, and inflorescences of *Carpinus betulus* (from: Assadi 2023).

برای مقایسه جمعیت‌ها براساس کل صفات اندازه‌گیری شده از آزمون تجزیه واریانس چندمتغیره استفاده شد. جهت بررسی سطح معنی‌داری اثرهای متغیرها از آزمون لاندای ویلکس استفاده شد. از آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین هر یک از صفات بین جمعیت‌های مورد مطالعه استفاده شد. از طریق تجزیه خوشه‌ای (روش Ward) گروه‌بندی‌ها انجام شد و تنوع در بین و درون جمعیت‌ها بررسی گردید. با استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) مهم‌ترین صفات گیاه برای بررسی تنوع ریخت‌شناسی تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل‌های مربوطه، از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26 استفاده شد. میزان تاثیرپذیری صفات از محیط (پلاستیسیتی) با استفاده از رابطه $Pl=1-(x/X)$ محاسبه شد (Bruschi *et al.* 2003) که در آن Pl پلاستیسیتی صفت مورد بررسی، x کمترین مقدار و X

بیشترین مقدار صفت مورد بررسی است. هرچه میزان پلاستیسیتی صفت کمتر باشد حکایت از متأثربودن بیشتر آن صفت از ژنتیک پایه دارد.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی رویشگاه‌های مورد مطالعه در ایران

Table 1. Geographic coordinates of the studied habitats in Iran

Population code	Locality	Altitude (m)	Latitude	longitude
1	Golestan Prov: Maraveh Tappeh, Golidaghi	1090	37°50'	56°00'
2	Golestan Prov: Minudasht, Loveh	750	37°10'	55°25'
3	Golestan Prov: Golestan forest	635	37°23'	55°22'
4	Golestan Prov: Ramian, Qaleh Maran	900	37°01'	55°08'
5	Golestan Prov: Aliabad, Zarringol	800	36°54'	54°52'
6	Golestan Prov: Gorgan, Kordkuy	965	36°40'	54°05'
7	Mazandaran Prov: Amol, Chamestan	1670	36°30'	52°10'
8	Mazandaran Prov: Chalus, Marzanabad	1035	36°35'	51°28'
9	Mazandaran Prov: Ramsar, Javaherdeh	1055	36°40'	50°32'
10	Guilan Prov: Siahkal, Deylaman	520	36°53'	49°53'
11	Guilan Prov: Rezvan Shahr, Gisum	350	37°30'	49°10'
12	Guilan Prov:Talesh, Hashtpar	330	37°32'	48°55'
13	E. Azarbaijan Prov: Kalibar, Arasbaran	1200	38°54'	46°47'

نتیجه

نتایج تجزیه چندمتغیره (آزمون لاندای ویلکس) براساس کل صفات مطالعه شده نشان داد که بین جمعیت‌های استان‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. همچنین به‌جز صفات تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه تفاوت معنی‌داری در سایر صفات مطالعه شده بین جمعیت‌ها مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات در جمعیت‌های مختلف

Table 2. Analysis of variance of traits in different populations

Trait	Mean Square		Significant
	Between Group	Within Group	
Number of veins	73.150	1.414	0.568 ns
Lamina length	7030.654	45.656	0.051*
Lamina width	30.259	7.226	0.000**
Leaf area	0.054	0.013	0.022*
Catkin length	36.622	3.703	0.012*
Catkin width	1.738	0.199	0.006**
Petiole length	3.602	0.382	0.009**
Number of teeth	942.621	163.730	0.000**
Beak length	68.578	2.534	0.273 ns
Beak width	1.756	0.007	0.935 ns
Bract length	21.899	3.251	0.001**
Bract width	27.543	3.026	0.007**
Seed length	109.124	3.999	0.050*
Seed width	53.537	3.956	0.047*
Seed weight	0.156	0.002	0.666 ns
Number of seed sulcate	249.477	9.733	0.249 ns

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول برگ جمعیت‌ها در استان گیلان به طور معنی‌داری بزرگتر از جمعیت‌های سه استان دیگر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های گیلان و گلستان وجود نداشت (جدول ۳). عرض برگ در جمعیت‌های گیلان به طور معنی‌داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما بین جمعیت‌های گیلان و مازندران تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مساحت برگ در

Not Final

جمعیت گیلان به طور معنی‌داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های گلستان و مازندران مشاهده نشد. طول شاتون در جمعیت‌های مازندران و عرض شاتون در جمعیت‌های گیلان به طور معنی‌داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، ضمن اینکه طول شاتون بین جمعیت‌های گیلان و گلستان و عرض شانون بین جمعیت‌های گلستان و مازندران تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در جمعیت‌های مازندران طول دمبرگ بیشترین مقادیر را نسبت به جمعیت‌های سه استان دیگر داشت، ولی بین جمعیت‌های گلستان و مازندران تفاوت معنی‌دار نبود. بیشترین تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر برگ مربوط به جمعیت‌های گیلان بود و بین همه جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. طول برگه در جمعیت‌های گیلان بیشترین مقادیر را داشت، ولی تفاوت معنی‌داری با جمعیت‌های گلستان نداشت، اما با جمعیت‌های آذربایجان‌شرقی و مازندران تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. عرض برگه در جمعیت‌های گیلان به طور معنی‌داری بزرگتر از جمعیت‌های سه استان دیگر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های استان‌های گلستان و مازندران وجود نداشت. طول دانه در جمعیت‌های گلستان به طور معنی‌داری بیشتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما بین جمعیت‌های گیلان و گلستان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. عرض دانه در جمعیت‌های گلستان به طور معنی‌داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما جمعیت‌های گیلان و آذربایجان‌شرقی تفاوت معنی‌داری نداشتند. به طور کلی، مقادیر تعداد رگبرگ در جمعیت‌های گیلان، عرض منقارک و تعداد شیار دانه در جمعیت‌های گلستان، طول منقارک در جمعیت‌های مازندران و وزن دانه در جمعیت‌های گیلان در مقایسه با سایر جمعیت‌ها بیشترین مقادیر را داشتند، اما تفاوت معنی‌داری بین تمام جمعیت‌ها مشاهده نشد.

جدول ۳- میانگین ± انحراف معیار صفات در جمعیت‌های مختلف

Table 3. Mean ± standard deviation of traits in different populations

Trait	Province			
	E. Azarbaijan	Golestan	Mazandaran	Guilan
Number of veins	13.30 ± 0.82 a	13.54 ± 0.89 a	13.36 ± 0.81 a	13.63 ± 0.73 a
Lamina length (cm)	8.59 ± 0.47 a	9.45 ± 0.89 bc	9.19 ± 0.64 ab	9.67 ± 0.69 bc
Lamina width (cm)	4.22 ± 0.53 ab	3.95 ± 0.47 a	4.36 ± 0.55 bc	4.59 ± 0.35 bc
Leaf area (cm^2)	5.07 ± 0.11 a	5.23 ± 0.14 a	5.37 ± 0.10 ab	5.52 ± 0.12 b
Catkin length (cm)	4.32 ± 0.28 ab	4.06 ± 0.62 a	4.49 ± 0.58 b	4.05 ± 0.51 a
Catkin width (cm)	1.01 ± 0.07 a	0.99 ± 0.15 ab	1.02 ± 0.11 ab	1.08 ± 0.09 b
Petiole length (cm)	1.43 ± 0.17 ab	1.49 ± 0.19 b	1.53 ± 0.20 b	1.36 ± 0.12 a
Number of teeth	10.45 ± 1.29 a	11.31 ± 3.41 ab	12.48 ± 2.58 bc	14.14 ± 1.31 c
Beak length (cm)	0.64 ± 0.0	0.53 ± 0.11 a	0.61 ± 0.08 a	0.59 ± 0.06 a
Beak width (cm)	0.43 ± 0.04 a	0.44 ± 0.17 a	0.42 ± 0.09 a	0.43 ± 0.05 a
Bract length (cm)	3.09 ± 0.17 a	3.42 ± 0.38 b	3.10 ± 0.34 a	3.54 ± 0.31 b
Bract width (cm)	2.13 ± 0.38 a	2.41 ± 0.45 ab	2.24 ± 0.56 ab	2.62 ± 0.39 b
Seed length (mm)	7.20 ± 0.92 a	7.56 ± 1.13 b	7.09 ± 0.88 a	7.45 ± 0.89 b
Seed width (mm)	5.10 ± 0.32 a	5.61 ± 0.69 b	5.38 ± 0.77 ab	5.20 ± 0.72 a
Seed weight (g)	0.03 ± 0.01 a	0.04 ± 0.03 a	0.03 ± 0.01 a	0.05 ± 0.04 ab
Number of seed sulcate	9.30 ± 0.83 a	9.38 ± 0.92 ab	9.20 ± 0.76 a	9.23 ± 0.87 a

حروف نامشابه در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها را نشان می‌دهد.

Not Final

به منظور تعیین مهم‌ترین صفات ریخت‌شناسی در ایجاد تمایز بین جمعیت‌ها از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. سه مؤلفه اول حدود ۸۶/۸ درصد واریانس‌ها را به خود اختصاص دادند. در تشکیل مؤلفه اول مساحت برگ، طول و عرض برگه، عرض منقارک و عرض دانه؛ در مؤلفه دوم عرض برگ، عرض شاتون، طول دمبرگ و طول منقارک؛ در مؤلفه سوم طول شاتون، وزن دانه و تعداد شیار دانه؛ در مؤلفه چهارم طول دانه، در مؤلفه پنجم طول برگ، در مؤلفه ششم تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر برگ و در مؤلفه هفتم تعداد رگبرگ اهمیت بیشتری را در مقایسه با سایر صفات از خود نشان دادند (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه مؤلفه‌های اصلی صفات مطالعه شده در جمعیت‌های مختلف

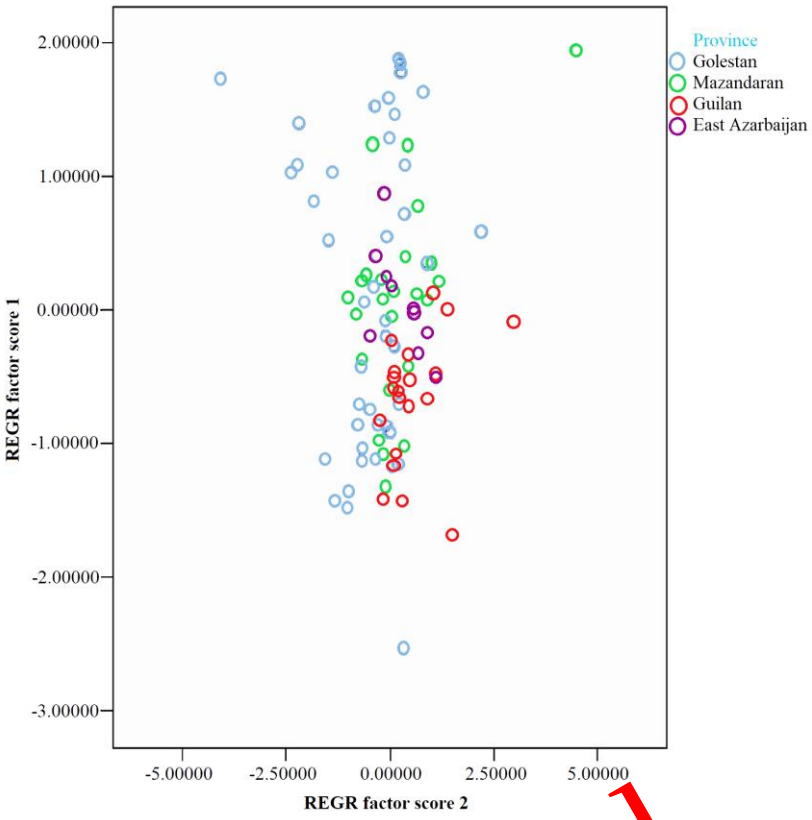
Table 4. Principal component analysis of studied traits in different populations

Trait	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
Number of veins	0.077	-0.055	-0.288	0.208	0.351	0.068	0.739
Lamina length	0.127	-0.361	0.208	0.122	0.540	0.333	0.156
Lamina width	-0.390	0.436	-0.086	-0.020	0.393	0.110	0.138
Leaf area	0.498	-0.346	0.058	0.035	0.347	-0.018	0.226
Catkin length	-0.077	0.064	0.737	-0.364	0.096	-0.199	0.106
Catkin width	-0.380	0.494	0.168	-0.335	-0.094	0.230	0.088
Petiole length	0.303	-0.456	0.060	-0.341	-0.067	0.434	0.137
Number of teeth	-0.384	0.372	0.046	0.111	0.027	0.605	0.188
Beak length	0.228	0.472	-0.148	0.192	0.427	-0.014	0.253
Beak width	0.635	0.286	-0.208	-0.061	-0.017	0.433	-0.071
Bract length	-0.727	-0.154	0.081	0.454	0.064	-0.139	0.095
Bract width	-0.676	-0.199	-0.184	0.441	-0.108	0.070	0.108
Seed length	0.500	-0.040	0.296	0.555	-0.380	0.052	0.080
Seed width	0.678	0.238	0.151	0.488	0.002	-0.149	0.201
Seed weight	0.038	0.394	0.602	0.203	0.019	-0.007	-0.399
Number of seed sulcate	-0.036	-0.392	0.479	0.097	0.437	0.135	-0.105
Eigenvalue	4.523	3.448	2.378	0.605	0.498	0.341	0.127
Percentage	37.932	28.898	19.978	5.083	4.161	2.871	1.077
Cumulative percentage	37.932	66.83	86.808	91.891	96.052	98.923	100

همچنین، نمودار پراکنش پایه‌های درختی در فضای محور مختصات براساس دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی نتوانست پایه‌های درختی جمعیت‌های استان‌ها را از هم تفکیک نماید، اما نشان داد که تنوع ریخت‌شناسی مورد مطالعه، در پایه‌های جمعیت گیلان کمتر از جمعیت‌های مازندران و گلستان بود (شکل ۳).

نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد که با توجه به تغییرات واریانس تشکیل خوشه‌ها، پایه‌های نمونه‌گیری شده از ۱۳ جمعیت در پنج گروه مجزا جای گرفته‌اند (شکل ۴). در گروه اول قلعه ماران (گلستان)، جواهرده رامسر (مازندران)، دیلمان سیاهکل (گیلان) و گیسوم رضوانشهر (گیلان)، در گروه دوم ارزن‌آباد چالوس (مازندران) و هشت‌پر (گیلان)، در گروه سوم چمستان آمل (مازندران)، ارسباران (آذربایجان‌شرقی) و گلی‌داغی مراوه‌تپه (گلستان)، در گروه چهارم جنگل گلستان (گلستان)، کردکوی (گلستان) و زرین‌گل علی‌آباد (گلستان) و در گروه پنجم لوه مینودشت (گلستان) قرار دارند.

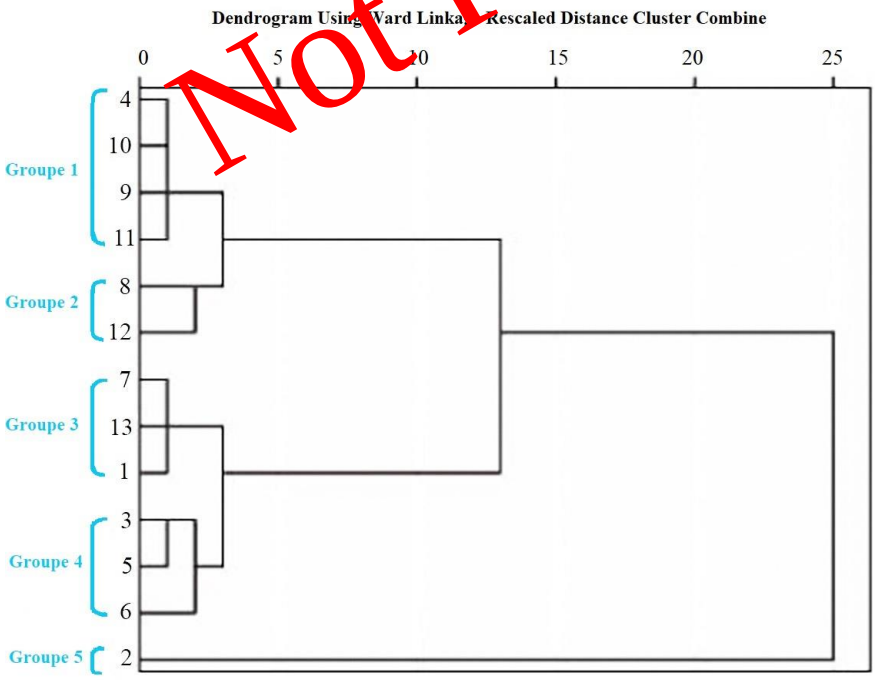
Not Final



شکل ۳- نمودار پراکنش پایه‌های درختی براساس دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی.

Fig. 3. Scatter plot of the tree individuals on the basis of first two components of PCA.

Not Final



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر مبنای میانگین صفات مورد مطالعه (کد رویشگاه‌ها در جدول ۱ ارایه شده است).

Fig. 4. Dendrogram of cluster analysis by Ward method based on the average traits (Habitat cods are presented in Table 1).

بررسی مقدار پلاستیسیتی صفات نشان داد که میزان تغییرپذیری صفات در بین جمعیت‌ها متغیر بوده و از مقدار ۰/۱۶۷ تا ۰/۴ در نوسان بود (جدول ۵). بیشترین مقدار پلاستیسیته به تعداد دندانه برگ، عرض برگه و عرض پهنک و کمترین مقدار به تعداد رگبرگ، عرض منقارک و وزن دانه مربوط بود.

جدول ۵- میزان پلاستیسیتی صفات برای جمعیت‌های مورد مطالعه

Table 5. The amount of trait plasticity for the studied populations

Trait	Plasticity index	Trait	Plasticity index
Number of veins	0.167	Beak length	0.229
Lamina length	0.363	Beak width	0.183
Lamina width	0.385	Bract length	0.378
Leaf area	0.341	Bract width	0.389
Catkin length	0.327	Seed length	0.307
Catkin width	0.376	Seed width	0.247
Petiole length	0.333	Seed weight	0.187
Number of teeth	0.400	Number of seed sulcate	0.192

بحث

یکی از نخستین مراحل در تعیین و شناسایی تنوع بین و درون‌گونه‌ای استفاده از نشانگرهای ریخت‌شناسی می‌باشد. از میان مشخصه‌های ریخت‌شناسی، برگ‌ها به دلیل رشد و تولید مثل درختان براساس میزان فتوسنتز و کربن‌گیری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. نتایج بعضی از مطالعات نشان داده است که مشخصات ریخت‌شناسی برگ در تعیین و تمایز میان درختان در رویشگاه‌های مختلف نقش مهمی دارند (Fririo *et al.* 2023). پژوهشگران بخشی از تنوع صفات ریخت‌شناسی برگ را ناشی از تفاوت در شرایط اقلیمی و خاکی رویشگاه، ازجمله میزان بارندگی و دمای سالانه، طول فصل خشک و میزان حاصلخیزی خاک (Chidumayo 2006) و بخش دیگر را ناشی از تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها (Yousefzadeh *et al.* 2008) می‌دانند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه در تمامی صفات به‌جز تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه با همدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. اختلاف معنی‌دار مقادیر عرض برگ، مساحت برگ، عرض شاتون، طول دمبرگ، تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر برگ و عرض برگه بین جمعیت‌های گیلان با جمعیت‌های آذربایجان‌شرقی و گلستان و همچنین طول برگ، طول شاتون، طول برگه و طول دانه بین جمعیت‌های گیلان با جمعیت‌های آذربایجان‌شرقی که میزان بارندگی متفاوتی دارند، حاکی از ارتباط نزدیک این صفات با میزان بارندگی و خشکی رویشگاه است، به طوری که با افزایش میزان بارندگی در گیلان و مازندران در مقایسه با گلستان و آذربایجان‌شرقی مقادیر صفات فوق تغییراتی را نشان داد. میزان بارندگی (و مه‌بارش) در ارسباران ۶۸۶ میلی‌متر (Hamzeh'ee *et al.* 2010) و در جنگل گلستان ۶۴۹ میلی‌متر (Abdolahi *et al.* 2017) است، در حالی که مقادیر این خصوصیت اقلیمی در چمستان (مازندران) ۸۳۰ میلی‌متر (Sadati & Mostafanejad 2009) و در گیسوم (گیلان) ۱۴۸۱ میلی‌متر (Khanjani Shiraz *et al.* 2013) است. طبق نتایج حاصله طول، عرض و مساحت برگ، عرض شاتون، تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر برگ و طول و عرض برگه در جمعیت‌های گیلان و طول شاتون و طول دمبرگ در جمعیت‌های مازندران بیشترین مقادیر را داشتند که نشان دهنده وابستگی این صفات با میزان بارندگی است. در انطباق با نتایج پژوهش حاضر، در بررسی جمعیت‌های ممرز در امتداد شیب ارتفاعی جنگل هیرکانی نیز نتیجه گرفتند که ارتفاع، دما و بارندگی نیروی محرکه مهمی در تغییرات ریخت‌شناسی برگ این گونه هستند (Chapolagh Paridari *et al.* 2013). شرایط بوم‌شناختی جنگل‌های هیرکانی مانند بارندگی، دما و شدت تابش خورشید در ارتفاعات مختلف به طور محسوسی تفاوت دارد. در اراضی پست و ارتفاعات پایین، گیاهان باید در برابر شرایط اقلیمی نامساعد تابستان (بارندگی کم، دمای بالا و تشعشعات شدید) و در مناطق مرتفع، به شرایط نامطلوب زمستان (بارندگی زیاد، دمای پایین و یخبندان) مقاومت کنند. این شرایط اقلیمی متنوع منجر به سازگاری‌های ریخت‌شناسی گیاهان در ارتفاعات مختلف جنگل‌های هیرکانی شده است.

همسو با نتایج پژوهش اخیر، در مطالعه‌ای اختلاف معنی‌دار بین صفات ریخت‌شناسی برگ، ازجمله طول، عرض و مساحت برگ، طول دمبرگ، تعداد رگبرگ و تعداد دندانه برگ جنس ممرز (*C. betulus, C. orientalis, C. schuschaensis*) به تأثیر عوامل

Not Final

محیطی نسبت داده شد و پیشنهاد گردید برای تفکیک گونه‌های این جنس بایستی از صفات ریزریخت‌شناسی دانه، برگه و مطالعات مولکولی استفاده شود (Chapolagh Paridari *et al.* 2012b). در بررسی صفات ریخت‌شناسی برگ و دانه ممرز در مازندران (Khoshandam Sarvineh Baghi *et al.* 2022) در انطباق با نتایج پژوهش حاضر بین طول و عرض برگ و طول و عرض دانه بین جمعیت‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و وزن دانه تفاوت معنی‌داری نداشت، اما برخلاف نتایج تحقیق پیش رو صفات تعداد دندانه برگ در ۲ سانتی‌متر، مساحت برگ و طول دمبرگ بین جمعیت‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد و طول و عرض منقارک و تعداد رگبرگ تفاوت معنی‌داری داشت.

در تحقیق حاضر نیز همان گونه که در نتایج ذکر شد، بر مبنای تعدادی از صفات ریخت‌شناسی می‌توان بین جمعیت‌های مختلف ممرز تفاوت معنی‌داری قایل شد، به عبارتی، پرونانس‌ها بر مبنای این صفات قابل‌تشخیص هستند. به عقیده برویز Browicz (1972) گونه *C. schuschaensis* هیبرید بین *C. betulus* و *C. orinetalis* است و این دیدگاه توسط قهرمان و عطار (Ghahreman & Attar 1999) نیز پذیرفته شده است. پس می‌توان گفت جریان ژنی بین دو گونه *C. betulus* و *C. orinetalis* وجود دارد و می‌توان تنوع در صفات ریخت‌شناسی را در جمعیت‌های کناری دو گونه مشاهده کرد. ثابتی (Sabeti 2008) نیز بر این باور بود که تنوع بالای ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف جنس ممرز در ایران به دلیل وسعت زیاد رویشگاه‌ها و نیز دورگه احتمالی بین آن‌ها است. گونه ممرز با پراکنش وسیع حدود ۳۰ درصد حجم جنگل‌های شمال را به خود اختصاص داده است و تنوع زیاد در ابعاد برگ آن مشهود است (Marvi Mohajer 2006). در این راستا تنوع زیاد صفات برگ در گونه‌های دیگری که مناطق گسترده‌ای انتشار دارند در بعضی از مطالعات مورد اشاره قرار گرفته است (Yousefzadeh *et al.* 2010, Panahi *et al.* 2011, Shayanmehr *et al.* 2014, Jasińska *et al.* 2015).

ابعاد دانه صفتی است که در نتیجه سازگاری با شرایط بوم‌شناختی، ازجمله میزان رطوبت و خشکی رویشگاه، شدت تابش نور و ارتفاع از سطح دریا حاصل می‌شود، به مواردی دیگری از قبیل نیازهای پراکنش، رقابت گیاهی و استقرار گیاهچه‌ها نیز مرتبط می‌باشد (Fenner 2001, Jian-Yan *et al.* 2005, Faraji *et al.* 2023). با وجود این که میزان بارندگی در جنگل گلستان نسبت به جنگل‌های ارسباران و به ویژه جنگل‌های مازندران و گیلان کمتر است اما به دلیل شرایط مطلوبتر زیستی، ابعاد دانه بزرگتر بود. در جنگل‌های شرقی گلستان و ارسباران گونه راش رطوبت‌پسند (*Fagus orientalis* Lipsky) به عنوان مهم‌ترین رقابت‌کننده درختی ممرز حضور ندارد. معمولا گیاهان در رقابت با یکدیگر بیشترین ذخایر و انرژی خود را صرف رشد رویشی می‌کنند و در نتیجه برای مرحله زایشی ذخایر کمتری دارند. به همین دلیل درختان ممرز در رویشگاه‌هایی که گونه‌های رقیب نظیر راش وجود دارد دارای شاخص‌های رویشی بالاتری در مقایسه با رویشگاه‌هایی هستند که رقابت‌کننده قوی وجود ندارد و بنابراین در غیاب راش ذخایر کافی را برای زادآوری و تولید دانه‌های کامل و بزرگتر اختصاص می‌دهند. علاوه براین، ممرز گونه مقاوم به خشکی است که می‌تواند شرایط نسبتا خشک این جنگل‌ها را تحمل کند و توده‌های وسیع و متراکمی را تشکیل دهد، به طوری که در جنگل ارسباران، ممرز فراوان‌ترین گونه با ۶۱/۴ درصد در تودهای جنگلی است (Moradi Dirmandrik *et al.* 2015). خالص‌ترین توده ممرز در جهت شمال با ۹۱/۹ درصد و آمیخته‌ترین توده در جهت جنوب با ۵۷/۶ درصد مشاهده شد. در دامنه‌های جنوبی گونه‌های مقاوم‌تر به خشکی نسبت به ممرز، نظیر بلوط سفید (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.)، بلوط اوری (*Quercus macranthera* Fisch. & C.A.Mey.)، افرا کرب (*Acer campestre* L.) و بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz، سهم قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده‌اند (Alijanpour *et al.* 2018). نتایج پژوهش انجام شده در جنگل‌های معتدل کشور فرانسه نیز نشان داد که راش اروپایی و ممرز رقبای قوی برای گونه‌های بلوط (*Q. petraea* و *Q. robur* L.) در طول مرحله زادآوری هستند و به‌عنوان عامل محدودکننده از تشکیل توده‌های غلبه یافته توسط بلوط جلوگیری می‌کنند (Dietz *et al.*, 2022).

براساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان مشاهده کرد که جمعیت ارسباران در تمامی صفات مورد بررسی به طور معنی‌داری مقدار کمتری را حداقل نسبت به یکی از سه استان شمالی کشور (گلستان، مازندران و گیلان) نشان می‌دهد و این موضوع موید آن است که جمعیت ارسباران می‌تواند در مسیر ایجاد اکوتیپ ویژه منطقه رویشی خود قرار گرفته باشد و در این صفات، علایم تمایزدهنده را آشکار نموده است. تفاوت معنی‌دار طول برگ، مساحت برگ، طول و عرض شاتون، طول دمبرگ، تعداد دندانه، طول و عرض برگه و طول و عرض دانه مابین جمعیت‌های گلستان و آذربایجان‌شرقی و بعضا عدم تفاوت با سایر استان‌های میان این دو استان (مازندران و

Not Final

گیلان)، نشان داد که فاصله جغرافیایی زیاد و موانع طبیعی بین این استان‌ها جریان ژنی را برای این صفت‌ها محدود کرده و نشانه‌هایی از مبحث آلوپاتریک برای این گونه قابل پیگیری خواهد بود.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جمعیت‌های مختلف پژوهش حاضر به مؤلفه‌های اصلی نشان داد کـه مؤلفـه اول و دوم اکثر صفات را تحت پوشش قرار می‌دهند اما صفات وزن دانه و تعداد شیار دانه با ضریب تأثیر بیشتر در مؤلفه سوم و تعداد رگبـرگ در مؤلفه هفتم جای می‌گیرند و این امر نشان می‌دهد که این صفات در شکل‌گیری تنوع، به طور جداگانه‌تری تأثیرگـذار هسـتند و بـه نوعی در گونه مورد بررسی صفات تمایز دهنده‌ای مجزایی به حساب می‌آیند.

نمودار پراکنش پایه‌های درختی براساس دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که نمـی‌تـوان جمعیـت‌هـای مختلف استان‌های مورد بررسی را براساس موقعیت جغرافیایی‌شان از هم جدا کرد، اما به طور آشـکار تنـوع مشـاهده‌شـده در جمعیـت گیلان کمتر از جمعیت‌های مازندران و گلستان و تنوع جمعیت ارسباران کمتر از سه استان شمالی کشور بود. نمونه‌های برداشت شـده از جمعیت ارسباران تقریبا از یک ارتفاع (۱۲۰۰ متر) و جمعیت‌های گیلان از دامنه ارتفاعی محدود (۵۲۰-۳۳۰ متر) بود، در حالی کـه جمعیت‌های گلستان (۱۰۹۰-۶۳۰ متر) و به ویژه مازندران (۱۶۷۰-۱۰۳۰) در دامنه ارتفاعی بیشتر قرار داشـتند. اخـتلاف در جـدایی جمعیت‌های هر استان را می‌توان به اختلاف ارتفاع از سطح دریا و تأثیر عوامل اقلیمی بـر ویژگـی‌هـای رشـد و نمـو آن‌هـا نسـبت داد. همچنین، این نمودار نشان داد که تنوع حاصل از صفات مورد بررسی این گونه با یک شـیب پیوسـته تغییـر را نشـان مـی‌دهـد و تـک درختانی از جمعیت‌های گلستان، مازندران و گیلان از این شـیب پیوسـته کمـی مجـزا شـده‌انـد. سـایر پژوهشـگران نیـز تنـوع بـالای ریخت‌شناسی درون‌گونه‌ای جنس ممرز در ایران و وجود فنوتیپ‌های حدواسط را به‌علت وسعت و تنوع رویشگاه‌ها و نیز دورگه احتمالی بین گونه‌های این جنس می‌دانند که منجر به طبقه‌بندی‌های تاکسونومیکی متفاوت این جنس شده است (Browicz 1972, Riahee *et al.* 2022, Assadi 2023).

نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس کلیه صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که نمی‌توان تمام جمعیت‌های اسـتان‌هـای مختلـف را در گروه‌های استانی جداگانه طبقه‌بندی کرد، اما به خوبی جمعیت‌های استان گیلان از جمعیت‌های استان گلستان (بـه جـز قلعـه مـاران) مجزا هستند و جمعیت لُوه مینودشت (گلستان) یک شاخه مجزا با تفاوت زیاد نسبت به سایر جمعیت‌های مورد مطالعه را نشان داد. بر این اساس مشخص شد که به طور کلی، عوامل محیطی مختلفی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ ممـرز تـأثیر مـی‌گذارنـد. عـلاوه بـر ارتفاع، بارندگی و دما، عوامل دیگری، از جمله شدت نور (Zhou *et al.* 2022) و خشکسالی (Lübbe *et al.* 2017) نیز نقش مهمی دارند. همچنین، جهت دامنه و ویژگی‌های خاک، نظیر بافت، ماده آلی، آهک، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب تأثیر قابل‌تـوجهی بـر صـفات کمـی و کیفی و زادآوری ممرز دارنـد (Amanpour *et al.* 2018, Ebrahimi Gajooti *et al.* 2000). در انطبـاق بـا نتـایج ذکرشـده، یافتـه‌هـای پژوهش حاضر نیز نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، خشکی و رقابت باعـث تنـوع درون‌جمعیتـی ایـن گونـه از نظـر صـفات ریخت‌شناسی برگ، دانه، براکته و شاتون شده است. همچنین، براساس نتایج پلاستیسیتی صفات می‌توان از صفات تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه به دلیل تاثیرپذیری کمتر از شرایط محیطی به عنوان صفات متمایزکننده در تفکیک گونـه ممرز استفاده کرد.

در پایان، پیشنهاد می‌شود برای این که بتوان مهم‌ترین عوامل محیطی و زیستی مؤثر بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی جنس ممـرز را به طور کامل‌تری تعیین کرد، بایستی تعداد زیادی ترانسکت ارتفاعی در محدوده انتشار گونه‌های این جنس در چهار اسـتان اسـتقرار یابد و در داخل پلات‌های استقرار یافته در طول این ترانسکت‌ها، شاخص‌های رویشی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی این گونه‌ها، گونه‌هـای همراه و عوامل اقلیمی، پستی و بلندی و خاکی آن‌ها مورد مطالعه قـرار گیـرد. براسـاس نتـایج یافتـه‌هـای حاصـله مـی‌تـوان نیازهـای بوم‌شناختی و صفات متمایزکننده را در تفکیک گونه‌های جنس ممرز با دقت بیشتری تعیین کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از پرسنل محترم اداره‌های منابع طبیعی کلاله، مینودشت، کردکوی، چمستان (آمل)، مرزن‌آباد (چالوس)، رامسر، دیلمان (سیاهکل)، رضوانشهر و هشت‌پر و همچنین از کارکنان محترم اداره‌های محیط زیست آزادشـهر، علـی‌آبـاد و ارسباران و نیز از اشخاصی که در جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی ما را یاری نمودند، سپاسگزاری و قدردانی نمایند.

Not Final

References

Abdolahi, A., Ali Arab, A.R., Parhizkar, P. & Pourmalekshah, A.A.M.A. 2017. Effect of gap size and position within gaps on growth characters and survival of Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.), Cappadocian maple (*Acer cappadocicum* Gled.) and Caucasian alder (*Alnus subcordata* C.A.Mey.). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 25(2): 275–285. DOI: 10.22092/ ijfpr2017.111762 (In Persian).

Adamidis, G.C., Varsamis, G., Tsiripidis, I., Dimitrakopoulos, P.G. & Papageorgiou. A.C. 2021. Patterns of leaf morphological traits of Beech (*Fagus sylvatica* L.) along an altitudinal gradient. Forests 12(10): 1297. DOI: 10.3390/f12101297.

Alijanpour, A., Fatullahi, A., Eshaghi Rad, J. & Mohamed Shabanlou, A.R. 2018. Effect of aspect and soil on quantitative and qualitative characteristic of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in Arasbaran forest (case study: Ilginehchay and Kaleibarchay Watersheds). Journal of Plant Research 30(4): 887–898. https://plant.ijbio.ir/article_1276.html. (In Persian).

Assadi, M. 2023. Corylaceae. Pp. 3–12. *In*: Flora of Iran, No. 178 (Assadi, M. ed.). Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran (In Persian).

Atar, F., Atar, E., Güney, D. & Turna, I. 2024. Analyzing population diversity of common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in native habitats in Türkiye: A focus on leaf characteristics. Austrian Journal of Forest Science 141(3): 173–194. DOI: 10.53203/fs.2403.1.

Bice, R.S. 2020. Genetic Diversity Correlates with Morphological Diversity Among Populations of *Achyrachaena mollis*. University Honors Theses, 871 pp. DOI: 10.15760/honors.892.

Browicz, K. 1972. Corylaceae. Pp. 91–97. *In*: Flora Iranica, Vol. 97 (Rechinger, K.H. ed.). Akad. Drucku. verlagsanstalt, Graz.

Bruschi, P., Grossoni, P. & Bussotti, F. 2003. Within and among tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. natural populations. Trees 17(2): 164–172.

Chapolagh Paridari, I., Jalali, S.G., Sonboli, A. & Zarafshar, M. 2012a. Seed and bract morphotypes of *Carpinus betulus*. Journal of Applied Biology 25(1): 17–32. DOI: 10.22051/jab.2014.1127 (In Persian).

Chapolagh Paridari, A., Jalali, S.G., Sonboli, A. & Zarafshar, M. 2012b. Leaf, stomata and trichome morphology of the species in *Carpinus* genus. Taxonomy and Biosystematics 4(10): 11–26. https://tbj.ui.ac.ir/article_17429.html. (In Persian).

Chapolagh Paridari, I., Jalali, S.G., Sonboli, A., Zarafshar, M. & Bruschi, P. 2013. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian Forest (Iran). Journal of Forestry Research 24(2): 301–307. DOI: 10.1007/s11676-013-0353-x.

Chen, Z. & Li, J. 2004. Phylogenetics and biogeography of *Alnus* (Betulaceae) inferred from sequences of nuclear ribosomal DNA region. International Journal of Plant Sciences 165(2): 325–335. DOI: 10.1086/382795.

Chidumayo, E.N. 2006. Fitness implications of clonal integration and leaf dynamics in a stoloniferous herb, *Nelsonia canescens* (Lam.) Spreng. (Nelsoniaceace). Evolutionary Ecology 20(1): 59–73. DOI: 10.1007/s10682-005-3873-9.

Dahlgren, A. 1983. General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics. Nordic Journal of Botany 3(1): 119–149. DOI: 10.1111/j.1756-1051.1983.tb01448.x.

Dietz, L., Gégout, J.-C., Dupouey, J.-L., Lacombe, E., Laurent, L. & Collet, C. 2022. Beech and hornbeam dominate oak 20 years after the creation of storm-induced gaps. Forest Ecology and Management 503: 119758. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119758.

Not Final

Ebrahimi Gajooti, T., Ostadhashemi, R., Razban Haghighi, A. & Imani, Y. 2000. Ecological factors affecting the distribution of *Carpinus betulus* L. in the forests of Arasbaran. Journal of Sustainable Management of Hyrcanian Forests 2(1): 37–48. https://cuhfj.areeo.ac.ir/article_122240.html. (In Persian).

Faraji, B., Javanmiri Pour, M. & Etemad, V. 2023. The oriental beech (*Fagus orientalis* L.) seed production and regeneration in northern forests of Iran. Journal of Plant Research 36(3): 233–244. https://plant.ijbio.ir/article_2121.html. (In Persian).

Fenner, M. 2001. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. 2nd edition. Oxford University Press, 424 pp.

Fereidoonfar, H., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A. & Akramian, M. 2018. Morphological variability of sumac (*Rhus coriaria* L.) germplasm using multivariate analysis. Industrial Crops and Products 120: 162–170. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.04.034.

Fririon, V., Davi, H., Oddou-Muratorio, S., Lebourgeois, F. & Lefèvre, F. 2023. Within and between population phenotypic variation in growth vigor and sensitivity to drought stress in five temperate tree species. Forest Ecology and Management 531: 120754. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120754.

Ghahreman, A. & Attar, F. 1999. Biodiversity of Plant Species in Iran. Tehran University Publications, Tehran.

Ghorbanli, M., Savadkoohi, F. & Satarian, A. 2014. Exploring the effect of habitat altitude on leaf morphology of Iranian hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in Shast Kalateh forests in Gorgan. Journal of Plant and Ecosystem 9(37): 3–15. https://www.magiran.com/paper/1271587 (In Persian).

Hamzeh'ee, B., Safavi, S.R., Asri, Y. & Jalili, A. 2010. Floristic analysis and a preliminary vegetation description of Arasbaran Biosphere Reserve, NW Iran. Rostaniha 11(1): 1–16. https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_101488.html.. (In Persian).

Hassler, M. 1994–2025. World Plants. Synonymic Checklist and Distribution of the World Flora. Version 25.02 (updated Feb. 2025). https://www.worldplants.de.

Jasińska, A.K., Rucińska, B., Kozlowski, G., Bétrisey, S., Safarov, H., Boratyńska, K. & Boratyński, A. 2015. Morphological differentiation of leaves in the relict tree *Zelkova carpinifolia* (Ulmaceae). Dendrobiology 74: 109–122. DOI: 10.12657/denbio.074.011.

Jian-Xun, L., Xiao-Lu, Z. & Wan-Chun, G. 2005. Biogeography difference in cone, needle and seed morphology among natural *Picea asperata* populations in Western China. Forestry Studies in China 7: 1–6. DOI: 10.1007/s11632-005-0012-1.

Khanjani Shiraz, B., Hemmati, A., Pourtahmasi, K. & Sardabi, H. 2013. Growth comparison of different poplar clones, planted on lowlands of west Guilan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 21(3): 557–572. DOI: 10.22092/IJFPR.2014.4733 (In Persian).

Khoshandam Sarvineh Baghi, A., Payamnoor, V., Nodeh, M., Alishah, O., Aghaei, M.J. 2022. Evaluation and comparison of leaf and seed morphological characteristics of hornbeam species in two long regions of Kordkoy and Hezar Jerib (Estakhr posht) of Neka Mazandaran. Journal of Wood and Forest Science and Technology 28(4): 83–99. DOI: 10.22069/JWFST.2022.19127.1927 (In Persian).

Kianfar, M., Jalilvand, H., Asadi, H. & Naji, H.R. 2023. Morphological response of leaves of Persian oak (*Quercus brantii*) and wild pistachio (*Pistacia atlantica*) to elevation gradient in the Zagros forests, Ilam. Journal of Forest and Wood Products 76(3): 245–256. DOI: 10.22059/jfwp.2023.358147.1251 (In Persian).

Li, Y., Zhang, Y., Liao, P.C., Wang, T., Wang, X., Ueno, S. & Du, F. 2021. Genetic, geographic, and climatic factors jointly shape leaf morphology of an alpine oak, *Quercus aquifolioides* Rehder E.H. Wilson. Annals of Forest Science 78: 64. DOI: 10.1007/s13595-021-01077-w.

Not Final

Lübbe, T., Schuldt, B. & Leuschner, C. 2017. Acclimation of leaf water status and stem hydraulics to drought and tree neighbourhood: alternative strategies among the saplings of five temperate deciduous tree species. Tree Physiology 37(4): 456–468. DOI: 10.1093/treephys/tpw095.

Marvi Mohajer, M.R. 2006. Silviculture and Forest Management. 2th edition. Tehran University Publications, Tehran.

Moradi Dirmandrik, Sh., Ramezani Kakroudi, E., Alijanpour, A. & Banj Shafiei, A. 2015. Quantitative and qualitative characteristics of Arasbaran Forest Protected Area in slope gradient classes. Forest Research and Development 1(1): 1–15. https://jfrd.urmia.ac.ir/article_20051.html. (In Persian).

Moradi, S., Abrari Vajari, K., Pilehvar, B. & Shabanian, N. 2017. Interactions between tree layer diversity and some morphological traits and nutrient of leaves of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) trees in Hyrcanian forests (Case study: Asalam forest, Guilan). Journal of Plant Ecosystem Conservation 4(9): 49–60. http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-216-en.html. (In Persian).

Nowghani, Z., Koohi, L., Panahi, P., Torabian, Y., Poorhashemi, M. & Hashemi, A. 2016. Non-destructive leaf area estimation of indicator tree species of Hyrcanian collection, National Botanical Garden of Iran. Journal of Applied Biology 29(1): 175–190. DOI: 10.22051/jab.2016.2475 (In Persian).

Panahi, P., Pourmajidian, M., Jamzad, Z. & Fallah, A. 2011. The value of micromorphological leaf and pollen traits for distinguishing species of the genus Oak in Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 19(1): 163–179. DOI: 10.22092/ijfpr.2011.107628 (In Persian).

Riahee, A., Assadi, M., Zare, H. & Mehregan, I. 2022. Systematics of *Carpinus*: molecular phylogeny and morphology. Journal of Genetic Resources 8(1): 69–80. DOI: 10.22080/jgr.2021.22257.1177.

Sabeti, H. 2008. Forests, Trees and Shrubs of Iran. 5th edition. Yazd University Publications, Yazd.

Sadati, S.E. & Mostafanejad, S.R. 2009. Qualitative and quantitative investigation on plantations of lime tree (*Tilia platyphyllos*) and Cappadocian maple (*Acer cappadocicum*) in Chamestan region, northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 16(3): 408–418. https://ijfpr.areeo.ac.ir/article_108001.html. (In Persian).

Sekhavati, N. & Yaghotipoor, A. 2020. Morphological assessment of *Quercus brantii* Lindel. leaves in Zagros forests, Kermanshah. Environment, Natural Resources and Sustainable Development Studies Journal 12: 1–5. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1699059 (In Persian).

Shayanmehr, F., Jalali, S.Gh., Hosseinzadeh Colagar, A., Zare, H. & Yousefzadeh, H. 2014. Morphological variations of genus *Alnus* in Iran: assessment of five new taxa. Taxonomy and Biosystematics 6(18): 45–64. https://tbj.ui.ac.ir/article_17505.html. (In Persian).

Takhtajan, A. 1997. Diversity and classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, 620 pp.

Thorne, T.F. 1992. Classification and geography of the flowering plants. Botanical Review 58: 225–348. DOI: 10.1007/BF02858611.

Yousefzadeh, H., Akbarian, M.R. & Akbarinia, M. 2008. Variation in leaf morphology of *Parrotia persica* along an elevational gradiant in Eastern Mazandaran province (N. Iran). Rostaniha 9(2): 178–189. https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_101604.html. (In Persian).

Yousefzadeh, H., Tabari, M., Hosseinzadeh Colagar, A., Assadi, M., Sattarian, A. & Zare, H. 2010. Variation in Leaf Morphology of *Tilia* spp. of in Hyrcanian forests. Taxonomy and Biosystematics 2(3): 11–24. https://tbj.ui.ac.ir/article_17374.html. (In Persian).

Yuan, C., Zhang, Z., Jin, G., Zheng, Y., Zhou, Z., Sun, L. & Tong, H. 2021. Genetic parameters and genotype by environment interactions influencing growth and productivity in Masson pine in east and central China. Forest Ecology and Management 487: 118991. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.118991.

Not Final

Zhou, Q., Zhao, F., Zhang, H. & Zhu, Z. 2022. Responses of the growth, photosynthetic characteristics, endogenous hormones and antioxidant activity of *Carpinus betulus* L. seedlings to different light intensities. Frontiers in Plant Science 13: 1055984. DOI: 10.3389/fpls.2022.1055984.

Not Final