تأثیر ارتفاع از سطح دریا و فصل بر خصوصیات فیزیولوژیکی برگ گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: ایلام)

کبری عزیزی[۱]، حمید رضا ناجی[۱*]، حمید حسنیان خوشرو[۲] و مهدی حیدری[۱]

[۱]گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، [۲] سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۵/۱۱)

چکیده

فهم تغییر در ویژگی‌های برگ متأثر از تغییرات اقلیم و ارتفاع استراتژی سازگاری گیاهان را تبیین می‌کند. این تغییرات پاسخ آنها به تغییر در آینده را پیش‌بینی خواهد کرد. گونه بلوط ایرانی از پراکنش زیاد در جنگل‌های زاگرس برخوردار است. هدف از انجام این تحقیق، مطالعه تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژی برگ درخت بلوط ایرانی متأثر از تغییرات اندک در ارتفاع از سطح دریا و فصول رویش بهار و پاییز در منطقه گچان استان ایلام است. برای این منظور، صفات فیزیولوژی برگ در سه جمعیت بلوط ایرانی در دامنه ارتفاعی نزدیک به هم ۱٦٤۰ متر، ۱۸۲۱ متر، و ۱۹۰۰ متر از سطح دریا در طول یک شیب ارتفاعی یکسان بررسی شدند. در هر توده، پنج پایه دانه زاد با قطر و ویژگی‌های تقریباً یکسان انتخاب شدند. از قسمت بیرونی و میانه تاج هر پایه برگ‌ها جمع‌آوری گردید. برگ‌ها با هم آمیخته و سپس به‌طور تصادفی ۲۰ برگ جدا و از نظر خصوصیات فیزیولوژی مورد بررسی قرار گرفتند. بر طبق نتایج، بیشترین میزان صفات نشت الکترولیت، کلروفیل a و کلروفیل کل به‌ترتیب با ۳۱/۸۱٪، ۱۵/۵۷ (Mg/g FW) و ۲۰/۷۲ (Mg/g FW) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی پایین، بیشترین میزان صفات رطوبت نسبی و آنزیم پراکسیداز به‌ترتیب با ۳۰/۱۵٪، ۰/۱۷ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل بهار و طبقه ارتفاعی پایین، بیشترین میزان صفات pH، کربوهیدرات و آنزیم کاتالاز به‌ترتیب با ۵/۱۲، ۰/۰۹ (µg/g FW)، ۰/۷۰ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی بالا، همچنین بیشترین میزان صفت پرولین با ۰/۳٤ (µmol/gFW) در فصل بهار و در طبقه ارتفاعی میانه مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیولوژیکی برگ بلوط ایرانی متأثر از شرایط محیطی، با تغییرات اندک در ارتفاع از سطح دریا و همچنین تغییرات فصول تغییر می‌کند.

واژگان کلیدی: تغییرات ارتفاعی، ویژگی‌های بیوشیمیایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، بلوط ایرانی (*Quercus brantii*).

مقدمه

گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) بومی مناطق معتدله آسیا است و در غرب آسیا شامل ایران، عراق، سوریه و ترکیه پراکنش دارد. این گونه یکی از مهم‌ترین گونه‌های چوبی تشکیل‌دهنده جنگل‌های زاگرس محسوب می‌شود و به‌دلیل انعطاف‌پذیری و سازگاری بالای آن به شرایط اقلیمی و خاک مختلف، در تمام جنگل‌های زاگرس پراکنش دارد. امروزه به‌دلیل تغییرات اقلیم و گرم‌شدن دمای کره زمین و خشکسالی‌های ممتد، به خصوص در مناطق مدیترانه‌ای مانند زاگرس و از طرف دیگر دخالت‌های انسانی، شاهد مرگ و میر درختان بلوط و خشک‌شدن آنها

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: h.naji@ilam.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

هستیم. نتیجه آن تغییر در کمیت و کیفیت این جنگل‌ها است (Clair *et al*., 2010; Ghazanfari *et al*., 2004).

درک تغییر در خصوصیات ساختاری گیاهان در ارتباط با تغییرات آب و هوایی، استراتژی سازگاری گیاه را مشخص نموده و می‌تواند کمک فراوانی در پیش‌بینی پاسخ آنها به این تغییرات در آینده نماید (Korner, 2007). از بین عوامل توپوگرافی، عامل ارتفاع از سطح دریا به‌دلیل تأثیر در اقلیم منطقه بر پراکنش گونه‌های گیاهی نقش مؤثری دارد (آتشگاهی و همکاران، ۱۳۸۸). تغییر ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یک مفهوم محیطی مفید برای تشریح پراکنش موجودات زنده در ابعاد زمان و مکان مطرح است (تقی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). این عامل با تأثیر بر میزان و نوع بارندگی، تبخیر، تعرق و شدت تشعشعات خورشیدی، بر نوع و تراکم پوشش گیاهی تأثیر به‌سزایی دارد (Roupioz *et al*., 2016) و باعث کاهش رشد درخت می‌شود (Coomes and Allen, 2007). با افزایش ارتفاع از سطح دریا متوسط دمای هوا کاهش یافته و با تأثیر سایر عوامل اقلیمی منجر به تشکیل نواحی اقلیمی شده، درنتیجه مناطق گیاهی با تنوع گونه‌ای خاص ایجاد می‌شود (Magurran, 1988). به‌طور کلی، ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک بسیاری از گیاهان چوبی متأثر از تغییر تدریجی در عوامل زیستی غیرزنده به‌ویژه تغییر در ارتفاع است (Hultine and Marshall, 2000).

تغییر در شرایط اکولوژیکی بر روی صفات درختان اثرگذار بوده و به‌طور کلی سه عامل محیط اکولوژیکی، عوامل ژنتیکی و رابطه بین ژنوتیپ و محیط مهم‌ترین عوامل تغییر در صفات درختان هستند (جزیره‌ای و ابراهیمی، ۱۳۸۲). تغییرات ارتفاعی سبب تغییر در عوامل اقلیمی و اکولوژیکی در یک زمان مشخص شده و به لحاظ ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیولوژیکی و نیز تنوع ژنتیکی، نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Ohsawa and Ide, 2008). تغییرات فصلی دما، طول روز، بارندگی، رطوبت و باد می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان اثر گذارد و آن را کنترل کند. فاکتورهای محیطی از قبیل دما، نور، آب و مواد مغذی قابل دسترس و همچنین فاکتورهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی داخلی از قبیل رطوبت نسبی، نشت الکترولیت، pH، انواع رنگدانه‌ها، پرولین، کربوهیدرات و آنزیم‌ها در سیکل فصلی رشد درختان درگیر می‌شوند (Forshey and Elfvin, 1989). موجودات زنده مانند گیاهان در پاسخ به تنش، سوخت و ساز خود را افزایش داده و از این رو اکسیژن خود را مصرف و رادیکال آزاد تولید می‌کنند (Herouart *et al*., 1993).

رشد، قابلیت تولید و پراکندگی گیاهان به‌شدت توسط تنش‌های محیطی مانند یخ‌زدگی، خشکی، شوری و به طور کلی هر چیزی که تعادل آب را در سلول به‌هم بزند، محدود می‌شود. گیاهان راهکارهای سازشی متفاوتی را برای کم‌کردن اثرات مضر چنین تنش‌هایی از خود بروز می‌دهند (Palva *et al*., 2002). از جمله این راهکارها ذخیره‌کردن مواد تنظیم‌کننده اسمزی مانند کربوهیدرات‌ها هستند (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸٦). کربوهیدرات‌ها تولیدات مستقیم فرایند فتوسنتز هستند که به‌عنوان یک منبع انرژی عمل کرده و کربن مورد نیاز برای تولید بافت‌ها یا مواد جدید را فراهم می‌کنند اثر تغییرات فصلی درغلظت کربوهیدرات‌های تعدادی از گیاهان گزارش شده است. همچنین، میزان این ماده غذایی به‌طور فصلی تغییر پیدا می‌کنند و در اوایل بهار شروع به افزایش و با شروع فصل گرما شروع به کاهش نمود (Sivaci and Duman, 2014; Sivaci, 2006). ماکزیمم محتوی کل کربوهیدرات‌ها در فصل پاییز، همزمان با ریزش برگ‌ها و کاهش آنها در فصل بهار، همزمان با شدت‌گرفتن تنفس، نتیجه‌ای بود که Kramer و Kozlowski (۱۹۷۹) از بررسی اثر تغییرات فصلی بر کربوهیدرات‌ها در تعدادی از درختان خزان‌کننده منطقه معتدله به‌دست آوردند.

هدف مطالعه حاضر، بررسی روند تغییر در برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر تغییرات اندک در میزان ارتفاع از سطح دریا و در دو فصل بهار و پاییز است. در بسیاری از مطالعات، ایجاد تغییر در ساختار فیزیولوژی و به‌دنبال آن تغییرات آناتومیکی گیاهان را نادیده می‌انگارند. درک تغییر در خصوصیات برگ در ارتباط با تغییرات ارتفاعی و به‌دنبال آن تغییرات آب و هوایی، استراتژی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

سازگاری گیاه را مشخص نموده و می‌تواند کمک فراوانی در پیش‌بینی پاسخ آنها به تغییرات آب و هوایی آینده نماید. نتایج حاصل از این تحقیق را می‌توان در مدیریت بهتر جنگل‌ها و درختان بلوط در ارتفاعات مختلف استفاده نمود. همچنین، می‌توان پی‌برد که کدام ویژگی برگ تغییرپذیری بیشتری در اثر تغییر عوامل محیطی وابسته به ارتفاع از خود نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمونی: با توجه به پراکنش گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس، سه جمعیت بلوط در یک شیب ارتفاعی مشخص در منطقه گچان ایلام جهت نمونه‌برداری انتخاب شد. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. در منطقه مورد مطالعه در چند سال گذشته آتش‌سوزی رخ نداده و آثار تخریب و چرای دام در آنجا مشاهده نگردید. با توجه به هدف مطالعه، با استفاده از GPS طول و عرض منطقه مشخص گشته و به‌طور تصادفی منطقه به سه طبقه ارتفاعی نزدیک به هم پایین، میانه و بالا تقسیم گردید. از هرجمعیت پنج پایه بلوط ایرانی دانه زاد سالم در فواصل تقریباً نزدیک به یکدیگر و در دامنه قطری حدود ۴۰-۳۵ سانتی‌متری انتخاب شدند. از قسمت بیرونی و میانه تاج هر پایه تعدادی برگ در دو زمان اواخر اردیبهشت ماه بعد از بالغ‌شدن برگ‌ها و اوایل مهرماه سال ۱۳۹۶ در جهت شیب غالب شمال شرقی جمع‌آوری گردیدند. نمونه‌ها در جعبه مخصوص حاوی یخ خشک قرار داده شده و بلافاصله به فریزر ۸۰- درجه در آزمایشگاه منتقل و برای آزمایشات بعدی ذخیره شدند. قابل ذکر است که برای آزمایش نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب برگ از نمونه‌های تازه برگ استفاده شد. اطلاعات دما و بارش منطقه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی در ایلام تهیه شد.

اندازه‌گیری نشت الکترولیت: برای اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت، نمونه‌های برگ درون آب‌مقطر با حجم ۱۰ میلی‌لیتر منتقل و به‌مدت ۳ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. میزان هدایت الکترولیت آب‌مقطر همراه نمونه به‌عنوان نشت اولیه (C1) اندازه‌گیری شد. سپس، نشت ثانویه (C2) نیز از طریق اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها پس از حرارت دادن آنها به‌مدت ۲ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید. میزان نشت الکترولیت با استفاده از رابطه زیر (رابطه ۱) محاسبه شد (Bajji *et al*., 2001).

$$\% EC = C1/C2 \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC): میزان رطوبت نسبی برگ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$RWC\ \% = ((FW-DW) / (TW-DW)) \times 100 \qquad \text{رابطه ۲}$$

که در این معادله، FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع است. TW با قرارگرفتن نمونه‌ها در آب به‌مدت ۲۴ به‌دست می‌آید، سپس این نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و DW اندازه‌گیری گردید (Yang *et al*., 2007).

اندازه‌گیری pH: برای اندازه‌گیری pH، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تر برگ تهیه و سپس ۸ برابر نمونه آب‌مقطر اضافه کرده و به‌مدت یک ساعت با شیکر با دور ۲۵۰ کامل هم زده می‌شوند در مرحله بعد، نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (مدل Hermle, Z300, Labortechnic؛ ساخت Germany) شدند. بعد از کالیبره‌کردن دستگاه با محلول با اسیدیته ۴-۷، نمونه‌ها با دستگاه pH متر (pH-200L) اندازه‌گیری شدند (Cornelissen *et al*., 2006).

اندازه‌گیری کربوهیدرات: مقدار کربوهیدرات با روش استاندارد انجام پذیرفت (Schlegel, 1956). در این روش ۰/۲ گرم از بافت تر برگ به همراه ۱۰ سی‌سی اتانول ۹۵ درصد به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم (Memert مدل 100 تا 220v) در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. سپس به یک سی‌سی از این نمونه، یک سی‌سی فنل ۰/۵ درصد و ۵ سی‌سی سولفوریک اسید ۹۸ درصد اضافه شد. میزان نور جذبی در ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Germany (240v- 220) خوانده شد. منحنی استانداردی با استفاده از غلظت‌های معلوم گلوکز (صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه شهرستان ایلام

منطقه	رویشگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	عرض جغرافیایی (UTM)	طول جغرافیایی (UTM)	شیب (٪)	بارش (mm)	دما (°C)
گچان ایلام	پایین	۱٦٤۰	۰٦۳۹۹٥٦	۳۷۲٤٤۰۲	٥٥	٥٥۱/۸	۱٦/۹
	میانه	۱۸۲۱	۰٦۳۹۷۳۷	۳۷۲٤۳٥۹	۷٥		
	بالا	۱۹۰۰	۰٦۳۹٦۱۷	۳۷۲٤۳۲٥	۸٥		

اندازه‌گیری رنگیزه‌های گیاهی: اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید با روش Lichtenthaler و Weilburn (۱۹۸٥) بر اساس استخراج با استون ۸۰ درصد و اندازه‌گیری جذب محلول توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول‌موج‌های ٦٦۲، ٦٤٥ و ٤۷۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. از معادله‌های ٦-۳ برای محاسبه مقدار کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید (Car) برگ استفاده گردید.

رابطه ۳ $Chl\ a = 11.75\ A_{662} - 2.35\ A_{645}$

رابطه ٤ $Chl\ b = 18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{662}$

رابطه ٥ $Car = (1000\ A_{470} - 2.270\ Chl\ a - 81.4\ Chl\ b)/227$

رابطه ٦ $Chl\ t = (Chl\ a + Chl\ b)$

اندازه‌گیری پرولین: پرولین به روش (Bates *et al*., 1973) اندازه‌گیری شد. ابتدا ۰/۲ گرم بافت تر گیاهی با هاون خرد کرده و ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳٪ به آن اضافه و عصاره حاصل به‌مدت ٥ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. مقدار۲ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده را به ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال اضافه کرده و پس از خارج‌کردن نمونه‌ها از حمام آب گرم و سردشدن، ٤ میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله آزمایش اضافه گردید و به‌خوبی هم زده شد تا دو فاز متفاوت تشکیل گردد. از فاز صورتی رنگ بالایی برای خواندن در طول‌موج ٥۲۰ نانومتر با اسپکتوفتومتر استفاده گردید. محتوای پرولین بر حسب میکرومول بر گرم نمونه تر محاسبه می‌شود.

اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز: اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز به روش (Aebi, 1984) انجام شد. ۳ سی‌سی مخلوط واکنش شامل بافر فسفات، ٥۰ میکرولیتر عصاره گیاهی و ٤/٥۱ میکرولیتر هیدروژن پراکسید آماده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز در طول‌موج ٤۲۰ و با ضریب خاموش $mM^{-1}cm^{-1}$ ۳۹/٤ تعیین گردید.

اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز: اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز به روش (Aebi, 1984) انجام شد. ۳ سی‌سی مخلوط واکنش شامل بافر فسفات، ٥۰ میکرولیتر عصاره گیاهی، ۳/۳٥ میکرولیتر گایاکول و ٤/٥۱ میکرولیتر هیدروژن پراکسید بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز براساس میزان اکسیدشدن گایاکول در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر و با ضریب خاموشی $mM^{-1}cm^{-1}$ ۲٦/٦ تعیین گردید.

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح دو عامله با پنج تکرار در نرم‌افزار SAS در آزمایشگاه علوم جنگل دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در طی سال‌های ۱۳۹٦-۱۳۹٥ اجرا گردید. نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلوموگراف- اسمیرنوف بررسی شد. میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ٥٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی برگ گونه بلوط ایرانی نشان داد که اثر فصل بر روی تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز صفت رطوبت نسبی معنی‌دار بود. همچنین، اثر طبقه ارتفاعی بر روی صفات کلروفیل a، کربوهیدرات، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار شد. اثر متقابل فصل و طبقه ارتفاعی برروی صفات pH، نشت الکترولیت، رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل کل، پرولین، کربوهیدرات، آنزیم کاتالاز و آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

جدول ۲- تجزیه واریانس برای صفات فیزیولوژی برگ بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)

منابع تغییرات	df	نشت الکترولیت	رطوبت نسبی	pH	کربوهیدرات	کلروفیل a	کلروفیل کل	کلروفیل b	کارتنوئید	پرولین	کاتالاز	پراکسیداز
فصل	۱	۱۸۰۶/۹۶*	۴۹/۷۱ns	۲۸/۹۱*	۰/۰۲*	۶۹۴/۱۱*	۱۱۰۰/۹۶*	۴۶/۷۱*	۹۷/۱۴*	۰/۰۰۰۰۶*	۰/۱۹*	۰/۰۷*
طبقه ارتفاعی	۲	۱۰/۴۴ns	۲۵/۰۵ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۱۴*	۱۸/۸۴*	۱۲/۴۴ns	۰/۷۲ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۲۱*	۰/۰۰۸*
فصل × طبقه	۲	۷۴/۸۲*	۵۵/۹۵*	۰/۲۹*	۰/۰۰۱۹*	۴۴/۰۲*	۶۳/۷۲*	۱/۸۲ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۰۰۴*	۰/۳۳*	۰/۰۰۸*
خطا	۲۴	۵/۷۳	۱۶/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۰۰۱	۳/۵۲	۶/۱۴	۱/۳۱	۰/۳۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱۴
% CV	-	۱۰/۶۵	۱۵/۵۱	۴/۴۸	۲۵/۸۹	۲۲/۴۵	۲۰/۴۶	۳۰/۵۷	۲۶/۳۲	۱/۰۱	۲۳/۵۶	۲۴/۲۱

نمادهای * و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و عدم‌معنی‌داری تیمارها هستند.

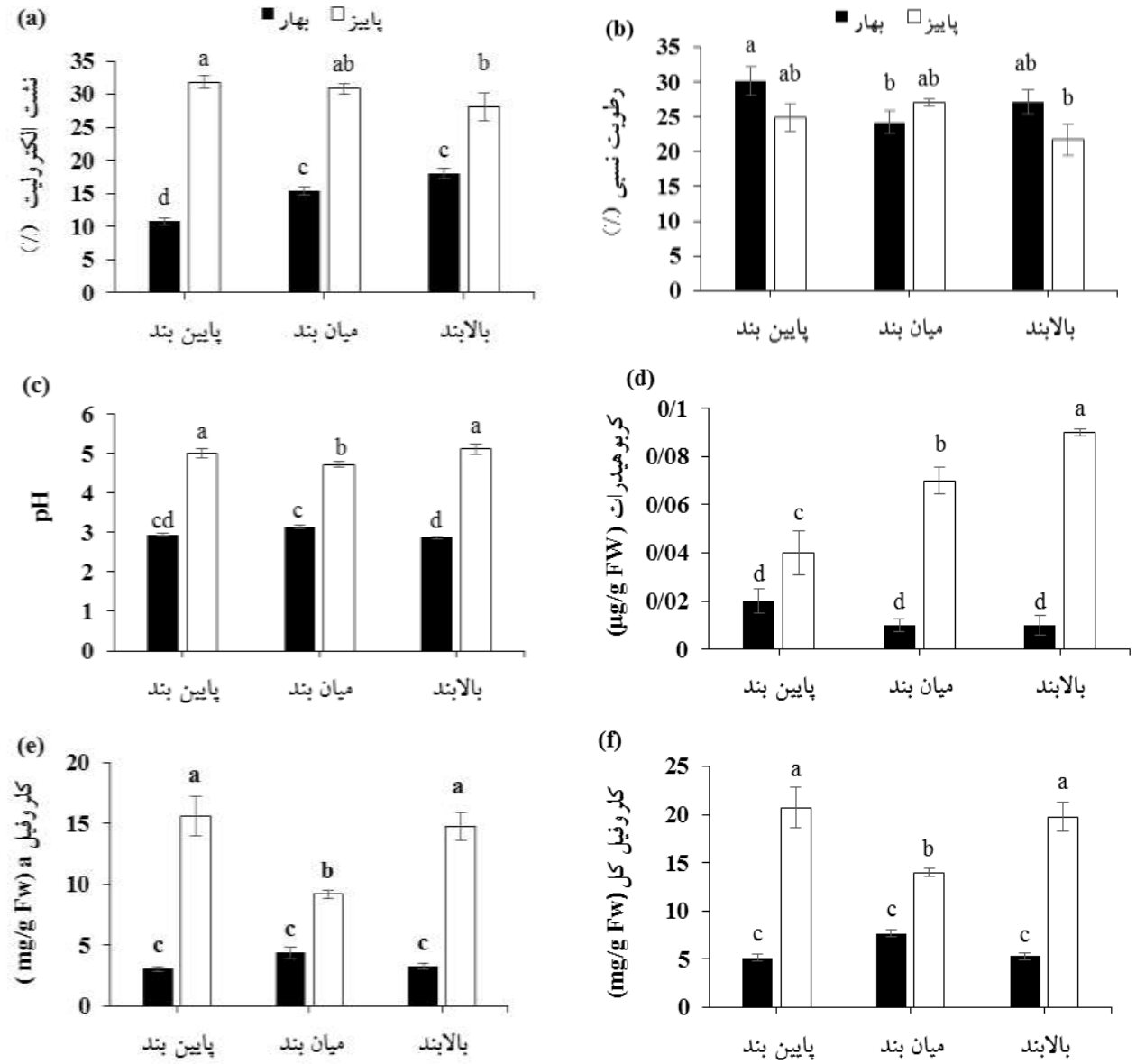
نشت الکترولیت: مقایسه میانگین‌های مربوط به فصول نشان داد که در فصل بهار بیشترین میزان نشت الکترولیت در طبقه ارتفاعی بالا حاصل شد. همچنین، بیشترین میزان نشت الکترولیت در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی پایین مشاهده شد که با طبقه بالا اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین، به‌طور کلی میزان نشت الکترولیت در فصل بهار از پایین به بالا روند صعودی داشت و اختلاف بین حداقل در پایین و حداکثر در بالا ۶۶/۸۲٪ ودر فصل پاییز از پایین به بالا روند کاهشی داشت که اختلاف بین حداکثر در پایین و حداقل در بالا ۱۳/۲۸٪ بود. همچنین، بیشترین میزان نشت الکترولیت با ۳۱/۸۱٪ در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی پایین و کمترین میزان نشت الکترولیت با ۱۰/۷۹٪ در فصل بهار و طبقه ارتفاعی پایین به‌دست آمد (شکل a-۱).

رطوبت نسبی: نتایج مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ (شکل b-۱) نشان داد که بیشترین میزان در فصل بهار در طبقه ارتفاعی پایین بوده و با طبقه ارتفاعی میانه اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان رطوبت نسبی در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی میانه حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با طبقات ارتفاعی پایین و بالا مشاهده نشد. به‌طور کلی، اثر طبقات ارتفاعی بر میزان رطوبت نسبی در فصل بهار و پاییز مثبت بوده به‌طوریکه اختلاف میانگین حداکثر در پایین و حداقل در بالا به‌ترتیب ۱۱/۴۶٪ و ۱۴/۷۰٪ ثبت گردید. بنابراین، بیشترین میزان رطوبت نسبی با ۳۰/۱۵٪ در فصل بهار و طبقه ارتفاعی پایین و کمترین میزان رطوبت نسبی با ۲۱/۷۰٪ در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی بالا حاصل شد.

pH: بیشترین میزان pH در فصل بهار در طبقه ارتفاعی میانه ثبت شد که با طبقه ارتفاعی بالا اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین، بیشترین میزان pH در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی بالا مشاهده شد که با میانه اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین، میزان pH در فصل بهار با افزایش ارتفاع کاهش یافت و اختلاف بین پایین‌بند و بالابند ۲/۴۳٪ و در فصل پاییز با افزایش ارتفاع افزایش پیدا کرد و اختلاف بین حداقل در پایین و حداکثر در بالا ۱/۹۹ ٪ بود. به‌طور کلی، بیشترین میزان pH با ۵/۱۲ در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی بالا و کمترین میزان آن با ۲/۸۸ در فصل بهار و طبقه ارتفاعی بالا حاصل شد (شکل c-۱).

کربوهیدرات: بیشترین میزان کربوهیدرات در فصل بهار در طبقه ارتفاعی پایین مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر طبقات ارتفاعی نداشت. همچنین، بیشترین میزان کربوهیدرات در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی بالا حاصل شد و با طبقه ارتفاعی پایین و میانه اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین، میزان کربوهیدرات در فصل پاییز از پایین به بالا روند صعودی داشت و اختلاف بین حداقل در پایین با حداکثر در بالا ۵ ٪ بود. به‌طور کلی، بیشترین میزان کربوهیدرات با ۰/۰۹ (µg/g FW) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی بالا و کمترین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]



شکل ۱- تغییرات خصوصیات فیزیولوژیکی برگ در طبقات ارتفاعی مختلف. a: نشت الکترولیت، b: رطوبت نسبی، c: pH، d: کربوهیدرات، e: کلروفیل a و f: کلروفیل کل.

کربوهیدرات با ۰/۰۱۳ (µg/g FW) در فصل بهار و طبقه ارتفاعی میان‌بند حاصل شد (شکل d-۱).

کلروفیل a و کلروفیل کل: بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در فصل بهار و طبقه ارتفاعی میانه حاصل شد و اختلاف معنی‌داری با طبقه ارتفاعی بالا و پایین نداشتند (e و f-۱). همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در فصل پاییز و در طبقه ارتفاعی پایین حاصل شد و با طبقه ارتفاعی میانه اختلاف معنی‌داری داشتند. میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در فصل بهار از پایین به بالا افزایش یافت و اختلاف بین حداقل در پایین و حداکثر در بالا به‌ترتیب ٦/٢٧٪ و ٢/٩١٪ و در فصل پاییز از پایین به بالا روند کاهشی داشتند به‌طوریکه میزان حداکثر در پایین و حداقل در بالا به‌ترتیب ٥/٧٠٪ و ٤/٨٥٪ بود. بنابراین، بیشترین میزان کلروفیل a با ١٥/٥٧ (Mg/g FW) و کلروفیل کل با ٢٠/٧٢ (Mg/g FW) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی پایین وکمترین میزان کلروفیل a با ٣/٠٣ (Mg/g FW)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

و کلروفیل کل با ۵/۱۵ (Mg/g FW) در فصل بهار و طبقه ارتفاعی پایین ثبت شد.

کلروفیل b و کارتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده طبقه ارتفاعی و اثر متقابل فصل × طبقه ارتفاعی بر کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار نیست، اما اثر ساده فصل معنی‌دار است (جدول ۲)، به‌طوریکه بیشترین میزان کلروفیل b و کارتنوئید به‌ترتیب با ٤/۹۹ (Mg/g FW) و ٤/۰۸ (Mg/g FW) در فصل پاییز حاصل شد (b و a-۲).

پرولین: تجزیه و تحلیل میانگین اثرات متقابل (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میزان پرولین در فصل بهار در طبقه ارتفاعی میانه حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری با طبقات ارتفاعی پایین و بالا نداشت. همچنین، بیشترین میزان پرولین در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی پایین ثبت شد و با طبقه ارتفاعی میانه اختلاف معنی‌داری داشت. میزان پرولین در فصل پاییز از پایین به بالا روند کاهشی جزئی داشت، به‌طوریکه اختلاف بین حداکثر در پایین و حداقل در بالا ۳/۰۳٪ بود و در فصل بهار از پایین به بالا تغییری صورت نگرفت. به‌طور کلی می‌توان گفت که بیشترین و کمترین میزان پرولین به مقدار ۰/۳٤ (µmol/gFW) و ۰/۳۲ (µmol/gFW) در فصول بهار و پاییز و در طبقه ارتفاعی میانه مشاهده گردید (c-۲).

آنزیم کاتالاز: میزان آنزیم کاتالاز در فصل بهار در هر سه طبقه ارتفاعی در یک دامنه نزدیک به هم بوده و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (d-۲). همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در فصل پاییز در طبقه ارتفاعی بالا حاصل شد و با طبقات ارتفاعی پایین و میانه اختلاف معنی‌داری داشت. به‌طور کلی، اثر طبقات ارتفاعی بر میزان آنزیم کاتالاز در فصل بهار و پاییز نشان داد که در فصل بهار اختلاف بین حداکثر در پایین با حداقل در بالا ۲۱/٥٦٪ و در فصل پاییز اختلاف بین حداقل در پایین و حداکثر در بالا ٦۲٪ است. علاوه بر این، بیشترین میزان آنزیم کاتالاز با ۰/۷۰ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی بالا و کمترین میزان آنزیم کاتالاز با ۰/۰۸ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل پاییز و طبقه ارتفاعی پایین‌بند حاصل شد.

آنزیم پراکسیداز: نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز در فصل بهار در طبقه ارتفاعی پایین حاصل شد که با طبقه ارتفاعی میانه اختلاف معنی‌داری داشت (e-۲). همچنین، میزان آنزیم پراکسیداز در فصل پاییز در هر سه طبقه ارتفاعی یکسان بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در مجموع، اثر طبقات ارتفاعی در فصل بهار از پایین به بالا روند نزولی داشت که اختلاف بین حداکثر در پایین‌بند با حداقل در بالابند ۲۱/٤۲٪ بود، ولی در فصل پاییز اثر طبقه ارتفاعی از پایین به بالا به یک میزان ثابت بود. بنابراین، بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز با ۰/۱۷ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل بهار و طبقه ارتفاعی پایین و کمترین میزان آنزیم پراکسیداز با ۰/۰۲ ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) در فصل پاییز در هر سه طبقه ارتفاعی (پایین، میانه و بالا) حاصل شد.

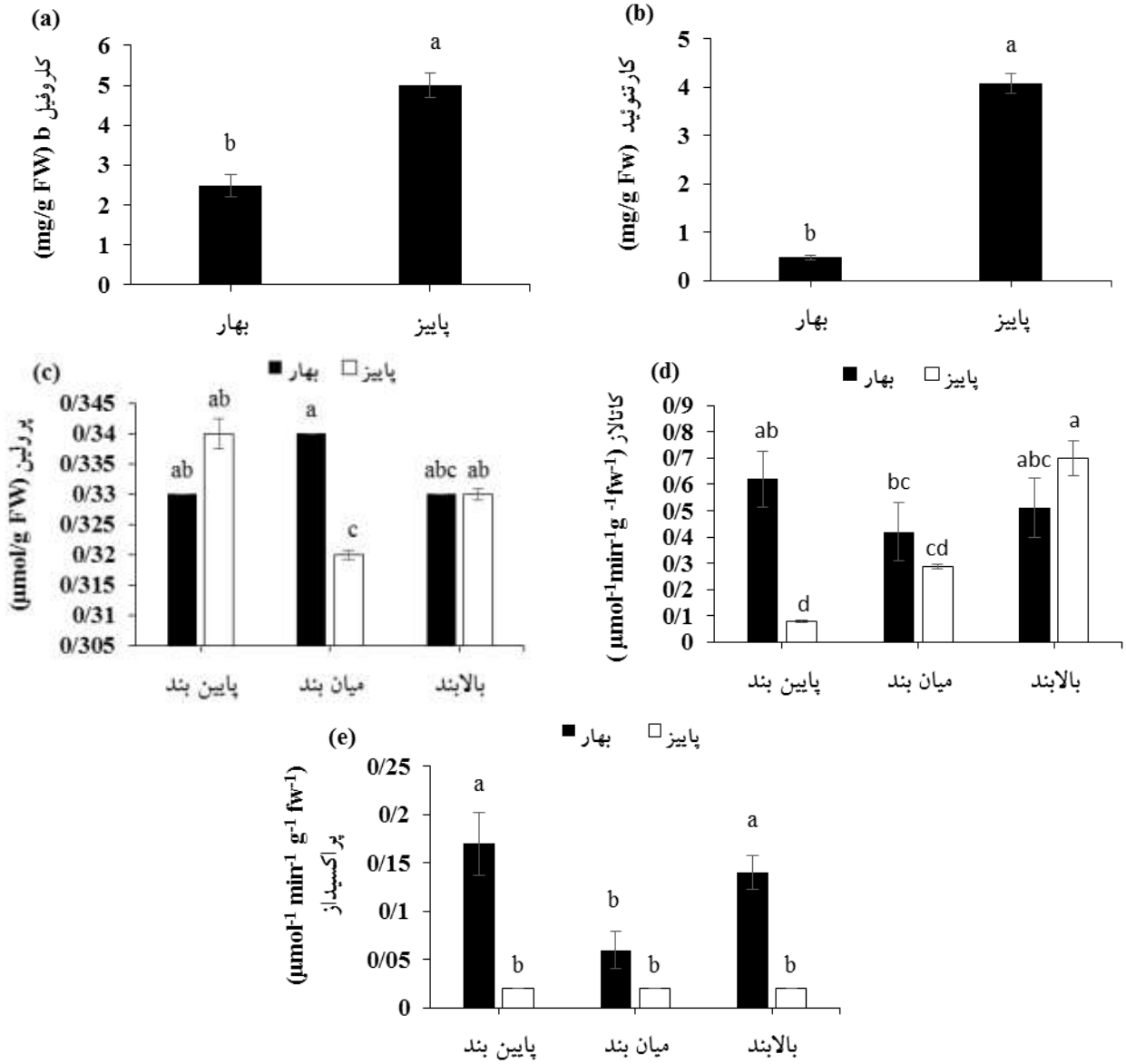
بحث

پراکنش گسترده بلوط‌ها می‌تواند نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد ویژگی‌های فیزیولوژیک آنها تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی باشد. در مطالعه حاضر، به بررسی اثر طبقات ارتفاعی بر تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژی درختان بلوط ایرانی پرداختیم. ارتفاع نقش مهمی در تغییر ویژگی‌های درختان دارد و مطالعه آن کمک به شناخت بهتر محیط جنگل و موضوعات مرتبط با مدیریت توده‌های جنگلی در ارتفاعات مختلف می‌کند.

میزان رطوبت نسبی برگ با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش پیدا می کند (Yelenosky and Guy, 1989) که نتایج تحقیق حاضر هم هر چند به مقدار اندک یک روند کاهشی را نشان می‌دهد. علت اختلاف کم در میزان رطوبت نسبی در طبقات مختلف نمونه‌برداری را می‌توان به فاصله کم طبقات نسبت داد. طبق نتایج Yelenosky و Guy (۱۹۸۹)، تحت تنش دمای پایین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ در درختان والنسیا کاهش پیدا می‌کند. همچنین، در بیشتر گیاهان کمبود آب سبب کاهش محتوای آب برگ شده که منجر به بسته‌شدن روزنه‌ها و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]



شکل ۲- تغییرات خصوصیات فیزیولوژیکی برگ در طبقات ارتفاعی مختلف. a: کلروفیل b، b: کارتنوئید، c: پرولین، d: آنزیم کاتالاز، e: آنزیم پراکسیداز.

کاهش تبادل گازی می‌گردد (Gindaba *et al.*, 2005).

میزان نشت الکترولیت در فصول بهار و پاییز با افزایش ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب رابطه معنی‌دار مثبت و منفی داشت. میزان نشت الکترولیت معیار مناسبی برای ارزیابی میزان تخریب سلول گیاهی در طی تنش‌های محیطی است (Campos *et al.*, 2009). احتمالاً، در فصل پاییز به‌دلیل اینکه طبقه ارتفاعی پایین نسبت به طبقه ارتفاعی بالا از رطوبت کمتری برخوردار است، میزان نشت الکترولیت افزایش یافته است. در اثر کمبود آب غشای سلولی تخریب شده و مایع سلولی و واکوئلی از سلول تراوش کرده و سبب تغلیظ و بالارفتن میزان نشت الکترولیت می‌شود (محمدی و فرشادفر،۱۳۸۲). همچنین در فصل بهار احتمالاً به‌علت سرمای بیشتر در طبقه ارتفاعی بالا نسبت به طبقه ارتفاعی پایین میزان نشت الکترولیت افزایش پیدا کرده است (Fotouhi-Ghazvini *et al.*, 2008).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که میزان pH با افزایش ارتفاع در فصل بهار روند نزولی و در فصل پاییز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

روند صعودی دارد. جنبه‌های چندگانه تعاملی فیزیولوژی و شیمیایی گیاه در بین بخش‌های مختلف سلول با هم دیگر pH کلی یک بافت را تعیین می‌کنند. عوامل تنش در pH بافتی یک گونه گیاهی ممکن است شامل تنوع فیزیولوژیکی روزانه یا فصلی باشد (Lambers Pons and Chapin, 2008).

مقدار کربوهیدرات‌ها تحت انواع تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۵). براساس مطالعه حاضر، میزان کربوهیدرات در فصل بهار با افزایش ارتفاع ثابت مانده که در راستای نتایج مقدار کربوهیدرات در گونه *Calendula officinalis* در رویشگاه‌های مختلف بود (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در فصل پاییز با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان کربوهیدرات افزایش پیدا کرد. افزایش مقاومت به سرما با مقدار کربوهیدرات‌های محلول در گیاه ارتباط مستقیم دارد و کربوهیدرات‌هایی نظیر ساکاروز، سوربیتول و رافینوز اولین زیر واحدهای محافظت‌کننده گیاهان هستند که گیاه را در برابر درجه حرارت پایین حفظ می‌کنند (Ranney *et al*., 1991). به عبارت دیگر، افزایش کربوهیدرات‌ها موجب افزایش سازش‌پذیری درختان به سرمای پاییز و زمستان می‌شود (Aron *et al*., 2007). بسیاری از شرایط تنش‌زای محیطی بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پخش مواد فتوسنتزی در گیاهان در حال رشد اثر می‌گذارند. نتیجه حاصل از این مطالعه در مورد افزایش میزان کربوهیدرات‌های برگ در فصول خشک تابستان، با تحقیق Xu و همکاران (۲۰۰۶) بر روی گیاه *Lonicera japonica* و همچنین Sircelj و همکاران (۲۰۰۵) در دو رقم سیب مطابقت داشت که بیان نمودند میزان کربوهیدرات‌ها تحت تأثیر خشکی افزایش می‌یابد.

کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش می‌تواند عمدتاً به‌دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آنها با اکسیژن یکتایی تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال‌شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد (Neocleous and Nasilakakis, 2007). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میزان کلروفیل با تغییر فصل تغییر می‌یابد به‌طوریکه نتایج اثر متقابل فصل و طبقه ارتفاعی بر میزان کلروفیل a و کل نشان داد که کلروفیل a و کل در فصل بهار با افزایش ارتفاع ثابت ولی در فصل پاییز با افزایش ارتفاع کاهش یافتند. همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که کلروفیل b و کارتنوئید تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا قرار نگرفتند و روند ثابتی داشتند. گیاهان در فرایند فتوسنتز با کمک رنگیزه‌های خود، انرژی نورانی را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند. خشکی سبب کاهش محتوای رنگیزه‌های سلول‌های گیاهی (کلروفیل) می‌شود. بنابراین، احتمالاً در فصل پاییز کاهش کلروفیل a و کل به‌علت کمبود آب در بلوط ایرانی در ناحیه زاگرس باشد (Yang et *al*., 2007; Bertamini *et al*., 2006). کاهش مشخص کلروفیل در گیاهان تحت کمبود آب به‌دلیل کاهش محتویات کلروفیل a و b است که کلروفیل a کاهش بیشتری نسبت به کلروفیل b نشان می‌دهد (Oncel *et al*., 2000).

یکی ار راه‌های مقابله با تنش‌های محیطی، سنتز ترکیبات اسمزا و محافظ اسمزی است که پرولین از جمله این ترکیبات است. افزایش پرولین در گیاهان به هنگام تنش، نوعی سازوکار دفاعی است. پرولین به‌عنوان منبعی از نیتروژن و کربن برای گیاهان تحت تنش شدید محسوب شده و تحمل آنها را در برابر تنش افزایش می‌دهد. پرولین با چندین سازوکار مانند تنظیم اسمزی و جلوگیری از تخریب آنزیم مقاومت گیاه را در برابر تنش‌ها بالا می‌برد. طبق نتایج، میزان پرولین برگ با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند نزولی داشت. همچنین، افزایش پرولین در گیاهان تحت تنش‌های محیطی با کاهش خسارت در غشای سلولی و پروتئین‌ها است (Amini *et al*., 2015; Farooq *et al*., 2012). در مطالعه حاضر در طبقات ارتفاعی پایین که احتمالاً محیط خشک‌تر است میزان پرولین افزایش پیدا کرده و همچنین در طبقات بالا احتمالاً به‌دلیل داشتن رطوبت بیشتری نسبت به طبقه پایین میزان پرولین در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

برگ کاهش یافته است. افزایش میزان پرولین در مطالعات بسیاری تحت کمبود آب گزارش شده است (Lum *et al*., 2014).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که آنزیم پراکسیداز با افزایش ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی‌داری داشته است. آنزیم‌ها حساس‌ترین عامل برای جداسازی و تفکیک تاگزونومی گیاهان محسوب می‌شوند و مثل اثر انگشت معرف شناسایی جنس، گونه و زیرگونه هستند (Mandal *et al*., 2000). آنزیم پراکسیداز به‌عنوان یکی از نشانگرهای بیوشیمیایی بوده که نقش مهمی در گیاه در مطالعه تنش‌های محیطی و عکس‌العمل‌های پایه‌های مختلف ایفا می‌کند. این دسته از نشانگرها اگر چه در مطالعات ژنتیکی استفاده می‌گردند ولی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند. تنش‌های محیطی مانند دمای خیلی بالا، روشنایی زیاد، خشکی و ازن باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند (Chakraborty and Tongden, 2005). پراکسیداز گیاهی نسبت به این ماده سمی از طریق کاهش رادیکال آزاد اکسیژن و تجزیه آب اکسیژن (H_2O_2) که معمولاً در تمام عکس‌العمل‌های متابولیک و فیزیولوژیک گیاهان به‌وجود می‌آیند، واکنش نشان می‌دهند (Gaspar *et al*., 2002). ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸٦) در مطالعات آنزیمی پایه‌های مقاوم راش به تنش سرما بیان داشتند که تعداد جایگاه‌های ایزوآنزیمی پراکسیداز در ارتفاعات کم برای مقابله با تنش سرمای دیررس بیشتر از ارتفاع زیاد بود. علت کمتربودن فعالیت آنزیمی در نمونه‌های برگ را می‌توان ناشی از فصل نمونه‌برداری دانست. در فصل پاییز، رویش گیاه رو به پایان است و برگ‌ها به زمان خزان خود نزدیک می‌شوند. تحقیقات نشان داده است که با پایان‌یافتن حیات در گیاه، فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز رو به کاهش می‌رود (علی احمد کروری، ۱۳۷۸). بنابراین، نزدیک‌شدن به فصل خزان برگ‌ها را می‌توان عامل کمتربودن فعالیت آنزیمی برگ‌ها دانست. حداکثر فعالیت این آنزیم در فصول سرد سال و حداقل آن در تابستان است (Bogdanovic *et al*., 2007). Citadin و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه هلو در فصل بهار کاهش پیدا می‌کند که با تحقیق انجام‌شده مطابقت دارد.

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در مطالعه حاضر، با تغییر فصول تغییر یافت. نتایج آنالیز آماری نشان داد که آنزیم کاتالاز با افزایش ارتفاع در فصل بهار کاهش و در فصل پاییز افزایش پیدا کرد. فعالیت آنزیم کاتالاز در فصل تابستان همزمان با به وجودآمدن شرایط خشکی، افزایش می‌یابد. در شرایط تابش زیاد نور خورشید یعنی زمانی که حداکثر تشعشع وجود دارد، بسته‌شدن روزنه‌ها در واکنش به تنش آب یا درجه حرارت، منجر به کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن خواهد شد، در حالیکه واکنش نوری و انتقال الکترون در مقادیر طبیعی صورت خواهد گرفت. تحت چنین شرایطی، مقدار محدودی NADP (نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات) برای پذیرش الکترون وجود خواهد داشت، بنابراین اکسیژن می‌تواند به‌عنوان یک گیرنده الکترون جایگزین عمل نماید (Egneus *et al*., 1975). این امر منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد (Bowler *et al*., 1992). این گونه‌های فعال اکسیژنی به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و نوکلئیک اسیدها صدمه می‌زنند (Halliwel, 1982). Prochazkova و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که گیاهان جهت کاهش آسیب‌های اکسیداتیو ایجادشده توسط تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های خود مانند کاتالاز را افزایش می‌دهند. آنزیم کاتالاز یک آنزیم مهم برای مقابله با هیدروژن پراکسید تولیدشده در شرایط تنش است (Srivalli *et al*., 2003). فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در قبل و بعد از تنش سرما بر روی نهال‌های خیار نشان داد که با کاهش سرما میزان آنزیم کاتالاز کاهش و برعکس میزان آنزیم پراکسیداز افزایش یافت. این امر باعث تجزیه ایندول استیک اسید و نهایتاً کاهش رشد گردید (Omran, 1980). در شرایط تنش خشکی و شوری (Frank *et al*., 1963; Reddy *et al*., 2004) آفات و بیماری (Stahmann *et al*., 1993) میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش معنی‌داری دارند و احتمالاً نمونه‌هایی که دارایی مقادیر بیشتری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

از این آنزیم‌ها باشند مقاومت بیشتری به تنش‌های غیرزنده، آفات و بیماری از خود نشان می‌دهند (Frank *et al*., 1963).

نتیجه‌گیری

درختان بلوط ایرانی با پراکنش وسیع خود در نقاط ارتفاعی مختلف جنگل، همواره دستخوش تغییراتی در صفات و ویژگی‌های خود هستند. با توجه به اهمیت درختان بلوط، این تحقیق جهت بررسی تأثیر طبقات ارتفاعی نزدیک به هم و نیز دو فصل بهار و پاییز بر خصوصیات فیزیولوژی برگ درخت بلوط ایرانی طرح‌ریزی شد. نتایج نشان داد که بیشتر ویژگی‌های فیزیولوژیکی دارای اختلاف معنی‌داری بین دو فصل بهار و پاییز هستند. اثر متقابل ارتفاع و فصل بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات ارتفاعی و فصلی می‌توانند بر خصوصیات فیزیولوژیکی گونه‌ها تأثیرگذار باشند. تأثیر فصل و طبقه ارتفاعی بر صفات (pH، نشت الکترولیت، رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل T، پرولین، کربوهیدرات، آنزیم کاتالاز و آنزیم پراکسیداز) مورد اندازه‌گیری بجز صفات کلروفیل b و کارتنوئید مثبت بود. در فصل بهار و پاییز بیشترین تغییرات صفات را می‌توان در طبقات پایین‌بند انتظار داشت. همچنین، با توجه به نتایج تحقیق حاضر که حاکی از تغییر در ویژگی‌های درختان با تغییر اندک در ارتفاع از سطح دریا است، می‌توان در مطالعات آینده به بینش جدید در نحوه نمونه برداری‌ها و نیز بررسی تنوع بین گونه‌ها براساس صفات فیزیولوژی برگ دست یافت.

منابع

آتشگاهی، ز.، اجتهادی، ح. و زارع، ح. (۱۳۸۸) معرفی فلور، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان در جنگل‌های شرق دودانگه ساری استان مازندران. مجله زیست شناسی ایران ۲۲: ۲۰۳-۱۹۳.

جعفرزاده، ل.، امیدی، ح. و بستانی، ع. ا. (۱۳۹۳) بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی ۲۷: ۱۹۳-۱۸۳

جزیره ای، م. ح. و ابراهیمی رستاقی، م. (۱۳۸۲) جنگل شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران.

تقی‌پور، ع. و رستگار، ش. (۱۳۸۹) بررسی نقش فیزیوگرافی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: مراتع هزار جریب بهشهر- مازندران). مجله علمی پژوهشی مرتع ۲: ۱۷۷-۱۶۸.

سلطانی، ف.، قربانلی، م. و منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۸۵) اثر کادمیوم بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، قندها و مالون دآلدئید در کلزا. مجله زیست شناسی ایران ۱۹: ۱۳۶-۱۴۵.

ذوالفقاری، ر.، علی احمد کروری، س. و اعتماد، و. (۱۳۸۶) استفاده از آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز برای شناسایی پایه‌های مقاوم به سرما در گونه راش ایرانی (*Fagus orientalis* Lipsky). فصلنامه منابع طبیعی ایران ۶۰: ۷۶-۶۷.

علی احمد کروری، س. (۱۳۷۸) مجموعه مقالات بررسی نحوه پاسخ آنزیم‌ها در درختان جنگلی به تغییرات عوامل زیست محیطی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور ۲۰۸: ۳۶۸.

عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشور آبادی، الف.، لباسچی، م. ح.، نادری حاجی باقر کندی، م. و مقدمی، ف. (۱۳۸۶) اثر خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ٤: ۵۱۳-۵۰٤.

محمدی، ر. و فرشادفر، ع. (۱۳۸۲) تعیین کروموزوم‌های کنترل‌کننده صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی در چاودار. مجله علوم زراعی ایران ۲: ۱۳۳-۱۱۷.

Amini, S., Ghobadi, C. and Yamchi, A. (2015) Proline accumulation and osmotic stress: an overview of *P5CS* gene in

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

plants. Journal of Plant Molecular Breeding 3: 44-55.
Aron, J., Suzanne, M., Volenec, J. and Zachary, J. (2007) Differences in freeze tolerance of Zoysia grasses: carbohydrate and proline accumulation. Crop Science 47: 2170-2181.
Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.
Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J. M. (2001) Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.
Bowler, C., Van Montagu, M. and Inze, D. (1992) Superoxide dismutase and stress tolerance. Annual Review of Plant Physiology 43: 83-116.
Bogdanovic, J., Milosavic, N., Prodanovic, R., Ducic, T. and Radotic, K. (2007) Variability of antioxidant enzyme activity and isoenzyme profile in needles of Serbian spruce (*Picea omrika*). Bioche. Mical. Systematics and Ecology 35: 263-273.
Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K. and Nedunchzhian, N. (2006) Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. Riesling) plants. Photosynthlaetica 44: 151-154.
Bates, L., Waldren, P. P. and Teare, J. D. (1973) Rapid determination of the free proline of water. Stress studies. Plant and Soil 39: 201-205.
Citadin, I., Raseira, M. C. B., Augustin, F. and Herter, F. (2002) Relationship of peroxidase, 6-phosphoglucinolate dehydrogenase, phosphoglucoismerase to endodormancy phase in peach. Acta Horticulture 592: 451-457.
Clair, S. B. T., Mock, K. E., La Malfa, E. M., Campbell, R. B. and Ryel, R. J. (2010) Genetic contributions tophenotypic variation in physiology, growth, and vigor of western aspen *(Populus tremuloides)* clones. Forest Science 56: 222-230.
Chakraborty, U. and Tongden, C. (2005) Evaluation of heat acclimation and salicylic acid treatments as potent inducers of thermotolerance in *Cicer arietinum* L. Current Science 89: 384-389.
Campos, P. S., Quartin. V., Ramalho, J. C. and Nunes, M. A. (2009) Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. Plants, Journal of Plant Physiology 160: 283-292.
Coomes, D. A. and Allen, R. B. (2007) Effects of size, competition and altitude on tree growth. Journal of Ecology 95: 1084-1097.
Cornelissen, J. H. C., Quested, H. M., Van Logtestijn, R. S. P., Pe´rez-Harguindeguy, N., Gwynn-Jones, D., Dı´az, S., Callaghan, T. V., Press, M. C. and Aerts, R. (2006) Foliar pH as a new plant trait: can it explain variation in foliar chemistry and carbon cycling processes among subarctic plant species and types? Oecologia 147: 315-326.
Egneus, H., Heber, H. and Krik, M. (1975) Reduction of oxygen by the electron chain of.chloroplast during assimilation of carbon dioxide. Biochemical and Biophysics Acta 408: 252-268.
Forshey, C. G. and Elfving, D. C. (1989) The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. Horticultural Reviews 11: 229-287.
Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A. and Siddique, K. H. M. (2012) Drought stress in plant: An overview. Plant Responses to Drought Stress 1-33.
Fotouhi-Ghazvini, R., Baghbanha, M. R., Hatamzadeh, A. and Heidari, M. (2008) Effect of water stress on freezing tolerance of Mexican lime (*Citrus aurantifolia* L.) seedling. Horticulture Environment and Biotechnology 49: 267-280.
Frank, H. A., Ishibashi, S. T., Reid, A. and Ito, J. S. (1963) Catalase activity of psychrophilic bacteria grown at 2 and at 30 C. Journal of Applied Microbiology 11: 151-153.
Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H. and Mohajer, R. M. (2004) Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the Northern Zagros Mountains of Kurdistan Province, Iran. Scandinavian Journal of Forest Research 19: 65-71.
Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F. and Dommes, J. (2002) Concepts in plant stress physiology, Application to plant tissue cultures. Journal of Plant Growth Regulation 37: 263-285.
Gindaba, J., Rozanov, A. and Negash, L. (2005) Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two Eucalyptus and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. Forest Ecology and Management 205: 127-138.
Herouart, D., Bowler, C., Willekens, H., Van-Camp, W., Slooten, L., Van-Montagu, M. and Inze, D. (1993) Genetic engineering of oxidative stress resistance in higher plants. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 342: 235-240.
Hultine, K. R. and Marshall, J. D. (2000) Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. Oecologia123: 32-40.
Jiang, Y. and Huang, N. (2001) Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.
Korner, C. (2007) The use of 'altitude' in ecological research. Trends in Ecology and Evolution 22: 569-574.
Kramer, P. J. and Kozlowski, T. T. (1979) Physiology of Woody Plants. Academic press, London.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

Lum, M. S., Hanafi, M. M., Rafii, Y. M. and Akmar, A. S. N. (2014) Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. Journal of Animal and Plant Sciences 24: 1487-1493.

Lambers, H., Pons, T. L. and Chapin, F. S. (2008) Plant Physiological Ecology. 2nd Ed. Springer, New York.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1985) Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.

Mandal, A. B., Maiti, A., Chowdhury, B. and Elanchezhian, R. (2000) isozyme markers in varietal identification of banana. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant 37: 599-604.

Magurran, A. E. (1988) Ecological diversity and its measurement. Cambridge University Press.

Neocleous, D. and Vasilakakis, M. (2007) Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L.'Autumn Bliss'). Scientia Horticulturae 112: 282-289.

Ohsawa, T. and Ide, Y. (2008) Global patterns of genetic variation in plant species along vertical and horizontal gradients on mountains. Global Ecology and Biogeography 17: 152-163.

Omran, G. (1980) Peroxide levels and the activities of catalase, peroxidase and IAA oxidase during and after chilling cucumber seedlings. Plant Physiology 65: 407-408.

Oncel, I., Keles, Y. and Ustan, A. S. (2000) Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environmental Pollution 107: 315-320.

Prochazkova, D., Sairam, R. K., Srivastava,G. C. and Singh, D. V. (2001) Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Science161: 765-771.

Palva, T. E., Thtiharju, S., Tamminen, I., Puhakainen, T., Laitinen, R., Svensson, J., Helenius, E. and Heino, P. (2002) Biological mechanisms of low temperature stress response: cold acclimation and development of freezing tolerance in plants. JIRACAS Work 9-15.

Reddy, A. R., Chiatanya, K. V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 189-1202.

Ranney, T. G., Bir, R. E. and Skroch, W. A. (1991) Comparative drought resistance among six species of birch (*Betula*): Influence of mild water stress on water relations and leaf gas exchange. Tree Physiology 8: 351-360.

Roupioz, L., Jia, L., Nerry, F. and Menenti, M. (2016) Estimation of daily solar radiation budget at kilometer resolution over the *Tibetan plateau* by integrating Modis data products and a DEM. Remote Sensing of Environment 8: 1-24.

Sivaci, A. (2006) Seasonal changes of total carbohydrate contents in three variaties of apple (*Malus sylvestris* Miller.) stem cuttings. Scientica Horticulture 109: 234-237.

Sircelj, H., Tausz, M., Grill, D. and Batic, F. (2005) Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought. Journal of Plant Physiology 162: 1308-1318.

Sivaci, A. and Duman, S. (2014) Seasonal variation of carbohydrate content in stem and leaves of almond (*Prunus Amygdalus* L.). Bangladesh Journal of Botany 43: 223-225.

Srivalli, B., Sharma, G. and Khanna-Chopra, R. (2003) Antioxidative defence system in an upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery. Physiology Plantarum 119: 503-512.

Schlegel, H. G. (1956) Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Plan 47: 510-515.

Stahmann, K. P., Schmiz, K. L. and Sahm, H. (1993) Purification and characterization of four extracellular 1,3-b-glucanases of *Botrytis cindered*. Journal of General and Applied Microbiology 139: 2833-2840.

Xu, Y. C., Zhang, J. B., Jiang, Q. A., Zhou, L. Y. and Miao, H. B. (2006) Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle. Journal of Chinese medicinal materials 29: 420-423. (Abstract in English).

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q. and Yin, H. J. (2007) Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosyntetica 45: 613-619.

Yelenosky, G. and Guy, C. L. (1989) Freezing tolerance of citrus, spinach, and petunia leaf tissue osmotic adjustment and sensitivity to freeze induced cellular dehydration. Plant Physiology 89: 444-451.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]

Effect of Altitude and Growing Season on Some Physiological Properties of Leaf from Persian Oak (*Quercus brantii*) in Zagros Forest (Case study: Ilam)

Kobra Azizi[1], Hamid Reza Naji[1*], Hamid Hassaneian Khoshroo[2], Mehdi Heydari[1]

[1] Department of Forest Sciences, Ilam University, Ilam, Iran
[2] Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(Received: 05/10/2018, Accepted: 20/08/2019)

Abstract

Understanding various variations in tree leaf related to altitude and climate change define the plant adaptation. These variations will predict their respond to the future changes. According to the vast distribution of Persian oak (*Quercus brantii*) trees in Zagros forests, the study of structural changes and the recognition of the Persian oak ecological needs is crucial for their conservation and management. The aim of present study was to study the changes in the physiological traits of Persian oak leaves due to low changes in altitude as well as growing seasons (spring and autumn) in Gachan region, Ilam province. For this purpose, leaf physiological traits were investigated in three oak populations at altitudes of 1640 m, 1821 m, and 1900 m a.s.l along an altitudinal slope. In each population, five seed-grown trees with almost similar diameter and characteristics were selected. The sampled leaves were collected from outer and middle part of tree crown. The leaves were mixed together and then about 20 leaves were randomly sampled for physiological study. According to the results, highest values of EC, Chlorophyll a, and total chlorophyll were 31.81%, 15.57(Mg/g FW), and 20.72 (Mg/g FW) in autumn and at low altitude. Highest amount of RWC and Proxidase were determined in spring and low altitude as 30.15% and 0.17 ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$), while highest amount of pH, carbohydrate and Catalase were respectively: 5.12, 0.09 (µg/g FW), and 0.70 ($\mu mol^{-1}\ min^{-1}\ g^{-1}\ FW^{-1}$) in autumn and high altitude. Additionally, highest amount of proline was determined in spring and middle altitude as 0.34 (µg/g FW). In general, the results of this study indicate that the physiological traits of Persian oak leaves show least changes with respect to altitude as well as different growing seasons.

Keywords: Altitudinal variation, Biochemical traits, Photosynthetic pigments, Persian oak.

Corresponding author, Email: h.naji@ilam.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.10.1]