

## ارتباط ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی با ویژگی‌های برگ درختان در جنگل‌های زاگرس شمالی

سوران امینی<sup>۱</sup>، نسرين سیدی\*<sup>۲</sup>، پرویز فاتحی<sup>۳</sup> و مهتاب پیرباوقار<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (s.aminibane@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (n.seyedi@urmia.ac.ir)

۳- استادیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. (parviz.fatehi@ut.ac.ir)

۴- دانشیار، گروه جنگلداری و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی دکتر هدایت غضنفری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. (m.bavaghar@uok.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

### چکیده

در این پژوهش ارتباط بین عوامل فیزیوگرافی با شاخص سطح برگ یا LAI (Leaf Area Index)، وزن ویژه برگ یا LMA (Leaf Mass per Area) و همچنین محتوای آبی تاج پوشش یا CWC (Canopy Water Content) بررسی شد. تعداد ۱۲۵ قطعه نمونه به شکل مربع با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر در جنگل‌های بانه برداشت شد. میانگین ارتفاع از سطح دریا برای هر قطعه نمونه با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه و نه جهت مشخص در هر قطعه نمونه به وسیله قطب نما مشخص شد. برای برآورد شاخص‌ها در هر قطعه نمونه عکس برداری از تاج پوشش و جمع آوری برگ انجام شد. براساس نتایج اثر ارتفاع روی تمام شاخص‌ها و اثر جهت دامنه روی شاخص‌های LAI و LMA معنی دار بود. شاخص‌های LAI و CWC از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا، کاهشی و در طبقه آخر افزایش می‌شود. شاخص LMA نیز از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا افزایش و در طبقه آخر کاهشی می‌شود. LAI در جهت‌های شمالی و شمال شرقی بیشترین و در جهت جنوب غربی کمترین مقدار است. CWC در جهت‌های شمالی بیشترین و در جهت جنوبی کمترین مقدار و LMA در جهت‌های شمالی و شمال شرقی کمترین و در جهت‌های غربی و جنوب غربی بیشترین مقدار است. بررسی وضعیت شاخص‌های گیاهی در جهت‌ها و ارتفاعات مختلف این امکان را فراهم می‌سازد تا اقدامات حفاظتی و حمایتی در شرایط مختلف توپوگرافی براساس اولویت و مقدار اهمیت هر منطقه انجام شود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، فیزیوگرافی، محتوای آبی تاج پوشش، وزن ویژه برگ

باشند (Wright et al., 2004; Lopez-Iglesias et al., 2014). در این راستا، صفات برگ در بررسی عملکرد اکوسیستم عامل مهمی هستند و با فرآیندهای مهمی مانند افزایش فتوسنتز و کربن یا تجزیه پذیری مرتبط هستند (de la Riva et al., 2016).

شاخص سطح برگ یا LAI از شاخص‌هایی است که داشتن اطلاعات و آمار به‌هنگام و مداوم از آن می‌تواند آمار حیاتی در مورد توان تولیدی گیاه، ارزیابی وضعیت رویش گیاه و وضعیت سلامتی گیاه ارائه دهد. تعریف LAI مجموع مساحت یک طرف برگ گیاهان در واحد سطح زمین است. شاخص سطح برگ معرف مقدار رشد گیاهی است و یک مشخصه بیوفیزیکی مهم در بررسی متقابل میان گیاه و اتمسفر محسوب می‌شود زیرا فرآیندهایی همچون تعرق، فتوسنتز و تبخیر به شاخص سطح برگ وابسته است (Allen et al., 1998). یکی دیگر از شاخص‌های صفات برگ، وزن ویژه برگ یا LMA است که به‌عنوان وزن خشک برگ در واحد سطح برگ بیان می‌شود. این شاخص معیاری مهم برای بررسی برگ است که در علوم گیاهی برای ارتباط جذب نور با رشد گیاه و تثبیت کربن استفاده می‌شود (de la Riva et al., 2016). علی‌رغم اینکه LMA یک صفت مورفولوژیکی است به‌طور گسترده به‌عنوان یک شاخص مناسب برای عملکرد گیاه در مواردی مثل مقدار فتوسنتز و تنفس، ترکیبات شیمیایی برگ، مقاومت به حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرد و با فرآیندهای برگ مانند بیشینه سرعت فتوسنتزی، فعالیت‌های کل گیاه مانند نرخ رشد بالقوه گونه و فرآیندهای اکوسیستمی مانند سرعت تجزیه همبستگی زیادی دارد (Wright et al., 2004; Oren et al., 1997; Reich et al., 2006; Quero et al., 2006). مشخصه مقدار محتوای آبی تاج‌پوشش یا CWC در

جنگل‌های زاگرس وسیع‌ترین عرصه جنگلی کشور و یکی از مهم‌ترین منابع زیستی با زیراشکوب غنی هستند. این جنگل‌ها از نظر ارزش‌های زیست-محیطی، حفاظت خاک، محصولات فرعی و تأمین آب کشور از اهمیت خاصی برخوردارند (Khoonsiavashan, 2021). همچنین جنگل‌های زاگرس با مساحتی حدود ۵ میلیون هکتار، وسیع‌ترین و اصلی‌ترین رویشگاه گونه‌های بلوط در ایران هستند. این جنگل‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های ایران هستند (Marvie Mohadjer, 2011). در سالیان اخیر، خشکیدگی‌های مختلفی در جنگل‌های زاگرس به‌وقوع پیوسته که در بسیاری از مناطق، منجر به نابودی درختان شده و همه‌روزه بر وسعت آن افزوده می‌شود (Hamzhepour et al., 2011). خشکیدگی سبب کاهش میزان فتوسنتز در برگ‌ها می‌شود. از عوامل تأثیرگذار در ویژگی‌های مختلف گیاهان درون عرصه‌های باز و طبیعی، عوامل فیزیوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا و جهت است. چرا که پیدایش پوشش گیاهی، حاصل کنش متقابل بین عناصر رویشی و عوامل فیزیکی موجود در محیط است. عوامل مختلف مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه علاوه بر اینکه در استقرار توده‌های جنگلی نقش مهمی دارند، بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیولوژیکی آن‌ها نیز مؤثر هستند. شرایط فیزیوگرافی روی مقدار دسترسی به منابع اکولوژیک، تغییرات خاکی، تنوع جانوران خاک‌زی و ویژگی‌های خرد اقلیم هر عرصه تأثیرگذار است. در نتیجه این امکان وجود دارد که ویژگی‌های و ویژگی‌های گیاهی در شرایط فیزیوگرافی مختلف نسبت به دیگران متفاوت باشد. صفات گیاهی می‌توانند نشان‌دهنده تفاوت گونه‌ها در بهره‌وری و عملکرد و در نتیجه عامل توزیع گونه‌ها در طبیعت

ارتفاع از سطح دریا ارتباط معنی‌داری دارد. نتایج مربوط به بررسی ارتباط پستی و بلندی با گسترش زوال بلوط در جنگل مله‌سیاه ایلام نشان داد که جهت جغرافیایی بر میزان خشکیدگی درختان دانه‌زاد و ارتفاع از سطح دریا بر خشکیدگی درختان شاخه‌زاد اثر معنی‌دار داشت (Hosseinzadeh et al., 2015).  
 (2016) Golmohamadi et al. عنوان کردند که درختان سایه‌پسند، تحت تأثیر شرایط محیطی دچار خشکیدگی می‌شوند. اگرچه مقیاس وسیع خشکیدگی در یک ناحیه جغرافیایی ممکن است فقط روی یک گونه خاص اثر بگذارد، ولی گاهی نیز چند گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج بررسی رابطه خشکیدگی کاج تدا (*Pinus taeda*) با عوامل توپوگرافی نشان داد که کاج تدا در مناطق دارای شیب تند و همچنین در دامنه‌های جنوبی و جنوب غربی بیشتر از دیگر مناطق دچار خشکیدگی شد (Eckhardt et al., 2008).

(2018) Mohebi Bijarpasi et al. بیان کردند که با توجه به اینکه در بین صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بررسی شده، ویژگی محتوای آب نسبی، بیشترین تأثیرپذیری از محیط را نشان داد، از این رو می‌توان ذکر کرد که این ویژگی، عامل مهمی در توصیف صفات برگ راش نسبت به تغییرات آب و هوایی است. پژوهش‌های ذکر شده نشان می‌دهد که صفات گیاهی و همچنین شرایط مختلف آن‌ها به‌طور مستقیم تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی مانند ارتفاع از سطح دریا و جهت‌های جغرافیایی هستند. از این رو این بررسی سعی دارد به بررسی ارتباط بین عوامل فیزیوگرافی جهت و ارتفاع با شاخص‌های LAI، LMA و همچنین CWC بپردازد.

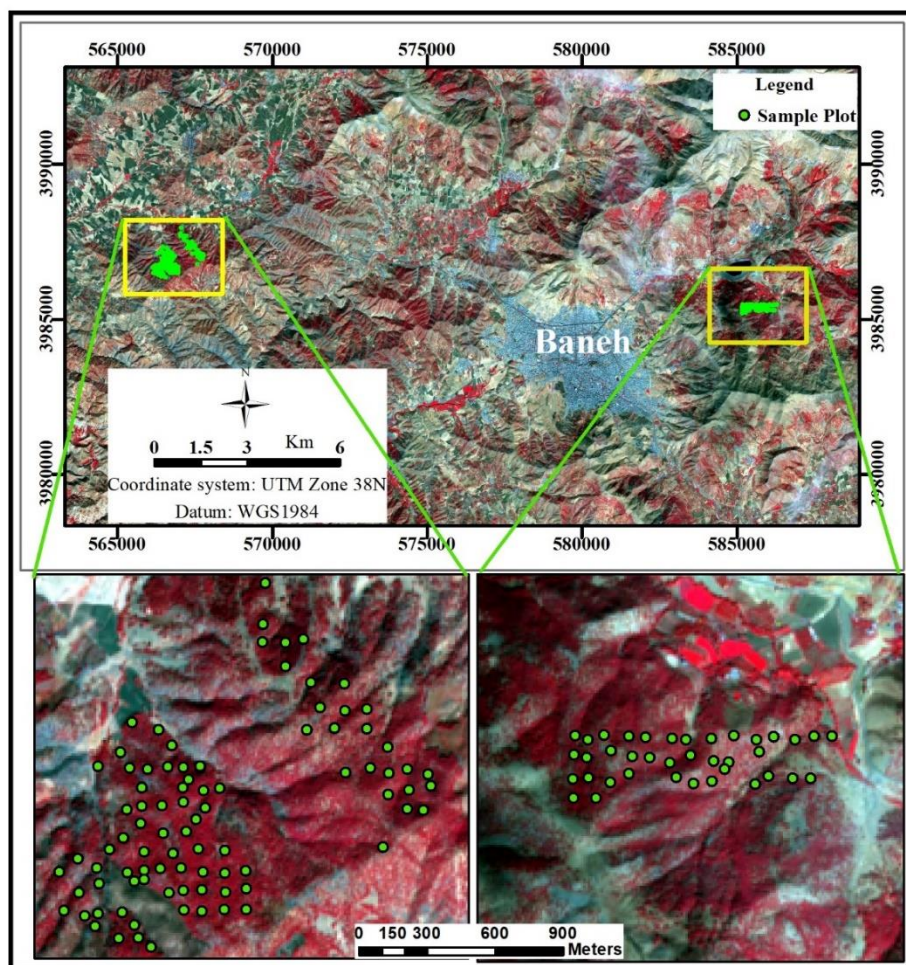
#### مواد و روش‌ها

گیاهان می‌تواند اطلاعات حیاتی در مورد تولید گیاه و همچنین ارزیابی وضعیت رویش گیاه و وضعیت سلامتی گیاه ارائه دهد (Zygielbaum et al., 2009). محتوای آبی گیاهان یکی از مهم‌ترین عامل‌های کنترل‌کننده فتوسنتز، تنفس و زی‌توده است به طوری که این عنصر حیاتی همراه با انرژی جذب‌شده خورشیدی توسط کلروفیل‌ها، تسهیل‌کننده واکنش‌های انتقال الکترون در فرآیند فتوسنتز است (Zhang et al., 2018). محتوای آبی در کلیه فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش اساسی دارد و کمبود آن در بافت‌های گیاهی این فرآیندها را با اشکال اساسی روبه‌رو خواهد کرد. پژوهش‌های گوناگونی نشان دادند که ویژگی‌های عملکردی برگ درختان در پاسخ به تغییرات ارتفاعی تغییر می‌کند. (2016) Guo et al. با بررسی سازگاری *Abies georgei* در ارتفاعات مختلف ۳۷۰۰ تا ۴۳۰۰ متر گزارش کردند که اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های عملکردی و نیز ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ این گونه در ارتفاع‌های مختلفی وجود داشت. آن‌ها بیان کردند که ارتفاع ۴۱۰۰ متر، مناسب‌ترین ارتفاع برای رشد بود. (2010) Heidari et al. و (2010) Shabani et al. با بررسی شاخص‌های تنوع زیستی مربوط به پوشش گیاهی در جنگل‌های زاگرس به این نتیجه رسیدند که عوامل فیزیوگرافی رویشگاه تأثیر معنی‌داری در تنوع پوشش و ویژگی‌های گیاهی دارد. (2009) Babaei Kafaki et al. در جنگل‌های خیرودکنار شمال به بررسی ویژگی‌های رویشگاهی و شرایط فیزیولوژیکی بر پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین ویژگی‌های رویشگاهی و عوامل فیزیوگرافی با مشخصه‌های گیاهی روابط معنی‌داری وجود دارد. در پژوهشی دیگر (2011) Khademi et al. عنوان کردند که میزان شاخص سطح برگ با عوامل محیطی رویشگاه مانند

## موقعیت و ویژگی‌های منطقه بهره‌برداری شده

شهرستان بانه در غرب استان کردستان در محدوده طول جغرافیایی  $45^{\circ}30'$  تا  $46^{\circ}15'$  درجه شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ}45'$  تا  $36^{\circ}15'$  شمالی واقع شده که منطقه‌ای کوهستانی و جنگلی است و در ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان از شمال به شهرستان‌های سقز و بوکان، از جنوب به مرز عراق، از شرق به شهرستان سقز و از غرب به شهرستان سردشت و مرز عراق محدود می‌شود (شکل ۱). از تصاویر سنجنده ماهواره سنتینل-۲ و ترکیب باندهای ۲، ۳ و ۸ مربوط به سنجنده سنتینل-۲ برای تهیه شکل ۱ استفاده شد. دو منطقه جنگلی که از نظر ارتفاع از

سطح دریا و تنوع گونه‌ای (ترکیب گونه‌ای وی‌ول و مازودار) مشابه اما از نظر تراکم تاج‌پوشش باهم تفاوت داشتند (با هدف جمع‌آوری دامنه بیشتری از شاخص‌های LAI، CWC و LMA) با مساحت حدود ۳۰۰ هکتار انتخاب شدند. مناطق نمونه‌برداری شده دارای دامنه ارتفاعی بین ۱۴۹۱ تا ۱۸۸۵ متر است. میانگین بارش سالیانه شهرستان ۶۷۲ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه حدود ۱۳/۹ سانتی‌گراد است (Moradi et al., 2020). گونه غالب منطقه مورد بررسی را وی‌ول (*Quercus libani Olive.*) تشکیل می‌دهد.

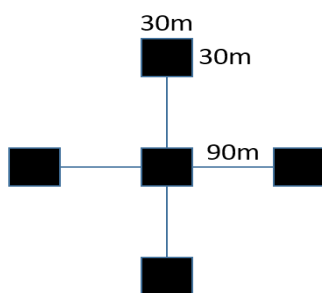


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی در استان کردستان - شهرستان بانه

Figure 1. Geographical location of the study area in Kurdistan province - Baneh city

برای بازیابی مراکز قطعه نمونه‌ها از سامانه موقعیت-یاب جهانی (GPS) استفاده شد. به علت انجام گلازنی-هایی که به تازگی انجام شده بود و سبب پاک‌تراشی عرصه در بعضی از نقاط شده بود، محل بعضی از قطعه نمونه‌ها جابه‌جا شد.

برای انجام این پژوهش، نمونه‌برداری به روش خوشه‌ای در ۳۰۰ هکتار از جنگل‌های بانه انجام شد. تعداد ۲۵ خوشه با پنج قطعه نمونه و به شکل مربع با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر و به فاصله ۹۰ متر بین قطعه نمونه‌ها پیاده شد (Kalbi et al., 2013) (شکل ۲).

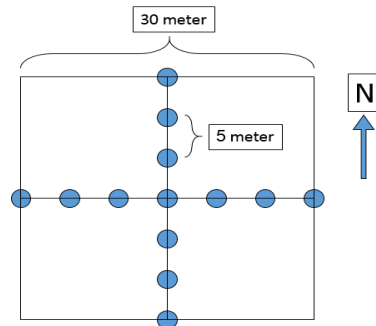


شکل ۲- الگوی روش خوشه‌ای

Figure 2. Cluster method model

متری در راستای شمال، سه عکس به فواصل پنج متری در راستای غرب، سه عکس به فواصل پنج متری در راستای جنوب و سه عکس به فواصل پنج متری در راستای شرق گرفته شد (شکل ۳). تمامی عکس‌های برداشت شده برای محاسبه مقادیر شاخص سطح برگ پردازش شدند. با توجه به ساختار شاخه‌زاد جنگل‌های مورد بررسی و ارتفاع پایین سه پایه دوربین در زمان عکس‌برداری قسمتی از زمین درون عکس قرار گرفته بود (Moradi et al., 2020). بنابراین در اولین مرحله سطح زمین ثبت شده داخل هر عکس با نرم‌افزار فتوشاپ حذف شدند. سپس عکس‌های نیم‌کروی ویرایش شده با استفاده از نرم‌افزار Gap Light Analyzer (GLA) پردازش و مقادیر شاخص سطح برگ برای عکس‌ها محاسبه شد (Miri et al., 2017; Stenberg et al., 2004). شاخص سطح برگ برای هر قطعه نمونه از میانگین شاخص سطح برگ محاسبه شده برای ۱۳ عکس موجود در هر قطعه نمونه به دست آمد.

لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) محدوده منطقه مورد بررسی با پیکسل سایز ۱۲/۵ در ۱۲/۵ متر از وبسایت <https://www.asf.alaska.edu/> دانلود شد. در نرم‌افزار Arc map مقدار ارتفاع برای هر قطعه نمونه از طریق برآورد میانگین ارتفاع پیکسل‌های پوشش داده شده قطعه نمونه استخراج شد. همچنین با بررسی جهت به وسیله قطب‌نما، نه جهت جغرافیایی (شمالی، شرقی، جنوبی، غربی، شمال شرقی، جنوب شرقی، جنوب غربی، شمال غربی و مسطح) برای هر قطعه نمونه مشخص شد. برآورد شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه آنالیزکننده تاج‌پوشش Li-COR LAI-2200 و یا با روش عکس‌برداری نیم‌کروی با استفاده از دوربین مجهز به عدسی چشم ماهی اجرا می‌شود (Miri et al., 2017). در این پژوهش از روش عکس‌برداری نیم‌کروی با استفاده از دوربین مجهز به عدسی چشم ماهی استفاده شد. عکس‌برداری در هر قطعه نمونه به این شیوه بود که یک عکس در مرکز قطعه نمونه گرفته شد سپس سه عکس با فواصل پنج



شکل ۳- نمای گرافیکی موقعیت قرارگیری دوربین چشم ماهی برای برداشت ۱۳ عکس در هر قطعه نمونه

Figure 2. Schematic presentation of a sample plot and the position of the fish eye camera to take nine photos

مساحت همان برگ‌ها برآورد شد. واحد این شاخص گرم بر مترمربع است (Mostaghimi et al., 2021). برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه مساحت‌یاب، و برای اندازه‌گیری وزن‌های تر و خشک برگ از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. مقادیر شاخص‌های LAI، CWC و LMA در هر مترمربع محاسبه شدند. در این پژوهش پنج طبقه ارتفاعی (از ۱۴۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۶۰۰، ۱۶۰۰-۱۷۰۰، ۱۷۰۰-۱۸۰۰ و ۱۸۰۰-۱۹۰۰) به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر تعیین شد و کل عرصه به نه جهت جغرافیایی تقسیم شد. پس از اطمینان از نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون Kolomogorov-Smirnov، به منظور مقایسه شاخص سطح برگ، محتوای آبی تاج‌پوشش و وزن ویژه برگ در پنج طبقه ارتفاعی و نه طبقه جهت از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way- ANOVA) به همراه آزمون مقایسه میانگین‌های Duncan در سطح اطمینان پنج درصد استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

### نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص‌های سطح برگ و وزن ویژه برگ اختلاف معنی‌داری در طبقات

در هر قطعه نمونه با توجه به تنوع گونه‌ای ۱۰ تا ۱۵ درخت انتخاب شد و شش تا ۱۰ برگ از شاخه‌های اصلی درختان منتخب که در بالای تاج‌پوشش قرار داشتند و رو به آفتاب بودند جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری از برگ‌های شاداب و سالم با سن متوسط انجام شد. وزن برگ‌های تازه (FW) بلافاصله اندازه‌گیری شده و میانگین آن برای قطعه نمونه محاسبه شد (Mohammed Ali et al., 2020).

پس از محاسبه میانگین وزن برگ تازه به عنوان وزن تر (FW) برگ‌ها را در پاکت‌های زیپ‌دار گذاشته و پس از انتقال به آزمایشگاه در آون هواکش-دار قرار داده شدند و در دمای بین ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند تا کاملاً خشک شده و به وزن ثابت برسند. سپس نمونه‌ها به-دقت وزن شدند و وزن خشک (DW) به دست آمد. مقدار درصد رطوبت نسبی (RH) از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

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

با ضرب کردن مقدار شاخص سطح برگ در درصد رطوبت نسبی محتوای آبی تاج‌پوشش در سطح قطعه نمونه برآورد شد (Mohammed Ali et al., 2020). مقدار LMA در هر قطعه نمونه به شیوه نسبت وزن خشک برگ‌های جمع‌آوری شده نسبت به

ارتفاعی و جهت‌های مختلف دارند. برای شاخص های مختلف مشاهده نشد، درحالی که در بین طبقات محتوای آبی تاج‌پوشش اختلاف معنی‌دار در جهت - ارتفاعی اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ارتفاع و جهت بر سطح برگ، محتوای آبی تاج‌پوشش و وزن ویژه برگ

Table 1. The effect of elevation and aspect on leaf area, canopy water content and leaf mass per area (ANOVA)

وزن ویژه برگ		محتوای آبی تاج‌پوشش		سطح برگ		درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variation
Leaf mass per area		Canopy water content		Leaf area			
ضریب تغییرات CV	میانگین مربعات MS	ضریب تغییرات CV	میانگین مربعات MS	ضریب تغییرات CV	میانگین مربعات MS		
0.35	7020.782**	0.18	1859.075*	0.16	0.229**	4	ارتفاع Elevation
0.35	3386.990**	0.18	604.605 <sup>ns</sup>	0.16	0.120**	7	جهت Aspect

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری اختلاف، اختلاف در سطح ۰.۰۵ و اختلاف در سطح ۰.۰۱ است.

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: indicate the non-significance of the difference, the difference at the level of 0.05 and the difference at the level of 0.01, respectively.

مقدار این شاخص در ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر (۱۲۶/۵۱) و کمترین آن در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر (۸۴/۲۳۶) بود.

جدول ۳ نشان می‌دهد که شاخص‌های LAI و LMA به صورت معنی‌دار تحت تأثیر جهت‌های جغرافیایی هستند. مقدار LAI در جهت شمال شرقی بیشترین (۱/۱۵) و در جهت جنوبی کمترین (۰/۸) مقدار است. بیشترین مقدار LMA در جهت جنوب - غربی (۱۱۹/۸۹) و کمترین آن در جهت شمال شرقی (۸۰/۰۷) بود.

جدول ۲ نشان می‌دهد که شاخص‌های LAI و CWC از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا، کاهش یافته و در بالاترین طبقه ارتفاعی دوباره افزایش می‌شوند. به طوری که بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر (۱/۱۲) و کمترین آن در ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر (۰/۹۰) بود. بیشترین و کمترین مقدار شاخص محتوای آبی تاج‌پوشش به ترتیب در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر (۱۰۵/۰۸) و ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر (۹۷/۰۶) به دست آمد. شاخص LMA از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا، افزایش یافته و در طبقه آخر کاهش می‌شود. بیشترین

جدول ۲- میانگین و اشتباه معیار سطح برگ، محتوای آبی تاج پوشش و وزن ویژه برگ در طبقات ارتفاعی مختلف

Table 2. Mean and standard error of leaf area, canopy water content and leaf mass per area in different elevation classes

وزن ویژه برگ (گرم بر مترمربع) Leaf mass per area (gr/m <sup>2</sup> )	محتوای آبی تاج پوشش (گرم بر مترمربع) Canopy water content (gr/m <sup>2</sup> )	سطح برگ (مترمربع) Leaf area (m <sup>2</sup> )	طبقات ارتفاعی (متر) Elevation class (m)
84.23 <sup>b</sup> ± 5.58	105.08 <sup>a</sup> ± 2.87	1.12 <sup>a</sup> ± 0.02	1500-1600
85.89 <sup>b</sup> ± 3.15	100.83 <sup>ab</sup> ± 3.21	1.10 <sup>a</sup> ± 0.02	1600-1700
126.51 <sup>a</sup> ± 10.15	97.06 <sup>ab</sup> ± 5.44	0.90 <sup>b</sup> ± 0.04	1700-1800
86.45 <sup>b</sup> ± 8.57	99.16 <sup>b</sup> ± 2.91	1.05 <sup>a</sup> ± 0.04	1800-1910

حروف غیرمشترک در هر ستون، نشانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون دانکن).

Dissimilar letters in each column represent significant differences at the level of 5 percent (Duncan analysis).

جدول ۳- میانگین و اشتباه معیار سطح برگ، محتوای آبی تاج پوشش و وزن ویژه برگ در جهت های جغرافیایی مختلف

Table 3. Mean and standard error of leaf area, canopy water content and leaf mass per area in different geographical aspects

وزن ویژه برگ (گرم بر مترمربع) Leaf mass per area (gr/m <sup>2</sup> )	محتوای آبی تاج پوشش (گرم بر مترمربع) Canopy water content (gr/m <sup>2</sup> )	سطح برگ (مترمربع) Leaf area (m <sup>2</sup> )	جهت Aspects
84.53 <sup>a</sup> ± 2.37	102.60 ± 2.89	1.11 <sup>ab</sup> ± 0.02	شمالی North
113.28 <sup>a</sup> ± 1.68	73.64 ± 2.22	0.80 <sup>c</sup> ± 0.00	جنوبی South
106.61 <sup>a</sup> ± 11.32	98.18 ± 5.01	0.95 <sup>abc</sup> ± 0.06	شرقی Eastern
89.15 <sup>a</sup> ± 18.06	88.81 ± 9.88	1.05 <sup>abc</sup> ± 0.08	غربی Western
80.07 <sup>a</sup> ± 3.07	105.20 ± 5.92	1.15 <sup>a</sup> ± 0.03	شمال شرقی Northeast
84.70 <sup>a</sup> ± 7.49	103.66 ± 5.75	1.13 <sup>ab</sup> ± 0.3	شمال غربی Northwest
105.07 <sup>a</sup> ± 2.01	90.09 ± 4.44	1.05 <sup>b</sup> ± 0.01	جنوب شرقی South East
119.89 <sup>a</sup> ± 20.72	88.76 ± 9.50	0.87 <sup>bc</sup> ± 0.12	جنوب غربی Southwest
85.61 <sup>a</sup> ± 0.99	98.50 ± 0.22	1.07 <sup>ab</sup> ± 0.00	سطح Flat

حروف غیرمشترک در هر ستون، نشانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد هستند (آزمون دانکن).

Dissimilar letters in each column represent significant differences at the level of 5 percent (Duncan analysis).



نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که و CWC دارد. نتایج نشان داد که بین هر سه شاخص ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی معنی‌داری با LAI همبستگی معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج همبستگی سطح برگ، محتوای آبی تاج‌پوشش و وزن ویژه برگ با عامل ارتفاع از سطح دریا

Table 4. Results of correlation between leaf area, canopy water content and leaf mass per area with elevation

سطح برگ Leaf area	محتوای آبی تاج‌پوشش Canopy water content	وزن ویژه برگ Leaf mass per area	
		0.331**	محتوای آبی تاج‌پوشش Canopy water content
	0.616**	-0.762**	سطح برگ Leaf area
-0.249**	-0.221*	0.162	ارتفاع Elevation

\* و \*\* به ترتیب نشانگر همبستگی‌های معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد هستند.

\* and \*\* indicate significant correlations at the level of five and one percent, respectively.

## بحث

پایین به سمت ارتفاعات بالا، کاهشی و در طبقه بالاتر دوباره افزایشی می‌شوند. شاخص LMA از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا نیز به صورت افزایشی بوده و در طبقه بالاتر کاهشی می‌شود. تغییر ناگهانی نتایج در آخرین طبقه ارتفاعی را می‌توان ناشی از عدم اجرای گلازنی در بالاترین طبقه دانست. آثار گلازنی-های گذشته در تمام طبقات مشاهده شد، ولی در طبقه ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متر نشانه‌های گلازنی مشاهده نشد. عدم گلازنی سبب داشتن تاج پرپشت و کامل درختان در این طبقه ارتفاعی شده که این موضوع سبب افزایش LAI و CWC و کاهش LMA شده است. شرایط دمایی و رطوبتی مناسب در طبقات پایین دست سبب رشد بهتر درختان و در نتیجه بالا بودن شاخص LAI می‌شود. با توجه به رطوبت مناسب و نقش مستقیم LAI در مقدار CWC مقدار رطوبت نسبی نیز در طبقات پایین بیشتر بود. با توجه به رابطه معکوس بین LAI و LMA رفتار این دو شاخص مخالف هم‌دیگر است. مشاهده می‌شود مقدار LMA در طبقات پایین کم‌تر و در طبقات ارتفاعی بالاتر مقدار

پراکنش گسترده بلوط‌ها می‌تواند نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد ویژگی‌های فیزیولوژیک آن‌ها تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی باشد. ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ درختان عاملی تعیین‌کننده در بسیاری از فرآیندهای زیستی جنگل مانند تبادلات گازی، عبور نور از تاج‌پوشش، تبخیر و تعرق فتوسنتز، چرخه کربن و نیتروژن است. ارتفاع از سطح دریا نقش مهمی در تغییر ویژگی‌های فیزیولوژی درختان دارد و بررسی آن کمک به شناخت بهتر محیط جنگل و موضوعات مرتبط با مدیریت توده‌های جنگلی در ارتفاعات مختلف می‌کند (Azizi et al., 2020). بنابراین ضروری است که تأثیر طبقات ارتفاع بر شاخص‌های فیزیولوژیکی جنگل‌های زاگرس شناسایی شود. نتایج این پژوهش نشان داد که ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری روی هر ۳ شاخص فیزیولوژیکی LAI، CWC و LMA دارد. نتایج میانگین شاخص‌ها در طبقات ارتفاعی مختلف نشان داد که شاخص‌های LAI و CWC از ارتفاع

فتوستتر را توجیه کند (Wright et al., 2004). پژوهش‌های Yelenosky and Guy (1989) نشان داد که میزان رطوبت نسبی برگ با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش پیدا می‌کند که با نتایج این پژوهش مشابه است. علت اختلاف کم در میزان میانگین شاخص‌ها در طبقات مختلف نمونه‌برداری را می‌توان به فاصله کم طبقات نسبت داد (Azizi et al., 2020). یکی از دلایل کاهش مقدار شاخص‌های LAI و CWC از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا و افزایش شاخص LMA از ارتفاع پایین به سمت ارتفاعات بالا، شدت بهره‌برداری جوامع روستایی از درختان در طبقات ارتفاعی مختلف است. برگ گونه‌های وی‌ول و مازودار نسبت به برودار برای تغذیه زمستان دام به عنوان علوفه درختی ارجحیت دارند (Valipour et al., 2013). در ارتفاعات ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ و ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ تنها گونه‌های وی‌ول و مازودار در عرصه مشاهده شد و حجم گلازنی مشاهده شده در این طبقات بیشتر از دیگر طبقات بود به‌همین دلیل می‌توان کاهش شاخص‌ها LAI و CWC را ناشی از آن دانست.

همانند ارتفاع از سطح دریا، جهت‌های جغرافیایی نیز روی شاخص‌های فیزیولوژیک مؤثر هستند و باید تأثیر آن‌ها مورد بررسی قرار بگیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که جهت‌های جغرافیایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی LAI، LMA دارد. در حالی که جهت اثر ضعیفی روی شاخص CWC نشان داد. مقدار LAI در جهت‌های شمالی و شمال شرقی بیشترین و در جهت جنوبی و جنوب غربی کمترین مقدار است. جنگل‌های زاگرس جز جنگل‌های نیمه‌خشک محسوب می‌شوند و رطوبت عاملی مهم و تأثیرگذار در این جنگل‌ها است. با توجه به تابش کمتر آفتاب و مناسب بودن شرایط رطوبت در جهت‌های شمالی، شرایط رشد برای درختان در این

آن بیشتر می‌شود (Grubb, 1977; Vitousek et al., 1992; Tanner et al., 1998; Kitayama and Aiba, 2002; Soethe et al., 2008). نتایج تحقیقات (Guo et al., 2016) نشان داد که با افزایش ارتفاع LAI کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ در ارتفاعات بالاتر از سطح دریا، ضخیم‌تر شدن برگ‌ها و افزایش بهره‌وری از نور می‌تواند استرس‌های ناشی از عوامل فیزیکی مانند دمای کم و اشعه ماوراء بنفش در ارتفاعات بالا را کاهش دهد. براساس نتایج این بررسی مشخص شد که ویژگی‌های سطح برگ و وزن ویژه خشک برگ به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر گرادیان ارتفاعی قرار دارند به‌طوری که سطح برگ با افزایش ارتفاع کاهش یافت، اما وزن ویژه برگ از ارتفاع ۳۷۰۰ تا ۴۱۰۰ متر کم شده و دوباره از ارتفاع ۴۱۰۰ متر مقدار این ویژگی در پاسخ به عامل ارتفاع افزایش یافت. علاوه بر ویژگی‌های فیزیوگرافی مانند شیب و ارتفاع، وزن ویژه برگ به‌واسطه عواملی مانند شدت نور، درجه حرارت و مواد مغذی قابل دسترس، تغییرپذیر است (Poorter et al., 2009). در حقیقت، مقادیر زیاد وزن ویژه از طریق ایجاد محدودیت برای تعرق برگ، عملکرد حفاظتی را فراهم می‌کند (Sletvold and Agren, 2012). برگ‌های با وزن ویژه بیشتر، حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات پتانسیل آب از خود نشان می‌دهند و با بستن روزنه‌ها سبب حفظ آب در برگ می‌شوند و از این طریق، محتوای آب برگ افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، برگ‌های با وزن ویژه کمتر، ظرفیت جذب کربن بیشتری دارند (Gratani, 2014). (Taguchi and Wada, 2001) بیان کردند که تغییرات به‌وجودآمده در صفات برگ، نشان‌دهنده پاسخ انطباقی به شرایط رشد است که سبب حفظ توازن کربن در مناطق کوهستانی می‌شود، بنابراین کم بودن وزن ویژه برگ تا حدی می‌تواند نرخ بیشتر

تخمین زد. از طرفی LMA شاخصی است که با بسیاری از ویژگی‌های عملکردی برگ در ارتباط است (de la Riva et al., 2016). پژوهش‌های قبلی روابط مختلفی را بین وزن ویژه برگ و مقدار نیتروژن برگ گزارش کرده‌اند (Zhang et al., 2014; Seyedi et al., 2019). به‌عنوان مثال (Mostaghimi et al., 2021) در بررسی‌ای که در جنگل‌های زاگرس انجام دادند، LMA درختان بلوط را با مقدار بالای نیتروژن برگ مرتبط دانستند و گزارش کردند که درجه هتروتروفی موخور (*Loranthus europaeus*) با مقدار LMA درختان بلوط میزبان ارتباط مثبت داشت. به این معنی که هرچه برگ بلوط میزبان LMA بیشتری داشته باشد، موخور روی آن مقدار نیتروژن و کربن آلی بیشتری دریافت کرده و درجه هتروتروفی بالاتری خواهد داشت. در این بررسی درجه هتروتروفی موخور از طریق اندازه‌گیری ایزوتوپ پایدار کربن برگ موخور و میزبان محاسبه شد و با توجه به ارتباط بین درجه هتروتروفی با LMA می‌توان وضعیت ایزوتوپ پایدار را از طریق برآورد LMA به راحتی و با هزینه کمتر بررسی کرد (Mostaghimi et al., 2021).

با توجه به ارتباط معنی‌دار بین عامل‌های مهم زیستی با شاخص‌های LMA، LAI و CWC با اندازه‌گیری این شاخص‌ها امکان بررسی وضعیت جنگل از نظر عامل‌های زیستی در زمان کم و با هزینه پایین وجود دارد.

بررسی عامل‌های فیزیوگرافی به دلیل وابستگی که به عامل‌های گوناگون در تعیین ویژگی‌های درختان و جنگل دارد، به‌تنهایی نمی‌تواند تمام سوال‌ها را در زمینه فیزیوگرافی پاسخ دهد، اما از آنجا که جزئیات زیادی را دربرمی‌گیرد راه مناسبی برای درک بسیاری از ناشناخته‌ها هستند. از میان آن‌ها می‌توان به تعیین

جهت‌ها مناسب‌تر بوده و شاخص LAI عدد بیشتری است. مقدار LMA در جهت‌های شمالی، شمال شرقی کمترین و در جهت‌های غربی، جنوب غربی بیشترین مقدار است. با توجه به رابطه عکس شاخص LMA با شاخص LAI و همچنین نقش وزن برگ‌های خشک در این شاخص، جهت‌های شمالی سبب کم‌شدن عدد مربوط به این شاخص می‌شوند و بیشترین مقدار LMA در جهت‌های جنوبی به‌دست می‌آید. (Fallah Chai et al., 2010) در پژوهشی بیان کردند که سطح برگ ویژه در جهت‌های شمالی و جنوبی با یکدیگر اختلاف داشته که شاید از عوامل مؤثر در این تفاوت وضعیت اکولوژیک ناهمسان در این دو جهت باشد. با توجه به اینکه در منطقه مورد بررسی، گونه غالب قطعه نمونه‌ها بلوط وی‌ول بود، امکان بررسی تفاوت میان گونه‌های مختلف بلوط بر روی شاخص‌ها وجود نداشت. در جهت‌های جنوبی و غربی علاوه بر ضعف رویشگاه (رطوبت کمتر، خاک ضعیف‌تر) به دلیل شرایط مناسب‌تر برای زندگی، محلی برای استقرار روستاها و مناطق مسکونی بوده و در نتیجه بیشترین تردد مردم و دام در این مناطق متمرکز بوده است (Valipour et al., 2013). این شرایط سبب تخریب بیشتر جنگل‌ها شده است و می‌تواند از عوامل کم بودن شاخص‌های LAI و CWC در جهت‌های جنوبی و بلعکس مقدار بالای شاخص LMA در این جهت باشد.

از بین ویژگی‌های خاک، نیتروژن قابل جذب ارتباط معنی‌داری با LAI دارد و با افزایش این عنصر مقدار شاخص سطح برگ زیاد می‌شود (Al Afas et al., 2009; Babaei Kafaki et al., 2005). با توجه به ارتباط معنی‌دار مثبت بین LAI و مقدار نیتروژن خاک، می‌توان با اندازه‌گیری LAI به‌طور تقریبی وضعیت نیتروژن خاک را که عاملی مهم و هزینه‌بردار است

وضعیت شاخص‌های گیاهی در جهت‌ها و ارتفاعات مختلف این امکان را فراهم می‌سازد تا اقدامات حفاظتی و حمایتی در شرایط مختلف توپوگرافی براساس اولویت و مقدار اهمیت هر منطقه انجام شود.

## References

- Al Afas, N.; Pellis, A.; Niinemets, Ü.; Ceulemans, R., Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. II. Clonal and year-to-year differences in leaf and petiole characteristics and stand leaf area index. *Biomass and Bioenergy* **2005**, *28* (6), 536-547.
- Azizi, K.; Naji, H. R.; Hassaneian Khoshroo, H.; Mehdi, H. M., Effect of Altitude and Growing Season on Some Physiological Properties of Leaf from Persian Oak (*Quercus brantii*) in Zagros Forest (Case study: Ilam). *Journal of Plant Process and Function* **2020**, *9* (35), 101-114. (In Persian)
- Babaei Kafaki, S.; Khademi, A.; Mataji, A., Relationship between leaf area index and phisiographical and edaphical condition in a *Quercus macranthera* stand (Case study: Andebil's forest, Khalkhal). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2009**, *17* (2), 289-280. (In Persian)
- de la Riva, E. G.; Olmo, M.; Poorter, H.; Uberta, J. L.; Villar, R., Leaf mass per area (LMA) and its relationship with leaf structure and anatomy in 34 Mediterranean woody species along a water availability gradient. *PloS one* **2016**, *11* (2), e0148788.
- Eckhardt, L. G.; Menard, R. D., Topographic features associated with loblolly pine decline in central Alabama. *Forest Ecology and management* **2008**, *255* (5-6), 1735-1739.
- Fallah-Chai, M. M.; Yousefi, M., Determining the specific leaf area and the amount of trace elements (nitrogen, phosphorus, calcium, potassium) in the leaf *Pistacia* species (Case study in Yasuj forests). *Quarterly Journal of Natural Resources Science and Technology* **2010**, *5* (3), 11-22. (In Persian)
- Golmohamadi, F.; Hassanzad-Navroodi, I.; Bonyad, A. E.; Mirzaei, J., Effects of Some Environmental Factors on Dieback Severity of Trees in Middle Zagros forests of Iran (Case Study: strait Daalaab, Ilam Province). *Journal of plant research (Iranian journal of biology)* **2016**, *30* (2), 644-655. (In Persian)
- مناسب‌ترین رویشگاه‌ها و قابلیت آن‌ها اشاره کرد. این پژوهش می‌تواند راهنمایی برای مدیران برای شناسایی نقاط ضعف و قوت جنگل و برنامه‌ریزی برای تمرکز عملیات مدیریتی باشد. به نوعی که بررسی
- Gratani, L., Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in botany* **2014**, *2014*.
- Grubb, P., Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1977**, 83-107.
- Guo, Q.-q.; Li, H.-e.; Zhang, W.-h., Variations in leaf functional traits and physiological characteristics of *Abies georgei* var. *smithii* along the altitude gradient in the Southeastern Tibetan Plateau. *Journal of Mountain science* **2016**, *13* (10), 1818-1828.
- Hamzehpour, M.; Kia-daliri, H.; Bordbar, K., Preliminary study of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) tree decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2011**, *19* (2), 363-352.
- Heidari, M.; Attar-Roshan, S.; Hatami, Kh., The evaluation of herb Layer biodiversity in relation to physiographical factors in south of Zagros forest ecosystem (Case study: Dalab protected area). *Renewable Natural Resources Research* **2010**, *1* (2), 28-42. (In Persian)
- Hosseinzadeh, J.; Pourhashemi, M., An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forests decline in Ilam. *Iranian Journal of Forest* **2015**, *7* (1), 57-66.
- Kalbi, S.; Fallah, A.; Shataee, SH.; Oladi, D. J., Estimation of Forest Structural Attributes Using ASTER Data. *Iranian Journal of Natural Resources* **2013**, *65* (4), 461-474. (In Persian)
- Khademi, A.; Kord, B.; Pourabbasi, S., Estimation Of Leaf Area Index In *Robinia Pseudoacacia* And Their Correlation With Physiography, Soil And Increment Properties (Case Study In Malayer's Affrostration). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources* **2011**, *6* (1), 41-52. (In Persian)
- Khoonsiavashan, S.; Shakeri, Z.; Mohammadi Samani, K.; Maroofi, H., Effect of livestock type and grazing intensity on vegetation

- composition and diversity in Armardeh forests, Baneh. *Forest Research and Development* **2021**, 7 (2), 213-234. (In Persian)
- Kitayama, K.; Aiba, S.-I., Ecosystem structure and productivity of tropical rain forests along altitudinal gradients with contrasting soil phosphorus pools on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Ecology* **2002**, 37-51.
- Lopez-Iglesias, B.; Villar, R.; Poorter, L., Functional traits predict drought performance and distribution of Mediterranean woody species. *Acta Oecologica* **2014**, 56, 10-18.
- Marvie Mohadjer, M. R. *Silviculture*. 3rd Ed, University of Tehran Press 2011, p 418.
- Miri, N.; Darvishsefat, A. A.; Zargham, N.; Shakeri, Z., Estimation of leaf area index in Zagros forests using Landsat 8 data. *Iranian Journal of Forest* **2017**, 9 (1), 29-42. (In Persian)
- Mohammed-Ali, A.; Darvishzadeh, R.; Skidmore, A.; Heurich, M.; Paganini, M.; Heiden, U.; Mücher., S., Evaluating Prediction Models for Mapping Canopy Chlorophyll Content Across Biomes. *Remote Sensing* **2020**, 12 (11), 1788
- Mohebi Bijarpasi, M.; Rostami Shahraji, T.; Samizadeh Lahiji, H., Effect of elevation gradient on morphological and physiological responses of *Fagus orientalis* Lipsky leaves in Guilan forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26 (4), 577-590.
- Moradi, G.; Pir Bavaghar, M.; Shakeri, Z.; Fatehi, P., Leaf area index estimation in the northern Zagros forests using remote sensing (Case study: a part of Baneh forests). *Forest Research and Development* **2020**, 6 (4), 679-693. (In Persian)
- Mostaghimi, F.; Seyedi, N.; Shafiei, A. B.; Correia, O., How do leaf carbon and nitrogen contents of oak hosts affect the heterotrophic level of *Loranthus europaeus*? Insights from stable isotope ecophysiology assays. *Ecological Indicators* **2021**, 125, 107583.
- Oren, R.; Schulze, E.-D.; Matyssek, R.; Zimmermann, R., Estimating photosynthetic rate and annual carbon gain in conifers from specific leaf weight and leaf biomass. *Oecologia* **1986**, 70 (2), 187-193.
- Poorter, H.; Niinemets, Ü.; Poorter, L.; Wright, I. J.; Villar, R., Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. *New phytologist* **2009**, 182 (3), 565-588.
- Quero, J. L.; Villar, R.; Marañón, T.; Zamora, R., Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses. *New Phytologist* **2006**, 170 (4), 819-834.
- Reich, P. B.; Walters, M. B.; Ellsworth, D. S., From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **1997**, 94 (25), 13730-13734.
- Seyedi, N.; Costa, C.; Máguas, C.; Correia, O., The contribution of leaf life span to sexual dimorphism in deciduous and evergreen *Pistacia* species under Mediterranean conditions. *Flora* **2019**, 251, 114-121.
- Shabani, S.; Akbarinia, M.; Jalali, S. Gh. A.; Aliarab, A. R., The effect of physiographic factors on plant species diversity in forest gaps (case study: Lalis Forest, Chalous). *Iranian Journal of Biology* **2010**, 23 (3), 418-429. (In Persian)
- Sletvold, N.; Ågren, J., Variation in tolerance to drought among Scandinavian populations of *Arabidopsis lyrata*. *Evolutionary Ecology* **2012**, 26 (3), 559-577.
- Soethe, N.; Lehmann, J.; Engels, C., Nutrient availability at different altitudes in a tropical montane forest in Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* **2008**, 24 (4), 397-406.
- Stenberg, P.; Rautiainen, M.; Manninen, T.; Voipio, P.; Smolander, H., Reduced simple ratio better than NDVI for estimating LAI in Finnish Pine and Spruce Stands. *Silva Fennica* **2004**, 38 (1), 1-14.
- Taguchi, Y.; Wada, N., Variations of leaf traits of an alpine shrub *Sieversia pentapetala* along an altitudinal gradient and under a simulated environmental change. *Polar Bioscience* **2001**, 14, 79-87.
- Tanner, E.; Vitousek, P. a.; Cuevas, E., Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains. *Ecology* **1998**, 79 (1), 10-22.
- Valipour, A.; Namiranian, M.; Ghazanfari, H.; Heshmatol Vaezin, S. M.; Lexer, M. J.; Plieninger, T., Relationships between forest structure and tree's dimensions with physiographical factors in Armardeh forests (Northern Zagros). *Iranian journal of Forest and Poplar research* **2013**, 21 (1), 30-47.
- Vitousek, P. M.; Aplet, G.; Turner, D.; Lockwood, J. J., The Mauna Loa

- environmental matrix: foliar and soil nutrients. *Oecologia* **1992**, 89 (3), 372-382.
- Wright, I. J.; Reich, P. B.; Westoby, M.; Ackerly, D. D.; Baruch, Z.; Bongers, F.; Cavender-Bares, J.; Chapin, T.; Cornelissen, J. H.; Diemer, M., The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* **2004**, 428 (6985), 821-827.
- Yelenosky, G.; Guy, C. L., Freezing tolerance of citrus, spinach, and petunia leaf tissue: osmotic adjustment and sensitivity to freeze induced cellular dehydration. *Plant physiology* **1989**, 89 (2), 444-451.
- Zhang, S.; Jiang, H.; Zhao, H.; Korpelainen, H.; Li, C., Sexually different physiological responses of *Populus cathayana* to nitrogen and phosphorus deficiencies. *Tree Physiology* **2014**, 34, 343-354.
- Zhang, Z.; Tang, B.; Li, zh., Retrieval of leaf water content from remotely sensed data using a vegetation index model constructed with shortwave infrared reflectances. *International Journal of Remote Sensing* **2018**, 40 (1), 1-11.
- Zygielbaum, A. I.; Gitelson, A. A.; Arkebauer, T. J.; Rundquist, D. C., Non-destructive detection of water stress and estimation of relative water content in maize. *Journal of Geophysical Research* **2009**, 36 (12), 1-12.

## Assessment of elevation and geographical aspect variability on leaf characteristics of trees in the North Zagros forests

S. Amini<sup>1</sup>, N. Seyedi<sup>\*2</sup>, P. Fatehi<sup>3</sup>, M. Pir Bavaghar<sup>4</sup>

1- PhD student in Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (s.aminibane@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (n.seyedi@urmia.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (parviz.fatehi@ut.ac.ir)

4- Associate Professor, Department of Forestry, Academic Member of Dr. Hedayat Ghazanfari Center for Research & Development of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran. (m.bavaghar@uok.ac.ir)

Received: 27.04.2022      Accepted: 23.07.2022

### Abstract

The aim of present study is investigating the effect of physiographic factors on leaf area index (LAI), leaf mass per area (LMA) and canopy water content (CWC). 125 square plots with dimensions of 30 meters by 30 meters in cluster method model were sampled. Plot elevation was determined by using digital elevation model (DEM) map. Also 9 aspects were determined using a compass device. Photographing the canopy and collecting leaves from the canopy were done to estimate the indices. The results showed that the elevation has a significant effect on all indices. The aspect has a significant effect on LAI and LMI indices. LAI and CWC indices decrease from low to high elevations and increase on the highest elevation. The LMA attribute also increases from low to high elevations and decreases in the highest elevation class again. The high LAI value observed in the north and northeast aspect and the lowest LAI observed in the south and southwest aspects. The CWC is higher in northern aspects and it is lower in the southern aspect. LMA is lower in the northern and northeastern aspects while it was higher in the western and south western aspects. Knowing the conditions of vegetation indicators status in different aspects and elevations, provides the possibility of prioritizing support and maintenance measures in different topographical conditions of the region.

**Keywords:** Leaf area, Physiography, Canopy water content, Leaf mass per area.

---

\* Corresponding author

Tel: +989144474598