

## تغییرات ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ درختان راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در طول گرادیان ارتفاع از سطح دریا (بررسی موردی: جنگل‌های گیلان، ماسال)

محبوبه محبی بیچارپس<sup>۱</sup>، تیمور رستمی شاهراجی<sup>۲\*</sup> و حبیب‌الله سمیع‌زاده لاهیجی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.  
(mahboob.mohebi@gmail.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران، ایران. (tsharaji@gmail.com)

۳- استاد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (hsamizadeh@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۹

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ویژگی‌های برگ راش شرقی با توجه به تغییرات ارتفاعی بود. سه جمعیت از این گونه به ترتیب در ارتفاع ۷۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۷۰۰ متر از سطح دریا در جنگل‌های ماسال در استان گیلان انتخاب شد. در مرداد ماه تعداد ۲۰ پایه درختی به‌طور تصادفی در سه ارتفاع از سطح دریا انتخاب شد. سپس از هر درخت تعدادی برگ از بخش جنوبی و شمالی تاج درختان سالم و بالغ جمع‌آوری شد. ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ شامل طول برگ، عرض برگ، طول دم‌برگ، شاخص برگ، شاخص دم‌برگ، فاصله بین پایه تا پهن‌ترین قسمت برگ (BW)، سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک، وزن ویژه برگ و محتوای آب نسبی اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از وجود تغییرات در صفات برگ گونه راش با افزایش ارتفاع بود. این تغییرات در برخی از صفات کاهشی (طول برگ، شاخص برگ، وزن ویژه برگ) و در برخی دیگر افزایشی (طول دم‌برگ، شاخص دم‌برگ، BW، سطح برگ، سطح ویژه برگ، محتوای آب نسبی) بود. نتایج نشان داد که برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مورفوفیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مختلف، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بودند. نتایج حاکی از وجود تغییرات در صفات برگ گونه راش شرقی با افزایش ارتفاع است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ریخت‌شناسی برگ، سازگاری، ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی.

درختان مختلف گونه‌های جنگلی می‌تواند طیف وسیعی از اطلاعات درباره تکامل تدریجی، ژنتیکی و فیزیولوژی فراهم کند. برگ یکی از ارگان‌های گیاهی است که بیشترین پژوهش‌ها در خصوص تأثیر اقلیم بر گیاه بر روی آن صورت گرفته است، که یکی از دلایل آن به نقش مهم برگ در فتوسنتز برمی‌گردد (Delagrange, 2011). پژوهش‌های زیادی در رابطه با تنوع ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی روی گونه‌های مختلف جنگلی در ارتباط با ارتفاعات مختلف و در نهایت در رابطه با تغییرات جهانی اقلیم و اثرهای آن بر روی جریان ژن و جدایی جمعیت‌ها و چگونگی پاسخگویی جمعیت‌ها به این تغییرات انجام شده است. به‌عنوان نمونه پژوهش Yosefzadeh و همکاران (2010) به بررسی تنوع برگ درخت انجیلی در شیب ارتفاعی در شرق مازندران پرداختند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که صفاتی همچون؛ حداکثر عرض پهنک، طول دمبرگ، شکل برگ، شکل قاعده برگ و زاویه قاعده کمترین تأثیرپذیری و صفات شکل نوک برگ و طول دمبرگ بیشترین تأثیرپذیری را از شرایط محیطی از خود نشان دادند. Ghorbanli و همکاران (2014) به بررسی تأثیر ارتفاع بر روی گونه ممرز پرداختند و بیان کردند افزایش ارتفاع از سطح دریا منجر به تغییر در صفات برگ مثل طول دمبرگ، طول برگ، تعداد دندان و عرض برگ می‌شود.

Rajsnerová و همکاران (2015) با بررسی ویژگی‌های مورفولوژی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تاج‌پوشش بالایی و پایینی راش اروپایی در رابطه با افزایش ارتفاع نشان دادند که در مقایسه با درختان در ارتفاعات بالاتر، درختانی که در حال رشد در ارتفاعات پایین هستند، دارای هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، سرعت جذب  $CO_2$  ( $A_{max}$ ) کمی پایین‌تر و وزن ویژه برگ (LMA) کمتر و شاخص بازتاب شیمیایی، کارایی

اقلیم یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر رویش درختان است، به‌گونه‌ای که تغییر در آن می‌تواند به‌صورت مستقیم بر درختان تأثیر بگذارد (Nasseri Karimvand et al., 2016). جمعیت‌های طبیعی در پاسخ به تغییرات آب‌وهوایی با تغییر در توزیع جغرافیایی، زمان رشد و تولیدمثل خود، ترکیب جوامع و ماهیت اثرهای متقابل گونه‌ها را تغییر می‌دهند (Pyakurel and Wang, 2014). مسئله سازگاری مکانی یک مشکل بسیار بزرگ در مواجهه با تغییرات اقلیم است. در دهه‌های اخیر، توجه به پاسخ‌های تکاملی در برابر تغییرات سریع آب‌وهوا به‌طور فزاینده‌ای متمرکز شده است. یکی از نگرانی‌های عمده در این زمینه، توانایی گونه‌های گیاهی با دوره عمر طولانی در برابر تغییرات سریع اقلیم است (Lindner et al., 2009). محیط‌های پراسترس، مثل کوهستان‌های مرتفع، محیط آزمایشی مطلوبی را برای ارزیابی سازگاری در برابر فشارهای انتخابی، که در طول گزادیان‌های اکولوژیکی که توسط تغییرات اقلیم افزایش می‌یابد، فراهم می‌کند. بنابراین، گزادیان‌های ارتفاعی فرصت‌های آزمایشی مطلوبی را برای بررسی تنوع در ویژگی‌های عملکردی گیاهان در پاسخ به عوامل محیطی فراهم می‌کند. به‌واسطه تغییر ارتفاعی در سیستم‌های کوهستانی، شرایط بوم‌شناختی، خاکی و اقلیمی مثل دما، بارش، انرژی خورشیدی به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌یابد و درختان اغلب طیف وسیعی از پاسخ را به‌واسطه تغییر در صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی خود نشان می‌دهند. تحت تغییرات سریع آب‌وهوایی تغییرپذیری فنوتیپی به‌احتمال زیاد نقش حیاتی در باقیماندن گونه‌ها در محیطشان را دارد (Vitasse et al., 2010). یکی از قدیمی‌ترین روش‌های طبقه‌بندی برای بررسی تنوع آن‌ها، ویژگی‌های ریخت‌شناسی است. ویژگی‌های مورفولوژی برگ

مصرف آب و محتوای روبیسکوی بیشتری هستند. Chapolagh Paridari و همکاران (2013) با بررسی اثر ارتفاع بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی گونه ممرز دریافتند که درختان ارتفاعات بالاتر طول برگ کوچک‌تری نسبت به درختان ارتفاعات پایین‌تر دارند. گونه راش از گونه‌های صنعتی ارزشمند جنگل‌های شمال ایران است که در چرخه توالی و تکاملی این جنگل‌ها نقش مهمی دارد، به طوری که در دامنه‌های ارتفاع ۲۰۰۰-۷۰۰ متر از سطح دریا، یکی از گونه‌های اصلی و کلیماکس جنگل‌های شمال محسوب می‌شود. به طور کلی ۱۸ درصد از جنگل‌های شمال ایران با این گونه پوشیده شده است و همچنین این گونه ۳۵ درصد از تولیدات چوب صنعتی را به خود اختصاص می‌دهد (Ahmadi et al., 2009). پتانسیل سازگاری راش در برابر تغییرات اقلیم، درجه حرارت بالاتر و مقدار بارندگی کمتر در فصل تابستان، هنوز ناشناخته است. بررسی گونه راش شرقی به علت نقش مهمی که در ترکیب و ساختار اکوسیستم‌های جنگل‌های خزری دارد و همچنین از نظر افزایش توجه به احیاء جنگل‌ها با گونه‌های بومی و از آنجایی که مهم‌ترین گونه صنعتی جنگل‌های شمال کشور است، بسیار حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش بررسی برخی از ویژگی‌های برگ درختان جمعیت‌های گونه راش شرقی در طول گرادیان‌های ارتفاعی مختلف بود تا چگونگی پاسخ و انطباق‌پذیری گیاهان نسبت به تغییرات آب‌وهوایی درک شده و بتوان در امر حفاظت منابع ژنتیکی برنامه‌ریزی‌های مربوطه انجام شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

برای انجام این پژوهش سه رویشگاه درخت راش در طول یک ترانسکت ارتفاعی در جنگل‌های ماسال در

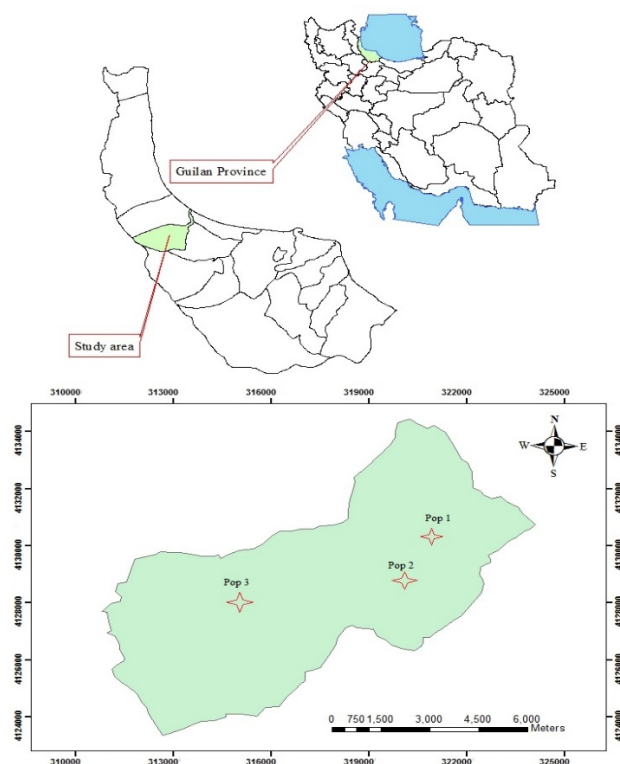
استان گیلان انتخاب شد. این منطقه بین عرض جغرافیایی  $37^{\circ} 14' 00''$  و  $37^{\circ} 19' 20''$  و طول جغرافیایی  $49^{\circ} 02' 48''$  و  $49^{\circ} 02' 48''$  واقع شده بود. برای این منظور سه جمعیت از این گونه به ترتیب در ارتفاع ۷۰۰ متر از سطح دریا، ۱۲۰۰ متر از سطح دریا و ۱۷۰۰ متر از سطح دریا واقع در پارسل‌های ۵۱۴، ۶۰۶ و ۷۱۴ مشخص شد (شکل ۱ و جدول ۱). این جنگل‌ها در سری شهرگاه (سری پنج ماسال) قرار گرفته‌اند. میانگین درجه حرارت سالیانه این منطقه  $21/3$  درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۹۲۶ میلی‌متر است. میانگین درجه حرارت هوا در طول دوره رویش  $26/6$  درجه سانتی‌گراد و مقدار بارندگی در این دوره ۳۹۴ میلی‌متر است.

### روش پژوهش

در هر ارتفاع ۲۰ پایه درختی سالم به طور تصادفی انتخاب شد و در مرداد ماه، بر روی هر پایه درخت ۲۰ برگ سالم و بالغ از قسمت میانی درخت (Bayramzadeh, 2011) و از ناحیه بیرونی تاج (شمالی و جنوبی) جمع‌آوری شد (Hatziskakis et al., 2011). ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ شامل سطح برگ ( $cm^2$ )، طول برگ (cm)، عرض برگ (cm)، طول دم‌برگ (cm)، فاصله بین پایه برگ تا عریض‌ترین قسمت برگ (BW) با استفاده از نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شد. شاخص برگ (LI) و شاخص دم‌برگ (PI) به ترتیب بر اساس فرمول‌های  $LI = LL/LW \times 100$  و  $PI = PL/LL \times 100$  محاسبه شد (Hatziskakis et al., 2011). این نسبت‌ها، که از متغیرهای مستقل تشکیل شده‌اند، به طور گسترده در مورفومتری برگ استفاده شده است (Stojnić et al., 2016; Chapolagh Paridari et al., 2013; Zarafshar et al., 2010). همچنین در این بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک شامل سطح ویژه برگ (SLA)، وزن

در دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شد و سپس وزن شدند. از تقسیم وزن به دست آمده (gr) بر سطح برگ ( $\text{cm}^2$ ) مقدار وزن ویژه برگ به دست آمد (Stojnic, 2016).

ویژه برگ، محتوای آب نسبی (RWC) و وزن خشک (DW) برگ اندازه گیری شد (Zolfaghari *et al.*, 2013). از تقسیم سطح برگ بر وزن برگ سطح ویژه برگ ( $\text{cm}^2/\text{gr}$ ) محاسبه شد (Zhong *et al.*, 2014). برای محاسبه وزن ویژه برگ ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ )، نمونه های برگ



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

Figure 1. Location of study area

جدول ۱- مشخصات مناطق مورد بررسی

Table 1. Specifications of the study areas

جهت Aspect	شیب (درصد) Slop	عرض جغرافیایی Latitude ( $^{\circ}\text{N}$ )	طول جغرافیایی Longitude ( $^{\circ}\text{E}$ )	ارتفاع (متر) Altitude (m)
شمال - شمال شرقی North-northeast	25-30	48° 54' 01"	37° 16' 30"	700
شرقی - جنوب شرقی East - Southeast	35-40	48° 57' 21"	37° 17' 40"	1200
شمال - شمال شرقی North-northeast	60-65	48° 58' 30"	37° 18' 16"	1700

ارتفاعات مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین در میان ارتفاعات نشان می‌دهد که صفات عرض برگ، طول دمبرگ، BW و شاخص دمبرگ در ارتفاع ۱۷۰۰ متر دارای بیشترین مقدار میانگین بود (به ترتیب ۵/۸۵، ۰/۶۸، ۶/۳ و ۰/۰۵). در مقابل صفت طول برگ در ارتفاع ۷۰۰ متر بیشترین میانگین (۱۱/۵۴) را داشت. نتایج نشان داد که طول دمبرگ و شاخص دمبرگ با افزایش ارتفاع، در بین جمعیت‌های مختلف افزایش یافته است و طول برگ و شاخص برگ با افزایش ارتفاع کاهش یافته است (شکل ۲ و ۳) و در عین حال اختلاف معنی‌داری بین صفات ذکر شده فوق مشاهده نشد (جدول ۳). ارزیابی ضریب تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در برگ گونه راش در ارتفاعات مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. ارزیابی درصد ضریب تغییرات صفات بررسی شده نشان داد که بیشتر صفات در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا (جمعیت دوم) دارای حداکثر تغییرات است (جدول ۲). همچنین کمترین مقدار درصد ضریب تغییرات در ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا (جمعیت سوم) مشاهده شد. در بین ویژگی‌های بررسی شده، صفات طول برگ، طول دمبرگ و شاخص دمبرگ دارای بیشترین ضریب تغییرات در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بود (جدول ۲).

برای اندازه‌گیری میزان محتوای آب نسبی وزن برگ‌تر با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد و به‌عنوان وزن تر (FW) در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در قوطی‌های حاوی آب مقطر قرار داده شدند تا به حالت اشباع خود برسند و در این حالت نیز توزین شدند تا وزن اشباع (SW) به دست آمد. در نهایت نمونه‌های اشباع شده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و محتوای نسبی آب با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Villar-Salvador, 2004):

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

#### آزمون‌های آماری

از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) برای نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار SAS (PROC GLM, var9) و در قالب یک طرح آماری آشیانه‌ای (Nested ANOVA) با استفاده از مدل زیر تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها انجام شد (Bresson *et al.*, 2011):

$$Y = \mu + P + T(P) + \varepsilon \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این مدل Y متغیر وابسته،  $\mu$  میانگین صفات مورد بررسی، P جمعیت، T(P) اثر متقابل درخت و جمعیت و  $\varepsilon$  کل خطای مدل است. برای مقایسه میانگین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) استفاده شد.

#### نتایج

مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و ضریب تغییرات ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ گونه راش شرقی در

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی در سه ارتفاع مورد بررسی

Table 2. Mean, Standard deviation and coefficient of variation of studied traits in three studied altitudes

ضریب تغییرات (درصد) Variation coefficient	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	ارتفاع (متر) Altitude (m)	صفات Traits
16.009	1.848	11.545	700	طول برگ
30.421	3.471	11.412	1200	Leaf length
10.231	1.172	11.458	1700	
15.136	0.839	5.545 <sup>a</sup>	700	عرض برگ
14.516	0.841	5.796 <sup>b</sup>	1200	Leaf width
9.437	0.552	5.856 <sup>b</sup>	1700	
28.278	0.188	0.665	700	طول دمبرگ
29.355	0.184	0.629	1200	Petiole length
9.793	0.168	0.685	1700	
16.416	0.845	5.149 <sup>a</sup>	700	BW
10.638	0.549	5.163 <sup>b</sup>	1200	Distance from leaf base to the leaf maximum width
10.951	0.617	6.300 <sup>ab</sup>	1700	
25.051	22.489	89.770 <sup>a</sup>	700	سطح برگ
31.259	43.518	139.214 <sup>b</sup>	1200	Leaf area
18.037	24.034	133.245 <sup>ab</sup>	1700	
29.132	79.278	272.130 <sup>a</sup>	700	سطح ویژه برگ
35.626	117.841	330.767 <sup>b</sup>	1200	Specific leaf area
21.643	66.231	306.014 <sup>ab</sup>	1700	
29.129	0.1009	0.3465	700	وزن خشک
32.009	0.143	0.449	1200	Dry Weight
29.753	0.136	0.459	1700	
33.072	0.001	0.004 <sup>a</sup>	700	وزن ویژه برگ
39.221	0.001	0.003 <sup>b</sup>	1200	Specific dry weight
22.630	0.0007	0.003 <sup>b</sup>	1700	
59.578	16.709	28.046 <sup>a</sup>	700	محتوای آب نسبی
35.776	0.9108	37.668 <sup>b</sup>	1200	Relative leaf water content
31.146	6.003	37.266 <sup>b</sup>	1700	
7.019	0.1461	2.082	700	شاخص برگ
35.914	0.719	2.002	1200	Leaf index
24.844	0.215	1.965	1700	
24.392	0.014	0.057	700	شاخص دمبرگ Petiole index

ارتفاعات مختلف نشان داد که صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی دارای بیشترین میانگین (به ترتیب ۱۳۹/۲۱، ۳۳۰/۷۶ و ۳۷/۶۶) در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا (جمعیت دوم) بود (جدول ۲). روند تغییرات صفات سطح برگ و وزن ویژه خشک کاهشی و در صفات سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی افزایشی است. با توجه به جدول ۲ نتایج ضریب تغییرات نشان داد که صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک و وزن ویژه برگ در ارتفاع ۱۲۰۰ متر

نتایج آنالیز واریانس با استفاده از طرح آشیانه‌ای نشان داد که در بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی بررسی شده، صفات عرض برگ، BW دارای اختلاف معنی‌دار در ارتفاعات مختلف هستند (جدول ۳). همچنین عرض برگ در درون هر جمعیت اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی شاخص‌های مورد بررسی در ارتفاعات مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین در

از سطح دریا (جمعیت دوم) دارای بیشترین تغییرات بود (به ترتیب ۳۱/۲۵، ۳۵/۶۲، ۳۲ و ۳۹/۲۲). همچنین نتایج آنالیز واریانس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی اندازه‌گیری (سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک، سطح ویژه برگ، محتوای آب نسبی) اختلاف معنی‌دار را در صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن ویژه برگ و محتوای آب نسبی در سطح احتمال پنج درصد در ارتفاعات مختلف نشان داد (جدول ۴ و شکل‌های ۴-۷).

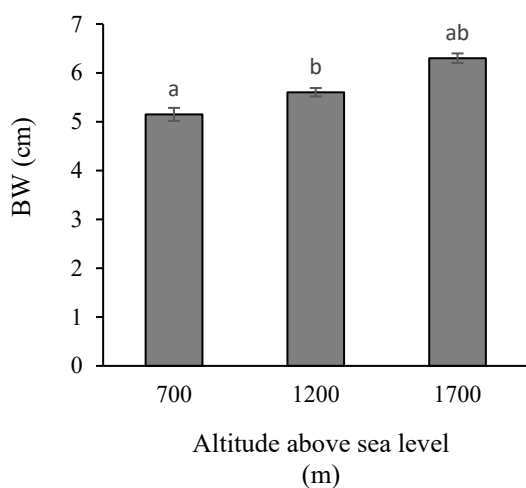
جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس طرح آشیانه‌ای ویژگی‌های ریخت‌شناسی در گرادیان‌های ارتفاعی مختلف

Table 3. Results of nested crossed analysis of variance for morph-physiologic traits along different altitudinal gradients

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					df	Source
		شاخص دمبرگ	شاخص برگ	طول دمبرگ	عرض برگ	طول برگ		
BW distance from leaf base to the leaf maximum width		Petiole index	Leaf index	Petiole Length	Leaf width	Leaf Length		
بین جمعیت	2	0.417 <sup>ns</sup>	1663.434 <sup>ns</sup>	0.032 <sup>ns</sup>	29135.93*	0.184 <sup>ns</sup>		Among population
درون جمعیت	3	1.709 <sup>ns</sup>	217.449 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	2296.783*	9.647 <sup>ns</sup>		Within population
خطا	57	1.402	1750.107	0.024	463.943	4.763		Error

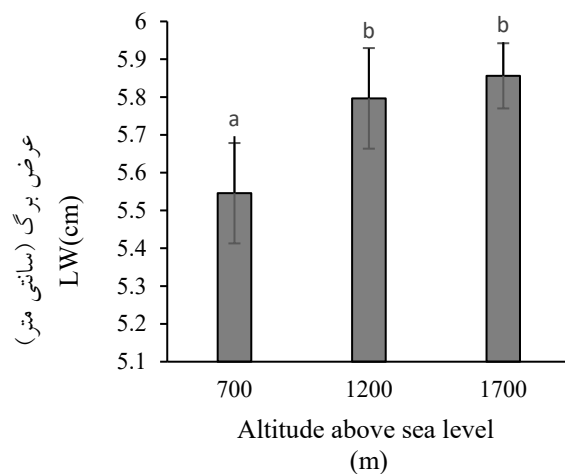
ns: non-significant, \*: significant at 5% Probability

ns: غیر معنی‌دار؛ \*: معنی‌دار در سطح پنج درصد.



شکل ۳- نتایج آزمون مقایسه دانکن BW

Figure 3. The results of Duncan's comparison of BW



شکل ۲- نتایج آزمون مقایسه دانکن عرض برگ

Figure 2. The results of Duncan's comparison of LW

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس با طرح آشیانه‌ای ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک در گرادیان‌های ارتفاعی مختلف

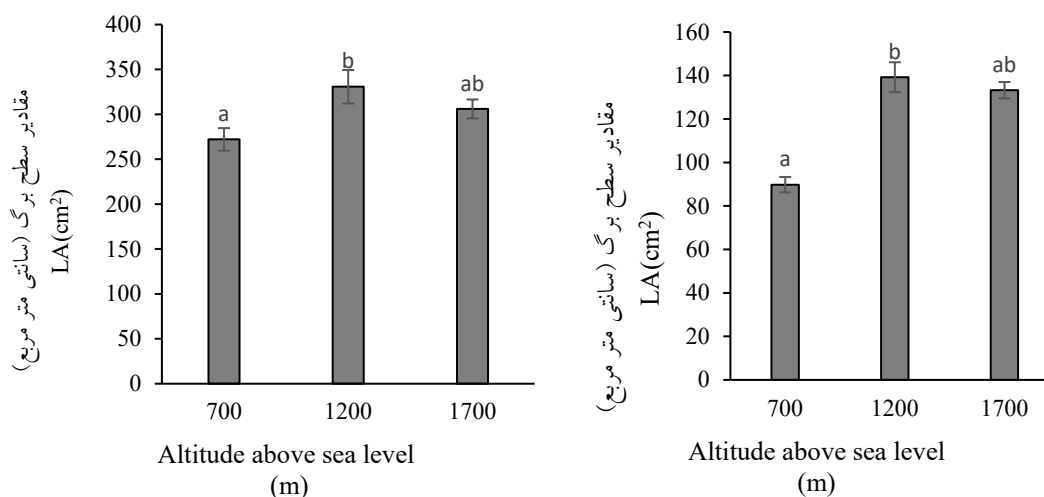
Table 4. Results of nested crossed analysis of variance for morph-physiologic traits along different altitudinal gradient

محتوای آب نسبی Relative leaf water content	میانگین مربعات Mean Square				درجه آزادی df	منبع تغییرات Source
	وزن ویژه برگ Specific dry weight	سطح ویژه برگ Specific leaf area	سطح برگ Leaf area	وزن خشک برگ Dry weight		
4.608*	4.632*	34660.757*	29135.93*	0.156 <sup>ns</sup>	2	بین جمعیت Among population
0.00 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	1317.765 <sup>ns</sup>	2296.783*	0.022 <sup>ns</sup>	3	درون جمعیت Within population
0.00	0.00	4119.820	463.943	0.703	57	خطا Error

ns: غیرمعنی دار؛ \*: معنی دار در سطح پنج درصد، \*\*: معنی دار در سطح یک درصد.

ns: insignificant, \*: significant at 5% Probability level, \*\*: significant at 1% Probability level

ns, \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد آماری



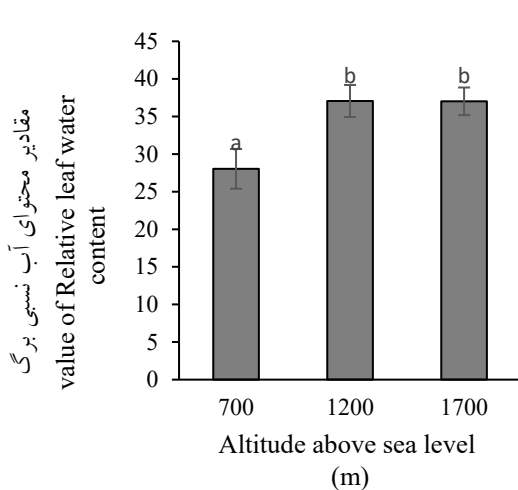
شکل ۵- نتایج آزمون مقایسه دانکن سطح ویژه برگ

Figure 5. The results of Duncan's comparison of SLA of LA

شکل ۴- نتایج آزمون مقایسه دانکن سطح برگ

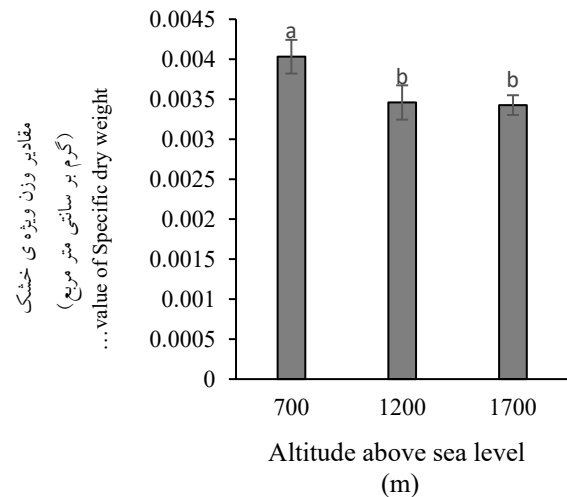
Figure 4. The results of Duncan's comparison





خشک شکل ۷- نتایج آزمون مقایسه محتوای آب نسبی

Figure 7. The results of Duncan's comparison of RWC comparison of SDW



شکل ۶- نتایج آزمون مقایسه دانکن وزن ویژه برگ

Figure 6. The results of Duncan's

افزایش طول می‌یابند. این امر نشان‌دهنده سازش راش شرقی با شرایط محیطی حاکم در هر رویشگاه است و در مقابل طول برگ و شاخص برگ (LL/LW) روند عکس را نشان دادند. رابطه منفی بین ارتفاع با طول برگ، و رابطه مثبت آن با طول دم‌برگ برای راش شرقی، با نتایج پژوهش Hopkins و همکاران (2008) برای گیاه *Arabidopsisthaliana* و Bayramzadeh و همکاران (2012) برای راش شرقی مطابقت دارد.

در این بررسی نتایج آنالیز واریانس با استفاده از طرح آشیانه‌ای نشان می‌دهد که در بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی بررسی شده، صفات عرض برگ و BW دارای اختلاف معنی‌دار در ارتفاعات مختلف هستند (جدول ۳). تفاوت‌های مشاهده درون هر جمعیت ممکن است در اثر شرایط میکرو اکوسیستم که توسط هر درخت تجربه می‌شود و یا تفاوت‌های ژنتیکی بین افراد باشد. مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی شاخص‌های مورد بررسی در ارتفاعات مختلف در (جدول ۲) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن ویژه برگ و محتوای آب نسبی در بین جمعیت‌های

## بحث

برگ‌ها مهم‌ترین اندام برای تولید گیاهان محسوب می‌شوند. ساختار برگ موجب ایجاد توازن بین افزایش فتوسنتز و تعرق می‌شود (Bruschi et al., 2003). نتایج بررسی پژوهشگران نشان داده است که مشخصات ریخت‌شناسی برگ، در تعیین تمایز میان درختان در رویشگاه‌های مختلف نقش مهمی دارد. ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مورفوفیزیولوژیکی در بیشتر گونه‌های چوبی تحت تأثیر تغییر عوامل غیر زنده در طول گرادیان‌های ارتفاعی تغییر می‌کند (Qiang et al., 2003). این بررسی با هدف بررسی تأثیر ارتفاع بر روی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مورفوفیزیولوژی برگ گونه راش شرقی در ارتفاعات مختلف انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ویژگی برگ این گونه تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند. نتایج نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا طول دم‌برگ و همچنین شاخص دم‌برگ (PL/LL) افزایش یافته است (شکل ۲) که این تغییر در گیاهان به این دلیل اتفاق می‌افتد که در ارتفاعات بالاتر گیاه برای دریافت نور بیشتر باید به صورت افقی قرار گیرد، از این رو دم‌برگ‌ها

مختلف، تفاوت معنی داری وجود دارد. روند تغییرات صفات سطح برگ و وزن ویژه خشک کاهشی و در صفات سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی افزایشی است. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل واریانس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی اندازه‌گیری (سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک، سطح ویژه خشک، محتوای آب نسبی) اختلاف معنی دار را در صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن ویژه برگ و محتوای آب نسبی در سطح احتمال پنج درصد در ارتفاعات مختلف نشان داد (جدول ۴ و شکل‌های ۴-۷). این مسئله بیانگر تأثیر تغییرات اقلیم بر روی ویژگی‌های مورفولوژی و مورفوفیزیولوژی راش شرقی است. این نتایج با نتایج Ghorbanli و همکاران (2014) بر روی سطح برگ ممرز و نتایج Royer و همکاران (2009) بر روی سطح برگ افرا مطابقت دارد. نتایج نشان داد که تغییر در ارتفاع از سطح دریا منجر به افزایش در مقدار سطح برگ می‌شود. افزایش سطح برگ در ارتفاعات بالاتر نشان‌دهنده نرخ رشد بالا است (Zhang *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2013). نتایج این تحقیق با نتایج Zhong و همکاران (2015) و Chapolagh Paridari و همکاران (2013) مطابقت دارد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از مقدار وزن ویژه برگ کاسته می‌شود. مقدار وزن ویژه خشک به واسطه عواملی مانند شدت نور، درجه حرارت و مواد مغذی قابل دسترس تغییرپذیر است (Poorter *et al.*, 2009) به‌عنوان مثال توسط عواملی مانند عمق تاج و ارتفاع تاج ممکن است از مقدار وزن ویژه خشک کاسته شود. مقدار وزن برگ بالاتر در ارتفاعات پایین‌تر، احتمالاً نتیجه استرس خشکی در تابستان در ارتفاعات پایین‌تر است. همچنین پژوهش‌های صورت‌گرفته نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار وزن ویژه خشک برگ کاسته می‌شود (Chapolagh Paridari *et al.*, 2012; Gratani, 2013; *al.*). اثر درجه حرارت بر روی وزن ویژه برگ بسیار بیشتر از اثر توانایی جذب آب است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه حرارت کاهش و رطوبت افزایش می‌یابد. در واقع، کاهش درجه حرارت در امتداد یک گرادیان ارتفاع به نسبت زیاد است. بنابراین کاهش مقدار وزن ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر، ممکن است افزایش نرخ فتوسنتز نسبت به ارتفاعات پایین‌تر را توجیه کند. در واقع بالا بودن مقدار وزن ویژه برگ در پایین‌بند یک عمل حفاظتی از طریق کاهش تعرق برگ فراهم می‌کند (Wright *et al.*, 2004). اگرچه در پژوهش‌های دیگر عنوان شد که با افزایش ارتفاع، مقدار وزن ویژه برگ افزایش می‌یابد. در ارتفاعات بالاتر برگ‌ها ضخیم‌تر و متراکم‌تر از ارتفاعات پایین‌تر است و همین امر موجب بالا رفتن مقدار وزن ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر می‌شود (Li, Carolin, 2011). بر اساس نتایج به دست آمده چنین می‌توان استنباط کرد که برگ‌های راش شرقی با افزایش محتوای آب نسبی و سطح ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر نوعی مقاومت نسبت به اشعه‌های مضر فرابنفش و سرما پیدا می‌کنند و به دلیل کاهش تبخیر و تعرق در ارتفاعات نوعی سازگاری روزنه‌ای برای افزایش مقدار فتوسنتز در مدت زمان کوتاه‌تر در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Zhong و همکاران (2015) هم‌خوانی دارد. نوسانات سطح ویژه برگ می‌تواند حساسیت گونه‌ها را نسبت به تغییرات شرایط زیستگاهی منعکس کند. مقادیر بالای سطح ویژه برگ نشان‌دهنده سازگاری بهتر گیاهان با شرایط محیطی غنی تر و در مقابل، گیاهان با مقادیر پایین سطح ویژه برگ، سازش‌پذیری قوی‌تری در مناطق خشک دارند. درجه حرارت پایین در ارتفاعات بالاتر، منجر به فصل رشد به نسبت کوتاه‌تر، نرخ رشد پایین‌تر، بوت‌های شدن گیاهان و در نهایت اختصاص دادن مقادیر پایین‌تر نیتروژن برای

مختلف، تفاوت معنی داری وجود دارد. روند تغییرات صفات سطح برگ و وزن ویژه خشک کاهشی و در صفات سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی افزایشی است. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل واریانس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی اندازه‌گیری (سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک، سطح ویژه خشک، محتوای آب نسبی) اختلاف معنی دار را در صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن ویژه برگ و محتوای آب نسبی در سطح احتمال پنج درصد در ارتفاعات مختلف نشان داد (جدول ۴ و شکل‌های ۴-۷). این مسئله بیانگر تأثیر تغییرات اقلیم بر روی ویژگی‌های مورفولوژی و مورفوفیزیولوژی راش شرقی است. این نتایج با نتایج Ghorbanli و همکاران (2014) بر روی سطح برگ ممرز و نتایج Royer و همکاران (2009) بر روی سطح برگ افرا مطابقت دارد. نتایج نشان داد که تغییر در ارتفاع از سطح دریا منجر به افزایش در مقدار سطح برگ می‌شود. افزایش سطح برگ در ارتفاعات بالاتر نشان‌دهنده نرخ رشد بالا است (Zhang *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2013). نتایج این تحقیق با نتایج Zhong و همکاران (2015) و Chapolagh Paridari و همکاران (2013) مطابقت دارد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از مقدار وزن ویژه برگ کاسته می‌شود. مقدار وزن ویژه خشک به واسطه عواملی مانند شدت نور، درجه حرارت و مواد مغذی قابل دسترس تغییرپذیر است (Poorter *et al.*, 2009) به‌عنوان مثال توسط عواملی مانند عمق تاج و ارتفاع تاج ممکن است از مقدار وزن ویژه خشک کاسته شود. مقدار وزن برگ بالاتر در ارتفاعات پایین‌تر، احتمالاً نتیجه استرس خشکی در تابستان در ارتفاعات پایین‌تر است. همچنین پژوهش‌های صورت‌گرفته نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار وزن ویژه خشک برگ کاسته می‌شود (Chapolagh Paridari *et al.*, 2012; Gratani, 2013; *al.*). اثر درجه حرارت بر روی وزن ویژه برگ بسیار بیشتر از اثر توانایی جذب آب است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا درجه حرارت کاهش و رطوبت افزایش می‌یابد. در واقع، کاهش درجه حرارت در امتداد یک گرادیان ارتفاع به نسبت زیاد است. بنابراین کاهش مقدار وزن ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر، ممکن است افزایش نرخ فتوسنتز نسبت به ارتفاعات پایین‌تر را توجیه کند. در واقع بالا بودن مقدار وزن ویژه برگ در پایین‌بند یک عمل حفاظتی از طریق کاهش تعرق برگ فراهم می‌کند (Wright *et al.*, 2004). اگرچه در پژوهش‌های دیگر عنوان شد که با افزایش ارتفاع، مقدار وزن ویژه برگ افزایش می‌یابد. در ارتفاعات بالاتر برگ‌ها ضخیم‌تر و متراکم‌تر از ارتفاعات پایین‌تر است و همین امر موجب بالا رفتن مقدار وزن ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر می‌شود (Li, Carolin, 2011). بر اساس نتایج به دست آمده چنین می‌توان استنباط کرد که برگ‌های راش شرقی با افزایش محتوای آب نسبی و سطح ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر نوعی مقاومت نسبت به اشعه‌های مضر فرابنفش و سرما پیدا می‌کنند و به دلیل کاهش تبخیر و تعرق در ارتفاعات نوعی سازگاری روزنه‌ای برای افزایش مقدار فتوسنتز در مدت زمان کوتاه‌تر در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Zhong و همکاران (2015) هم‌خوانی دارد. نوسانات سطح ویژه برگ می‌تواند حساسیت گونه‌ها را نسبت به تغییرات شرایط زیستگاهی منعکس کند. مقادیر بالای سطح ویژه برگ نشان‌دهنده سازگاری بهتر گیاهان با شرایط محیطی غنی تر و در مقابل، گیاهان با مقادیر پایین سطح ویژه برگ، سازش‌پذیری قوی‌تری در مناطق خشک دارند. درجه حرارت پایین در ارتفاعات بالاتر، منجر به فصل رشد به نسبت کوتاه‌تر، نرخ رشد پایین‌تر، بوت‌های شدن گیاهان و در نهایت اختصاص دادن مقادیر پایین‌تر نیتروژن برای

سازگاری برای گونه‌هایی مانند راش شرقی که در امتداد دامنه ارتفاعی رشد می‌کنند، بسیار مهم است. گرم شدن کره زمین ممکن است منجر به جابه‌جایی راش شرقی با پلاستیسیتهی بالا، به ارتفاعات بالاتر شود (Bonito *et al.*, 2011). در مجموع از آنجایی که ظرفیت فتوسنتزی از عوامل تعیین‌کننده رشد و اندازه نهال است، می‌تواند درک درستی از پتانسیل این گونه در پراکنش ارتفاعی در پاسخ به تغییرات جهانی اقلیم دهد. پژوهش‌های بیشتر، مانند پایش طولانی‌مدت، فنولوژی و توانایی جوانه زدن بذر، برای ایجاد ظرفیت‌های رقابتی بذره‌های گونه‌هایی که امکان مهاجرت از ارتفاعات پایین‌تر به ارتفاعات بالاتر را دارند، نیاز است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که ارتفاع از سطح دریا نقش مهمی در تنوع ریخت‌شناسی و مورفولوژیکی برگ راش شرقی دارد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که ویژگی‌های مورفولوژیکی مثل سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن ویژه خشک و محتوای آب نسبی می‌تواند در پاسخ گونه‌ها نسبت به شرایط مختلف اکولوژیکی تأثیر بگذارد. با توجه به اینکه این بررسی در ارتفاعات مختلف در شرایط کنونی انجام شده و هر ارتفاعی در واقع یک ریزاقلیم در نظر گرفته می‌شود و با فرض بر اینکه در آینده تغییر اقلیم ممکن است روی وضعیت راش شرقی اثر بگذارد، نتایج این پژوهش می‌تواند برای پیش‌بینی پاسخ راش شرقی در برابر تغییرات اقلیمی مفید واقع شود و بر اساس آن پیش‌بینی‌های لازم و مدیریت انجام شود.

عمل فتوسنتز می‌شود، که در نهایت موجب فتوسنتز به-نسبت ضعیف‌تر می‌شود (Bao and Liu, 2009). ضعف در فتوسنتز منجر به رشد خالص کمتر (Li *et al.*, 2003)، کاهش حجم سلول گیاهی، ضخامت دیواره سلولی (Hoch *et al.*, 2002) و افزایش در تراکم بافت گیاهی (Li *et al.*, 2006) می‌شود. همه این تغییرات نشان-دهنده پاسخ گیاه نسبت به تغییرات در محیط رشد است. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که گونه راش شرقی نسبت به تغییرات محیطی در جوامع مختلف دست‌خوش تغییر می‌شود. به نظر می‌رسد تغییرات مشاهده شده در نتایج این بررسی تا حدی زیادی به تغییراتی که در هر ارتفاع رخ می‌دهد، بستگی دارد (Tsiripidis and Athanasiadis, 2003). در میان صفات بررسی‌شده بیشترین مقدار ضریب تغییرات را صفاتی مثل وزن خشک، وزن ویژه خشک و محتوای آب نسبی به‌خود اختصاص دادند. نتایج صفات برگ گونه راش شرقی نشان داد که بیشتر صفات در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بیشترین مقدار تغییرات را نسبت به ارتفاعات دیگر داشت. بنابراین می‌توان چنین بیان کرد ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا دارای قابلیت سازش‌پذیری نسبت به دو ارتفاع دیگر بود. همچنین نتایج این بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری را بین سطح برگ، سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی نشان داد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا این صفات نیز افزایش یافتند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری گونه راش شرقی نقش مهمی در سازگاری به شرایط ریزاقلیم ایفا می‌کند. درک قابلیت

## References

- Ahmadi, M. T., P. Attarod, M. R. MarviMohadjer, R. Rahmani & J. Fathi, 2009. Partitioning rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest during the growing season, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(6): 557-568.
- Bao, L. & Y. H. Liu, 2009. Comparison of leaf functional traits in different forest communities in Mt. Dongling of Beijing, *Acta Ecologica Sinica*, 29: 3692-3703.
- Bayramzadeh, V., 2011. Stomatal characteristics of *Fagus orientalis* Lipsky in geographically separated locations in the

- Caspian Forests of Northern Iran, *Research journal of Environmental Sciences*, 5(11): 836-840.
- Bayramzadeh, V., P. Atarod & GH. Vafaei, 2012. Effect of Geographical Variation on the Morphological and Anatomical Characteristics of Beech Leaf (*Fagus orientalis* Lipsky) in Guilan province, *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 7(1): 1-12. (In Persian)
  - Bonito, A., L. Gratani & L. Varone, 2011. Relationships between acorn size and seedling morphological and physiological traits of *Quercus ilex* L. from different climates, *Photosynthetica*, 49(1): 75-86.
  - Bresson, C. C., Y. Vitasse, A. Kremer & S. Delzon, 2011. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech?, *Tree Physiology*, 31(11): 1164-1174.
  - Bruschi, P., P. Grossoni & F. Bussotti, 2003. Within- and among-tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Natural Populations, *Trees*, 17(2): 164-172.
  - Chapolagh Paridari, I., S. A. Jalali, A. Sonboli, M. Zarafshar & P. Bruschi, 2013. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran), *Journal of Forestry Research*, 24(2): 301-307. (In Persian)
  - Delagrange, S., 2011. Light- and seasonal-induced plasticity in leaf morphology, N partitioning and photosynthetic capacity of two temperate deciduous species, *Environmental and Experimental Botany*, 70(1): 1-10.
  - Ghorbanli, M., F. Savadkoobi & A. Satarian, 2014. Exploring the effect of habitat altitude on leaf morphology of Iranian hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in ShastKalateh forests in Gorgan, *Plant and Ecosystem*, 9(37): 3-15. (In Persian)
  - Gratani, L., R. Catoni, G. Pirone, A. R. Frattaroli & L. Varone, 2012. Physiological and morphological leaf trait variations in two Apennine plant species in response to different altitudes, *Photosynthetica*, 50(1): 15-23.
  - Hatziskakisi, S., I. Tsiripidis & A. C. Papageogiou, 2011. Leaf morphological variation in beech (*Fagus sylvatica* L.) Populations in Greece and its relation to their post-glacial origin, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 165(4): 422-436.
  - Hoch, G., M. Popp & C. Körner, 2002. Altitudinal increase of mobile carbon pools in *Pinus cembra* suggests sink limitation of growth at the Swiss tree line, *Oikos*, 98(3): 361-374.
  - Hong T., C. Z. Wu & C. Chen, 2013. Elevational resource niche of SLA of 5 dominant trees in Fujian coastal hilly region, *Fujian Coll. For. Sin*, 33: 8-11.
  - Hopkins, R., J. Schmitt & J. R. Stinchcombe, 2008. A latitudinal cline and response to vernalization in leaf angle and morphology in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae), *New Phytologist*, 179(1): 155-164.
  - Li, C., S. Liu & F. Berninger, 2004. *Picea* seedlings show apparent acclimation to drought with increasing altitude in the eastern Himalaya, *Trees*, 18(3): 277-283.
  - Li, M. H., J. Yang & N. Kräuchi, 2003. Growth responses of *Picea abies* and *Larix decidua* to elevation in the subalpine areas as of Tyrol Austria, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(4): 653-662.
  - Li, M. H., N. Kräuchi & M. Dobbertin, 2006. Biomass distribution of different-aged needles in young and old *Pinus cembra* trees at highland and lowland sites, *Trees*, 20(5): 611-618.
  - Lindner, M., M. Maroschek, S. Netherer, A. Kremer, A. Barbati, J. Garcia-Gonzalo, R. Seidl, S. Delzon, P. Corona & M. Kolström, 2009. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest eco-systems, *Forest Ecology and Management*, 259(4): 698-709.
  - Nasser Karimvand, S., L. Poursartip, M. Moradi & J. Soosani, 2016. Dynamic Effects of climate variables (temperature and precipitation) on the annual diameter growth of Iranian oak (*Quercus brantii* Lindl), *Forest Research and Development*, 2(1): 63-71. (In Persian).
  - Poorter, H., Ü. Niinemets, L. Poorter, I. J. Wright & R. Villar, 2009. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis, *New Phytol*, 182(3): 565-588.
  - Pyakurel, A. & J. R. Wang, 2014. Leaf Morphological and Stomatal Variations in Paper Birch Populations along Environmental Gradients in Canada, *American Journal of Plant Sciences*, 5(11): 1508-1520.
  - Qiang, W., X. L. Wang, T. Chen, H. Y. Feng, L. S. An, Y. Q. He & G. Wang, 2003.

- Variation in stomatal density and carbon isotope values in *Picea crassifolia* at different altitudes in Qilian Mountains, *Trees*, 17(3): 258-262.
- Rajsnerová, P., K. Klem, P. Holub, K. Novotná, V. Vecerová, M. Kozáčíková, A. Rivas-Ubach, J. Sardans, M. V. Marek, J. Peñuelas & O. Urban, 2015. Morphological, biochemical and physiological traits of upper and lower canopy leaves of European beech tend to converge with increasing altitude, *Tree Physiology*, 35(1): 47-60.
  - Royer, D. L., L. A. Meyerson, K. M. Robertson & J. M. Adams, 2009. Phenotypic Plasticity of Leaf Shape along a Temperature Gradient in *Acer rubrum*, *PLoS one*, 4(10): 7653.
  - Stojnić, S., S. Orlović, D. Miljković & G. Von Wuehlisch, 2016. Intra and inter provenance variations in leaf morphometric traits in European beech (*Fagus sylvatica* L.), *Archives of Biological Sciences*, 68(4): 781-788.
  - Tsiripidis, I. & N. Athanasiadis, 2003. Contribution to the knowledge of the vascular flora of NE Greece: floristic composition of the beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Greek Rodopi, *Willdenowia*, 33(2): 273-298.
  - Villar-Salvador, P., R. Planelles, J. Oliet, J. L. Peñuelas-Rubira, D. F. Jacobs & M. González, 2004. Drought tolerant and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedling after drought hardening in the nursery, *Journal Tree Physiology*, 24(10): 1147-1155.
  - Vitasse, Y., C. C. Bresson, A. Kremer, R. Michalet & S. Delzon, 2010. Quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species, *Functional Ecology*, 24(6): 1211-1218.
  - Wright, I. J., P. B. Reich, M. Westoby, D. D. Ackerly, Z. Baruch, F. Bongers, J. Cavender-Bares, T. Chapin, J. H. C. Cornelissen & M. Diemer, 2004. The worldwide leaf economics spectrum, *Nature*, 428(6985): 821-827.
  - Yosefzadeh, H., M. Tabari, A. Hosseinzadeh Colagar, M. Assadi, A. Sattarian & H. Zare, 2010. Variation in Leaf Morphology of *Tilia spp.* of in Hyrcanian forests, *Taxonomy and Biosystematics*, 2(2): 11-24. (In Persian).
  - Zarafshar, M., M. Akbarinia, P. Bruschi, S. M. Hosseiny, H. Yousefzadeh, M. Taieby & A. Sattarian, 2010. Phenotypic variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) natural populations in Hyrcanian forest (north of Iran), revealed by leaf morphometrics, *Folia Oecologica*, 37(1): 105-113.
  - Zhang, H. W., J. Y. Ma, W. Sun & F. H. Chen, 2010. Altitudinal variation in functional traits of *Picea schrenkiana* var. *tianschanica* and their relationship to soil factors in Tian-shan Mountains, Northwest China, *Acta Ecologica Sinica*, 30: 5747-5758.
  - Zhong, M., J. Wang, K. Liu, R. Wu, Y. Liu, X. Wei, D. Pan & X. Shao, 2014. Leaf morphological shift of three dominant species along altitudinal gradient in an Alpine Meadow of the Qinghai- Tibetan plateau, *Polish Journal of Ecology*, 62(4): 639-648.
  - Zolfaghari, R., Kh. Karimi Haji Pomagh & P. Fayyaz, 2013. Evaluation of genetic variability of some morpho-physiological traits in brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.), *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 21(1): 103-117. (In Persian).
  - Zong, J. W., T. T. Zhao, Q. H. Ma, L. S. Liang & G. X. Wang, 2015. Assessment of Genetic Diversity and Population Genetic Structure of *Corylus mandshurica* in China Using SSR Markers, *PloS One*, 10(9): e0137528.

## Changes in leaf morphological characteristics of *Fagus orientalis* Lipesky along altitudinal gradients (Case study: Gilan forests, Masal)

M. Mohebi Bijarpasi<sup>1</sup>, T. Rostami Shahraji<sup>\*2</sup> and H. Samizadeh Lahiji<sup>3</sup>

1- PhD Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I. R. Iran. (mahboob.mohebi@gmail.com)

2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I. R. Iran. (tsharaji@gmail.com)

3- Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Plant Biotechnology, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran. (hsamizadeh@yahoo.com)

Received: 31.10.2017

Accepted: 10.06.2018

### Abstract

Plant functional traits reflect their responsiveness and adaptability to environmental changes. Leaf traits influence the adaptation of plants to environmental changes and determine the community structure and function of ecosystem. The objective of the present study was to determine the oriental beech leaf traits changes regarding to elevation gradients. Thus, three populations of this species were selected at 700 m a.s.l, 1200 m a.s.l and 1700 m a.s.l in Masal forests in Guilan province, respectively. In each altitude, in August, 20 tree stands were selected randomly. Then, from each tree stand, number of leaves were collected from southern and northern parts of the crown of healthy and mature trees. Then, some morphological characteristics (leaf length, leaf width, petiole length, leaf index, petiole index, leaf area distance to the widest leaf area) and morphophysiological characteristics (leaf area, specific leaf area, dry weight, specific dry weight and relative water content) were measured. The results indicate changes in the traits of beech leaves with increasing altitude. This process was shown decreasing in some of traits (leaf length, leaf index, and specific dry weight) and in others increasing (petiole length, petiole index, BW, leaf area, Specific leaf area, and relative water content). The results showed that some morphological and morphophysiological characteristics measured in different populations have a significant difference in the level of 0.05%. The results show that with increasing elevation, the leaf traits of *Fagus orientalis* were changed.

**Keywords:** Adaptation, Climate change, Leaf morphology, Morphophysiological characteristics.

---

\* Corresponding author

Tel: +989111345712