پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۹، شماره ۲، صفحه ۲۷۳-۲۶۱، (۱۴۰۲)
DOI: 10.30466/jfrd.2023.54212.1605
DOR: 20.1001.1.24763551.1402.9.2.8.5

مقالهٔ پژوهشی

تغییرات روزنهٔ برگ انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C.A. Meyer) در جنگل‌های هیرکانی

مجتبی ایمانی راستابی[۱]، حمید جلیلوند*[۲]، اصغر فلاح[۳] و بهزاد شاهین کلیبر[٤]

۱- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (m_imani_m@yahoo.com)
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (hj_458_hj@yahoo.com)
۳- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (Fallaha2007@yahoo.com)
٤- استادیار، گروه بیولوژی و مولکولی، پژوهشکده ژنتیک و زیست فن‌آوری کشاورزی طبرستان، ساری، ایران. (shahin.bio65@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۳/۰٤ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۲۵

چکیده

انجیلی یکی از گونه‌های درختی بومی و طبیعی در جنگل‌های هیرکانی است که پراکنش گسترده‌ای در این جنگل‌ها دارد. با توجه به این‌که عوامل اقلیمی در جنگل‌های شمال ایران متغیر است؛ در این پژوهش شناسایی ارتباط شرایط بوم‌شناختی رویشگاه با صفات روزنهٔ برگ گونه درخت انجیلی مورد بررسی قرار گرفت. به‌این منظور، برگ درختان ۱۰ جمعیت از سه استان گیلان، مازندران و گلستان جمع‌آوری و ویژگی‌های ریخت‌شناسی سطح، تراکم، طول و عرض روزنهٔ آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین صفاتی چون قطر برابرسینه درخت، ارتفاع از سطح دریای رویشگاه، دما و بارندگی برای مدل‌سازی اقلیمی استفاده شد. نتایج نشان داد که با احتمال ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری بین مشخصه‌های روزنه درختان انجیلی در رویشگاه‌های مختلف وجود دارد ($P<0.001$). روند تغییرات تراکم روزنه از غرب به‌سمت شرق جنگل‌های شمال کاهشی بود، ولی مساحت روزنه از غرب به شرق روند افزایشی داشت. مدل پیش‌بینی‌شده نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا و دما بر تراکم روزنه اثر معنی‌داری داشت ($P<0.001$). همچنین، دما و بارندگی بر مساحت روزنه اثر معنی‌دار نشان داد ($P<0.001$)، اما اثر ارتفاع از سطح دریا و قطر برابرسینه درخت ارتباط معنی‌داری با مساحت روزنه نشان نداد. به‌طور کلی، می‌توان گفت که ویژگی‌های روزنه در گونه انجیلی ارتباط تنگاتنگی با شرایط اقلیمی حاکم بر رویشگاه دارد.

واژه‌های کلیدی: تنوع، ریخت‌شناسی، روزنه، صفات برگ، مدل‌سازی

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۱٤۰٦۱٦

مقدمه

انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C.A. Meyer) یکی از دو گونه جنس Parrotia از خانواده Hamamelidaceae است. این گونه از این جنس فقط به‌صورت بومی و طبیعی در کوه‌های البرز ایران می‌روید. گونه انجیلی در مناطق جنگلی در جنوب و جنوب غرب دریای خزر به‌شکل طبیعی پراکنش دارد. از نظر جغرافیایی، دامنه طبیعی آن در غرب، بیشتر در جلگه‌ای، میان‌بند و در مواردی تا ارتفاعات کوه‌های تالش در استان گیلان و در شرق تا استان گلستان پراکنش یافته است. البته یک محدوده با جمعیت جدا در جنگل‌های جنوب شرقی قفقاز (در کشور آذربایجان) انتشار یافته است (Sefidi et al., 2011).

این گونه از نظر پراکنش جغرافیایی دارای شرایط خوبی است و جزء گونه‌های درحال انقراض به‌شمار نمی‌رود (Sefidi, 2016)، اما برخی از مشخصه‌های ساختاری توده‌های انجیلی می‌تواند آن را در بین گونه‌های در معرض انقراض قرار دهد (Shariatnegad, 2005). متأسفانه قطع بی‌رویه، تخریب رویشگاه و عدم توجه مناسب به این گونه به‌دلیل نداشتن چوب باارزش صنعتی، این درختِ با اهمیت بوم‌شناختی را درمعرض خطر فرسایش ژنتیکی قرار داده است (Akhondnejad et al., 2016). همچنین برخی پژوهش‌های فلورستیک نشان داد که رویشگاه‌های انجیلی دارای ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی بسیار ارزشمندی است (Pourabbasi shiraz et al., 2022). بنابراین، با توجه به تخریب وسیع رویشگاه‌های انجیلی در شمال ایران (Sefidi, 2016) از یک سو و پژوهش‌های اندک این گونه از سوی دیگر، شناخت نیازهای بوم‌شناختی و تنوع‌زیستی جوامع جنگلی این گونه، برای حفاظت و مدیریت اصولی رویشگاه‌های آن ضروری به‌نظر می‌رسد (Browicz, 1982).

برگ‌ها به‌دلیل نقش مهم آن‌ها در فتوسنتز و کربن‌گیری از مهم‌ترین اندام‌های گیاهی برای پژوهش‌های ریخت‌شناسی به‌شمار می‌روند (Savolainen et al., 2007). ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی جزء نخستین و پرکاربردترین نشانگرهایی هستند که از دیرباز مورد توجه گیاه‌شناسان بوده‌اند و در این میان، صفات روزنهٔ برگ دارای جایگاه ویژه‌ای در رده‌بندی گیاهان است (Wang et al., 2001). صفات ریزریخت‌شناسی برگ‌ها می‌تواند یک نشانگر زیستی مهم در پاسخ گیاه به تغییر شرایط زیست‌محیطی باشد (McDermot et al., 2020).

به‌طور کلی، صفات ریختی هر گونهٔ گیاهی بازتاب ویژگی‌های بوم‌شناختی شرایط رویشگاهی است که می‌تواند شاهد تنوع درون و بین جمعیت گیاهی باشد (Satarian et al., 2012). بنابراین، ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی برگ از قبیل روزنه‌های برگ در شناسایی دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. درواقع، ریخت‌شناسی روزنه به کلید مناسبِ رده‌بندی در تعیین گونه‌های مختلف یک جنس، سالیان متعددی است که مورد استفاده قرار گرفته است (Baranek et al., 2006). روزنه‌ها منافذ کوچک سطح برگ و ساقه هستند که تنها پنج درصد از کل مساحت برگ را به‌خود اختصاص داده‌اند. با این وجود، با تنظیم مقدار نسبی ورود و خروج دی‌اکسید کربن و بخار آب در طی عمل فتوسنتز، رابطهٔ آب و زی‌تودهٔ گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Babosha et al., 2020). بنابراین، هماهنگی درست بین فتوسنتز و رفتار روزنه در عملکردهای متفاوت گیاه ضروری است (Kerchev et al., 2012). تغییر در تراکم، اندازه و موقعیت روزنه در سطح برگ در پاسخ به شرایط محیطی می‌تواند هدایت روزنه‌ای و درنتیجه چرخهٔ کربن و چرخهٔ آب‌شناختی را تحت تأثیر قرار دهد (Liu et al., 2018). دما یکی از عوامل محیطی است که در طول و یا قبل از فصل رویش

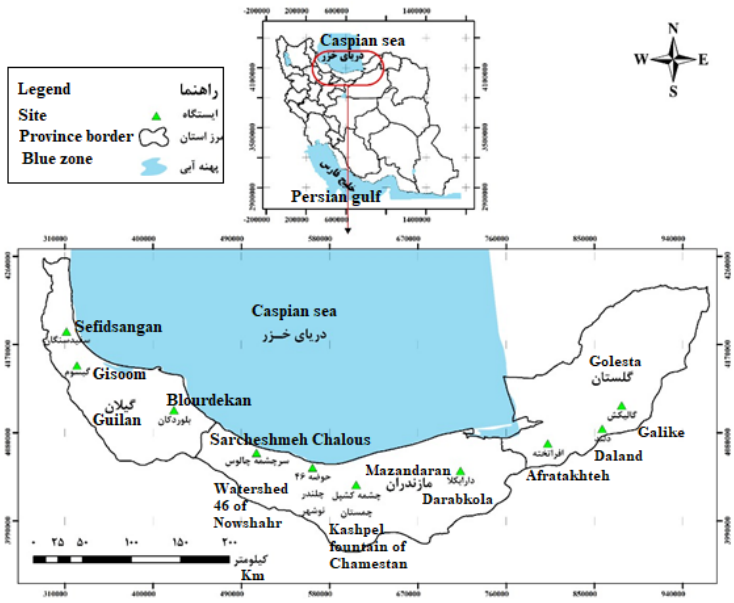
بر روی درختان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیر دارد. دما، انرژی لازم را برای شروع رشد و بارش، رطوبت لازم را برای رویش سالانه درختان در فصل رویش و بعد از آن فراهم می‌سازد (Hamidi et al., 2021). به‌طور کلی، نقش عوامل محیطی بر صفات ریزریخت‌شناسی درختان روشن است. پژوهش در ارتباط با بررسی تغییرات روزنهٔ برگ درخت ون (*Fraxinus excelsior* L.) با توجه به گرادیان ارتفاعی نشان داد که گرادیان ارتفاعی بر طول و عرض مساحت روزنه تأثیر معنی‌داری دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا مساحت و عرض روزنه روند کاهشی داشت و دلیل آن را تغییرات سازگاری با شرایط محیطی بیان کردند (Hamidoost et al., 2019).

گونه انجیلی با پراکنش گسترده، همواره دست‌خوش تغییراتی در صفات ظاهری خود است، با توجه به این‌که، امروزه در مورد بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی روزنهٔ گونه انجیلی در چند رویشگاه به‌طور هم‌زمان، پژوهش‌های چندانی انجام نشده است، از این‌رو بررسی ریزریخت‌شناسی می‌تواند گام مؤثری برای حفاظت و مدیریت اصولی این گونهٔ مهم بومی و طبیعی ایران باشد. این پژوهش، به‌طور ویژه، به دنبال پاسخ به این پرسش است: آیا صفات روزنه در رویشگاه‌های مختلف جنگل‌های هیرکانی دارای تفاوت معنی‌دار است؟ بیشترین و کمترین تراکم و مساحت روزنه مربوط به کدام رویشگاه‌ها است؟ آیا می‌توان مدلی برای پیش‌بینی اثر اقلیم بر مشخصات روزنهٔ برگ انجیلی ارائه داد؟

مواد و روش‌ها

روش پژوهش

برای بررسی صفات ریختی گونه انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C.A. Meyer) در جنگل‌های شمال ایران، این پژوهش در پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری طبرستان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. با توجه به این‌که، درخت انجیلی در سه استان گیلان، مازندران و گلستان به‌صورت توده‌های طبیعی پراکنش یافته است. از این‌رو، در این پژوهش سعی شد تا از سه استان مورد نظر، نمونه‌برداری انجام شود. موقعیت جمع‌آوری نمونه از رویشگاه‌ها در شکل ۱ آمده است. در مجموع سه رویشگاه در استان گیلان، سه رویشگاه در استان گلستان و چهار رویشگاه در استان مازندران مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به سطح پراکنش انجیلی در کل جنگل‌های هیرکانی، تلاش شد رویشگاه‌هایی انتخاب شوند که اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک (هوا و اقلیم‌شناسی) به آن‌ها نزدیک‌ترین باشند و با دقت بیشتر جمع‌آوری شود. در هر رویشگاه مشخصه‌های ارتفاع از سطح دریا، طول و عرض جغرافیایی با کمک دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. ۲۰ درخت با کلاسه قطری و ارتفاعی یکسان و با فاصله کمینه ۱۰۰ متر (Miles et al., 1995) ازهم انتخاب شدند و مشخصه‌های قطر برابرسینه درختان (به‌وسیله خط‌کش دوبازو)، ارتفاع درخت با دستگاه شیب‌سنج، و عرض و طول تاج درخت بر اساس آخرین حد گسترش تاج، با استفاده از متر نواری ثبت شد. همچنین برگ‌های بالغ درختان از یک جهت جغرافیایی (به‌طور قراردادی جهت جنوبی) و در اندازه‌های مختلف به مقدار لازم برداشت شد و پس از هم‌زدن برگ‌ها ده برگ از هر درخت به‌طور تصادفی انتخاب شدند. قابل ذکر است که پس از برداشت برگ درختان، در ظروف مناسب یخ تا زمان انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند.



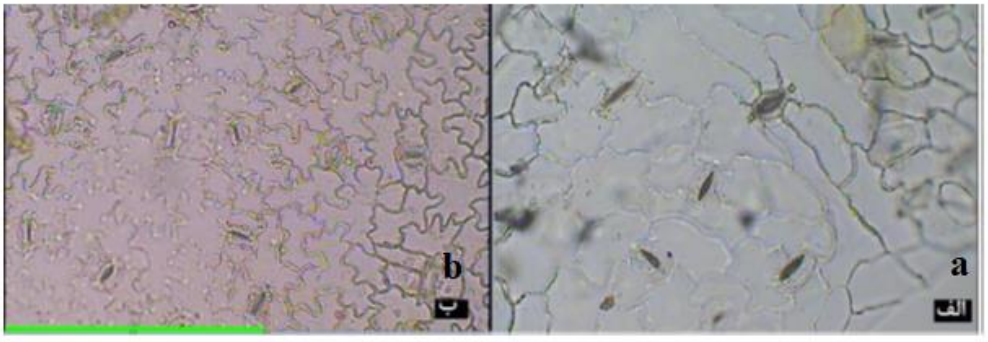
شکل ۱- موقعیت مکانی رویشگاه‌های برداشت نمونه

Figure 1. Location of sampling stations

روش بررسی صفات روزنه

برای بررسی مشخصات روزنه، ابتدا به‌وسیله تیغ آزمایشگاهی از لایه‌های اپیدرم برگ در سطح زیرین نمونه‌های بسیار نازک تهیه و پس از برداشتن کلروفیل برگ توسط تیمارهای آب ژاول و آب مقطر، نمونه تهیه شد. سپس نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری (مدل نیکون ys 100 با وضوح ۷٤۰×٤۸۰ پیکسل) مشاهده و عکس‌برداری شدند (شکل ۲-الف).

پس از تهیه عکس‌ها، شاخص‌های روزنه از قبیل طول، عرض و مساحت روزنه با استفاده از نرم‌افزار TPS dig2 (Rohlf, 2005) با دقت ۰/۰۱ میکرومتر اندازه‌گیری شد (شکل ۲-ب). محیط نرم‌افزار TPS dig بسیار ساده و با چندین نقطه‌گذاری در ابتدا و انتهای شکل روزنه مشخصه‌های طول و عرض روزنه در واحد میکرومتر به‌دست آمد. همچنین دو مشخصه تراکم روزنه و برآورد مساحت روزنه نیز در واحد میلی‌متر مربع انجام شد.



شکل ۲- الف) نمونه روزنهٔ برگ انجیلی زیر میکروسکوپ، ب) نمونه روزنهٔ برگ در نرم‌افزار TPS

Figure 2. A) Leaf stomata sample under a microscope, B) Leaf stomata sample in TPS software.

برای مقایسه روزنه درختان در رویشگاه‌های مورد بررسی بر اساس کلیه صفات کمی روزنه، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در نرم‌افزار SPSS استفاده شد (جدول ۱). به‌دلیل وجود همبستگی بالا بین متغیرهای محیطی و مشخصه‌های ریختی روزنهٔ برگ درختان انجیلی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار Past انجام شد (Hammer et al., 2001).

داده‌های اقلیمی

در این پژوهش از داده‌های هواشناسی نزدیک به مناطق مورد بررسی همراه با داده‌های اقلیمی رویشگاه‌های مذکور در سه استان گرگان، مازندران و گیلان به‌نحوی استفاده شد که تغییرات ارتفاع از سطح دریا مدنظر قرار گیرد. در این پژوهش از میانگین دما و بارندگی به‌عنوان شاخصی از دما و بارش در بلندمدت استفاده شد. مشخصات اقلیمی رویشگاه‌های مورد بررسی، مربوط به نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به رویشگاه، از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد (جدول ۱). با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هواشناسی، در نرم‌افزار R (Raster package) داده‌های موجود، برنامه‌نویسی شد. برای مدل‌سازی رابطه بین مشخصه‌های اقلیمی و تراکم و مساحت روزنهٔ برگ درختان انجیلی در محیط نرم‌افزار R، از متغیرهای قطر برابر سینه، طول و عرض روزنه، ارتفاع از سطح دریا، دما و بارندگی استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات اقلیمی رویشگاه‌های مورد بررسی

Table 1. Climatic characteristics of studied stands

رویشگاه Habitats	طول و عرض جغرافیایی Longitude and latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	اقلیم Climate
گیسوم Gisoom	48 21 E 37 75 N	-10.3	1372	15.5	بسیار مرطوب High humidity
سفیدسنگان Sefisangan	48 52 E 38 25 N	-18	1380.8	15.2	بسیار مرطوب High humidity
بلوردکان Blourdekan	49 36 E 37 15 N	-6.9	1359	15.9	بسیار مرطوب High humidity
چشمه کشپل Ceshmeh kashpel	52 23 E 36 28 N	23.7	702.6	17.4	نیمه مرطوب Sub-humidity
سیسنگان Sisangan	51 30 E 36 39 N	-15.6	1250.5	16.8	بسیار مرطوب High humidity
سرچشمه چالوس Sarcheshmeh Chalous	51 30 E 36 39 N	-20.9	1293.5	16.1	بسیار مرطوب High humidity
دارابکلا Darabkola	53 00 E 36 33 N	23.0	789.2	17.9	مرطوب Humidity
دلند Daland	55 10 E 37 15 N	37.2	456.2	18.6	مدیترانه‌ی Mediterranean
افراتخته Afratakhteh	53 65 E 36 01 N	10.6	585.6	17.5	مدیترانه‌ی Mediterranean
شصت کلاته Shastkolateh	54 16 E 36 51 N	13.3	601.0	17.8	مدیترانه‌ای Mediterranean

نتایج

مشخصه‌های آماری صفات مورد بررسی شامل میانگن، اشتباه معیار و مقایسه میانگین به روش توکی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین ابعاد روزنه در جمعیت‌های افراتخته و سفیدسنگان و کوچک‌ترین آن نیز در جمعیت گیسوم مشاهده شد. صفت عرض روزنه در رویشگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار است. به‌طوری‌که رویشگاه گیسوم دارای کمترین عرض روزنه و رویشگاه افراتخته دارای بیشترین عرض روزنه بود.

جدول ۲- میانگین±اشتباه معیار مشخصات آماری صفات روزنه در رویشگاه‌های مورد بررسی

Table 2. Mean ± standard error of statistical characteristics of stomata traits in the studied habitats

رویشگاه Habitats	طول روزنه (میکرومتر) (میانگین ± اشتباه معیار) Stomata length (µm) (mean ± standard error)	عرض روزنه (میکرومتر) Stomata width (µm)	تراکم روزنه (میکرومتر) Stomata density	مساحت روزنه (میکرومتر مربع) Stomata area(µm^2)
گیسوم Gisoom	23.51^{d}±2.61	18.23^{d}±1.89	10.40^{d}±1.12	390.70^{cd}±52.24
سفیدسنگان Sefisangan	27.21^{a}±0.80	24.34^{ab}±1.06	12.17^{c}±0.35	522.12^{a}±9.67
چشمه کشپل Ceshmeh kashpel	26.44^{ab}±1.21	22.63^{bc}±2.60	11.43^{d}±0.93	473.43^{ab}±78.59
سیسنگان Sisangan	26.13^{bd}±0.34	23.26^{ac}±1.46	13.57^{ab}±0.82	477.39^{ab}±35.07
دارابکلا Darabkola	25.55^{ad}±0.61	23.02^{bc}±1.12	13.60^{ab}±0.33	463.70^{ab}±38.91
دلند Daland	24.48^{bd}±0.26	21.84^{bc}±1.00	12.90^{c}±0.02	421.50^{bc}±21.79
سرچشمه چالوس Sarcheshmeh Chalous	25.10^{cd}±1.13	22.51^{bc}±1.39	11.80^{d}±0.16	444.12^{ac}±8.46
بلوردکان Blourdekan	23.21^{d}±0.11	20.87^{c}±0.52	24.70^{a}±0.11	380.94^{d}±12.20
افراتخته Afratakhteh	26.25^{ac}±1.86	25.75^{a}±2.12	10.77^{d}±47.00	533.94^{a}±79.63
شصت کلاته Shastkolateh	23.99^{cd}±0.99	22.12^{bc}±0.29	18.23^{bc}±0.76	417.27^{c}±16.16
F	3.605^{**}	6.109^{***}	7.739^{***}	5.694^{**}

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد (P< 0.01) و معنی‌داری در سطح پنج درصد (P< 0.05). حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

**and * Respectively Significant difference at the 1% level (P< 0.01) and significant difference at the 5% level (P< 0.05). Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% level.

از نظر طول روزنه نیز رویشگاه‌های گیسوم، سفیدسنگان و بلوردکان دارای تفاوت معنی‌داری با دیگر رویشگاه‌ها بودند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، رویشگاه سفیدسنگان و بلوردکان به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول روزنه بودند. مساحت روزنه درختان رویشگاه‌های گیسوم و افراتخته از رویشگاه‌های دیگر

قابل تفکیک بود. همچنین، رویشگاه گیسوم دارای کمترین مساحت روزنه و افراتخته دارای بیشترین مساحت روزنه بود. در صفت تراکم روزنه رویشگاه‌های بلوردکان و شصت‌کلاته دارای تفاوت معنی‌داری با دیگر جمعیت‌ها بودند. در ارتباط با صفت تراکم روزنه نیز رویشگاه‌های بلوردکان و گیسوم به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تراکم روزنه بودند.

مقدار دما و بارش در رویشگاه‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است، همان‌طور که مشاهده شد بارندگی از غرب (گیسوم) به شرق (دلند) جنگل‌های هیرکانی روند کاهشی و دما روند افزایشی دارد.

رابطه اقلیم و تراکم روزنه درختان انجیلی

نتایج مدل تراکم روزنه تحت عوامل اقلیمی کل مناطق مورد بررسی در رابطه ۱ آمده است. ضریب تبیین این مدل برابر با ۰/٤۹٦، ضریب تبیین تعدیل‌یافته مدل برابر با ۰/٤۸۳ و انحراف معیار خطا برابر با ۰/۲۵٦۲ به‌دست آمد که برای برآورد تراکم روزنه به‌دلیل تعداد زیاد متغیرهای مستقل و همین‌طور پایین بودن ضریب تبیین اصلاحی، مدل مناسبی نیست.

رابطهٔ (۱) Ln density= -22.110 - 0.372 ln length – 0.017 ln width + 6.396 ln temperature + 0.787 ln precipitation +0.118 ln DBH – 0.179 ln area – 0.156 ln height

که در این رابطه Ln density: لگاریتم طبیعی تراکم روزنه درختان انجیلی، Ln length: لگاریتم طبیعی طول روزنه، ln width: لگاریتم طبیعی عرض روزنه؛، ln temperature: لگاریییتم طبیعی دما به سانتی‌گراد، و ln precipitation: لگاریتم طبیعی بارندگی به میلی‌متر است، ln DBH: لگاریتم طبیعی قطر برابر سینه بر حسب میلی‌متر، ln area: لگاریتم طبیعی مساحت روزنه بر حسب میکرومتر مربع، ln height: لگاریتم طبیعی ارتفاع بر حسب متر است.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که در تراکم روزنه درختان منطقه به‌تفکیک هر رویشگاه تنها طول و عرض روزنه در مدل تأثیر داشت. تمام مدل‌ها برآوردگرهای خوبی برای تخمین تراکم در هر رویشگاه مورد بررسی هستند.

رابطه اقلیم و مساحت روزنه درختان انجیلی

نتایج مربوط به مدل مساحت روزنه تحت عوامل اقلیمی مناطق مورد بررسی در رابطه ۲ آمده است. ضریب تبیین این مدل برابر با ۰/۸۷۸، ضریب تبیین تعدیل‌یافته مدل برابر با ۰/۸۷۵ و انحراف معیار خطا برابر با ۰/۱۰۲۰ به‌دست آمد که نشان‌دهنده دقت قابل‌قبول این مدل برای محاسبه تراکم روزنه است؛ هرچند که تعداد متغیرهای مستقل زیاد هستند.

رابطهٔ (۲) Ln area= 0.760 + 0.565 ln length + 0.663 ln width + 0.138 ln temperature - 0.0.039 ln precipitation - 0.005 ln DBH +0.006 ln density + 0.007 ln height

که در این رابطه Ln density: لگاریتم طبیعی تراکم روزنه درختان انجیلی، Ln length: لگاریتم طبیعی طول روزنه، ln width: لگاریتم طبیعی عرض روزنه، ln temperature: لگاریتم طبیعی دما به سانتی‌گراد، و ln precipitation: لگاریتم طبیعی بارندگی به میلی‌متر است، ln DBH: لگاریتم طبیعی قطر برابر سینه بر حسب سانتی‌متر، ln area: لگاریتم طبیعی مساحت روزنه بر حسب میکرومتر مربع، ln height: لگاریتم طبیعی ارتفاع بر حسب متر. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که در مساحت روزنه درختان منطقه به تفکیک هر رویشگاه تنها طول و عرض روزنه در مدل تأثیر داشت.

جدول ۳- ضرایب متغیرهای تأثیرگذار و معنی‌داری آن‌ها بر تراکم روزنه درختان انجیلی

Table 3. Coefficients of effective and significant variables on the stoma density of evangelical trees

رویشگاه Site	مدل Model	ویژگی مدل Model properties				
		b0	b1	b2	R^2 Adj	Root MSE
سفیدسنگان Sefisangan	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.240**	1.000**	1.002**	0.999	0.005
گیسوم Gisoom	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.244**	1.006**	1.003**	0.999	0.005
بلوردکان Blourdekan	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.241**	0.998**	1.001**	0.999	0.004
سیسنگان Sisangan	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.238**	0.990**	0.996**	0.999	0.004
سرچشمه چالوس Sarcheshmeh Chalous	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.236**	0.995**	1.006**	0.999	0.005
چشمه کشپل Ceshmeh kashpel	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.236**	0.998**	1.005**	0.999	0.005
دارابکلا Darabkola	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.237**	0.994**	1.006**	0.999	0.009
شصت کلاته Shastkolateh	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.206**	0.998**	1.046**	0.989	0.054
افراتخته Afratakhteh	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.233**	0.988**	1.001**	0.999	0.007
دلند Daland	Y= b0+b1 ln length+ b2 ln wight	-0.240**	1.001**	1.001**	0.999	0.008

b0: ضریب ثابت، b1,2: ضرایب متغیر، R^2: ضریب تبیین، $Adj.R^2$: ضریب تبیین تعدیل‌یافته، lnY: لگاریتم طبیعی تراکم روزنه برحسب تعداد در میکرومترمربع، ln length: لگاریتم طبیعی طول روزنه بر حسب میکرومتر، ln wight: لگاریتم طبیعی عرض روزنه بر حسب میکرومتر، Root MSE: انحراف معیار خطای مدل؛ **، معنی‌داری در سطح احتمال یه درصد (P<0.01).

b0: fixed coefficient, b1,2: Variable coefficients, R^2: Coefficient of explanation, $Adj.R^2$: Adjusted coefficient of explanation, lnY: the natural logarithm of stomatal density in terms of number per square decimeter, ln length: natural logarithm of aperture length in decimeters, ln wight: The natural logarithm of aperture width (decimeters), Root MSE: root mean square error. ** Significance in the 99% confidence interval (P<0.01).

بحث

در این پژوهش، نتایج تجزیه واریانس صفات روزنه نشان داد که از نظر تنوع صفات روزنه بین تمامی رویشگاه‌ها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. وجود تنوع در صفات روزنه در جمعیت‌ها می‌تواند به‌دلیل اکلیماسیون به شرایط محیطی (Luo and Zhou, 2001) و در ارتباط مستقیم با شرایط بوم‌شناسی باشد (Schoettle and Rochelle, 2008). در برخی از پژوهش‌ها گزارش شد که در بعضی از گونه‌ها صفات روزنه به‌شدت وابسته به ژنتیک گیاه است (Russo et al., 2014). Čortan et al. (2017) در بررسی تغییر صفات روزنهٔ برگ در درون و در میان جمعیت‌های بومی صنوبر سیاه در صربستان به این نتیجه رسیدند که شرایط محیطی جمعیت مورد بررسی بر تفاوت فنوتیپی روزنه (به‌جز طول منافذ و شکل روزنه) تأثیرپذیر نبود و این صفات بیشتر تحت تأثیر ژنتیک بودند. در پژوهشی McDermot et al. (2020) بیان کردند که شرایط محیطی مانند افزایش دی‌اکسیدکربن در جو و دمای گرم‌تر در محیط‌های شهری با مقیاس منطقه‌ای، پتانسیل ایجاد تغییرات در هدایت روزنه‌ای و سینتیک روزنه‌ای را دارند.

Hamidoost et al. (2019) در پژوهش تغییر صفات روزنهٔ برگ زبان گنجشک (*Fraxinus excelsior* L.) در ارتفاعات ۵۰۰، ۷۰۰ و ۹۰۰ متری به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع طول، عرض و مساحت روزنهٔ برگ کاهش و تراکم روزنه افزایش می‌یابد که این به‌دلیل تغییر مکانیسم گیاه در برابر تغییر شرایط محیطی است. Baboshaa et al. (2020) در بررسی صفات روزنه چند شکلی در درخت سیب تحت شرایط رشد در مناطق پست و مرتفع اظهار داشتند که تحت شرایط مطلوب (ارتفاع ٦٠٠ متر از سطح دریا) تراکم روزنه افزایش می‌یابد در ارتفاع ۳۰۰ متر از سطح دریا به‌دلیل خشکی و دمای بالا و در ارتفاعات بالای ۱۲۰۰ متر از سطح دریا به‌دلیل افت دمای هوا تغییراتی در ریزریخت‌شناسی گیاه برای سازگاری با شرایط جدید ایجاد می‌شود. Satarian et al. (2012) تراکم روزنه را در ارتباط غیرمستقیم به دی‌اکسیدکربن اتمسفر نشان دادند. به‌طوری که با کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن، تراکم روزنه در گیاه افزایش می‌یابد. Hovenden and Vander (2004) در پژوهشی بر روی گونه راش شرقی مشاهده کردند که طول برگ با افزایش ارتفاع رابطه معکوس و با تراکم روزنه رابطه مستقیم دارد که بیانگر این است که این صفات تحت تأثیر محیط هستند و در ادامه نشان داده شد که ضخامت برگ متأثر از ژن است.

در جدول ۲، میانگین دو صفت تراکم و مساحت روزنه به تفکیک رویشگاه‌های مورد بررسی در جنگل‌های هیرکانی نشان داد که تراکم روزنه به‌ترتیب در غرب جنگل‌های هیرکانی بیشتر از قسمت‌های مرکزی و شرق آن است. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت در قسمت‌های غربی که رطوبت به‌مراتب بیشتر از قسمت‌های مرکزی و شرقی است؛ برگ‌ها، تعداد روزنه بیشتری دارند. این موضوع احتمالاً به‌دلیل راه‌کاری است که درخت انجیلی برای تعرق و فتوسنتز به‌کار می‌برد. از آنجا که تاکنون پژوهشی روی مقایسه ابعاد روزنه‌ها در گرادیان‌های ارتفاعی یا بین رویشگاه‌های مختلف در دسترس نبود، تنها می‌توان این نتیجه را با پژوهش‌های فراوانی که در شرایط تنش خشکی و آبیاری انجام شده (Zhu, 2003; Gray et al., 2016) مقایسه کرد. به‌طور مثال پژوهش Noormahnad et al. (2010) بیانگر کاهش تعداد و اندازه روزنه گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) در اثر کاهش آبیاری بوده است. در ارتباط با مساحت روزنهٔ برگ نیز با توجه به کاهش سطح برگ تحت تأثیر تنش خشکی در گیاهان، کاهش سطح روزنه پیش‌بینی می‌شود (Torrecillas et al., 1996; Dai et al., 2020).

شاید بتوان گفت چون در قسمت مرکزی و شرق جنگل‌های هیرکانی تعداد ماه‌های خشک بیشتر از قسمت‌های غربی جنگل‌های هیرکانی است (Marvi mohadjer, 2019) ممکن است بتوان احتمال داد که که مساحت روزنه در در قسمت مرکزی و شرقی کمتر باشد، اما نتایج پژوهش حاضر عکس آن را نشان داد. در برخی پژوهش‌ها نیز تفاوت در واریته‌های یک گونهٔ گیاهی سبب تغییر در مساحت روزنه شده است (Shirbani et al., 2012). در نتیجه با توجه به یکسان بودن گونهٔ مورد بررسی و شرایط یکسان نمونه‌های مورد بررسی (تمامی برگ‌ها بالغ بودند) تفاوت در مساحت روزنهٔ برگ بین رویشگاه‌های مورد بررسی را می‌توان به‌دلیل تفاوت در فاصلهٔ زمانی آزمایشات دانست. به‌طوری که چون قسمت مرکزی و شرق جنگل‌های هیرکانی به آزمایشگاه تحقیقاتی نزدیک‌تر بودند در نتیجه برگ و روزنه‌ها کمتر از حالت طبیعی خود خارج شده و دقیق‌تر بررسی شدند. از طرفی دیگر به‌دلیل طولانی‌بودن فاصله مکانی و زمانی رویشگاه‌های قسمت‌های غربی، این احتمال وجود دارد که برگ‌ها کمی خشک‌تر شده و آماس و جمع‌شدگی روزنه‌ها رخ

داده باشد. البته Satarian et al. (2012) کاهش ابعاد سلول‌های روزنه را به‌دلیل خشکی خاک در مناطق رویشی مختلف بیان داشتند.

با توجه به نتایج مدل‌سازی بین متغیرهای اقلیمی و تراکم و مساحت روزنهٔ برگ درختان انجیلی، تمامی متغیرها اثری معنی‌دار در مدل داشتند (رابطه‌های ۱ و ۲). نتایج در ارتباط با تراکم نشان داد که یک رابطه با قطعیت بالا برای کل جنگل‌های هیرکانی وجود ندارد (R^2= 0.4957)، اما برای مساحت روزنه و مشخصه‌های مورد بررسی یک رابطه با قطعیت مناسب (R^2= 0.8778) برای کل جنگل‌های هیرکانی به‌دست آمد. همچنین، نتایج معادلات این پژوهش با ضریب تبیین بالا، برای هر رویشگاه (جدول ۳ برای تراکم روزنه و رابطه ۲ برای مساحت روزنه) وجود دارد. احتمالاً این نتیجه، شاید تأکیدی بر اندمیک بودن انجیلی باشد. به‌عبارت دیگر انجیلی در هر رویشگاه خود را به‌طور دقیق با همان شرایط اقلیمی و ادافیکی وفق می‌دهد. این احتمال وجود دارد که انجیلی در هر رویشگاه رفتار خاص خود را داشته باشد که این موضوع نیازمند بررسی بیشتری است. آنچه که از نتایج این پژوهش می‌توان دریافت این است که انجیلی در جنگل‌های هیرکانی از نظر تراکم روزنه، متأثر از اقلیم نیست ولی مساحت روزنه تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار گرفته است که این موضوع به سرشت گونه‌ای انجیلی ممکن است مرتبط باشد. Al Afas et al. (2006) گزارش کردند که تراکم و مساحت روزنه می‌تواند در برگ‌ها، گیاهان و افراد یک گونه متفاوت باشد. همچنین می‌تواند باتوجه به عوامل محیطی و اقلیمی مانند دما، رطوبت هوا، دردسترس‌بودن آب و غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر تفاوت داشته باشد. در پژوهش Gholamalipour Alamdari et al. (2020) همچنین نشان دادند که بین اندازه روزنه (مساحت روزنه) با تراکم روزنه در دو سطح رویی و زیرین برگ رابطه معکوسی برقرار است و عوامل اقلیمی نقش به‌سزایی در ویژگی‌های برگ درختان دارند. نتایج این پژوهش و دیگر پژوهش‌های مشابه نشان می‌دهد که شاخص‌های اقلیمی بر حسب مکان و نوع اقلیم اثرهای متفاوتی روی درختان دارند. به‌این دلیل به‌نظر می‌رسد که انجیلی دارای اکوتیپ‌های محلیِ تحت تأثیر اقلیم همان مکان است. همچنین انتخاب بازه زمانی مناسب برای ارتباط دادن عوامل اقلیمی با ویژگی‌های درختان، بسته به هدف پژوهش متفاوت است؛ برای یافتن اثر اقلیمی غالب، بازه‌های بلند مدت‌تر (سالیانه) توصیه شده، در حالی که بازه‌های ماهیانه، جزئیات بیشتر و در عین حال پیچیده‌تر و مبهم‌تری از این نحوه ارتباط به‌دست می‌دهند (Hamidi et al., 2021).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده در ارتباط با پرسش اول پژوهش نشان داد که اثر اقلیمِ رویشگاهی بر صفات روزنهٔ برگ درختان انجیلی در جنگل‌های هیرکانی دارای تفاوت معنی‌دار است. در ارتباط با پرسش دوم نتایج نشان داد که روند تغییرات تراکم روزنه از غرب به‌سمت شرق جنگل‌های هیرکانی کاهشی است، ولی مساحت روزنه از غرب به شرق روند افزایشی دارد. همچنین برای پرسش سوم نتیجه‌گیری شد که در مدل پیش‌بینی‌شده، عامل ارتفاع از سطح دریا و دما بر تراکم روزنه اثر معنی‌داری دارند. به‌طورکلی، با مدل پیش‌بینی‌شده اثر اقلیم بر مشخصات روزنه می‌توان گفت که ویژگی‌های روزنه در گونهٔ انجیلی ارتباط تنگاتنگی با شرایط اقلیمی حاکم بر رویشگاه دارد. البته باید تنش‌های زیستی مانند عوامل انسانی و برداشت آشکوب فوقانی در بهره‌برداری‌های چوب را هم مورد توجه قرار داد که ممکن است این گونه را در معرض تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و فشردگی خاک قرار

داده باشد، که لازم است در تحقیقات دیگری مورد ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بابت حمایت مالی طرح پژوهشی با کد ۰۱-۱۳۹٤-۰٤ تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید. همچنین از ریاست و مجموعه پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان برای فراهم‌سازی شرایط انجام آزمایشات این پژوهش کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

References

Akhondnejad, S.; Asri, Y.; Khakpour Moghaddam, T., Introduction of the flora, life form and chorology of the Parrotia persica CA Mey. Habitats (case study: Izdeh-e Noor area). *Taxonomy and Biosystematics* **2016,** *8* (29), 103-120.

Al Afas, N.; Marron, N.; Ceulemans, R., Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (Populus) clones in a short rotation coppice culture. *Environmental and Experimental Botany* **2006,** *58* (1-3), 279-286.

Babosha, A.; Kumachova, T. K.; Ryabchenko, A.; Komarova, G., Stomata polymorphism in leaves of apple trees (Malus domestica Borkh.) growing under mountain and plain conditions. *Biology Bulletin* **2020,** *47*, 352-363.

Baránek, M.; Raddová, J.; Pidra, M., Comparative analysis of genetic diversity in Prunus L. as revealed by RAPD and SSR markers. *Scientia Horticulturae* **2006,** *108* (3), 253-259.

Browicz, K., Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions. Vol. 1. *Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions. Vol. 1*. **1982**.

Čortan, D.; Vilotić, D.; Šijačić-Nikolić, M.; Miljković, D., Leaf stomatal traits variation within and among black poplar native populations in Serbia. *Bosque (Valdivia)* **2017,** *38* (2), 337-345.

Dai, L.; Li, J.; Harmens, H.; Zheng, X.; Zhang, C., Melatonin enhances drought resistance by regulating leaf stomatal behaviour, root growth and catalase activity in two contrasting rapeseed (Brassica napus L.) genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry* **2020,** *149*, 86-95.

Gholamalipour Alamdari, E.; Sabouri, H.; Ahangar, L.; Hosseini, S. M., Diversity of leaf epidermal characteristics and plant metabolites of Chenopodium album population in various geographical directions of summer crop in Gonbad Kavous. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2020,** *33* (1), 68-76. (In Persian)

Gray, S. B.; Brady, S. M., Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology* **2016,** *419* (1), 64-77.

Hamidi, S. K.; Fallah, A.; Bayat, M.; De Luis, M., The effects of climate variables (temperature and precipitation) on growth characteristics of trees (case study: Farim forest). *Forest Research and Development* **2020,** *6* (4), 593-607. (In Persian)

Hamidoost, L.; Torkaman, J.; Rostami Shahraji, T.; Amanzadeh, B., The effect of Altitude (above sea level) on stomata and Secretory duct Characteristics in leave of Fraxinus excelsior L. *Forest Research and Development* **2019,** *5* (1), 113-124. (In Persian)

Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D., Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, **2001,** *4* (1), 1-9.

Hovenden, M. J.; Vander Schoor, J. K., Nature vs nurture in the leaf morphology of Southern beech, Nothofagus cunninghamii (Nothofagaceae). *New Phytologist* **2004,** *161* (2), 585-594.

Kerchev, P. I.; Fenton, B.; Foyer, C. H.; Hancock, R. D., Plant responses to insect herbivory: interactions between photosynthesis, reactive oxygen species and hormonal signalling pathways. *Plant, Cell & Environment* **2012,** *35* (2), 441-453.

Liu, C.; He, N.; Zhang, J.; Li, Y.; Wang, Q.; Sack, L.; Yu, G., Variation of stomatal traits from cold temperate to tropical forests and association with water use efficiency. *Functional Ecology* **2018,** *32* (1), 20-28.

Luo, Y.; Zhou, Z.-K., Leaf epidermis of Quercus subgen. Cyclobalanopsis (Oerst.) Schneid. (Fagaceae). *Acta Phytotaxonomica Sinica* **2001,** *39* (6), 489-501.

Marvi mohadjer, M. R. *Silviculture*, University of Tehran press, 2019; 388 p. (In Persian)

McDermot, C. R.; D'Amico, V.; Trammell, T., Sensitivity of stomate size in red maple (Acer rubrum L.) trees in deciduous forests to urban conditions. **2020,** doi:10.20944/preprints202004. 0235.v1

Merwin, M. L.; Martin, J. A.; Westfall, R. D., Provenance and progeny variation in growth and frost tolerance of Casuarina cunninghamiana in California, USA. *Forest Ecology and Management* **1995,** *79* (3), 161-171.

Nourmahnad, N.; Emamzadei, M.; Ghorbani, B.; Mohamdkhani, A., Effects of Deficit Irrigation Management on Water Use Efficiency and Some Physiologic and Phenologic Properties of Tomato (Lycopersicon esculentum). *JWSS-Isfahan University of Technology* **2010,** *13* (50), 1-11.

Pourabbasi Shiraz, S.; Pourbabaei, H.; Heidari Safari Kouchi, A., Investigation of composition and plant diversity of Persian ironwood (Parrotia persica CA Mey) site, Chafroud's forest of Guilan province. *Forest Research and Development* **2022,** *8* (2), 147-163. (In Persian)

Rohlf, F. J., tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.05. *Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook* **2005**.

Russo, G.; De Angelis, P.; Mickle, J. E.; Lumaga Barone, M. R., Stomata morphological traits in two different genotypes of Populus nigra L. *iForest-Biogeosciences and Forestry* **2014,** *8* (4), 547.

Satarian, A.; Chaplagh, A.; Zarafshar, M.; Jalali, Gh.A.; Akbarian, M., Relationship between Evangelical species stomata and ecological conditions of habitat in the coastal strip of northern Iran. *Iranian Natural Ecosystems* **2012,** *2*(4): 1-12. (In Persian)

Savolainen, O.; Bokma, F.; Knürr, T.; Kärkkäinen, K.; Pyhäjärvi, T.; Wachowiak, W., Adaptation of forest trees to climate change. *EUFORGEN Climate Change and Forest Genetic Diversity: implications for sustainable forest management in Europe, Paris, France, 15-16 March 2006* **2007**, 19-30.

Schoettle, A. W.; Rochelle, S., Morphological variation of Pinus flexilis (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations. *American Journal of Botany* **2000,** *87* (12), 1797-1806.

Sefidi, K., Structural diversity as component of biodiversity in forest ecosystems, case study from population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer) in the north Iran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2016,** *29* (4), 794-807. (In Persian)

Sefidi, K.; Mohadjer, M. R. M.; Etemad, V.; Copenheaver, C. A., Stand characteristics and distribution of a relict population of Persian ironwood (Parrotia persica CA Meyer) in northern Iran. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **2011,** *206* (5), 418-422.

Shariatnegad, S., *Global Forest Resources Assessment Country Reports: Islamic Republic of Iran*. In: Nations, F.D.F.a.A.O.o.t.U.s (Ed.), Rome, 2005**,** 41p.

Shirbani, S.; Nejad, G.; Shoor, M., A study of the stomatal characteristics in fig cultivars under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science* **2012,** *43* (2), 125-133. (In Persian)

Torrecillas, A.; Alarcón, J.; Domingo, R.; Planes, J.; Sánchez-Blanco, M., Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science* **1996,** *118* (2), 135-143.

Wang, X.-R.; Szmidt, A. E., Molecular markers in population genetics of forest trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* **2001,** *16* (3), 199-220.

Zhu, J.-K., Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual review of plant Biology* **2002,** *53* (1), 247-273.

Changes in the stomata traits of iron wood (*Parrotia persica* (DC.) C.A. Meyer) in Hyrcanian forests

M. Imani[1], H. Jalilvand[*2], A. Fallah[3] and B. Shaheen Kaleybar[4]

1- PhD. of Silviculture and Ecology, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran. (M_imani_M@yahoo.com)
2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran. (hj_458_hj@yahoo.com)
3- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, I. R. Iran. (Fallaha2007@yahoo.com)
4- Assistant Professor, Department of Biology and Molecularity, Tabaristan Agricultural Genetics and Biotechnology Research Institute, Sari, I. R. Iran. (shahin.bio65@gmail.com)

Received: 25.05.2022 Accepted: 14.02.2023

Abstract

Iron wood (*Parrotia caspica* (D.C) C.A. Mayer) is one of the endemic tree species of Iran that is widely distributed in Hyrcanian forests from west to east. Due to the fact that climatic factors in the northern forests are variable, the relationship between the ecological conditions of the habitat and the leaf stomata of Iron wood tree species was investigated in this study. For this purpose, leaves of 10 populations were collected from three provinces of Guilan, Mazandaran and Golestan and the morphological characteristics of their surface, density, length and width of the stomata were investigated. Also, habitat characteristics of diameter equal to tree trunk, altitude of habitat, temperature and rainfall were used for climate modeling. The results showed that with a 99% probability there was a significant difference between the stomata characteristics of Iron wood trees in different habitats ($P<0.001$). The trend of stomata density changes from west to east of northern forests was decreased, but stomata area increased from west to east. The predicted model showed that altitude and temperature had a significant effect on stomatal density ($P<0.001$). Temperature and rainfall had a significant effect on the stomata area ($P<0.001$) but the effect of altitude and diameter at breast height on the stomata area was not significant. In general, it can be said that the characteristics of the stomata are closely related to the climate conditions prevailing in the habitat.

Keywords: Diversity, Morphology, Stoma, Leaf traits, Modeling.

[*] Corresponding author Tel: +989112140616