

تغییر ویژگی‌های ریختی برگ درختان نر و ماده سرخدار (*Taxus baccata* L.) در جنگل‌های هیرکانی

اعظم همت‌زاده^۱، امید اسماعیل‌زاده^{۲*}، سید غلامعلی جلالی^۳، محمدحسین میرجلیلی^۴ و حامد یوسف‌زاده^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

پست الکترونیک: oesmailzadeh@modares.ac.ir

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

۴- دانشیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۵- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۴

چکیده

در پژوهش پیش‌رو، تغییرپذیری ویژگی‌های ریختی برگ درختان نر و ماده سرخدار (*Taxus baccata* L.) در امتداد ویژگی‌های توپوگرافی و طول جغرافیایی جنگل‌های هیرکانی بررسی شد. از ۵۸ درخت سرخدار مستقر در سه رویشگاه انتخاب‌شده (املش، گزو و افراخته) در امتداد شیب تغییرات طول جغرافیایی، ۵۸۰ نمونه برگ تهیه شد. با استفاده از تحلیل واریانس سلسله‌مراتبی یا آشیانه‌ای، اثر دو عامل رویشگاه و جنسیت بر شش صفت ریختی برگ بررسی شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین، مهم‌ترین ویژگی‌های ریختی و محیطی مؤثر بر تمایز سه رویشگاه مورد مطالعه با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) تعیین شد. نتایج نشان داد که تغییرات ویژگی‌های ریختی برگ درختان سرخدار فقط تحت تأثیر رویشگاه بودند و جنسیت، اثر معنی‌داری بر آن‌ها نداشت. بیشترین مقادیر کمی ویژگی‌های ریختی برگ این درختان (به‌جز صفت ضریب شکل) مربوط به رویشگاه گزو بود که دلایل آن به استقرار این رویشگاه در شیب‌های ملایم، جهت شمالی (و بهره‌مندی از جریان‌های هوای مرطوب شمالی) و نیز در دامنه‌های با ارتفاع کمتر (و در نتیجه، بیشتر بودن طول فصل رشد) برمی‌گردد. به‌طور کلی، ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار در رویشگاه املش به دلیل استقرار در دامنه‌های پرشیب (کاهش عمق خاک) و با جهت عمومی غربی (کاهش رطوبت نسبی هوا) کمترین اندازه را داشتند. مقدار حدواسط اندازه‌های برگ نیز در رویشگاه افراخته مشاهده شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که رطوبت نسبی زیاد در فصل تابستان (استقرار در دره‌های مرطوب شمالی)، اثر بیشتری نسبت به متوسط بارندگی سالانه بر بهبود رشد ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار در جنگل‌های هیرکانی دارد.

واژه‌های کلیدی: دوشکلی جنسی، ریخت‌شناسی، شیب تغییرات جغرافیایی، ویژگی‌های توپوگرافی.

مقدمه

۲۷۰۰ متر از سطح دریا (Sagheb Talebi et al., 2014)

موقعیت مناسبی برای حضور انواع مختلف تیپ‌های جنگلی فراهم کرده است (Akhani et al., 2010).

شرایط متنوع بوم‌شناختی در ناحیه رویشی هیرکانی با بارندگی ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر و ارتفاع پایین‌تر از

(2013; Fu et al., 2020).

پایه‌های نر و ماده گونه‌های مختلف گیاهی اغلب خواستار شرایط رویشگاهی و اندوخته غذایی متغیر برای تجدید حیات هستند (Garbarino et al., 2015). این عامل، سبب رفتار متمایز و صرف انرژی متفاوت در روند تولیدمثل و تنوع ریختی آن‌ها می‌شود (Stefanović et al., 2017). به بیان دیگر، وجود اختلاف ریختی پایه‌های نر و ماده در گیاهان ممکن است ناشی از پاسخ و سازگاری هریک از جنسیت‌ها در طول فرایند تکامل باشد (Mayol et al., 2015). اختلاف در ویژگی‌های زایشی و رویشی پایه‌های نر و ماده سرخدار نسبت به گونه‌های درختی دیگر، مشهودتر است. به عنوان نمونه، درختان نر سرخدار اغلب بلند و قطور هستند، در حالی که پایه‌های ماده، طول و سطح برگ و ردیف‌های روزنه‌ای بیشتری دارند (Iszkuło et al., 2009).

با گسترش بهره‌گیری از شاخص‌های ریخت‌شناسی به منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های ریختی بین جمعیتی و هیبریدهای هریک از تاکسون‌ها در علوم گیاهی، کاربرد تحلیل‌های چندمتغیره ریخت‌شناسی برای ارزیابی تنوع درون گونه‌ای از نظر اختلاف‌های ناشی از تفاوت جنسیت و یا تغییرات ویژگی‌های بوم‌شناختی و جغرافیایی جمعیت‌های گیاهی به طور چشمگیری افزایش یافته است (Stefanović et al., 2017). یکی از قدیمی‌ترین روش‌های طبقه‌بندی در نخستین پژوهش‌های تنوع ژنتیکی گونه‌ها، بررسی ویژگی‌های ریختی آن‌ها مانند ویژگی‌های برگ، میوه و بذر بود که به طور گسترده استفاده شده است (Zarek, 2009). تحلیل‌های چندمتغیره ریخت‌شناسی، ابزاری قدرتمند در تفکیک گونه‌ها و جمعیت‌های گیاهی مختلف از نظر تفاوت‌های ناشی از تغییر جنسیت، تنوع بوم‌شناختی و یا تغییرات جغرافیایی هستند (Miljković et al., 2019). هرچند ریخت‌شناسی و آناتومی اندام رویشی مثل برگ‌ها و یا اندام زایشی مانند میوه و بذر، یکی از ساده، ارزان و رایج‌ترین موارد کاربردی به منظور طبقه‌بندی انواع گونه‌های گیاهی است، اما پژوهش‌های مرتبط با بررسی ویژگی‌های ریختی برگ

سرخدار (*Taxus baccata* L.) که در منابع علمی به نام سرخدار معمولی (Common yew) و یا اروپایی (European yew) معروف است (Akbar, 2020)، یکی از مهم‌ترین و محدود بازدانگان همیشه‌سبز و بومی این جنگل‌ها محسوب می‌شود (Djavanshir, 1984). سرخدار، دیرزیستی زیادی دارد و به عنوان یک گونه بازمانده اقلیمی از دوره ترشیاری (Tertiary relict) شناخته می‌شود (Litkowiec et al., 2018). این درخت در ایران اغلب به شکل پراکنده در شیب‌های تند شمالی و دره‌های عمیق و مرطوب نواحی کوهستانی هیرکانی و ارسباران انتشار دارد (Djavanshir, 1984). این گونه فقط در برخی نقاط مانند ترک‌ت جهان‌نما، افراخته و دره‌های مختلف سیاه‌رودبار (مانند پونه‌آرام و دره‌شور) علی‌آباد کنول، گزو در سوادکوه، واز و گزناسرا در چمستان و درفک گیلان به شکل انبوه و تاحدودی خالص دیده می‌شود (Esmailzadeh et al., 2012).

امروزه، محدوده پراکنش و اندازه جمعیت‌های طبیعی سرخدار در سرتاسر نواحی مورد انتشار به دلیل فعالیت‌های مخرب انسانی مانند جنگل‌زدایی و برداشت چوب، تکه‌تکه شدن رویشگاه‌ها (Piovesan et al., 2009)، چرای دام و آتش‌سوزی‌های عمدی (Litkowiec et al., 2018) به همراه خشک‌تر شدن شرایط اقلیمی (Thomas & Garcia-Marti, 2015) به شدت کم شده است، به طوری که این گونه توسط انجمن بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) در رده حفاظتی نزدیک به تهدید (Near threatened/ NT) قرار گرفته است. دوپایه بودن (Dioecious) سرخدار نیز به عنوان عاملی مهم در افزایش خطر نابودی آن به ویژه در رویشگاه‌هایی با وسعت و تراکم کم محسوب می‌شود (Zarek, 2009). دیدگاه عمومی و فرضیه غالب درخصوص گونه‌های دوپایه در گیاهان عالی این است که پایه‌های ماده به دلیل صرف انرژی بیشتر در مراحل زایشی (تولید میوه و بذر)، اندوخته کمتری برای رشد رویشی و در نتیجه، دیرزیستی کمتری نسبت به پایه‌های نر دارند (Iszkuło et al.,

طبیعی سرخدار در امتداد شیب تغییرات طول جغرافیایی جنگل هیرکانی (جدول ۱) در سه استان گیلان (املش)، مازندران (گزو) و گلستان (افراتخته) انتخاب شدند. این رویشگاه‌ها به ترتیب در غرب، مرکز و شرق ناحیه هیرکانی قرار دارند. رویشگاه افراتخته شامل دو جامعه گیاهی مرز- سرخدارستان و لور- سرخدارستان است (Esmailzadeh et al., 2007). در پژوهش پیش‌رو فقط جامعه سرخدار- مرزستان بررسی شد. در هر رویشگاه، شیب، جهت عمومی دامنه، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ثبت شد.

جمع‌آوری برگ

در اواسط فصل پاییز (آبان‌ماه) در هر رویشگاه، پایه‌های بالغ نر و ماده سرخدار در طبقه‌های قطری مشابه (۵۵-۶۵ سانتی‌متر) به منظور حذف اثر سن درختان، با فاصله‌های حداقل ۱۰۰ متر انتخاب شدند (جدول ۱). جنسیت درختان سرخدار براساس شواهد و آثار به‌جای‌مانده از گل‌های نر و ماده و یا وجود آریل (میوه) روی شاخه‌ها مشخص شد. براساس روش Cornelissen و همکاران (۲۰۰۳)، از قسمت جنوبی و بیرونی تاج هر درخت، سرشاخه‌های دوساله جمع‌آوری شدند.

اندازه‌گیری برگ

به دلیل تقارن تقریبی برگ‌های سرخدار، ۱۰ برگ دوساله از سمت راست سرشاخه‌ها در هر درخت نمونه انتخاب شدند. در مجموع، ۵۸۰ برگ جمع‌آوری شدند و با استفاده از اسکنر (HP Scanjet G3110 Photo Scanner) تصویربرداری شدند. این تصاویر به محیط نرم‌افزار ImageJ منتقل شدند. سپس، طول، عرض، محیط، مساحت، ضریب شکل و نسبت طول به عرض برای هر برگ اندازه‌گیری شد (Rasband, 1997).

گونه‌های مختلف سرخدار، اندک هستند (Xu et al., 2015). Hart و همکاران (۱۹۸۳) در اولین گام، ۱۶ ویژگی ریخت‌شناسی را برای رسم درخت فیلوژنی جنس سرخدار به‌کار بردند که سال‌ها بعد، نتایج آن‌ها توسط داده‌های مولکولی تأیید شد.

در پژوهشی، از ویژگی‌های ریزریخت‌شناسی برگ‌های سرخدار شامل تعداد ردیف‌های روزنه‌ای و تعداد سلول‌های اپیدرم بین حاشیه برگ و ردیف‌های روزنه در سه قاره آمریکای شمالی، اروپا و آسیا در کشورهای مختلف به‌منظور تفکیک انواع گونه‌های سرخدار استفاده شد (Spjut, 2007). Sharma و همکاران (۲۰۱۵) نیز دو جمعیت مختلف *T. wallichiana* در شمال‌غربی و شمال‌شرقی هیمالیا را توسط ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ‌های آن از هم تفکیک کردند. نتایج نخستین بررسی ریخت‌شناسی برگ پایه‌های نر و ماده سرخدار و نیز تغییرپذیری ویژگی‌های مذکور در رویشگاه‌های مختلف این گونه در لهستان نشان داد که بین جمعیت‌های مورد بررسی از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ، تمایز و تفاوت وجود داشت (Stefanović et al., 2017). طبق نتایج پژوهش مذکور، عدم اختلاف در ویژگی‌های ریختی پایه‌های نر و ماده به‌همراه تقارن کمتر در شکل برگ درختان سرخدار در برخی رویشگاه‌های مورد بررسی حاکی از آن بود که شرایط رویشگاهی موجود از حالت بهینه آن انحراف دارد. در این راستا، جای خالی چنین پژوهش‌هایی در رویشگاه‌های مختلف سرخدار در جنگل‌های هیرکانی به‌شدت احساس می‌شود. از این‌رو، پژوهش پیش‌رو در نظر دارد تغییرپذیری ویژگی‌های ریختی برگ‌های درختان نر و ماده سرخدار را از نظر تفاوت‌های بوم‌شناختی رویشگاهی (توپوگرافیکی) و طول جغرافیایی بررسی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به‌منظور جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی، سه رویشگاه

جدول ۱- ویژگی‌های سه رویشگاه مورد مطالعه

استان	رویشگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	میانگین سالانه دما (درجه سانتیگراد)	میانگین سالانه بارندگی (میلی‌متر)	تعداد درخت نمونه	تعداد برگ
گیلان	املش	۱۴۰۰-۱۵۰۰	۳۶°۵۹'۵۱"	۴۹°۵۹'۹۳"	۱۵/۱	۲۲۷۰	۹	۹
مازندران	گزو (سوادکوه شمالی)	۷۰۰-۱۱۵۰	۳۶°۴۸'۴۷"	۵۲°۵۱'۹۲"	۱۸	۱۲۹۳	۱۰	۱۰
گلستان	افراخته (علی‌آباد کتول)	۱۵۰۰-۱۷۰۰	۳۶°۴۶'۳۹"	۵۴°۵۶'۵۳"	۱۷/۸	۸۰۰	۹	۱۱

تجزیه و تحلیل داده‌ها

نخستین گام در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، کاربرد تحلیل واریانس سلسله‌مراتبی یا آشیانه‌ای در هر رویشگاه به منظور اثبات اختلاف یا عدم اختلاف ویژگی‌های ریختی برگ در بین درختان مختلف نسبت به برگ‌های یک درخت بود. با معنی‌داری اختلاف ویژگی‌های ریخت‌شناسی بین درختان هر رویشگاه، میانگین مقدار عددی صفات ۱۰ برگ از هر درخت در تحلیل‌های مراحل بعد استفاده شد. به عبارت دیگر، برگ‌های هر پایه درختی، یک مشاهده مستقل نیستند و شبه تکرار محسوب می‌شوند، بنابراین میانگین آن‌ها به عنوان یک مشاهده در نظر گرفته شد (Stefanović et al., 2017). به منظور بررسی اثر دو عامل رویشگاه (به عنوان عامل ثابت (Fixed factor)) و جنسیت (به عنوان عامل تصادفی/Random factor) بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی برگ از تحلیل واریانس سلسله‌مراتبی یا آشیانه‌ای استفاده شد (Iszkuło et al., 2009). در نهایت، برای مقایسه میانگین هریک از ویژگی‌ها بین رویشگاه‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین، تحلیل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تشخیص مهم‌ترین ویژگی‌های ریختی و عامل‌های محیطی استفاده شد.

نتایج

نتایج تحلیل واریانس طرح آشیانه‌ای نشان داد که عامل رویشگاه (سه سطح)، برخلاف عامل جنسیت (دو

سطح) بر همه ویژگی‌های ریختی بررسی شده برگ سرخدار، اثر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ویژگی‌های ریختی برگ به تفکیک رویشگاه نشان داد که بیشینه همه ویژگی‌های بررسی شده به جز ضریب شکل متعلق به رویشگاه گزو بود، در حالی که کمینه همه ویژگی‌ها به جز عرض برگ در رویشگاه املش مشاهده شد (شکل ۱). براین اساس، برگ درختان سرخدار در رویشگاه گزو، بیشینه مساحت ($73/22 \pm 3/35$ میلی‌متر مربع)، محیط ($25/05 \pm 0/83$ طول $58/1 \pm 78/78$ میلی‌متر)، عرض ($2/85 \pm 0/08$ میلی‌متر) و نسبت طول به عرض برگ ($8/8 \pm 0/86$) را داشتند. همچنین، کمینه مساحت ($41/33 \pm 2/21$ میلی‌متر مربع)، محیط ($17/8 \pm 0/65$ طول $40/1 \pm 12/26$ میلی‌متر) و نسبت طول به عرض برگ ($6/57 \pm 0/74$) در درختان سرخدار متعلق به رویشگاه املش اندازه‌گیری شد. رویشگاه افراخته از نظر ویژگی‌های مورد بررسی، مقادیر متوسطی داشت. بیشینه شاخص ضریب شکل ($0/32 \pm 0/06$) در املش مشاهده شد. از این نظر، دو رویشگاه افراخته ($0/27 \pm 0/08$) و گزو ($0/27 \pm 0/06$) باهم اختلاف نداشتند. کمترین عرض برگ ($2/56 \pm 0/06$) نیز متعلق به درختان سرخدار افراخته بود، در حالی که دو رویشگاه دیگر باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس طرح آشیانه‌ای مربوط به اثر رویشگاه و جنسیت بر ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار

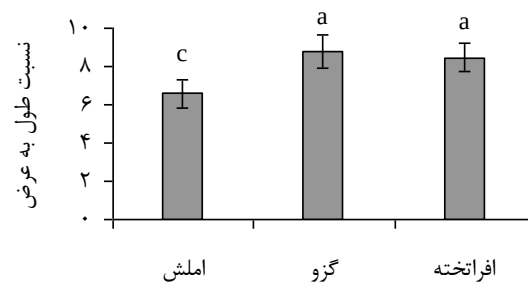
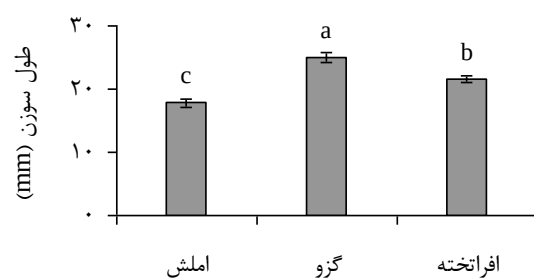
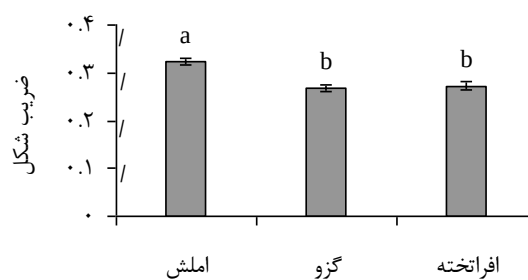
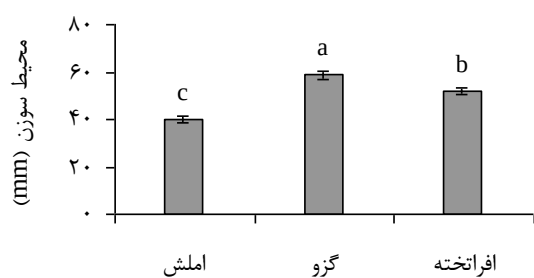
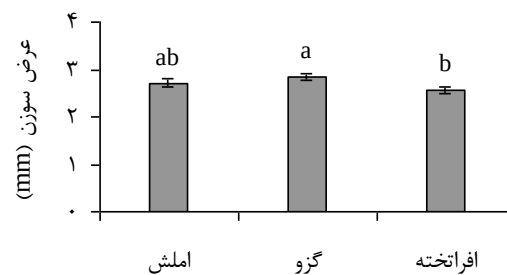
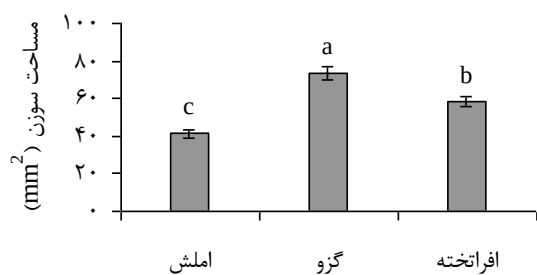
خطا	جنسیت (رویشگاه)			رویشگاه			ویژگی‌های ریختی برگ
	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	
۱۴۷/۱	۰/۵ ^{ns}	۳	۷۳/۷	۳۲/۷۳**	۲	۴۸۱۴/۳	مساحت برگ (میلی‌متر مربع)
۴۴/۳۳	۰/۹۴ ^{ns}	۳	۴۱/۸۶	۳۷/۹۸**	۲	۱۶۸۳/۹۱	محیط برگ (میلی‌متر)
۹/۴۲	۱/۶۲ ^{ns}	۳	۱۵/۲۸	۲۶/۴۱**	۲	۲۴۸/۷۲	طول برگ (میلی‌متر)
۰/۱۲۲۱	۱/۲ ^{ns}	۳	۰/۱۴۷	۳/۴۷**	۲	۰/۴۲۳۳	عرض برگ (میلی‌متر)
۰/۰۰۰۹	۱/۰۴ ^{ns}	۳	۰/۰۰۱	۱۷/۹۱**	۲	۰/۰۱۷۵	ضریب شکل
۱/۲۸۶	۰/۳۸ ^{ns}	۳	۰/۴۸۵	۲۱/۷۹**	۲	۲۳/۰۳۱	نسبت طول به عرض برگ

خطا	جنسیت (رویشگاه)			رویشگاه			
	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	درجه آزادی	میانگین مربعات	
۱۴۷/۱	۰/۵۰ ^{ns}	۳	۷۳/۷	۳۲/۷۳**	۲	۴۸۱۴/۳	مساحت برگ (mm ²)
۴۴/۳۳	۰/۹۴ ^{ns}	۳	۴۱/۸۶	۳۷/۹۸**	۲	۱۶۸۳/۹۱	محیط برگ (mm)
۹/۴۲	۱/۶۲ ^{ns}	۳	۱۵/۲۸	۲۶/۴۱**	۲	۲۴۸/۷۲	طول برگ (mm)
۰/۱۲۲۱	۱/۲۰ ^{ns}	۳	۰/۱۴۷۰	۳/۴۷**	۲	۰/۴۲۳۳	عرض برگ (mm)
۰/۰۰۰۹	۱/۰۴ ^{ns}	۳	۰/۰۰۱۰	۱۷/۹۱**	۲	۰/۰۱۷۵	ضریب شکل
۱/۲۸۶	۰/۳۸ ^{ns}	۳	۰/۴۸۵	۲۱/۷۹**	۲	۲۳/۰۳۱	نسبت طول به عرض برگ

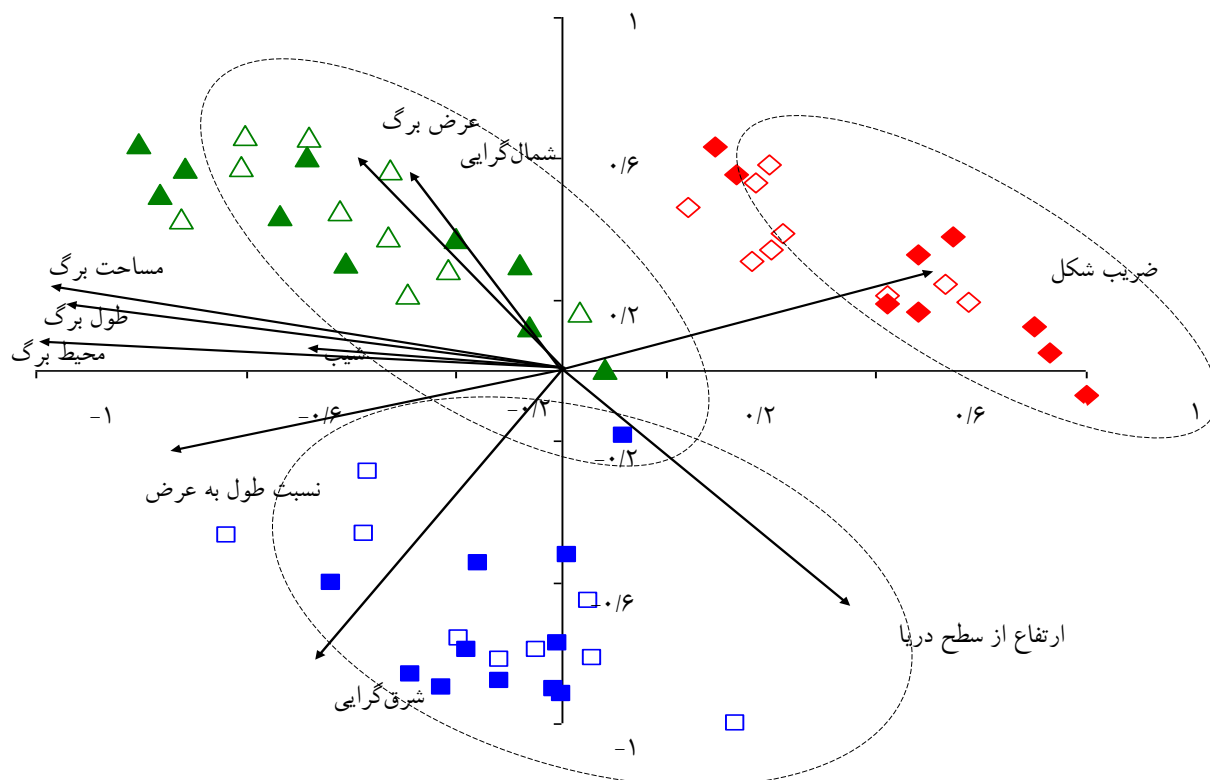
** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

نتایج PCA نشان داد که دو رویشگاه افراخته و گزو در امتداد محور دوم PCA از یکدیگر متمایز می‌شوند (شکل ۲). محور دوم، همبستگی مثبتی را با متغیر درجه شمال‌گرایی و همبستگی منفی را با دو متغیر درجه شرق‌گرایی و ارتفاع از سطح دریا نشان داد. نمایش

متغیرهای توپوگرافی به‌همراه ویژگی‌های ریختی برگ‌ها به تفکیک درختان نر و ماده سرخدار در سه رویشگاه مورد بررسی در نمودار دوگانه PCA نشان داد که درختان نر و ماده سرخدار از نظر ویژگی‌های ریختی برگ‌ها، رفتار متمایزی نداشتند (جدول ۳).



شکل ۱- میانگین ($\pm$ اشتباه معیار) مقادیر ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار در جنگل‌های هیرکانی (حروف انگلیسی متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند).



شکل ۲ - تأثیر عوامل مختلف رویشگاهی بر ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار با استفاده از PCA

(افراخته: ■، گزو: ▲، املش: ◆. شکل‌های توپر بیانگر جنس نر هستند.)

جدول ۳- همبستگی ویژگی‌های ریختی برگ و متغیرهای توپوگرافی با محورهای PCA به همراه مقادیر ویژه و درصد واریانس توجیه‌شده محورها

متغیر	محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴
ویژگی ریختی	مساحت برگ	-۰/۹۵۱**	۰/۲۲ ns	۰/۰۱ ns
	محیط برگ	-۰/۹۶۴**	۰/۰۷۲ ns	۰/۰۸۵ ns
	طول برگ	-۰/۹۱۹**	۰/۱۷۴ ns	۰/۱۰۶ ns
	عرض برگ	-۰/۳۷۲**	۰/۵۵۹**	-۰/۲ ns
	نسبت طول به عرض برگ	-۰/۷۱۴**	-۰/۲۲۶ ns	۰/۲۲۸ ns
عامل توپوگرافی	ضریب شکل برگ	۰/۶۸۸**	۰/۲۶۶*	-۰/۲۶۷*
	شیب	-۰/۴۵۲**	-۰/۰۴۵ ns	۰/۳۵۳**
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۵۲۷**	-۰/۶۴۶**	۰/۰۵۲ ns
	شمال گرایی	۰/۲۸۱*	۰/۵۳۴**	-۰/۲۲۳ ns
	شرق گرایی	-۰/۴۴۸**	-۰/۷۹۷**	-۰/۱۰۷ ns
مقدار ویژه	۵/۶۰۵	۳/۱۲۶	۱/۴۳	۱/۱۳۸
آماره عسای شکسته	۳/۲۵۲	۲/۲۵۲	۱/۷۵۲	۱/۴۱۸
درصد تجمعی تبیین واریانس	۴۰/۰۴	۶۲/۳۷	۷۲/۵۸	۸۰/۷۱

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیر معنی‌دار

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که جنسیت تأثیری بر ویژگی‌های ریختی برگ‌ها در هیچیک از سه رویشگاه مورد مطالعه نداشت. در بیشتر پژوهش‌های پیشین، اندازه ویژگی‌های ریخت‌شناسی بین پایه‌های نر و ماده جمعیت‌های مختلف سرخدار در اروپا، متفاوت گزارش شده است (Iszkuło et al., 2009; Stefanović et al., 2017). اختلاف‌های ریختی در پایه‌های نر و ماده گیاهان ممکن است برآیندی از تعامل‌های پیچیده در فرایندهای بوم‌شناختی و تکاملی هریک از جنسیت‌ها باشد. از آنجایی‌که پایه‌های نر سرخدار در مقایسه با درختان ماده، سهم کمتری از منابع محیطی در دسترس را به رشد زایشی اختصاص می‌دهند، بنابراین در شرایط محیطی مشابه از رشد رویشی بیشتری نسبت به درختان ماده برخوردار هستند و نیز تنه‌های بلندتر و قطورتری دارند (Shin et al., 2017). درختان ماده که سهم قابل‌توجهی از انرژی خود را صرف تولید و نمو بذر می‌کنند، برای جبران انرژی مورد نیاز در رشد رویشی، مجبور به تولید برگ‌های با سطح و طول بیشتر و افزایش تعداد ردیف‌های روزنه‌ای هستند (Iszkuło et al., 2009). به همین دلیل، بیشتر پایه‌های ماده در رویشگاه‌های مطلوب‌تر از نظر دسترسی به آب، رطوبت هوا و خاک حاصل‌خیز حضور دارند، اما پایه‌های نر به‌طور معمول در بخش‌هایی از رویشگاه با حاصل‌خیزی کمتر مستقر شده و منابع محدود در دسترس خود را به رشد رویشی اختصاص می‌دهند (Garbarino et al., 2015). به‌نظر می‌رسد که این دو عامل موجب اندازه مشابه ویژگی‌های ریختی برگ درختان نر و ماده در هرکدام از سه رویشگاه مورد مطالعه در پژوهش پیش‌رو شده باشند. به عبارت بهتر، عدم بروز دوشکلی جنسی در ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار را می‌توان به مطلوبیت زیاد رویشگاه‌های هیرکانی از نقطه‌نظر بارندگی و رطوبت هوا و در نتیجه، فراهم بودن نیازهای بوم‌شناختی این درختان به‌ویژه برای پایه‌های ماده نسبت داد. مطلوبیت رویشگاهی از صرف انرژی زیاد در رشد زایشی و عدم تخصیص انرژی

کمتر به رشد رویشی می‌کاهد و از تغییر ویژگی‌های ریختی برگ پایه‌های ماده نسبت به پایه‌های نر جلوگیری می‌کند (Iszkuło et al., 2009; Stefanović et al., 2017).

همسو با نتایج پژوهش پیش‌رو، در برخی از پژوهش‌های دیگر، درختان نر و ماده سرخدار از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناختی برگ با یکدیگر اختلاف نداشتند، اما اثر رویشگاه بر تغییرات ویژگی‌های ریختی برگ‌های این گونه، معنی‌دار گزارش شده است. به‌عنوان نمونه، بررسی الگوی پراکنش نقطه‌ای درختان سرخدار در رویشگاه‌های جنگلی مرکز ایتالیا نشان داد که با تغییر موقعیت جغرافیایی و در نتیجه، تغییر متوسط بارندگی و دمای سالانه، رشد درختان نر و ماده سرخدار نیز متفاوت خواهد بود، اما الگوی پراکنش مکانی مناسب آن‌ها در شرایط محیطی ناهمگن رویشگاه‌های مختلف از بروز دوشکلی جنسی جلوگیری می‌کند (Garbarino et al., 2015). Stefanović و همکاران (۲۰۱۷) با ارزیابی ویژگی‌های ریختی برگ سرخدار در سه جمعیت مختلف در امتداد شیب تغییرات جغرافیایی در نواحی مرکزی بالکان بر این نکته نیز تأکید دارند که اگرچه شرایط مساعد اقلیمی، عامل مهمی در تغییر ویژگی‌های ریختی پایه‌های ماده و عدم بروز دوشکلی جنسی محسوب می‌شود، اما تخریب و انحراف شرایط رویشگاهی از حالت طبیعی در اثر فعالیت‌های مخرب انسانی نیز سبب می‌شود تا درختان نر و ماده سرخدار از نظر ویژگی‌های ریختی برگ‌ها، تفاوت معنی‌داری نداشته باشند.

گفتنی است که به‌دلیل بردباری سرخدار به سایه، شکل‌پذیری ناشی از تغییرات نور در آن نسبت به گونه‌های نورپسند در مرتبه پایین‌تری قرار دارد، بنابراین تغییرات ویژگی‌های ریختی ناشی از تغییر جنسیت فقط با قرارگیری درختان سرخدار در معرض نور مستقیم خورشید قابل مشاهده هستند. به عبارت دیگر، زمانی‌که جمعیت درختان سرخدار غالب شوند و به اشکوب بالایی جنگل برسند، تغییرات دوشکلی جنسی دیده می‌شوند (Stefanović et al., 2017). هر سه رویشگاه مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو جزء جنگل‌های آمیخته بودند. همچنین، سرخدار در آن‌ها

هیرکانی غربی نسبت به رویشگاه‌های گزو و افراخته، متوسط بارندگی سالانه بیشتری دارد، اما رویشگاه‌های افراخته و به‌ویژه گزو در دره‌های مرطوب با جهت عمومی شمالی و شکل خاص حوزه (که محل تجمع توده هوای مرطوب و ابرناکی زیاد ناشی از صعود جریان‌های هوای مرطوب شمالی برخاسته از دریای خزر هستند) استقرار دارند، بنابراین رطوبت نسبی هوای این رویشگاه‌ها در طول فصل تابستان بیشتر است که شرایط مطلوب‌تری برای رشد بهینه درختان سرخدار نسبت به رویشگاه املش فراهم می‌کند. همسو با نتایج پژوهش پیش‌رو، Garbarino و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان کردند که رویشگاه‌هایی با تابستان‌های خنک و رطوبت نسبی بیشتر (استقرار در دره‌های مرطوب شمالی) بستر مناسبی برای حضور و گسترش درختان سرخدار هستند. همچنین، Esmailzadeh و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر درجه مطلوبیت رویشگاهی بر تغییرات ویژگی‌های کمی درختان سرخدار در ذخیره‌گاه جنگلی افراخته نشان دادند که اختلاف فاحش ویژگی‌های کمی درختان سرخدار (ارتفاع کل و قطر برابر سینه) در دو جامعه ممرز- سرخدارستان و لور- سرخدارستان تحت تأثیر شیب و جهت دامنه قرار دارد. این پژوهشگران اعتقاد داشتند که جامعه ممرز- سرخدارستان به‌دلیل انتشار در دامنه‌های مرطوب شمالی و با شیب ملایم‌تر از مطلوبیت رویشگاهی بیشتری نسبت به جامعه لور- سرخدارستان (که در دامنه‌های پرشیب با جهت عمومی شرقی- غربی دره‌های عمیق حضور دارند) برخوردار هستند.

دسترسی به رطوبت بیشتر هوا و فرار از تنش تبخیر و تعرق ناشی از نور خورشید به‌عنوان عامل اصلی قرارگیری تاج درختان سرخدار در زیر تاج‌پوشش پهن‌برگان به‌ویژه در مراحل جوانی و میان‌سالی جنگل‌های سرخدار معرفی شده است (Leuschner & Ellenberg, 2017). Leuschner و Ellenberg (۲۰۱۷) به‌نقل از Korpel و Saniga (۱۹۹۴) و Leuthold (۱۹۹۸) بر این نکته تأکید کردند که برخلاف اعتقاد رایج مبنی بر بردباری سرخدار به

به‌شکل پراکنده در اشکوب دوم و زیر تاج راش (*Fagus orientalis* Lipsky) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) در رویشگاه‌های املش و گزو و زیر تاج درختان بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و ممرز در رویشگاه افراخته قرار داشت، بنابراین این عامل نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل عدم بروز دوشکلی جنسی یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار در ویژگی‌های ریختی برگ درختان نر و ماده سرخدار باشد. در همین راستا، نتایج Sharma و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تغییرات تدریجی نور، هیچ تأثیری بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژی پایه‌های نر و ماده سرخدار ندارند، اما برخلاف نتایج پژوهش پیش‌رو، Iszkuło و همکاران (۲۰۰۹) بر دوشکلی جنسی سرخدار حتی در رویشگاه‌های آمیخته با شرایط سایه در اشکوب دوم تأکید کردند.

در ارزیابی ویژگی‌های ریختی برگ درختان سرخدار در جنگل‌های اروپا، ژنوتیپ مهم‌ترین عامل اثرگذار بر تنوع این ویژگی‌ها شناخته شد و براساس آن، رویشگاه‌های سرخدار اروپا به چهار گروه مجزا تقسیم‌بندی شدند (Vessella et al., 2013)، در حالی‌که Mayol و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی جنگل‌های شرق تا غرب اروپا گزارش کردند که مؤثرترین عامل در تمایز دو گروه متفاوت سرخدار، تغییرات جغرافیایی و پیرو آن، تغییرات آب‌وهوایی رویشگاه (ریزاقلم) است. به‌نظر می‌رسد که در پژوهش پیش‌رو نیز استقرار رویشگاه‌های سرخدار در دامنه‌های ارتفاعی متفاوت در طول جغرافیایی جنگل‌های هیرکانی، شرایط مختلف اقلیمی فراهم می‌کند که موجب تغییر ویژگی‌های ریختی برگ درختان سرخدار از غرب به شرق این جنگل‌ها شده است.

به‌طور کلی، کمترین مقادیر برای میانگین ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار در رویشگاه املش مشاهده شد. این رویشگاه به‌دلیل استقرار در دامنه‌های پرشیب غربی و در نتیجه، تبخیر و تعرق زیاد و کاهش رطوبت نسبی هوا، مطلوبیت رویشگاهی ضعیف‌تری برای رشد و توسعه درختان سرخدار دارد. اگرچه این رویشگاه به‌دلیل استقرار در ناحیه

کاهش اندازه ویژگی‌های ریختی برگ را نیز در پی دارد. دلیل دوم اینکه جهت عمومی در رویشگاه گزو شمالی است، در حالی که جنگل‌های سرخدار افراخته در دامنه‌های شمالی، شمال‌شرقی و گاهی شرق حضور دارند، بنابراین می‌توان گفت که رویشگاه گزو به دلیل استقرار در دامنه‌های شمالی با شیب ملایم، رطوبت نسبی زیادتری دارد که می‌تواند زمینه‌ساز رشد بیشتر و افزایش کمیت ویژگی‌های ریختی برگ درختان سرخدار شود. همچنین، استقرار رویشگاه گزو در هیرکانی مرکزی با متوسط زیاد بارندگی سالانه به همراه طول کوتاه دوره خشکی تابستانه سبب می‌شود تا مطلوبیت رویشگاهی آن از نظر بیلان رطوبت هوا نسبت به جنگل‌های افراخته در وضعیت مناسب‌تری قرار گیرد. در نتیجه، شرایط رویشی این رویشگاه برای درختان سرخدار نسبت به رویشگاه افراخته بهتر است. رشد و توسعه درختان راش و جل (*Prunus laurocerasus* L.) که معرف رویشگاه‌های مرطوب هستند (Karami-Kordalivand et al., 2021) در جنگل‌های گزو، دلیلی روشن بر وضعیت مطلوب بیلان رطوبت نسبت به رویشگاه افراخته محسوب می‌شود.

بر اساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، اگرچه ویژگی‌های ریختی مورد بررسی، توانایی تفکیک دو جنس نر و ماده را ندارند، اما به دلیل تأثیرپذیری کم آن‌ها نسبت به متغیرهای محیطی، برای بررسی تنوع بین جمعیت‌های مختلف سرخدار پیشنهاد می‌شوند. ضمن اینکه دامنه‌های شمالی برخوردار از جریان‌های مرطوب شمالی در نقطه شروع شکل‌گیری دره‌های بزرگ با راستای شمالی- جنوبی جنگل‌های هیرکانی به دلیل بهره‌مندی از رطوبت نسبی زیاد به‌ویژه در فصل تابستان، یک مؤلفه مهم در آشیان‌گزینی درختان سرخدار و تشکیل توده‌های انبوه و مترکم آن در این جنگل‌ها به‌شمار می‌آید.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌کنندگان مالی این پژوهش: معاونت

شرایط سایه، این درختان به‌منظور تجدیدحیات موفق به نور نیاز دارند، بنابراین عدم دسترسی به نور مناسب، یک عامل جدی در عدم موفقیت تجدیدحیات این گونه در جنگل‌های اروپا معرفی شده است، اما همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، دلیل اصلی حضور پایه‌های سرخدار در زیراشکوب پهن‌برگان، حساسیت زیاد برگ‌های سرخدار به کاهش رطوبت هوا قلمداد می‌شود.

رویشگاه‌های شرقی جنگل‌های هیرکانی به دلیل کاهش بارندگی (کاهش ابرناکی ناحیه خزری در امتداد شیب تغییرات طول جغرافیایی) نسبت به مناطق غربی، خشک‌تر و تراکم و حاصل‌خیزی کمتری دارند (Marvie Mohadjer, 2005). در پژوهش پیش‌رو هرچند رویشگاه املش به دلیل استقرار در هیرکانی غربی، متوسط بارندگی سالانه زیادتری دارد، اما در دو رویشگاه گزو و افراخته (نماینده جوامع جنگلی سرخدار در هیرکانی مرکزی و شرقی) ویژگی‌های کمی برگ‌های سرخدار بیشتر بود. این یافته نشان می‌دهد که در مطلوبیت رویشگاهی جنگل‌های سرخدار ناحیه هیرکانی، بهره‌مندی از جریان‌های مرطوب شمالی و استقرار در نواحی با جهت عمومی شمالی (در دو منطقه گزو و افراخته)، درجه اهمیت بیشتری نسبت به شاخص متوسط بارندگی سالانه (در رویشگاه املش) دارد. البته این مسئله زمانی قابل‌طرح است که کمینه بارندگی مورد نیاز برای حضور درختان سرخدار در یک منطقه فراهم باشد. نواحی معتدله با متوسط بارندگی سالانه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر به‌عنوان آشیان بوم‌شناختی درختان سرخدار معرفی می‌شوند (Stefanović et al., 2017).

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که متوسط ویژگی‌های ریختی برگ‌های سرخدار در رویشگاه گزو اغلب از رویشگاه افراخته بیشتر بود. این یافته می‌تواند به دو دلیل رخ دهد. اول اینکه افراخته در نواحی مرتفع‌تری نسبت به رویشگاه گزو قرار دارد. متوسط دمای سالانه کم در ارتفاعات بالاتر منجر به کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد و در نتیجه، کاهش مقدار فتوسنتز و تولید درختان سرخدار می‌شود (Leuschner & Ellenberg, 2017). این عامل،

- their comparison with southern Europe. *European Journal of Forest Research*, 14p. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01343-y>
- Korpel, V.S. and Saniga, M., 1994. Die Eibe aus waldbaulicher und ertragskundlicher Sicht. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 145: 927-941 (In German).
 - Leuschner, C. and Ellenberg, H., 2017. *Ecology of Central European Forests: Vegetation Ecology of Central Europe*, Volume I. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 972p.
 - Leuthold, C., 1998. Die pflanzensoziologische und ökologische Stellung der Eibe (*Taxus baccata* L.) in der Schweiz—ein Beitrag zur Wesenscharakterisierung des «Ur-Baumes» Europas. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 149(1): 349-371 (In German).
 - Litkowiec, M., Lewandowski, A. and Wachowiak, W., 2018. Genetic variation in *Taxus baccata* L.: A case study supporting Poland's protection and restoration program. *Forest Ecology and Management*, 409: 148-160.
 - Marvie Mohadjer, M.R., 2005. *Silviculture*. University of Tehran Press, Tehran, 387p (In Persian).
 - Mayol, M., Riba, M., González-Martínez, S.C., Bagnoli, F., de Beaulieu, J.L., Berganzo, E., ... and Vendramin, G.G., 2015. Adapting through glacial cycles: Insights from a long-lived tree (*Taxus baccata*). *New Phytologist*, 208(3): 973-986.
 - Miljković, D., Stefanović, M., Orlović, S., Nedić, M.S., Kesić, L. and Stojnić, S., 2019. Wild cherry (*Prunus avium* (L.) L.) leaf shape and size variations in natural populations at different elevations. *Alpine Botany*, 129(2): 163-174.
 - Piovesan, G., Presutti Saba, E., Biondi, F., Alessandrini, A., Di Filippo, A. and Schirone, B., 2009. Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology*, 205(1): 23-46.
 - Rasband, W.S., 1997. ImageJ. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland. Available at: <http://imagej.nih.gov/ij>
 - Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer, 152p.
 - Sharma, C.L., Sharma, M., Singh, L., Gogoi, B.R. and Kaur, M.J., 2015. Morpho-anatomical characteristics of leaves of *Taxus wallichiana* Zucc. from North Eastern and North Western Himalayas. *International Journal of Current Research*, 7(12): 24624-24627.
 - Shin, S., Lee, S.G. and Kang, H., 2017. Spatial distribution patterns of old-growth forest of

پژوهش دانشگاه تربیت مدرس و بنیاد علم ایران (طرح شماره ۹۷۰۲۰۱۱۰) کمال تشکر و امتنان را دارد.

منابع مورد استفاده

- Akbar, Sh., 2020. *Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 2156p.
- Akhani, H., Djamali, M., Ghorbanalizadeh, A. and Ramezani, E., 2010. Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, palaeoecology and conservation. *Pakistan Journal of Botany*, 42: 231-258.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., ... and Poorter, H., 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4): 335-380.
- Djavanshir, K., 1984. *Gymnospermopsids*, Volume I. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 548p (In Persian).
- Esmailzadeh, O., & Hoseyni, S.M. and Tabari, M., 2007. A phytosociological study of English yew (*Taxus baccata* L.) in Afratakhteh reserve. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, 20(1), 17-24 (In Persian).
- Fu, L., Wang, Q., Zhang, M., Zheng, Y., Wu, M., Lan, Z., and Lin, C.T., 2020. Electrochemical sex determination of dioecious plants using polydopamine-functionalized graphene sheets. *Frontiers in Chemistry*, 8: 92.
- Garbarino, M., Weisberg, P.J., Bagnara, L. and Urbinati, C., 2015. Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata*. *Forest Ecology and Management*, 358: 122-129.
- Hart, J.A., 1987. A cladistic analysis of conifers: preliminary results. *Journal of the Arnold Arboretum*, 68(3): 296-370.
- Iszkuło, G., Jasińska, A.K., Giertych, M.J. and Boratyński, A., 2009. Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology*, 200(2): 229-240.
- Iszkuło, G., Kosiński, P. and Hajnos, M., 2013. Sex influences the taxanes content in *Taxus baccata*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(1): 147-152.
- Karami-Kordalivand, P., Esmailzadeh, O., Willner, W., Noroozi, J. and Alavi, S.J., 2021. Classification of forest communities (co-) dominated by *Taxus baccata* in the Hyrcanian forests (northern Iran) and

- Schirone, A., Gomes, M.P. and Schirone, B., 2013. Morphological and molecular data from Madeira support the persistence of an ancient lineage of *Taxus baccata* L. in Macaronesia and call for immediate conservation actions. *Caryologia*, 66(2): 162-177.
- Xu, X.H., Sun, B.N., Yan, D.F., Wang, J. and Dong, C., 2015. A *Taxus* leafy branch with attached ovules from the Lower Cretaceous of Inner Mongolia, North China. *Cretaceous Research*, 54: 266-282.
- Zarek, M., 2009. RAPD analysis of genetic structure in four natural populations of *Taxus baccata* from southern Poland. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51(2): 67-75.
- dioecious tree *Torreya nucifera* in rocky Gotjawal terrain of Jeju Island, South Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 41(1): 31.
- Spjut, R.W., 2007. A phytogeographical analysis of *Taxus* (Taxaceae) based on leaf anatomical characters. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 1(1): 291-332.
- Stefanović, M., Nikolić, B., Matić, R., Popović, Z., Vidaković, V. and Bojović, S., 2017. Exploration of sexual dimorphism of *Taxus baccata* L. needles in natural populations. *Trees*, 31(5): 1697-1710.
- Thomas, P.A. and Garcia-Marti, X., 2015. Response of European yews to climate change: a review. *Forest Systems*, 24(3): eR01.
- Vessella, F., Simeone, M.C., Fernandes, F.M.,

Morphological traits variation of needle in males and females yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian forests of Iran

A. Hematzadeh ¹, O. Esmailzadeh ^{2*}, S.Gh. Jalali ³, M.H. Mirjalili ⁴ and H. Yousefzadeh ⁵

1- Ph.D. Student, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

2*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. E-mail: oesmailzadeh@modares.ac.ir

3- Associate Prof., Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

4- Associate Prof., Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

5- Assistant Prof., Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 14.12.2020

Accepted: 13.02.2021

Abstract

In this study, the diversity of morphological traits of needle in male and female yew (*Taxus baccata* L.) along the topographic and longitude gradients in the Hyrcanian forests was studied. To this aim, a total of 580 needles from 58 trees were measured in three sites (Amlash, Gazu and Afratakhteh) along the longitudinal gradient of the Hyrcanian forests. A hierarchical or nested analysis of variance was used to assess influencing sex and site on the 6 measured morphological traits of needles. In addition, Duncan's test was used for multiple comparisons of means. Furthermore, principal component analysis (PCA) was used to determine the most important traits and environmental factors in differing sites. Results showed that variation of morphological traits of yew needles is only affected by site factor. However, the influence of sex was not significantly assessed. Results also showed that most morphological traits of yew needles except the form factor were highest in Gazu site that comprised moderate slopes, northern aspects, faced northern humid air and experienced higher growing season due to lower elevation. Generally, morphological traits of yew needles were lowest in Amlash site, which included steep slopes (loss of soil depth) and western aspects (decrease in relative humidity). Yew trees in Afratakhteh site showed intermediate values. Our results imply that sites with cool summers and higher relative air humidity (settling in the humid northern valleys) provide more favorable growth conditions to morphological traits of yew needles compared with sites with higher average annual rainfall across the Hyrcanian forests.

Keywords: Geographical gradient, morphology, sexual dimorphism, topographical features.