

بررسی اثر ارتفاع از سطح دریای رویشگاه بر ویژگی‌های روزنه و مجاری مترشحه برگ ون (*Fraxinus excelsior* L.)

لیلا حامی دوست^۱، جواد ترکمن^۲، تیمور رستمی شاهراجی^{۳*} و بیت اله امانزاده^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
(leila.hamidoost@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (j-torkaman@yahoo.com)

۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (tsharaji@gmail.com)

۴- استادیار، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، گیلان، رشت، ایران. (b.amanzad@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

این پژوهش به بررسی روزنه و مجاری مترشحه در برگ‌های ون در سه طبقه ارتفاعی (۷۰۰، ۵۰۰ و ۹۰۰ متر) در منطقه شفارود پرداخته است. ابتدا ده درخت با قطر ۳۰-۵۰ سانتی‌متر انتخاب شده و سه برگ از هر درخت و در مجموع ۹۰ برگ جمع‌آوری شد. مراحل رنگ‌بری و رنگ‌آمیزی نمونه‌ها انجام شد، سپس به وسیله میکروسکوپ نوری عکس‌هایی با بزرگ‌نمایی ۱۰× و ۴۰× از نمونه‌ها تهیه شد. با به‌کارگیری نرم‌افزار Digimizer از روی تصاویر ویژگی‌های مساحت، طول، عرض و تراکم روزنه و مجاری مترشحه در واحد سطح اندازه‌گیری شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانت تری در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که طول و عرض و مساحت روزنه‌ها و مجاری مترشحه بین مناطق ارتفاعی، دارای اختلاف معنی‌داری است. مساحت و عرض روزنه با افزایش ارتفاع کاهش یافته است. مقدار مساحت، طول و عرض مجاری مترشحه در منطقه ۹۰۰ متری بیشتر از دیگر مناطق است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا مساحت روزنه کاهش و تراکم آن افزایش یافت که علت این تغییرات سازگاری با شرایط مختلف محیطی است.

واژه‌های کلیدی: روزنه، شفارود، گرادیان ارتفاعی، مجاری مترشحه، ون.

ساخت مواد فعال بیولوژیکی هستند و برای تمایز میان رده‌بندی مهم هستند. این مجاری معمولاً به صورت کیسه‌های درون‌ریز تشکیل می‌شوند. ساختارهای ترش‌حی انواع مختلف دارند برخی از آن‌ها با رگبرگ‌ها همکاری دارند و می‌توانند برای انتقال مواد فتوسنتزی و حمایت از آبکش مورد استفاده باشند. انواع دیگر متابولیت‌های ثانویه فعال مثل تانن، آلکالوئید و روغن-های اساسی و رزین را تولید می‌کنند که ممکن است از گیاه مقابل گیاهخواران و انگل‌ها حمایت کند (Ciccarelli et al., 2001). مجاری ترش‌حی بین سلول‌های پارانشیمی حضور دارند و در طول سطح برگ توزیع شده‌اند. این مجاری هم‌اندازه با گنجایش نامعلوم و با لایه‌ای از سلول‌های مترشحه چندوجهی محصور شده‌اند. امروزه پژوهش ریختی روزنه به طور فزاینده‌ای بین متخصصان علوم گیاهی برای بررسی تنوع بین گونه‌های گیاهی، رایج شده است که می‌توان به پژوهش (Dunlap and Stettler 2001) روی گونه *Populus trichocarpa* Belhadj و همکاران (2011) روی گونه *Pistacia atlantica* Batos و همکاران (2010) روی گونه *Quercus robur* اشاره کرد.

همچنین در بررسی ساختار مجاری مترشحه می‌توان به پژوهش Baroni Fornasiero و همکاران (2000)، Bottega و همکاران (1999) اشاره کرد. (Ölmez and Gülcan 2001) در بررسی رابطه بین تراکم روزنه و کیفیت میوه تعدادی وارته‌های زردآلو (*Prunus armeniaca*) رشدیافته در ارتفاعات مختلف نشان دادند که وزن میوه با افزایش تراکم روزنه افزایش می‌یابد. Dinis و همکاران (2011) با بررسی سازگاری مورفولوژیکی و هیستولوژیکی برگ‌های شاه‌بلوط (*Castanea sativa* Mill.) در ارتفاعات مختلف نشان دادند که تغییرات در اکوتیپ‌ها سازگاری ساده فنوتیپی در شرایط اقلیمی مختلف

گونه ون (*Fraxinus excelsior* L.) یکی از گونه‌های بومی است که به علت تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه در حال نابودی است، از آستارا تا گلپداغی از مناطق جلگه‌ای تا ارتفاع ۲۶۰۰ متری از سطح دریا و همچنین در جنگل‌های ارسباران گسترش یافته است (Sabeti, 2002). یکی از گونه‌های بومی که می‌تواند در احیاء جنگل‌های تخریب‌یافته مانند زاگرس نقش مؤثری ایفا کند، گونه ون (*Fraxinus excelsior* L.) است (Alvaninejad and Ebadianinejad, 2017). این درخت گیاهی نپسند و پرتوقع است که در خاک‌های زهکشی‌شده با دیگر گونه‌های جنگلی به صورت آمیخته دیده می‌شود. چوب آن به خاطر خواص ضربه‌پذیری و خمش دارای ارزش اقتصادی و صنعتی است. ویژگی اندام‌های مختلف گیاهان متأثر از شرایط محیطی است که این تأثیر در سطوح ماکرومورفولوژی و میکرومورفولوژی قابل مشاهده است. پژوهشگران بسیاری با بررسی این تغییرات در گونه‌های مختلف (Hetherington and Woodward 2003) و (Rudall 1994) بیان کرده‌اند که صفات تشریحی برگ، همانند صفات ریختی، می‌تواند در سیستماتیک گیاهی به کار برده شوند. روزنه‌ها و مجاری مترشحه از صفاتی‌اند که بررسی‌شان می‌تواند بیانگر بسیاری از سازگاری‌های گیاهان به شرایط محیطی باشد. در حالت مطلوب، ویژگی‌های متمایزکننده باید میان گونه‌ها متفاوت و قابل وراثت باشد و تحت تأثیر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار نگیرد (Snyder and Hamaker, 1978). بنابر گفته این پژوهشگران تعداد روزنه‌ها در واحد سطح و تعداد کانال‌های مترشحه نیز جزء صفات آناتومیکی مناسب تمایزافتگی است. ساختارهای ترش‌حی، محل ذخیره و

آن بین $10^{\circ} 57' 10''$ و $48^{\circ} 2' 49''$ است، متوسط بارندگی سالانه ۸۹۹ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد است؛ که مربوط به آمار ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی ۱۲۰۰ متری شفارود است. نمونه‌برداری در سه طبقه ارتفاعی ۵۰۰، ۷۰۰ و ۹۰۰ متر از سطح دریا انجام شده، بافت خاک در منطقه ۵۰۰ و ۷۰۰ متری سطحی کمی سنگین (clay loam) و در منطقه ۹۰۰ متری سبک (sand loam) تا متوسط (loam) است. مقدار تاج‌پوشش درختی در منطقه ۵۰۰ و ۹۰۰ متری ۷۵ تا ۸۵ درصد و در منطقه ۷۰۰ متری ۷۵ تا ۹۰ درصد است.

روش جمع‌آوری اطلاعات

در مرداد ۱۳۹۵، ۱۰ اصله درخت ون با طبقه قطری ۳۰-۵۰ سانتی‌متر از هر طبقه ارتفاعی انتخاب و از هر درخت سه برگ از جهت جنوبی (Jarvis and McNaughton, 1986) و بالای تاج برداشت شد که در مجموع ۹۰ برگ به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا انتقال داده شد. برای بررسی سلول‌های روزنه و مجاری مترشحه ابتدا با به‌کارگیری دستگاه پانچ نمونه‌های دایره شکل از برگ‌ها تهیه شد، سپس مقاطع در محلول اتانول، استن، فرمالدئید با نسبت (۱:۱:۱۸) قرار گرفت و به مدت هفت تا نه روز در محلول سود ۷/۵ درصد NaOH قرار داده شد تا رنگ-بری نمونه‌ها کامل شود. برای رنگ‌آمیزی نیز نمونه‌های مذکور به مدت پنج دقیقه در محلول سافرانین یک درصد قرار داده شد. سپس در الکل با غلظت‌های ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۶ و ۱۰۰ درصد قرار داده شدند تا به‌طور کامل از رنگ اضافی پاک و شفاف شوند (Bayramzadeh et al., 2011). نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده را بر روی لام و لامل تثبیت کرده و با میکروسکوپ نوری از هر نمونه، عکسی با بزرگ-نمایی ۱۰ و ۴۰ تهیه شد. اندازه‌گیری ویژگی‌هایی از

است. Saeedi و همکاران (2015) همبستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های روزنه با عوامل دما، بارندگی و ارتفاع از سطح دریا مشاهده کردند. Yousefzadeh و همکاران (2011) در شناسایی تیپ‌های مختلف روزنه برگ نمدار (*Tilia spp.*) در جنگل‌های هیرکانی با بررسی همبستگی بین صفات روزنه با مشخصات جغرافیایی رویشگاه نشان دادند که با افزایش عرض جغرافیایی و کاهش طول جغرافیایی اندازه روزنه، به‌ویژه مساحت آن کاهش می‌یابد. Kordalivand و همکاران (2015) در تیپ‌های مختلف روزنه برگ توس (*Betula spp.*) با بررسی همبستگی بین صفات روزنه با مشخصات جغرافیایی رویشگاه نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، طول، عرض و مساحت روزنه کاهش و با افزایش طول و عرض جغرافیایی، طول، عرض و مساحت روزنه افزایش می‌یابد.

با توجه به اینکه صفات روزنه در مقایسه با صفات مورفولوژیکی و شیمیایی برگ، برای بررسی فرآیند فتوسنتز و تبخیر و تعرق شاخس‌های مفیدتری هستند (Wang et al., 2015) و از آنجاکه گرادیان ارتفاعی با تغییرات اقلیمی فرصت‌های آزمایشی منحصربه‌فردی را برای بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان فراهم می‌کند (Cordell et al., 1999). هدف این پژوهش بررسی تغییرات ویژگی‌های روزنه و مجاری مترشحه برگ درخت ون با توجه به گرادیان ارتفاعی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در سری ۱۴ جنگل‌های شفارود در استان گیلان، قرار دارد. عرض جغرافیایی منطقه بین $40^{\circ} 27' 40''$ و $37^{\circ} 30' 20''$ و طول جغرافیایی

افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها از آزمون لون و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانت تری در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نمای روزنه و مجاری مترشحه موجود در سطح زیرین برگ در مناطق ارتفاعی نشان داده شده است. (شکل ۱ و ۲) مقدار PL یا پلاستیسیته که در جدول ۱ محاسبه شده نشان داد که صفات مورد بررسی در روزنه و مجاری مترشحه تأثیرپذیری زیادی از محیط دارند. در میان صفات مورد بررسی در روزنه و مجاری مترشحه مقدار پلاستیسیته صفات مساحت و طول در ارتفاع ۷۰۰ متری بیشتر از دو منطقه دیگر است.

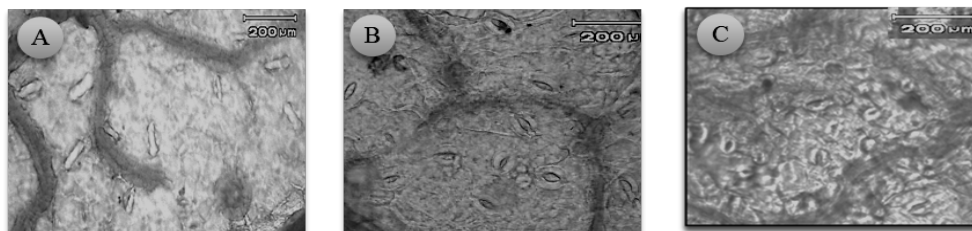
قبیل تعداد، طول، عرض، مساحت و تراکم در واحد سطح روزنه و مجاری مترشحه از روی عکس‌ها با استفاده از نرم‌افزار Digimizer انجام شد.

پلاستیسیته تأثیرپذیری گیاه از محیط را نشان می‌دهد هر چه مقدارش به یک نزدیک‌تر باشد نشانه تأثیرپذیری بیشتر آن صفت از محیط است؛ و از طریق رابطه زیر به دست می‌آید که در آن (PL) پلاستیسیته کل، (x) حداقل مقدار داده، (X) حداکثر مقدار داده است (Bruschi, 2003).

$$\text{رابطه (۱)} \quad 1 - (x/X) = \text{پلاستیسیته کل}$$

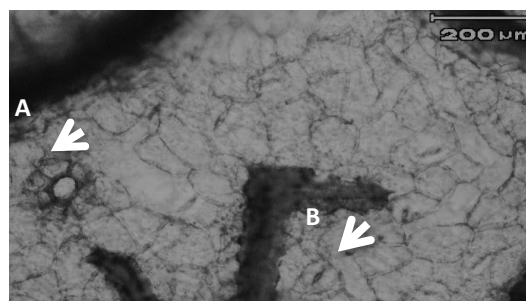
تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبات آماری

روزنه‌های موجود در عکس‌ها اندازه‌گیری و شمارش شد. تراکم روزنه‌ها با شمارش تعداد روزنه‌ها در سطح ۰/۱ میلی‌متر مربع محاسبه شد. (Kordalivand et al., 2015) داده‌های به دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون فرض یک‌طرفه در نرم-



شکل ۱- نمایی از روزنه‌ها با بزرگ‌نمایی $\times 40$ (A) منطقه ۵۰۰ متر (B) منطقه ۷۰۰ متر (C) منطقه ۹۰۰ متر

Figure 1. Image of stomatal by $\times 40$ magnification. A) 500 above sea level zone, B) 700 above sea level zone, C) 900 above sea level zone



شکل ۲- نمایی از مجاری مترشحه (A) و روزنه در برگ ون (B)

Figure 2. Image of secretory duct (A) and stoma (B) in Ash leaf

جدول ۱- پلاستیسیته صفات روزنه و مجاری مترشحه برگ ون.

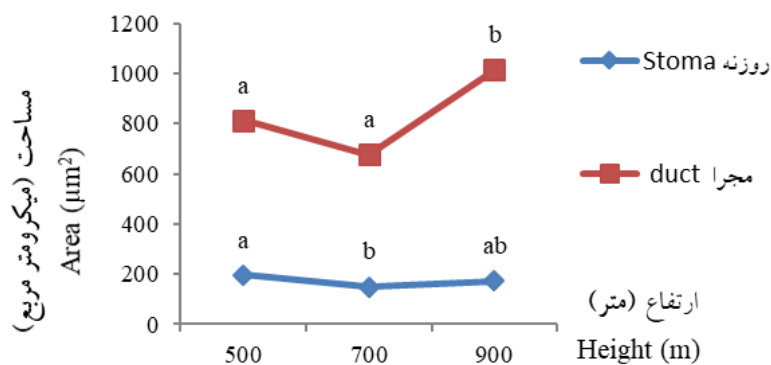
Table 1. Plasticity of Ash leaf stomata and secretory duct traits.

متغیرها	ارتفاع (متر)	مساحت (میکرومترمربع)	طول (میکرومتر)	عرض (میکرومتر)	تراکم (میلی‌مترمربع)
Variables	Height (m)	Area (μm^2)	Length (μm)	Width (μm)	Density (mm^2)
Stoma	500	0.89	0.65	0.72	0.24
	700	0.94	0.82	0.78	0.46
	900	0.91	0.81	0.88	0.36
Secretory duct	500	0.94	0.76	0.75	0.50
	700	0.97	0.84	0.82	0.40
	900	0.94	0.75	0.75	0.45

معنی‌داری بین طبقه ۵۰۰ متر و دو منطقه دیگر وجود داشت. بیشترین مساحت، طول و عرض مجاری مترشحه مربوط به منطقه ارتفاعی ۹۰۰ متر و کمترین مقدار مساحت و عرض متعلق به منطقه ارتفاعی ۷۰۰ متری است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقه ارتفاعی ۷۰۰ و ۹۰۰ متری وجود دارد (شکل ۳ تا ۵)، حال آنکه طول مجاری مترشحه در منطقه ۹۰۰ متری اختلاف معنی‌داری با دو طبقه دیگر دارد (شکل ۴). بیشترین تراکم روزنه مربوط به ارتفاع ۹۰۰ متری و کمترین تراکم مربوط به طبقه ارتفاعی ۷۰۰ است و مقایسه میانگین تراکم روزنه در طبقه ارتفاعی ۷۰۰ متری اختلاف معنی‌داری با دیگر طبقات ارتفاعی دارد (شکل ۶).

نتیجه انجام آنالیز واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های تشریحی برگ آورده شده است (جدول ۲) و گویای تفاوت معنی‌دار میانگین تراکم، طول و عرض و مساحت روزنه و مجاری مترشحه در سه منطقه ارتفاعی است.

نمودارهای مربوط به مقایسه میانگین ویژگی‌های روزنه و مجاری مترشحه (شکل ۳ تا ۶) نشان داد که بیشترین مساحت، طول و عرض روزنه مربوط به ارتفاع ۵۰۰ متر و کمترین مقدار از آن منطقه ارتفاعی ۷۰۰ متر است. مساحت روزنه بین طبقه ارتفاعی ۵۰۰ و ۷۰۰ متر دارای اختلاف معنی‌دار است. بالاترین مقدار طول روزنه مربوط به طبقه ۵۰۰ متری است و مقایسه میانگین طول روزنه نشان داد که اختلاف



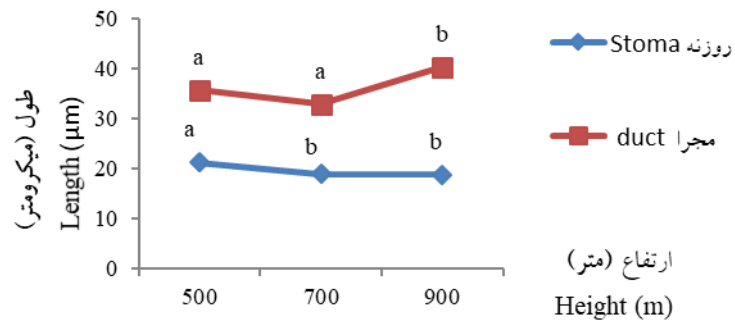
شکل ۳- مساحت روزنه و مجاری مترشحه در برگ درخت ون

Figure 3. Stoma and secretory duct area in Ash leaf

جدول ۲- آنالیز واریانس صفات مورد بررسی در روزنه و مجاری مترشحه برگ ون

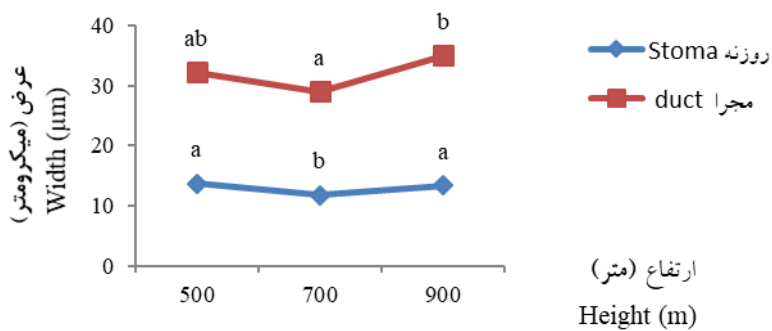
Table 2. Variance analysis results of studied attributes in Ash leaf stomata and secretory duct

سطح معنی- داری Sig	F	مربع میانگین Mean Square	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of Squares	متغیرها Variable
0.002*	6.5	0.358	2	0.717	بین گروه‌ها Between Group
		0.054	299	16.272	داخل گروه‌ها Within Groups
					مساحت روزنه (میکرومترمربع) Area of stoma (μm^2)
0.001*	7.08	0.088	2	0.176	بین گروه‌ها Between Group
		0.012	299	3.719	داخل گروه‌ها Within Groups
					طول روزنه (میکرومتر) Length of stoma (μm)
0.001*	7.49	0.131	2	0.261	بین گروه‌ها Between Group
		0.017	299	5.209	داخل گروه‌ها Within Groups
					عرض روزنه (میکرومتر) Width of stoma (μm)
0.000*	37.6	505.867	2	1011.733	بین گروه‌ها Between Group
		13.433	12	161.200	داخل گروه‌ها Within Groups
					تراکم روزنه (میلی مترمربع) Density of stoma (mm^2)
0.000*	8.61	0.417	2	0.835	بین گروه‌ها Between Group
		0.048	201	9.742	داخل گروه‌ها Within Groups
					مساحت مجرا (میکرومترمربع) Area of duct (μm^2)
0.000*	8.76	0.105	2	0.211	بین گروه‌ها Between Group
		0.012	201	2.417	داخل گروه‌ها Within Groups
					طول مجرا (میکرومتر) Length of duct (μm)
0.001*	7.24	0.089	2	0.179	بین گروه‌ها Between Group
		0.012	201	2.482	داخل گروه‌ها Within Groups
					عرض مجرا (میکرومتر) Width of duct (μm)
0.005*	8.40	73.400	2	146.800	بین گروه‌ها Between Group
		8.733	12	104.80	داخل گروه‌ها Within Groups
					تراکم مجرا (میلی مترمربع) Density of duct (mm^2)



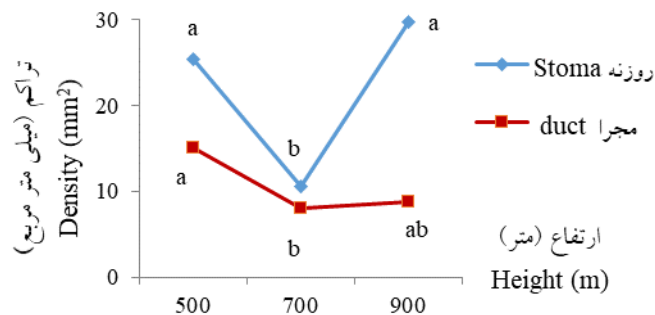
شکل ۴- طول روزنه و مجاری مترشحه در برگ درخت ون

Figure 4. Stoma and secretory duct Length in Ash leaf



شکل ۵- عرض روزنه و مجاری مترشحه در برگ درخت ون

Figure 5. Stoma and secretory duct width in Ash leaf



شکل ۶- تراکم روزنه در (0.1 mm²) و مجاری مترشحه (mm²)

Figure 6. Stoma density in (0.1mm²) and secretory duct (mm²)

در تعداد و اندازه آنها از خود در برابر تنش‌های محیطی مختلف از قبیل کم‌آبی و دمای بالا حفاظت می‌کنند. رابطه آب و زی‌توده گیاه توسط باز و بسته شدن روزنه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Bussis *et al.*, 2006, Al Afas *et al.*, 2006). گیاهان برای برقراری

بحث

اندام‌های مختلف گیاهان در برابر عوامل محیطی واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند. نتیجه این تغییرات را می‌توان در سطوح میکرومورفولوژی نیز مشاهده کرد. گیاهان با باز و بسته کردن روزنه یا تغییر

جبرانی برای کاهش جزئی فشار CO₂ دانست (Kao et al., 2001). نتیجه این تحقیق با نتایج DeSilva و همکاران (2014) روی گونه *Arctostaphylos patula* مطابقت دارد؛ اما با نتیجه تحقیق Wang و همکاران (2014) در تغییر صفات روزنه برگ به عنوان عملکرد گیاه با تغییر ارتفاع، مغایرت دارد. در مناطق خشک تراکم روزنه افزایش و طول روزنه کاهش می‌یابد. اغلب مشاهده شده است که بین تراکم و اندازه روزنه (طول سلول‌های محافظ) نسبت عکس وجود دارد (Hetherington and Woodward, 2003). می‌توان افزایش تراکم و کاهش طول روزنه در ارتفاع ۹۰۰ متری را به تابش مستقیم نور خورشید، اشعه ماوراءبنفش، دمای محیط و تاج‌پوشش کمتر درختان و کاهش رطوبت منطقه نسبت داد. چنانکه افزایش تراکم روزنه‌ای در پاسخ به کاهش CO₂ القاشده با اشعه UV توسط (Sullivan, 1997) گزارش شده است. برگ‌های توسعه‌یافته در نور خورشید تراکم روزنه‌ای بالاتری دارند (Givnish, 1988). تراکم روزنه‌ای با افزایش ارتفاع ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همان‌گونه که در مناطق ارتفاعی ۵۰۰ تا ۹۰۰ متری مشاهده شد. نتیجه آزمون دانت تری بین طول و عرض و مساحت مجاری مترشحه در سه منطقه ارتفاعی نشان داد که این صفات نیز دارای اختلاف معنی‌داری هستند. بیشترین مساحت، طول و عرض مجاری مترشحه مربوط به ارتفاع ۹۰۰ متر و کمترین مقدار از آن منطقه ارتفاعی ۷۰۰ متر است. با توجه به تأثیرپذیری صفات مجاری مترشحه از دما و تابش خورشید آنچه درباره تراکم روزنه در ارتفاع ۹۰۰ متری ذکر شد در مساحت و طول و عرض مجاری مترشحه نیز صادق است. با توجه به اینکه با افزایش ارتفاع درجه حرارت کاهش می‌یابد، تراکم مجاری مترشحه نیز با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. افزایش تعداد این

توازن بین ورود دی‌اکسیدکربن و خروج آب، در شرایط رویشگاهی متفاوت، تعداد تراکم روزنه در واحد سطح خود را تنظیم می‌کنند (Körner et al., 1986). بین تراکم روزنه و خصوصیات رویشگاه ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (Luo and Zhou, 2001). نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱) نشان می‌دهد طول، عرض و مساحت روزنه و مجاری رزینی بسیار تحت تأثیر محیط هستند. از عوامل محیطی تأثیرگذار در تعداد و اندازه روزنه‌ها و مجاری مترشحه ارتفاع از سطح دریا است. نتایج بررسی Saeedi و همکاران (2015) نشان داد که تراکم روزنه از غرب به شرق بیشتر شده ولی از مساحت روزنه کاسته می‌شود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین ویژگی‌های روزنه با عوامل دما، بارندگی و ارتفاع از سطح دریا مشاهده کردند. نتیجه حاصل از این بررسی نشان داد که مساحت روزنه در منطقه ارتفاعی ۵۰۰ و ۷۰۰ متر دارای تفاوت معنی‌داری هستند. به این معنا که مساحت روزنه با افزایش ارتفاع ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. این مسئله می‌تواند به‌خاطر رطوبت کمتر مناطق ارتفاعی ۷۰۰ و ۹۰۰ متر در مقایسه با منطقه تراکم و مرطوب ۵۰۰ متر باشد، زیرا با افزایش ارتفاع و تابش مستقیم نور خورشید از رطوبت مناطق ۷۰۰ و ۹۰۰ متر کاسته می‌شود. کاهش مساحت روزنه در منطقه ۷۰۰ متری را علاوه بر کاهش دما و رطوبت می‌توان به عوامل ادافیکی آن نسبت داد خشکی خاک منطقه احتمالاً از عواملی است که در ارتفاع ۷۰۰ متری سبب بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش مساحت آن‌ها شده است؛ زیرا اسید آبسزیک تولید شده در خاک خشک محرک اصلی در بسته‌شدن روزنه‌های گیاه است. خاک خشک سبب می‌شود فتوسنتز کاهش یابد (Pallardy, 2008). تراکم روزنه در منطقه ۹۰۰ متر بیشتر از مناطق ارتفاعی دیگر است. این افزایش تراکم را می‌توان

دارند. Telewski و همکاران (1999) دریافتند که مدارکی وجود دارد که رابطه مستقیم بین فراوانی مجاری و حداکثر دمای تابستان را ثابت می‌کند. درحالی‌که (Levanic, 1999) همبستگی معنی‌داری بین اقلیم و مجاری رزینی مشاهده نکرد. برخی گزارش کرده‌اند که تعداد مجاری رزینی تحت شرایط استرس افزایش می‌یابد (Wimmer and Grabner, 1997).

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش ارتفاع از سطح دریا ویژگی مساحت، طول، عرض و تراکم تغییر می‌کند. تراکم و مساحت روزنه‌ها و مجاری مترشحه در این بررسی با افزایش ارتفاع ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. بین تراکم روزنه و تغییر آن در ارتفاعات نتایج مختلفی بیان شده و به نظر می‌رسد که روابط ثابتی بین تراکم روزنه در ارتفاعات مختلف وجود ندارد. مساحت بیشتر روزنه‌ها می‌تواند مقدار CO_2 بیشتری را به داخل برگ راه دهد و از این-رو برگ‌های طبقه ارتفاعی ۵۰۰ متر با داشتن مساحت بالاتر روزنه این امکان را برای درخت فراهم می‌کند تا فتوسنتز بیشتری انجام دهد و رشد بیشتری داشته باشد. با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده، خاک و عوامل محیطی روی هم تأثیر می‌گذارند، پیشنهاد می‌شود که اثرهای متقابل این عوامل بر روی روزنه در پژوهش‌های آینده مدنظر قرار بگیرد.

References

- Al Afas, N., N. Marron & R. Ceulemans, 2006. Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture, *Environmental and Experimental Botany*, 58(1-3): 279-286.
- Alvaninejad, S. & V. Ebadianinejad, 2017. Effect of seed source on seed Morphological, viability and emergence traits of Ash in southern Zagros forests, *Journal of Forest Research and Development*, 3(1): 51-62. (In Persian)
- Baroni Fornasiero, R., L. Maffi, S. Benvenuti & A. Bianchi, 2000. Morphological and phytochemical features of secretory structures in *Hypericum richeri* (Clusiaceae), *Nordic Journal of Botany*, 20(4): 427-434.
- Batos, B., D. Vilotic, S. Orlovic & D. Miljkovic, 2010. Inter and Intra- population variation of leaf stomatal traits of *Quercus robur L.* in northern Serbia, *Archives of Biological Science*, 62(4): 1125-1136.
- Bayramzadeh, V., P. Attarod, M. T. Ahmadi, M. Ghadiri, R. Akbari, T. Safarkar & A. Shirvany, 2011. Variation of leaf morphological traits in natural populations

مجاری در منطقه ارتفاعی ۵۰۰ متری احتمالاً برای رویارویی با حمله حشرات و یا تابش خورشید است؛ زیرا ترشحات این مجاری به دفع حشرات و آفات کمک می‌کند و مکانیسمی برای مبارزه با آفات و گیاهخواران است. دمای بالاتر در منطقه ارتفاعی ۵۰۰ متری احتمال وجود حشرات را بیشتر می‌کند. در ارتفاعات بالا به علت حرارت کم و دوره رشد کوتاه فعالیت حشرات و آفات و تراکم مجاری مترشحه کاهش می‌یابد. مجاری رزینی به‌عنوان عضوی از مجاری مترشحه می‌تواند منبع پژوهش قرار گیرد، چنان‌که Sheue و همکاران (2003) دریافتند که تعداد مجاری رزینی در ارتفاع میانی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارتفاعات پایین و بالا بود، این الگو مشابه با نتیجه Hengxiao و همکاران (1999) است. تعداد مجاری رزینی در گیاهان احتمالاً تحت تأثیر عامل‌های مختلف ژنتیکی و محیطی شامل ارتفاع و سن درخت، نور خورشید، تابش، حرارت، باد، بارندگی، حمله حشرات و هورمون‌های گیاهی هستند. Shayanmehr و همکاران (2009) در بررسی کاج کله‌قندی و تویی، احتمال دو فرم جهش یافته کاج الدار مقایسه ساختار تشریحی سوزن‌ها نشان داد که شکل سوزن، تعداد روزنه‌ها در واحد سطح و تعداد و موقعیت کانال‌های رزینی مانند صفات آناتومی که ارزش تاکسونومیکی

- of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caspian forests of Northern Iran, *Annals of Forest Research*, 55(1): 34-56.
- Belhadj, S., A. Derridj, A. Moriana, M. D. C. Gijon, J. P. Mevy & T. Gauquelin, 2011. Comparative analysis of stomatal characters in eight wild atlas Pistachia Populations (*Pistacia atlantica* Desf.; *Anacardiaceae*), *International Research Journal of Plant Science*, 2(3): 60-69.
 - Bottega, S., F. Garbari & A. M. Pagni, 1999. Secretory structures in *Hypericum elodes* L. (*Hypericaceae*), I. preliminary observations, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Memorie*, 106: 93-98.
 - Bruschi, P., P. Grossoni & F. Bussotti, 2003. Within and among tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt) Liebl. Natural Population, *Trees*, 17(2): 164-172.
 - Bussis, D., U. Von Groll, J. Fisahn & T. Altman, 2006. Stomatal aperture can compensate altered stomatal density in *Arabidopsis thaliana* at growth light conditions, *Functional Plant Biology*, 33(11): 1037-1043.
 - Ciccarelli, D., A. C. Andreucci & A. M. Pagni, 2001. Translucent glands and secretory canals in *Hypericum perforatum* L. (*Hypericaceae*): morphological, anatomical and histochemical studies during the course of ontogenesis, *Annals of Botany*, 88(4): 637-644.
 - Cordell, S., G. Goldstein, F. C. Meinzer & L. L. Handley, 1999. Allocation of nitrogen and carbon in leaves of *Metrosideros polymorpha* regulates carboxylation capacity and $\delta^{13}\text{C}$ along an altitudinal gradient, *Functional Ecology*, 13(6): 811-818.
 - DeSilva, A., A. Grabmiller, K. Langley & P. Miranda, 2014. The effect of altitude on stomatal density of a greenleaf manzanita (*Arctostaphylos patula*), *Department of Biological Sciences Saddleback College*.
 - Dinis, L.T., F. Peixotob, T. Pintoa, R. Costac, R. N. Bennettd & J. Gomes-Laranjo, 2011. Study of morphological and phenological diversity in chestnut trees ('Judia' variety) as a function of temperature sum, *Environmental and Experimental Botany*, 70(2-3): 110-120.
 - Dunlap, J. M. & R. F. Stettler, 2001. Variation in leaf epidermal and stomatal trait of *populus trichocarpa* from two transects across the Washington Cascades, *Canadian Journal of Botany*, 79(5): 528-536.
 - Givnish, T. J., 1988. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective, *Australian Journal of Plant Physiology*, 15(2): 63-92.
 - Hengxiao, G., J. D. McMillin, M. R. Wagner, J. Zhou, Z. Zhou & X. Xu, 1999. Altitudinal variation in foliar chemistry and anatomy of Yunnan Pine, *Pinus yunnanensis*, and pine sawfly (*Hym. Diprionidae*) performance, *Journal of Applied Entomology*, 123(8): 465-471.
 - Hetherington, A. M. & F. I. Woodward, 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change, *Nature*, 424(6951): 901-908.
 - Jarvis, P. G. & K. G. McNaughton, 1986. Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to region, *Advances in ecological research*, 15: 1-49.
 - Kao, W. Y. & K. W. Chang, 2001. Altitudinal trends in photosynthetic rate and leaf characteristics of *Miscanthus* populations from central Taiwan, *Australian Journal of Botany*, 49(4): 509-514.
 - Kordalivand, A., V. Payamnoor, A. Sattarian & J. Mohammadi, 2015. Different types of leaf stomata in genus *Betula* L. in Iran, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22(2): 55-73. (In Persian)
 - Körner, Ch., P. Bannister & A. F. Mark, 1986. Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand, *Oecologia*, 69(4): 557-588.
 - Levanic, T., 1999. Vertical resin ducts in wood of black pine (*Pinus nigra* Arnold) as a possible dendroecological variable, *Phyton (Austria)*, 39(3): 123-127.
 - Luo, Y. & Z. K. Zhou, 2001. Cuticle of *Quercus sugen. Cyclobalanopsis* (Oerst) Schneid. (*Fagaceae*), *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 39(6): 489-501.
 - Ölmez, H. A., B. E. AK & R. Gülcan, 2001. The relationship between stomata density and fruit quality of some apricot varieties growing in different altitudes in Malatya province. Proceedings of XII International Symposium on Apricot Culture and Decline, pp. 163-166.
 - Pallardy, S., 2008, physiology of woody plants. Third edition, aij-mangraphic, 480 p
 - Rudall, P., 1994. Anatomy and systematic of *Iridaceae*, *Botanical Journal of Linnean Society*, 114(1): 1-21.

- Sabeti, H., 2002. Forests, Trees and Sherubs of Iran. Third edition, Yazd University Press, Yazd, 807 p. (In Persian)
- Saeedi, Z., D. Azadfar & Kh. Saghebtalebi, 2015. Leaf stomata characteristics Diversity of Oriental beech in Hyrcanian forest, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22(1): 167 -183. (In Persian)
- Shayanmehr, F., Gh. A. Jalali, F. Ghanati & D. Kartoolinejad, 2009. The study of Conical and Ball-shaped pines, two probable mutant forms of *Pinus eldarica*: comparison of needle anatomy structure, *Iranian Journal of Forest*, 1(2):151-161. (In Persian)
- Sheue, C. R., Y. P. Yang & L. L. Kuo-Huang, 2003. Altitudinal variation of resin ducts in *Pinus taiwanensis* Hayata (*Pinaceae*) needles, *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, (44): 305-313.
- Snyder, E. B. & J. M. Hamaker, 1978. Needle characteristics of hybrids of some species of southern pine, *Silvae Genetica*, 27(5): 184-188.
- Sullivan, J. H., 1997. Effect of increasing UV-B radiation and atmospheric CO₂ on photosynthesis and growth, implication for terrestrial ecosystems, *Plant Ecology*, 128(1-2): 195-206
- Telewski, F. W., R. T. Swanson, B. R. Strain & J. M. Burns, 1999. Wood properties and ring width response to long-term atmospheric CO₂ enrichment in field-grown loblolly pine (*Pinus taeda* L.), *Plant Cell & Environment*, 22(2): 213-219.
- Wang, B., G. Zhang & J. Duan, 2015. Relationship between topography and the distribution of understory vegetation in a *Pinus massoniana* forest in Southern China, *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4): 291-304.
- Wang, R., G. Yu, N. He, Q. Wang, F. Xia, N. Zhao, Z. Xu & J. Ge, 2014. Elevation-related variation in leaf stomatal traits as a function of plant functional type: evidence from Changbai Mountain, China, *PLoS One*, 9(12): e115395.
- Wimmer, R. & M. Grabner, 1997. Effects of climate on vertical resin duct density and radial growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), *Trees*, 11(5): 271-276.
- Yosefzadeh, H., A. Hosseinzadeh Colagar, M. Tabari, A. Sattarian & M. Assadi, 2011. Recognition of different stomata types of *Tilia* spp. in hyrcanian forests, *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 2(5): 17-28. (In Persian)

The effect of Altitude (above sea level) on stomata and Secretary duct Characteristics in leave of (*Fraxinus excelsior* L.)

L. Hamidoost¹, J. Torkaman², T. Rostami Shahraji^{*3} and B. A. Amanzadeh⁴

1- M.Sc. Forestry, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran. (leila.hamidoost@gmail.com)

2- Associate Professor, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran. (j-torkaman@yahoo.com)

3. Professor, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, I. R. Iran. (tsharaji@gmail.com)

4- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Guilan Agricultural and Natural Resources Research Center, Guilan, I. R. Iran. (b.amanzad@yahoo.com)

Received: 29.11.2017

Accepted: 09.04.2018

Abstract

This study is about stoma and Secretary duct in Ash leaves along an altitudinal gradient (500–700–900 m) in Shafaroud zone. First, 10 trees 30-50 cm D.B.H were selected and 3 leaves of each tree and 90 leaves were collected then leaves of Ash discolor and coloration stage and Some images ($\times 10$ and $\times 40$) were prepared of them by light microscopy. The stoma and Secretary duct characteristics including area, length and width and density have been measured on the surface by Digimizer software. Kolmogorov-Smirnov and Levene test for testing normality and Homogeneity of Variances, one way ANOVA for analyzing data, Dunnetts T3 for comparing mean were used at ($p=0.05$). The results showed that length, width and area of stoma and resin duct have significant differences among the altitudinal zones. The area and width of stomata have decreased with an increasing altitude. The area, length and width of the Secretary duct in 900 m is more than other zones. The area of stomata decreased and the density of stomata increased with increasing elevation the cause of this variation is adapt to the environmental change.

Keywords: Altitudinal gradient, *Fraxinus excelsior*, Secretary duct, Shafaroud, Stoma.

* Corresponding author

Tel: +989111345712