

DOI: 10.22092/bot.j.iran.2025.369113.1416

تنوع ریختی برگ و میوه ممرز در جنگل‌های هیرکانی و ارسباران

دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳ ===== بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ ===== پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

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

ممرز (*Carpinus betulus*) متعلق به تیره توس درختی به ارتفاع حدود ۳۰ متر است که در اروپا، قفقاز، ترکیه و ایران انتشار دارد و با پراکنش و سیع، 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 استان‌های گلستان، مازندران، گیلان و آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۰ پایه درخت از رویشگاه‌های طبیعی، با فواصل حداقل ۱۰۰ متر از یکدیگر انتخاب شدند و نمونه‌های برگ، شاتون، برگه و میوه از خارج تاج به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید. 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، براکته و شاتون تنوع درون‌گونه‌ای وجود دارد. همچنین می‌توان از صفات تعداد رگبرگ، طول و عرض منقارک، وزن دانه و تعداد شیار دانه به دلیل تاثیرپذیری کمتر از عوامل محیطی به عنوان صفات متمایزکننده در تفکیک گونه مذکور استفاده کرد.

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

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

Received: 12.04.2025 ===== Revised: 27.05.2025 ===== Accepted: 01.07.2025

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

Summary

Carpinus betulus L. (Betulaceae), a tree about 30 m high that is distributed in Europe, 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* (hornbeam) located in Golestan, Mazandaran, Gilan, and E. Azarbaijan Provinces (Iran) was investigated. Ten trees were selected from natural habitats, maintaining a minimum distance of 100 m 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 of the said species.

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

مقدمه

در امتداد شیب ارتفاعی ۱۱۵۰-۱۰۰ متر در طول دو ترانسکت استقرار یافته در جنگل هیرکانی استان‌های مازندران و گلستان نیز 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 و ابعاد روزنه با ارتفاع همبستگی منفی نشان داد، در حالی که تراکم روزنه با ارتفاع همبستگی مثبت داشت. همچنین، مساحت برگ بیشترین تغییرپذیری و تعداد رگبرگ کمترین تغییرپذیری را نشان دادند. بررسی تأثیر ارتفاع بر ریخت‌شناسی برگ ممرز در جنگل‌های شصت‌کلاسه در استان گلستان نیز 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 مناطقی از استان‌های مازندران و آذربایجان شرقی (ارسباران) مشخص شد که صفات مربوط به طول لوب‌های برگه، عرض لوب و 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.) در استان گلستان و هزارجریب نکا (استان مازندران) بین جمعیت‌های ممرز، لور و کچف (*C. betulus*، *C. orientalis*) و ممرز، لور و کچف (*C. schuschaensis*) از آن بود که به جز تعداد دندان‌برگ؛ 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 et al. 2012b). مطالعه دیگری در مناطق کردکوی (استان گلستان) و هزارجریب نکا (استان مازندران) بین جمعیت‌های ممرز، لور و کچف (*C. betulus*، *C. orientalis*) و ممرز، لور و کچف (*C. schuschaensis*) از آن بود که به جز تعداد دندان‌برگ؛ 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 et al. 2012b). اخیراً در پژوهشی جدید در زمینه سیستماتیک جنس ممرز، عامل اصلی تفکیک این جنس از لور، تعداد لوب برگه، حاشیه کامل یا دندان‌دار و فاصله بین رأس لوب میانی تا پایین لوب کناری عنوان شده است (Riahee et al. 2022). طبق این مطالعه، ممرز دارای برگ‌های بزرگتر

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 و بومی مناطق غربی، مرکزی و جنوبی اروپا، شمال آمریکا، شرق آسیا، اکراین، روسیه، قفقاز و ایران هستند. 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.) در نظر گرفته‌اند (Dahlgren 1983). طبق نظر تختجان (1997)، تیره فندق که یک تیره مجزا از تیره توس است، خود به دو زیرتیره *Carpinoideae* (*Carpinus*, *Ostrya*, *Ostryopsis*) و *Coryloideae* (*Corylus*) طبقه‌بندی می‌شود. ممرز (*Carpinus*) بزرگترین جنس *Coryloideae* است که این زیرتیره تقریباً 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 متنوع است، 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، به طوری که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مطالعه تنوع ژنتیکی گونه‌ها، مطالعه براساس صفات ریخت‌شناختی به ویژه صفات برگ و میوه است (Fereidoonfar et al. 2018).

در مطالعات صورت گرفته توسط یوسف‌زاده و همکاران (2008) (Yousefzadeh et al.)، 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. تنوع صفات درشت‌ریخت‌شناسی و ریزریخت‌شناسی برگ ممرز

دریا عامل اصلی مؤثر بر تنوع بیشتر صفات برگ این گیاه 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 بیشتر از جلگه تا ارتفاعات متوسط میان‌بند (۱۰- تا ۱۴۰۰ متر) و در مواردی ارتفاعات بالاتر، نظیر سیاه‌بیشه و سنگده (۲۶۰۰- تا 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.

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 $Y = 1.823 X^{0.469}$ طبق مدل رگرسیونی (Nowghani et al. 2016) برآورد شد.

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

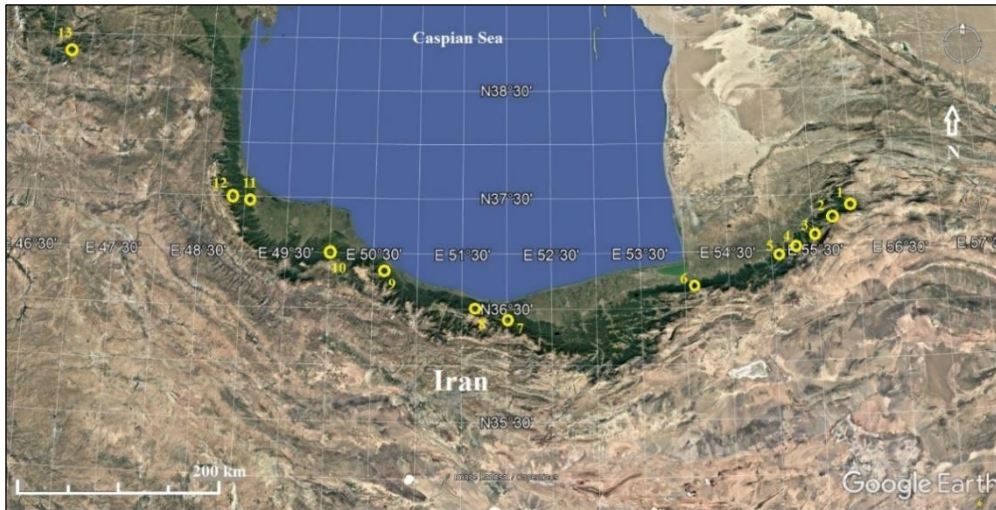
(۶ تا ۱۰ و به ندرت ۵ تا ۱۲ سانتی‌متر) و لور واجد برگ‌های کوچک‌تری (۴ تا ۶ سانتی‌متر) بود. در این مطالعه، کچف به عنوان مترادف *C. orientalis var. macrocarpa* ذکر شده است.

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). از سوی دیگر، 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). این در حالی است 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 بررسی شده، 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

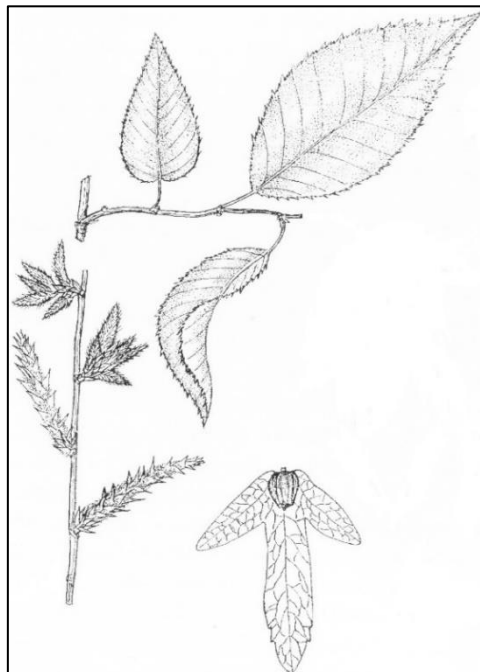
رابطه $PI=1-(x/X)$ محاسبه شد (Bruschi *et al.* 2003) که در آن PI پلاستیسیته صفت مورد بررسی، x کمترین مقدار و X بیشترین مقدار صفت مورد بررسی است. هرچه میزان پلاستیسیته صفت کمتر باشد، حکایت از متأثر بودن بیشتر آن صفت از ژنتیک پایه دارد.

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 (پلاستیسیته) با استفاده از



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

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



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

Fig. 2. Leaf, bract, fruit, and inflorescence of *Carpinus betulus* (from: Assadi 2023).

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

ولی تفاوت معنی داری با جمعیت‌های گلستان نداشت، اما با جمعیت‌های آذربایجان شرقی و مازندران تفاوت معنی داری را نشان دادند. عرض برگ در جمعیت‌های گیلان به طور معنی داری بزرگتر از جمعیت‌های سه استان دیگر بود، اما تفاوت معنی داری بین جمعیت‌های گلستان و مازندران وجود نداشت. طول دانه در جمعیت‌های گلستان به طور معنی داری بیشتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما بین جمعیت‌های گیلان و گلستان تفاوت معنی داری وجود نداشت. عرض دانه در جمعیت‌های گلستان به طور معنی داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما جمعیت‌های گیلان و آذربایجان شرقی تفاوت معنی داری 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 معنی داری بین تمام جمعیت‌ها مشاهده نشد.

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 برگ، 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).

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

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول برگ جمعیت‌ها در استان گیلان به طور معنی داری بزرگتر از جمعیت‌های سه استان دیگر بود، اما تفاوت معنی داری بین جمعیت‌های گیلان و گلستان وجود نداشت (جدول ۳). عرض برگ در جمعیت‌های گیلان به طور معنی داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما بین جمعیت‌های گیلان و مازندران تفاوت معنی داری مشاهده نشد. مساحت برگ در جمعیت‌های گیلان به طور معنی داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما تفاوت معنی داری بین جمعیت‌های گلستان و مازندران مشاهده نشد. طول شاتون در جمعیت‌های مازندران و عرض شاتون در جمعیت‌های گیلان به طور معنی داری بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود، ضمن این که طول شاتون بین جمعیت‌های گیلان و گلستان و عرض شاتون بین جمعیت‌های گلستان و مازندران تفاوت معنی داری 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 معنی دار نبود. بیشترین تعداد دندانه در ۲ سانتی‌متر برگ مربوط به جمعیت‌های گیلان بود و بین همه جمعیت‌ها تفاوت معنی داری مشاهده شد. طول برگ در جمعیت‌های گیلان بیشترین مقادیر را داشت،

(گیلان)؛ در گروه دوم مرزن آباد چالوس (مازندران) و هشت پر (گیلان)؛ در گروه سوم چمستان آمل (مازندران)، ارسباران (آذربایجان شرقی) و گلی داغی مراوه تپه (گلستان)؛ در گروه چهارم جنگل گلستان (گلستان)، کردکوی (گلستان) و زرین گل علی آباد (گلستان) و در گروه پنجم لوه مینودشت (گلستان) قرار گرفتند.

بررسی مقدار پلاستیسیته 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 دندان برگ، عرض برگه و عرض پهنک و کمترین مقدار به تعداد رگبرگ، عرض منقارک و وزن دانه مربوط بود.

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 قرار گرفتند (شکل ۴).

در گروه اول قلعه ماران (گلستان)، جواهرده رامسر (مازندران)، دیلمان سیاهکل (گیلان) و گیسوم رضوانشهر

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*
length Catkin	36.622	3.703	0.012*
width Catkin	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

جدول ۳- میانگین \pm انحراف معیار صفات در جمعیت‌های مختلف

Table 3. Mean \pm standard deviation of traits in different populations

Trait	Province			
	E. Azarbaijan	Golestan	Mazandaran	Guilan
Number of veins	13.30 \pm 0.82 a	13.54 \pm 0.89 a	13.36 \pm 0.81 a	13.63 \pm 0.73 a
Lamina length (cm)	8.59 \pm 0.47 a	9.45 \pm 0.89 bc	9.19 \pm 0.64 ab	9.67 \pm 0.69 bc
Lamina width (cm)	4.22 \pm 0.53 ab	3.95 \pm 0.47 a	4.36 \pm 0.55 bc	4.59 \pm 0.35 bc
Leaf area (cm ²)	5.07 \pm 0.11 a	5.23 \pm 0.14 ab	5.37 \pm 0.10 ab	5.52 \pm 0.12 b
Catkin length (cm)	4.32 \pm 0.28 ab	4.06 \pm 0.62 a	4.49 \pm 0.58 b	4.05 \pm 0.51 a
Catkin width (cm)	1.01 \pm 0.07 a	0.99 \pm 0.15 ab	1.02 \pm 0.11 ab	1.08 \pm 0.09 b

Table 3 (contd) جدول ۳ (ادامه)

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	10.15 ± 1.29 a	11.31 ± 3.41 ab	12.48 ± 2.58 bc	14.14 ± 1.31 c
Beak length (cm)	0.64 ± 0.04 a	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.

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

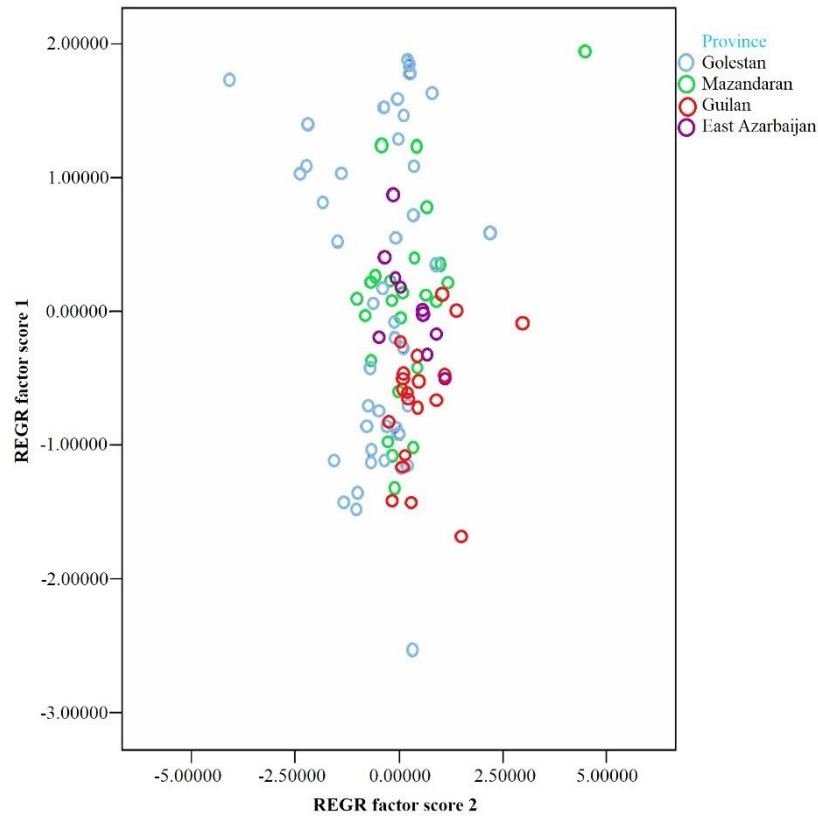
Table 4. Principal component analysis of studied traits in different populations

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

جدول ۵- میزان پلاستیسیته صفات در جمعیت‌های مورد مطالعه

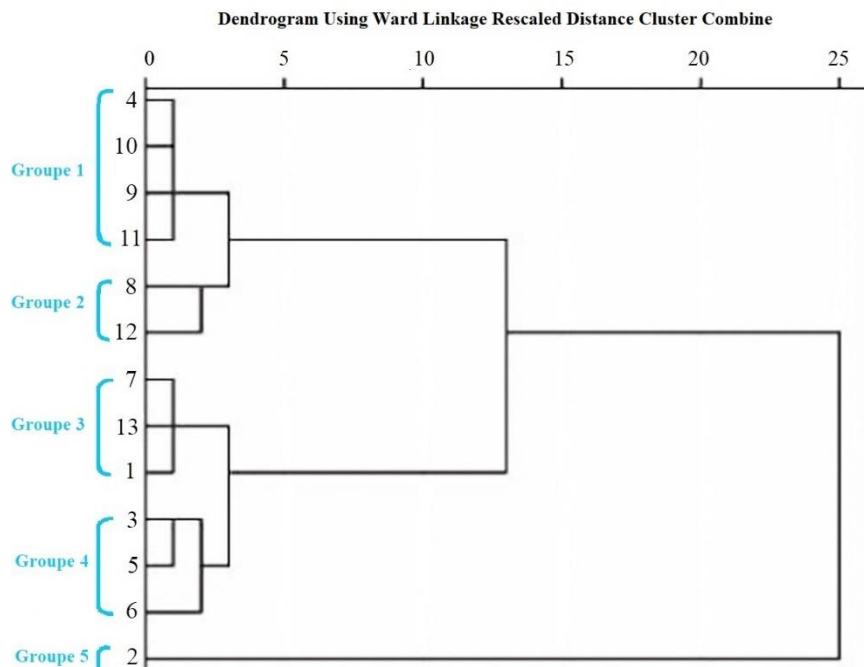
Table 5. The amount of trait plasticity in the studied populations

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



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.



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

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

بحث

یکی از نخستین مراحل در تعیین و شناسایی تنوع بین و درون گونه‌ای استفاده از نشانگرهای ریخت‌شناسی است. از میان مشخصه‌های ریخت‌شناسی، برگ‌ها به دلیل رشد و تولید مثل درختان بر اساس 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 (Fririon et al. 2023). پژوهشگران بخشی از تنوع صفات ریخت‌شناسی برگ را ناشی از تفاوت در شرایط اقلیمی و خاکی رویشگاه، از جمله میزان بارندگی، 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 به جز 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 آذربایجان شرقی و گلستان و همچنین طول برگ، طول شاتون، طول برگه و طول دانه بین جمعیت‌های گیلان با جمعیت‌های آذربایجان شرقی 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 آذربایجان شرقی مقادیر صفات فوق‌تغییراتی 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 ویژگی 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 نشان‌دهنده 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 محسوسه 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، از جمله طول، عرض و مساحت برگ، طول دمبرگ، تعداد رگبرگ و تعداد دندانه برگ جنس ممرز (*C. betulus*, *C. orientalis*)، *C. schuschaensis* به تأثیر عوامل 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، 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 نداشت (Khoshandam Sarvineh Baghi et al. 2022).

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 قابل تشخیص 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 دوره احتمالی بین آن‌ها است. گونه ممرز با پراکنش وسیع حدود ۳۰ درصد جنگل‌های شمال را به خود اختصاص داده است و تنوع زیاد در ابعاد برگ آن

ممرز رقبای قوی برای گونه‌های بلوط (*Q. robur* و *Q. petraea*) (L. در طول مرحله زادآوری هستند و به عنوان 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 مؤید آن است که جمعیت ارسباران می‌تواند در مسیر ایجاد اکوتیپ ویژه منطقه رویشی خود قرار گرفته و در این صفات، علایم تمایزدهنده را آشکار نموده باشد. تفاوت معنی‌دار طول برگ، مساحت برگ، طول و عرض شاتون، طول دم‌برگ، تعداد دندان، طول و عرض برگه و طول و عرض دانه مابین جمعیت‌های گلستان و آذربایجان شرقی و بعضاً عدم تفاوت با سایر استان‌های میان این دو استان (مازندران و گیلان)، نشان داد که فاصله جغرافیایی زیاد و موانع طبیعی بین این استان‌ها جریان ژنی را برای این صفات محدود کرده و نشانه‌هایی از مبحث آلپاتریک برای این گونه قابل پیگیری خواهد بود.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جمعیت‌های مختلف پژوهش حاضر به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه اول و دوم بیشتر صفات را تحت پوشش قرار می‌دهند اما صفات وزن دانه و تعداد شیار دانه با ضریب تأثیر بیشتر در مؤلفه سوم و تعداد رگبرگ در مؤلفه هفتم جای می‌گیرند. این امر نشان می‌دهد که این صفات در شکل‌گیری تنوع، به طور جداگانه‌تری تأثیر گذارند و به 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 نمی‌توان جمعیت‌های مختلف استان‌های مورد بررسی را براساس موقعیت جغرافیایی از هم جدا کرد، اما به طور آشکار تنوع مشاهده شده در جمعیت گیلان کمتر از جمعیت‌های مازندران و گلستان و تنوع جمعیت ارسباران کمتر از سه استان شمالی کشور بود. نمونه‌های برداشت شده از جمعیت ارسباران تقریباً از یک ارتفاع (۱۲۰۰ متر) و جمعیت‌های گیلان از دامنه ارتفاعی محدود (۵۲۰-۳۳۰ متر) بود، در حالی که جمعیت‌های گلستان (۱۰۹۰-۶۳۰ متر) و به ویژه مازندران (۱۶۷۰-۱۰۳۰ متر) در دامنه ارتفاعی بیشتر قرار داشتند. اختلاف در جدایی جمعیت‌های

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. 2015).

ابعاد دانه صفتی است که در نتیجه سازگاری با شرایط بوم‌شناختی، از جمله 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 است (Fenner 2001, Jian-Xan 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. معمولاً 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 بر این، ممرز گونه مقاوم به خشکی است که می‌تواند شرایط نسبتاً خشک این جنگل‌ها را تحمل کند و توده‌های وسیع و مترکمی را تشکیل دهد، به طوری که در جنگل ارسباران، ممرز فراوان‌ترین گونه با ۶۱/۴ درصد در توده‌های 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 (*Sorbus torminalis* (L.) و *Acer campestre* L.) سهم قابل توجهی 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

تنوع درون جمعیتی این گونه از نظر صفات ریخت شنا سی برگ، دانه، براكته و شاتون شده است. همچنین، براساس نتایج پلاستیسیته صفات می توان 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 گونه ممرز استفاده کرد.

در پایان، پیشنهاد می شود برای این که بتوان مهم ترین عوامل محیطی و زیستی مؤثر بر ویژگی های ریخت شناسی جنس ممرز را به طور کامل تری تعیین کرد، بایستی تعداد زیادی ترانسکت ارتفاعی در محدوده انتشار گونه های این جنس در چهار استان استقرار یابد و در داخل پلات های استقرار یافته در طول این ترانسکت ها، شاخص های رویشی و ویژگی های ریخت شناسی این گونه ها، گونه های همراه و عوامل اقلیمی، پستی و بلندی و نیز خاکی آن ها مورد مطالعه قرار گیرد. براساس نتایج یافته های حاصله می توان نیازهای بوم شناختی و صفات متمایزکننده را در تفکیک گونه های جنس ممرز با دقت بیشتری تعیین کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می دانند از پرسنل محترم اداره های منابع طبیعی کلاله، مینودشت، کردکوی، چمستان (آمل)، مرزن آباد (چالوس)، رامسر، دیلمان (سیاهکل)، رضوانشهر و هشت پیر و همچنین از کارکنان محترم اداره های محیط زیست آزادشهر، علی آباد و ارسباران و نیز از اشخاصی که در جمع آوری نمونه های گیاهی ما را یاری نمودند، سپاسگزاری و قدردانی نمایند.

هر استان را می توان به اختلاف ارتفاع از سطح دریا و تأثیر عوامل اقلیمی بر ویژگی های رشد و نمو آن ها نسبت داد. همچنین، این نمودار نشان داد که تنوع حاصل از صفات مورد بررسی این گونه با یک شیب پیوسته تغییر را نشان می دهد و تک درختانی از جمعیت های گلستان، مازندران و گیلان از این شیب پیوسته کمی مجزا شده اند. سایر پژوهشگران نیز تنوع بالای ریخت شناسی درون گونه ای جنس ممرز در ایران و وجود فنوتیپ های حدواسط را به علت و سعت و تنوع رویشگاه ها و نیز دورگه احتمالی بین گونه های این جنس می دانند که منجر به طبقه بندی های تاکسونومیک متفاوت این جنس شده است (Browicz 1972, Riahee *et al.* 2022, Assadi 2023).

نتایج تجزیه خوشه ای براساس کلیه صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که نمی توان تمام جمعیت های استان های مختلف را در گروه های استانی جداگانه طبقه بندی کرد، اما به خوبی جمعیت های استان گیلان از جمعیت های استان گلستان (به جز قلعه ماران) مجزا هستند و جمعیت لوه مینودشت (گلستان) یک شاخه مجزا با تفاوت زیاد نسبت به سایر جمعیت های مورد مطالعه را نشان داد. بر این اساس مشخص شد که به طور کلی، عوامل محیطی مختلفی بر ویژگی های ریخت شنا سی برگ ممرز تأثیر می گذارند. علاوه بر 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 ویژگی های خاک، نظیر بافت، ماده آلی، آهک، فسفر و پتاسیم قابل جذب تأثیر قابل توجهی بر صفات کمی و کیفی و زادآوری ممرز دارند (Alijanpour *et al.* 2018, Ebrahimi Gajooti *et al.* 2000). در انطباق با نتایج ذکر شده، یافته های پژوهش حاضر نیز نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، خشکی و رقابت باعث

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 (In Persian). DOI: 10.22092/ijfpr2017.111762.
- 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., Fatollahi, 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 (In Persian). https://plant.ijbio.ir/article_1276.html.
- 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 *Achyraea 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 (In Persian). DOI: 10.22051/jab.2014.1127.
- Chapolagh Paridari, A., Jalali, S.G., Sonboli, A. & Zarafshar, M. 2012b. Leaf, stomata and trichome morphology of the species in *Carpinus* genus. *Taxonomy and Bio systematics* 4(10): 11–26 (In Persian). https://tbj.ui.ac.ir/article_17429.html.
- 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. (Nelsoniaceae). *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.
- 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 (In Persian). https://cuhfj.areeo.ac.ir/article_122240.html.
- 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 (In Persian). https://plant.ijbio.ir/article_2121.html.
- 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 horn-beam (*Carpinus betulus* L.) in Shast Kalateh forests in Gorgan. *Journal of Plant and Ecosystem* 9(37): 3–15 (In Persian). <https://www.magiran.com/paper/1271587>.
- 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 (In Persian). https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_101488.html.
- 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., Kozłowski, 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 (In Persian). DOI: 10.22092/IJFPR.2014.4733.
- 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 (In Persian). DOI: 10.22069/JWFST.2022.19127.1927.
- 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 (In Persian). DOI: 10.22059/jfwp.2023.358147.1251.
- 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.
- 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*. 2nd 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 (In Persian). https://jfrd.urmia.ac.ir/article_20051.html.
- Moradi, S., Abrari Vajari, K., Pilehvar, B. & Shabaniyan, 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 (In Persian). <http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-216-en.html>.
- Nowghani, Z., Koochi, 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 (In Persian). DOI: 10.22051/jab.2016.2475.
- 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 (In Persian). DOI: 10.22092/ijfpr.2011.107628.
- 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.2021.22257.1277.
- Sabeti, H. 2008. *Forests, Trees and Shrubs of Iran*. 5th edition. Yazd University Publications, Yazd, Iran.
- 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 (In Persian). https://ijfpr.areeo.ac.ir/article_108001.html.
- 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 (In Persian). <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1699059>.
- 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 (In Persian). https://tbj.ui.ac.ir/article_17505.html.
- 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 gradient in Eastern Mazandaran province (N. Iran). *Rostaniha* 9(2): 178–189 (In Persian). https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_101604.html.
- 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 (In Persian). https://tbj.ui.ac.ir/article_17374.html.
- 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.

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.