Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۵، شماره ۱، صفحه ۴۰-۲۷، (۱۳۹۸)

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

محبوبه محبی بیجارپس[۱]، تیمور رستمی شاهراجی*[۲] و حبیب الله سمیع‌زاده لاهیجی[۳]

۱- دانشجوی دکترای 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 دریافت: ۹۶/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ویژگی‌های برگ راش شرقی با توجه به تغییرات ارتفاعی بود. سه جمعیت از این گونه به‌ترتیب 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.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۱۳٤٥۷۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

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 مواجه 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 گرادیآن‌های اکولوژیکی که توسط تغییرات اقلیم افزایش می‌یابد، فراهم می‌کند. بنابراین، گرادیان‌های 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 گونه‌هادر محیطشان را دارد (Vitasse *et al*., 2010). یکی از قدیمی‌ترین روش‌های طبقه‌بندی برای بررسی تنوع آن‌ها، ویژگی‌های ریخت‌شناسی است. ویژگی‌های مورفولوژی برگ 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 درنهایت 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 درشیب 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 دندانه 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، کارآیی

www.SID.ir

Archive of SID

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. گونهٔ راش از گونه‌های صنعتی ارزشمند جنگل‌های شمال ایران است که در چرخهٔ توالی و تکاملی این جنگل‌ها نقش مهمی دارد، به‌طوری که در دامنه‌های ارتفاع ۲۰۰۰-۷۰۰ متر از سطح دریا، یکی از گونه‌های اصلی و کلیماکس جنگل‌های شمال محسوب می‌شود. به‌طور کلی ۱۸ درصد از جنگل‌های شمال ایران با این‌گونه پوشیده شده است و همچنین این‌گونه ۳۵ درصد از تولیدات چوب صنعتی را به‌خود 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 به‌علت نقش مهمی که در ترکیب و ساختار اکوسیستم‌های جنگل‌های خزری دارد و همچنین از نظر افزایش توجه به احیاء جنگل‌ها با گونه‌های بومی و ازآنجایی 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 گرادیآن‌های 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 ″۰۰ ′۱۴ °۳۷ و″۲۰ ′۱۹ °۳۷ و طول جغرافیایی ″۱۹ ′۵۵ ″۴۸ و′۰۲ °۴۹ واقع شده بود. برای این منظور سه جمعیت از این گونه به‌ترتیب در ارتفاع ۷۰۰ متر از سطح دریا، ۱۲۰۰ از سطح دریا و ۱۷۰۰ متر از سطح دریا واقع در پارسل های 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 ۲۱/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۹۲۶ میلی‌متر است. میانگین درجه حرارت هوا در طول دورهٔ رویش ۲۶/۶درجه سانتی‌گراد و مقدار بارندگی در این دوره ۳۹۴ میلی‌متر است.

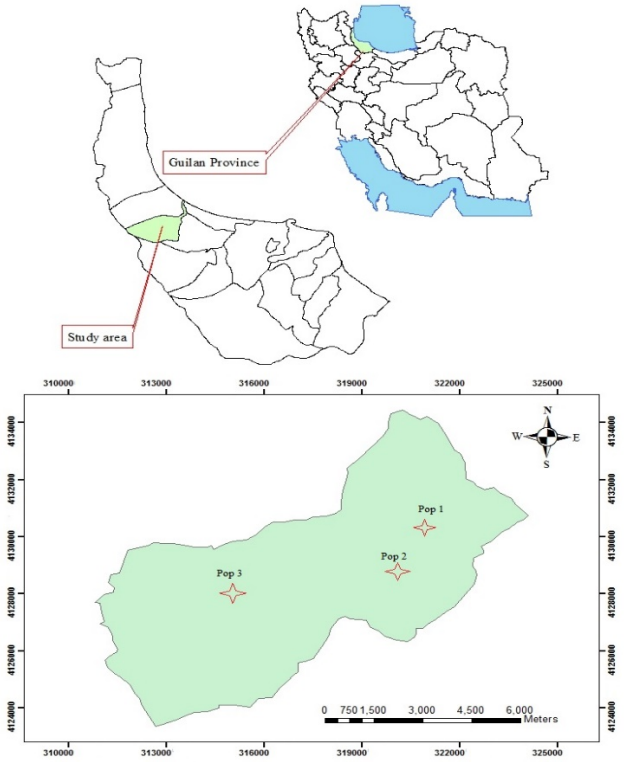
روش پژوهش

در هر ارتفاع ۲۰ پایه درختی سالم به‌طور 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) به‌ترتیب 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، به‌طور 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

www.SID.ir

Archive of SID

ویژه برگ، محتوای آب نسبی (RWC) و وزن خشک (DW) برگ اندازه‌گیری شد (Zolfaghari *et al.*, 2013). از تقسیم سطح برگ بر وزن برگ سطح ویژه برگ (cm^2/gr) محاسبه شد (Zhong *et al.*, 2014). برای محاسبه وزن ویژه برگ (gr/cm^2)، نمونه‌های برگ در دمای ۷۰ درجه به‌مدت ۷۲ ساعت نگهداری شد و سپس وزن شدند. از تقسیم وزن به‌دست آمده (gr) بر سطح برگ (cm^2) مقدار وزن ویژه برگ به‌دست آمد (Stojnic, 2016).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

Figure 1. Location of study area

جدول ۱- مشخصات مناطق موردبررسی

Table 1. Specifications of the study areas

جهت Aspect	شیب (درصد) Slop	عرض جغرافیایی Latitude (°N)	طول جغرافیایی Longitude (°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

www.SID.ir

Archive of SID

برای اندازه‌گیری میزان محتوای آب نسبی وزن برگ‌تر با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد و به‌عنوان وزن‌تر (FW) در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت 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. درنهایت نمونه‌های اشباع‌شده به‌مدت ٤٨ 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 به‌دست آمد (Villar-Salvador, 2004):

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$ 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):

$$Y = \mu + P + T(P) + \varepsilon$$ رابطه (۱)

که در این مدل Y متغیر وابسته، μ میانگین صفات مورد بررسی، P جمعیت، T (P) اثر متقابل درخت و جمعیت و ε 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 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 (به‌ترتیب ۵/۸۵، ۰/٦۸، ٦/۳ و ۰/۰۵). در مقابل صفت طول برگ در ارتفاع ۷۰۰ متر بیشترین میانگین (۱۱/٥٤) 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 ۲و ۳) و در عین حال اختلاف معنی‌داری بین صفات ذکرشده 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 بررسی‌شده، صفات طول برگ، طول دمبرگ و شاخص دمبرگ دارای بیشترین ضریب تغییرات در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بود (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

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

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 ارتفاعات مختلف نشان داد که صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ و محتوای آب نسبی دارای بیشترین میانگین (به‌ترتیب 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

www.SID.ir

Archive of SID

از سطح دریا (جمعیت دوم) دارای بیشترین تغییرات بود (به‌ترتیب 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 ٤ و شکل‌های ٤-٧).

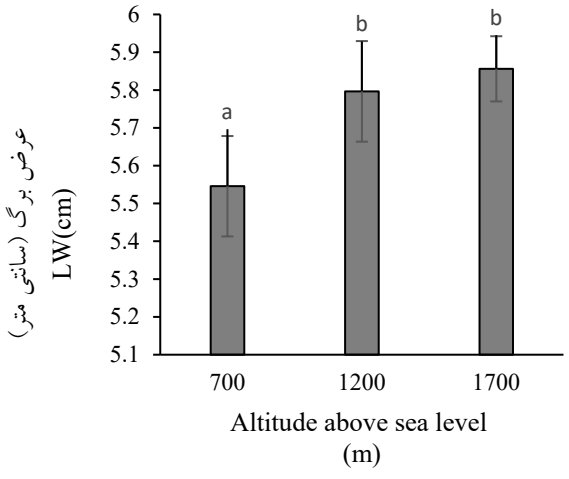
جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس طرح آشیانه‌ای ویژگی‌های ریخت‌شناسی در گرادیان‌های ارتفاعی مختلف

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

منبع تغییرات Source	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					
		طول برگ Leaf Length	عرض برگ Leaf width	طول دمبرگ Petiole Length	شاخص برگ Leaf index	شاخص دمبرگ Petiole index	BW distance from leaf base to the leaf maximum width
بین جمعیت Among population	2	0.184^{ns}	29135.93*	0.032^{ns}	1663.434^{ns}	0.417^{ns}	17.467*
درون جمعیت Within population	3	9.647^{ns}	2296.783*	0.01^{ns}	217.449^{ns}	1.709^{ns}	0.545^{ns}
خطا Error	57	4.763	463.943	0.024	1750.107	1.402	0.289

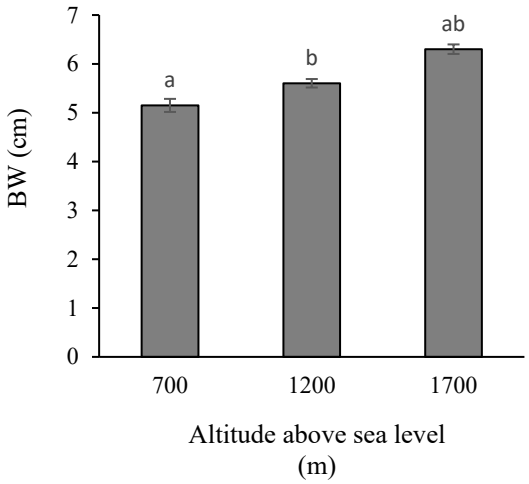
ns: غیرمعنی‌دار؛ *: معنی‌دار در سطح پنج درصد.

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



شکل ۲- نتایج آزمون مقایسه دانکن عرض برگ

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



شکل ۳- نتایج آزمون مقایسه دانکن BW

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج آنالیز واریانس با طرح آشیانه‌ای ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک در گرادیان‌های ارتفاعی مختلف

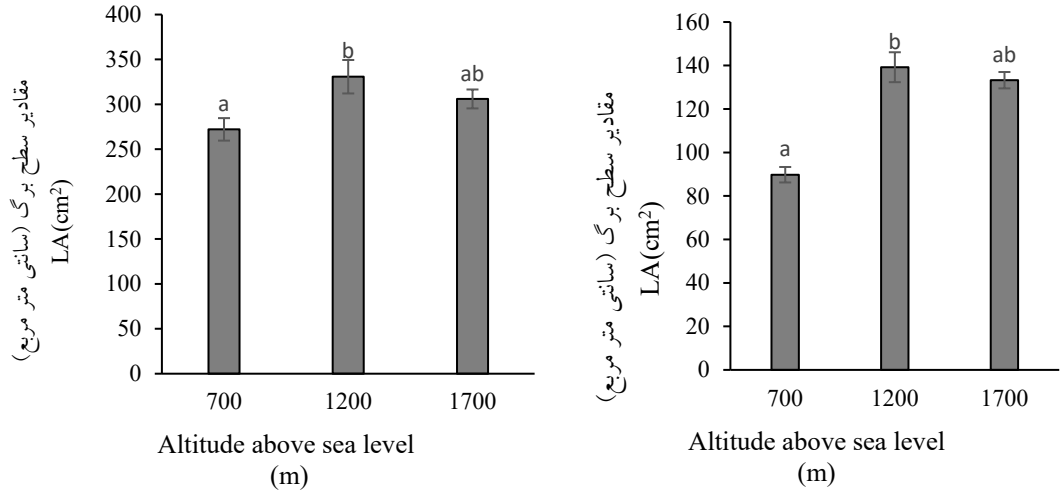
Table 4. Results of nested crossed analysis of variance for morph-physiologic traits along different altitudinal gradient

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

ns: غیرمعنی‌دار؛ *: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد.

ns: unsignificant, *: significant at 5% Probability level, **: significant at 1% Probability level

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد آماری



شکل ٤- نتایج آزمون مقایسه دانکن سطح برگ

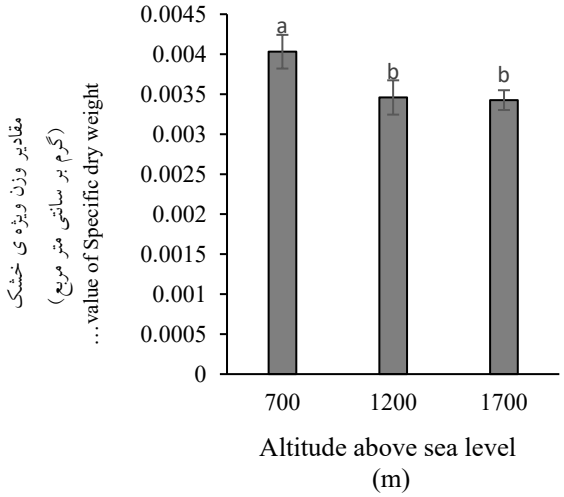
Figure4. The results of Duncan's comparison of LA

شکل ۵- نتایج آزمون مقایسه دانکن سطح ویژه برگ

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

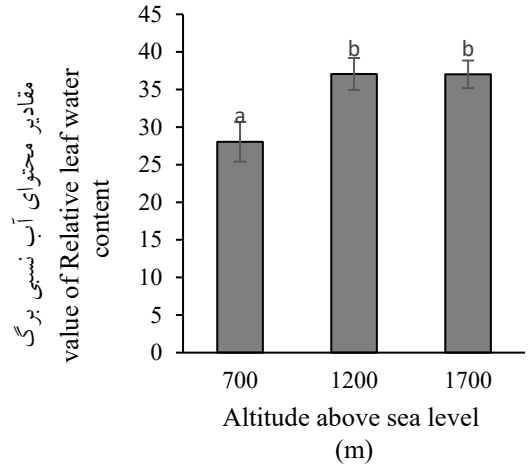
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- نتایج آزمون مقایسه دانکن وزن ویژه برگ

Figure 6. The results of Duncan's



خشک شکل ۷- نتایج آزمون مقایسه محتوای آب نسبی

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

بحث

برگ‌ها مهم‌ترین اندام برای تولید گیاهان محسوب می شوند. 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 به‌دست‌آمده 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) افزایش‌یافته است (شکل ۲) که این تغییر در گیاهان به این دلیل اتفاق می‌افتد که در ارتفاعات بالاتر گیاه برای دریافت نور بیشتر باید به‌صورت افقی قرار گیرد، از این‌رو دمبرگ‌ها افزایش طول می‌یابند. این امر نشان‌دهندهٔ 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 بررسی‌شده، 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

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف، تفاوت معنی‌داری 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 تجزیه‌وتحلیل واریانس ویژگی-های مورفوفیزیولوژی اندازه‌گیری (سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن خشک، سطح ویژه خشک، 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 ٤ و شکل‌های ٤-٧). این مسئله بیانگر تأثیر تغییرات اقلیم بر روی ویژگی‌های مورفولوژی و مورفوفیزیولوژی راش شرقی است. این نتایج با نتایج Ghorbanliو 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 نشان‌دهندهٔ 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 به‌واسطه 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 صورت-گرفته نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از مقدار وزن ویژه خشک برگ کاسته می‌شود (Chapolagh Paridari *et al*., 2013; Gratani, 2012). 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 به‌نسبت 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 پایین است و همین امر موجب بالارفتن مقدار وزن ویژه برگ در ارتفاعات بالاتر می‌شود (Carolin, 2011، Li *et al*., 2004). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده چنین می توان 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 به‌دلیل کاهش تبخیر و تعرق در ارتفاعات نوعی سازگاری روزنه‌ای برای افزایش مقدار فتوسنتز در مدت‌زمان 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 نشان دهندهٔ 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 به‌نسبت کوتاه‌تر، نرخ رشد پایین‌تر، بوته‌ای شدن گیاهان و درنهایت اختصاص دادن مقادیر پایین‌تر نیتروژن برای

www.SID.ir

Archive of SID

عمل فتوسنتز می‌شود، که در نهایت موجب فتوسنتز به‌نسبت 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 دهندهٔ 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. به‌نظر 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 سازگاری برای گونه‌هایی مانند راش شرقی که در امتداد دامنه ارتفاعی رشد می‌کنند، بسیار مهم است. گرم شدن کرهٔ زمین ممکن است منجر به جابه‌جایی راش شرقی با پلاستیسیتی بالا، به ارتفاعات بالاتر شود (Bonito *et al.*, 2011). درمجموع از آنجایی‌که 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 بذرهای 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 موروفیزیوژیکی برگ راش شرقی دارد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که ویژگی‌های موروفیزیولوژی 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.

References

- Ahmadi, M. T., P. Attarod, M. R. MarviMohadjer, R. Rahmani & J. Fathi, 2009. Partitioning rainfall into throughfall, stemfow, 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 Quercuspetraea (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 *Carpinusbetulus* 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. Savadkoohi & A. Satarian, 2014. Exploring the effect of habitat altitude on leaf morphology of Iranian hornbeam (*Carpinusbetulus* 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. Papageogioui, 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 Pinuscembra 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 Piceaabies 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 Pinuscembra 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.
- Nasseri 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 brantti* 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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. Kozáciková, 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. Orlović1, 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 GeneticDiversity and Population Genetic Structure of *Corylus mandshurica* in China Using SSR Markers, *PloS One*, 10(9): e0137528.

www.SID.ir

Archive of SID

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

M. Mohebi Bijarpasi[1], T. Rostami Shahraji[*2] and H. Samizadeh Lahiji[3]

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 leave traits of *Fagus orientalis* were changed.

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

[*] Corresponding author Tel: +989111345712

www.SID.ir